

Universidad Central del Ecuador

# II Jornada Iberoamericana en saludo al Día Mundial del Medio Ambiente

14,15,16 y 17 de Junio

ECUADOR 2016

VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA 2016)  
III Jornadas de Estudiantes REDCCA  
XIX Asamblea General de la REDCCA  
Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales



## Memorias



# **II Jornada Iberoamericana en salud al día mundial del medio ambiente – Ecuador 2016. Memorias**

**Editores:**

**Yordanis Gerardo Puerta de Armas**

**Sara Yaima Ulloa Bonilla**

Edición científica: Yordanis Gerardo Puerta de Armas, Sara Yaima Ulloa Bonilla.

Diseño de portada: Evans Torres.

II Jornada Iberoamericana en saludo al día mundial del medio ambiente – Ecuador 2016. Memorias / eds. Yordanis Gerardo Puerta de Armas, Sara Yaima Ulloa Bonilla. – Quito: Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.), 2016.

1. Uso sostenible de la biodiversidad y manejo de áreas protegidas.
2. Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria.
3. Gestión de riesgos ambientales y cambio climático.
4. Política y gestión ambiental.

ISBN: 978-9942-14-459-1

© Yordanis Gerardo Puerta de Armas, Sara Ulloa Bonilla, 2016.

© REIMA, A.C., 2016.

© REDCCA, 2016.

Esta publicación ha sido posible gracias a la colaboración entre la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.), la Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales (REDCCA) y el conjunto de universidades que la integran.



Red Iberoamericana de Medio Ambiente  
Avenida Pablo Neruda 3055, Providencia 44630  
Guadalajara, Jalisco, México  
Teléfono: (52-33) 15620543  
Web site: [www.reima-ac.org](http://www.reima-ac.org)



Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
Panamericana Sur km 1 ½. C.P: 060155  
Riobamba, Chimborazo, Ecuador  
Teléfonos: (593) 0999762166  
Web site: <http://redcca.ec>

Las opiniones expresadas en este documento pueden no coincidir con las de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.), con las de la Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales (REDCCA) o con las del conjunto de instituciones que las integran.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra sin autorización previa; sólo se solicita que se mencione la fuente e informen de ello a sus editores.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

### **PROGRAMA GENERAL Y CIENTÍFICO**

[www.reima-ac.org](http://www.reima-ac.org)

[www.redcca.ec](http://www.redcca.ec)

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### MENSAJE DE BIENVENIDA

Estimados colegas:

La Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA), la Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales (REDCCA) y la Universidad Central del Ecuador se complacen en recibir a los delegados e invitados que participarán en la **II Jornada Iberoamericana en saludo al Día Mundial del Medio Ambiente** desde el 14 y hasta el 17 de junio de 2016 en la Universidad Central del Ecuador.

Esta segunda edición promoverá, con especial énfasis, la cooperación entre los países, el intercambio de experiencias y prácticas sostenibles y la transferencia de conocimientos, que den respuestas a la urgente necesidad de construir una nueva concepción para el desarrollo, que contenga la proyección de la solidaridad, la cooperación y la responsabilidad mutua, sobre la base de la inclusión plena, en el que las personas sean el centro de sus preocupaciones, que promueva el crecimiento económico sostenido e inclusivo, el desarrollo social participativo, la protección de la naturaleza y la dignidad del ser humano.

Se pretende que los debates enfatizen, asimismo, en la necesidad de que la nueva agenda de desarrollo tenga un carácter universal e integral y, a su vez, se conciba con la suficiente flexibilidad, para responder a las necesidades, prioridades y particularidades de cada país y región, conscientes de que no existe un único modelo o receta de desarrollo.

Esta II Jornada estará organizada en varios eventos, entre los que se destacan el **VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA'2016)**, las **III Jornadas Nacionales de Estudiantes REDCCA**, la **XIX Asamblea General de la REDCCA**, una **Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales** y varios **Cursos de Posgrado** a cargo de especialistas de reconocido prestigio internacional.

Esperamos que el Programa Científico que hemos preparado sea del agrado e interés de todos los asistentes y que el evento se desarrolle en un clima de amistad, respeto y solidaridad y que al concluir estemos convencidos de que lo que seamos capaces de hacer hoy por este mundo, será el futuro mañana de nuestros hijos.

Comité Organizador

## Organizadores

- Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.)
- Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales (REDCCA)
- Universidad Central del Ecuador (UCE)
- Universidad Politécnica Salesiana (UPS)
- Universidad Internacional SEK (UISEK)
- Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE)
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
- Escuela Politécnica nacional (EPN)

## Comité de Honor

- PhD. Fernando Efraín Sempértegui Ontaneda. Rector de la Universidad Central del Ecuador (UCE)
- MSc. Ana Cecilia Martínez Barbosa. Presidenta de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.)
- MSc. Antonio Enrique Santillán Castillo. Presidente de la Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales (REDCCA)

## Comité Organizador

- MSc. Francisco Rigoberto Viteri Santamaría. Universidad Central del Ecuador (UCE)
- MSc. Manuel Eduardo Espín Mayorga. Universidad Central del Ecuador (UCE)
- MSc. Diana Karina Fabara Salazar. Universidad Central del Ecuador (UCE)
- MSc. Cecilia Elizabeth Barba Guevara. Universidad Politécnica Salesiana (UPS)
- MSc. Alexandra Karina Pazmiño Pacheco. Universidad Politécnica Salesiana (UPS)
- MSc. Fabio Venancio Villalba Vaca. Universidad Internacional SEK (UISEK)
- MSc. Gloria María Eloísa Roldán Reascos. Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE)
- PhD. Katherine Rocío Vaca Escobar. Escuela Politécnica Nacional (EPN)
- Lic. Sara Yaima Ulloa Bonilla. Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA)

## Comité Científico

- MSc. Yordanis Gerardo Puerta de Armas. REIMA, A.C. México
- PhD. Carlos Jumbo Salazar. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador
- MSc. Rosa Enith Armijos González. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador
- PhD. Félix Daniel Andueza Leal. Universidad Central del Ecuador. Ecuador
- PhD. Reinaldo Demesio Alemán Pérez. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador
- MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes. Universidad de Guadalajara. México
- PhD. Adrian David Trapero Quintana. Universidad del Estado de Amazonas. Brasil
- MSc. Fabio Venancio Villalba Vaca. Universidad Internacional SEK. Ecuador
- MSc. Alex Joffre Quimis Gómez. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador
- PhD. Carlos Alfredo Bravo Medina. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador
- MSc. César Augusto Chávez Orozco. Universidad Central del Ecuador. Ecuador
- MSc. Claudia Nataly Mondragón Rivera. Universidad Nacional Autónoma de Honduras
- Lic. Sara Yaima Ulloa Bonilla. Red Iberoamericana de Medio Ambiente. México
- MSc. Carlos Ignacio Jiménez Montoya. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia
- MSc. Susana Rocío del Cisne Arciniegas Ortega. Universidad Central del Ecuador. Ecuador
- MSc. Andrés Agustín Beltrán Dávalos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador
- PhD. Eury José Villalobos Ferrer. Universidad Bolivariana de Venezuela. Venezuela
- MSc. Magaly V. Torres Martínez. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba
- PhD. Alfredo Domínguez González. Universidad Estatal de Mato Grosso. Brasil

## Invitados especiales:

- PhD. Julio César Vargas Burgos. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador
- MSc. Mónica Soledad Brito Merizalde. Universidad Central del Ecuador
- MSc. Carlos Aníbal Gutiérrez Caiza. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador
- PhD. Tito Morales Pinzón. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia
- Lic. Ana María Varea Sechez. Programa de Pequeñas Donaciones. Ecuador
- PhD. Valeria de Lourdes Ochoa Herrera. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador
- MSc. Sheila Silva Chang Fente. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba
- PhD. Mayra Casas Vilardell. Universidad de Pinar del Río. Cuba
- MSc. Cornelia Gabriela Cornejo Redrobán. REIMA, A.C. Ecuador
- PhD. Adrian David Trapero Quintana. Universidad del Estado de Amazonas. Brasil
- Econ. Mario de Jesús Restrepo Arrubla. Corporación de Estudios Tecnológicos del Norte del Valle (COTECNOVA). Colombia
- MSc. Carlos Ignacio Jiménez Montoya. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia
- PhD. Eury José Villalobos Ferrer. Universidad Bolivariana de Venezuela. Venezuela
- MSc. Magaly V. Torres Martínez. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba
- MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes. Universidad de Guadalajara. México

## Actividades científicas

En esta II Jornada Iberoamericana en saludo al Día Mundial del Medio Ambiente se incluyen conferencias magistrales y presentaciones de libros a cargo de profesionales de reconocido prestigio internacional, así como la celebración del **VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)** y de las **III Jornadas Nacionales de Estudiantes REDCCA**. Además de una **Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales** y varios cursos de posgrado.

Las temáticas del **VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)** y de la **Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales** son las siguientes:

- Comisión No. 1. Uso sostenible de la biodiversidad y manejo de áreas protegidas.
- Comisión No. 2. Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria.
- Comisión No. 3. Gestión de riesgos ambientales y cambio climático.
- Comisión No. 4. Política y gestión ambiental.

## Programa general del evento

Martes 14 de junio de 2016		
09:00-10:00	XIX Asamblea General de la REDCCA	Sala de Sesiones Decanato FIGEMPA-UCE
10:00-11:00	XIX Asamblea General de la REDCCA	
11:00-11:30	<i>Receso</i>	Lobby FIGEMPA-UCE
11:30-12:30	XIX Asamblea General de la REDCCA	Sala de Sesiones Decanato FIGEMPA-UCE
12:30-13:30	XIX Asamblea General de la REDCCA	
13:30-15:30	<i>Almuerzo</i>	<i>Opcional</i>
15:30-16:30	Acreditación	Sala de Sesiones Carrera Ing. Ambiental. FIGEMPA-UCE
16:30-17:30	Acreditación	
20:00-22:00	Coctel de bienvenida	Hotel Río Amazonas

Miércoles 15 de junio de 2016		
08:00-09:00	Acreditación	Teatro Universitario UCE
09:00-09:30	Palabras de bienvenida PhD. Fernando Sempértegui Ontaneda Rector de la Universidad Central del Ecuador. Ecuador	Teatro Universitario UCE
09:30-10:00	Presentación del programa del evento MSc. Yordanis Gerardo Puerta de Armas Coordinador General REIMA, A.C. México	Teatro Universitario UCE
10:00-11:00	Conferencia magistral Experiencias del Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial en la gestión ambiental comunitaria en Ecuador. Lic. Ana María Varea Sechez Coordinadora Nacional del SGP/GEF. Ecuador	Teatro Universitario UCE
11:00-11:30	<i>Receso</i>	Hall Teatro Universitario UCE
11:30-12:30	Conferencia magistral Escenario de riesgo climático en el contexto local del sistema urbano del municipio de Pereira-Colombia. PhD. Tito Morales Pinzón Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia	Teatro Universitario UCE
12:30-13:30	Presentación del libro Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonía Ecuatoriana. PhD. Julio César Vargas Burgos Universidad Estatal Amazónica. Ecuador	Teatro Universitario UCE
13:30-15:30	<i>Almuerzo</i>	<i>Opcional</i>
15:30-18:30	Curso de posgrado Economía Ambiental PhD. Mayra Casas Vilardell Universidad de Pinar del Río. Cuba	Aulas de Posgrado FIGEMPA- UCE
15:30-18:30	Trabajo en comisiones Comisión No. 1 Comisión No. 3 Comisión No. 4	Sala 1 Biblioteca General UCE Sala 2 Biblioteca General UCE Auditorio FIGEMPA-UCE

## Programa general del evento (cont.)

Jueves 16 de junio de 2016		
09:00-13:30	<p>III Jornadas Nacionales de Estudiantes REDCCA</p> <p><b>Conferencia magistral</b> Desafíos ambientales en América Latina y el Caribe: ¡Hora de actuar! MSc. Yordanis Gerardo Puerta de Armas Coordinador General REIMA, A.C. México</p> <p><b>Presentación del libro</b> Experiencias en la protección de la biodiversidad y el desarrollo sostenible en la provincia de Sancti Spíritus MSc. Magaly Vicenta Torres Martínez Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba</p>	Teatro Universitario UCE
11:00-11:30	<i>Receso</i>	Hall Teatro Universitario UCE
09:00-17:00	<p>Curso de posgrado Economía Ambiental PhD. Mayra Casas Vilardell Universidad de Pinar del Río. Cuba</p>	Aulas de Posgrado FIGEMPA- UCE
09:00-17:00	<p>Curso de posgrado Gestión de riesgos ambientales y cambio climático MSc. Sheila Silva Chang Fente CITMA. Cuba</p>	Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE)
09:00-17:00	<p>Curso de posgrado Ecología tropical y monitoreo de biodiversidad PhD. Adrian David Trapero Quintana Universidad del Estado de Amazonas. Brasil</p>	Escuela Politécnica Nacional (EPN)
09:00-17:00	<p>Curso de posgrado Principios de Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Gestión Ambiental MSc. Cornelia Gabriela Cornejo Redrobán Red Iberoamericana de Medio Ambiente. Ecuador</p>	Campus Girón. Laboratorios. Bloque B. CECASIG. Universidad Politécnica Salesiana (UPS)
13:30-15:30	<i>Almuerzo</i>	<i>Opcional</i>
15:30-18:30	<p>Trabajo en comisiones Comisión No. 1 Comisión No. 3 Comisión No. 4</p>	Sala 1 Biblioteca General UCE Sala 2 Biblioteca General UCE Auditorio FIGEMPA-UCE

## Programa general del evento (cont.)

Viernes 17 de junio de 2016		
09:00-13:30	<p>III Jornadas Nacionales de Estudiantes REDCCA</p> <p><b>Conferencia magistral</b>                      Importancia de las colecciones biológicas de la Universidad de Guadalajara en la formación ambiental de nuevos profesionistas en recursos naturales.                      MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes                      Centro Universitario de la Costa Sur                      Universidad de Guadalajara. México</p> <p><b>Presentación del libro</b>                      La ética ambiental, una utopía o una necesidad?                      MSc. Mónica Soledad Brito Merizalde.                      Universidad Central del Ecuador. Ecuador</p> <p><b>Presentación del libro</b>                      Hidrología básica y aplicada                      MSc. Carlos Aníbal Gutiérrez Caiza                      Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador</p>	Teatro Universitario UCE
11:00-11:30	<i>Receso</i>	Hall Teatro Universitario UCE
09:00-13:00	<p>Curso de posgrado                      Gestión de riesgos ambientales y cambio climático.                      MSc. Sheila Silva Chang Fente                      CITMA. Cuba</p>	Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE)
09:00-13:00	<p>Curso de posgrado                      Principios de Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Gestión Ambiental                      MSc. Cornelia Gabriela Cornejo Redrobán                      Red Iberoamericana de Medio Ambiente. Ecuador</p>	Campus Girón. Laboratorios. Bloque B. CECASIG. Universidad Politécnica Salesiana (UPS)
09:00-13:00	<p>Curso de posgrado                      Ecología tropical y monitoreo de biodiversidad                      PhD. Adrian David Trapero Quintana                      Universidad del Estado de Amazonas. Brasil</p>	Escuela Politécnica Nacional (EPN)
13:30-15:30	<i>Almuerzo</i>	<i>Opcional</i>
15:30-16:30	<p>Conferencia magistral                      Biorremediación de efluentes domésticos e industriales en países en vías de desarrollo.                      PhD. Valeria de Lourdes Ochoa Herrera                      Universidad San Francisco de Quito. Ecuador</p>	Teatro Universitario UCE
16:30-17:00	Acto de clausura y premiaciones	Teatro Universitario UCE

## Trabajos aprobados

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
1	Educação ambiental na escola: a relevância do trabalho pedagógico para o pensamento crítico e a emancipação humana	Gerson Luiz Buczenko, Maria Arlete Rosa	BRASIL	UTP-PR/CNEC Campo Largo	<a href="mailto:buczenko@uol.com.br">buczenko@uol.com.br</a>
2	Domínios das caatingas ecorregionais dunares no semiárido brasileiro: análise ecodinâmica e geoecológica	Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco, Reinaldo Pacheco dos Santos, Ketylen Jéssica Siqueira Silva, Izabelle Lima Torres	BRASIL	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano	<a href="mailto:clecia.pacheco@gmail.com">clecia.pacheco@gmail.com</a>
3	Gestión técnica en lixiviados generados en rellenos sanitarios a través de sistemas microbianos de control de contaminación	Álvaro Chávez Porras, Carlos Coy Barrera, Nicolás Casallas Ortega	COLOMBIA	Universidad Militar Nueva Granada	<a href="mailto:alvaro.chavez@unimilitar.edu.co">alvaro.chavez@unimilitar.edu.co</a>
4	Buenas prácticas ambientales enfocadas a los residuos sólidos. Estudio de caso conjunto habitacional Villa Verde Pereira, Risaralda. Colombia	Carlos Ignacio Jiménez Montoya, Luz Deisy Lopera Castrillón, Marien Julieth Dávila Vidales	COLOMBIA	Universidad Tecnológica de Pereira	<a href="mailto:ldlopera@utp.edu.co">ldlopera@utp.edu.co</a>
5	Observatorio de educación ambiental de Risaralda - OEAR	Carlos Ignacio Jiménez Montoya, Raquel Sandoval Galvis, Eduardo José Aranda García	COLOMBIA	Universidad Tecnológica de Pereira	<a href="mailto:raquels45@utp.edu.co">raquels45@utp.edu.co</a>
6	Escenario de riesgo climático en el contexto local del sistema urbano del municipio de Pereira-Colombia	Tito Morales Pinzón, Manuel Tiberio Flórez, Juan David Céspedes, Jhon Edward Valencia	COLOMBIA	Universidad Tecnológica de Pereira	<a href="mailto:tito@utp.edu.co">tito@utp.edu.co</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
7	Utilización de material de espuma flex (Poliestireno) para la construcción de modelos en los procesos de fundición de aluminio	José Elí Saltos Zambrano	ECUADOR	Universidad Técnica de Manabí	<a href="mailto:joseelisaltos@hotmail.es">joseelisaltos@hotmail.es</a>
8	Gestión de riesgos en la industria de níquel. Una mirada desde la ciencia y la tecnología para lograr un desarrollo sostenible	Yoannis Cano Reynosa	CUBA	Productora de Níquel y Cobalto "Ernesto Che Guevara"	<a href="mailto:ycano@ecg.moa.minem.cu">ycano@ecg.moa.minem.cu</a>
9	Simulador de riesgos asociados al cambio climático a nivel global y regional	Antonio Torres Valle, Maritza Lau, Ulises Jauregui, Erick Martínez, Bárbara Garea, Miguel A. Llivina, Orestes Valdés	CUBA	Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas	<a href="mailto:atorres@instec.cu">atorres@instec.cu</a>
10	El cambio climático como contenido en la formación de los profesionales de la educación en Cuba	Georgina Villalón Legrá, Mavel Moré Estupiñán	CUBA	Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas	<a href="mailto:georgina@uclv.cu">georgina@uclv.cu</a>
11	Propuesta de medidas para la recuperación del bosque de manglar en el sector costero Caimanera, provincia Guantánamo, Cuba	Erlis Rodríguez Vargas, Orfelina Rodríguez Leyva	CUBA	Universidad de Guantánamo	<a href="mailto:erlisrv@cug.co.cu">erlisrv@cug.co.cu</a>
12	Estrategia de educación ambiental en la comunidad "San Vicente" de la Provincia de Pinar del Río, Cuba	Lianny Elena Plasencia Lazo, Yelineis Pacheco Suárez	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"	<a href="mailto:lianny@upr.edu.cu">lianny@upr.edu.cu</a>
13	Programa de acciones para el manejo de vegetación de costa arenosa en playas de anidación de tortugas marinas en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba	Odismarlyn Blanco Blanco, Lázaro Márquez Govea, José Alberto Camejo Lamas, José Luis Linares Rodríguez	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"	<a href="mailto:lmarquez@vega.inf.cu">lmarquez@vega.inf.cu</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
14	Programa de acciones para el manejo de bosques litorales afectados por huracanes y otros eventos extremos en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba	Lázaro Márquez Govea, Odismarlyn Blanco Blanco, José Alberto Camejo Lamas, José Luis Linares Rodríguez	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"	<a href="mailto:Imarquez@vega.inf.cu">Imarquez@vega.inf.cu</a>
15	Cambios en la capacidad de sorción de calcio y potasio en suelos afectados por incendios forestales simulados en laboratorio	Carlos Andrés Ulloa Vaca	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:culloa@ups.edu.ec">culloa@ups.edu.ec</a>
16	Sensores remotos aplicados al estudio de enfermedades crónicas en el ambiente mediante análisis de contaminantes atmosféricos. Casos de estudio: Quito, Ecuador	César Iván Álvarez Mendoza	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:calvarezm@ups.edu.ec">calvarezm@ups.edu.ec</a>
17	Evaluación del incremento de la biodegradabilidad inicial de las aguas residuales domésticas con cargas contaminantes industriales para su tratabilidad en plantas de tratamiento convencionales	Renato Gabriel Sánchez Proaño	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:rsanchezp@ups.edu.ec">rsanchezp@ups.edu.ec</a>
18	Diseño, construcción y arranque de operación de un reactor de lodos activados	Ximena del Rocío Borja Vela	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:xborja@ups.edu.ec">xborja@ups.edu.ec</a>
19	Obtención de una metodología de cálculo para absorción de carbono en 11 sumideros del D.M. de Quito	Iván Albiño, Xavier Cumbanguin, Henry Mejía, Richard Jackson Vilches Moreno	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:criso_433@hotmail.com">criso_433@hotmail.com</a>
20	Generación y análisis de información sobre vulnerabilidades del sistema de agua potable desde los ámbitos ambientales, económicos y sociales en el área del proyecto de agua potable Pesillo – Imbabura	Ronnie Javier Lizano Acevedo, Jenny Paola Chávez Caiza	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:pao_ienn17@hotmail.com">pao_ienn17@hotmail.com</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
21	Evaluación in vitro de la capacidad bacteriana para remover plomo en aguas residuales sintéticas	Lenin Javier Ramírez Cando, Santiago Paúl Guerra Guevara, Gabriela Alejandra Reinoso Molina	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:gb_aj02@hotmail.com">gb_aj02@hotmail.com</a>
22	Riesgo a inundaciones por efecto del cambio climático y fenómeno de El Niño en Machala	Roberto Andrés Reisancho Puetate, Sheila Serrano Vincenti	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:andx_uio_90@ups.edu.ec">andx_uio_90@ups.edu.ec</a>
23	Estudio del comportamiento de diferentes pastas de Dióxido de Titanio con el empleo de tintes naturales para las fabricaciones de celdas solares	Carlos Stalin Torres López, Daniela Carolina Aguas Iturralde, María Cristina Calero Armas	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:ctorresl@est.ups.edu.ec">ctorresl@est.ups.edu.ec</a>
24	La integración de herramientas de gestión ambiental como práctica sostenible en las organizaciones	Cira Lidia Isaac Godínez, Susana Díaz Aguirre, Regina Reyes López, Joel Gómez Báez	CUBA	Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría"	<a href="mailto:ciral@ind.cujae.edu.cu">ciral@ind.cujae.edu.cu</a>
25	Acciones para el manejo de especies leñosas en un bosque pluvisilva de baja altitud, área de manejo Majagual	Willian Romagosa Monier, Yobanis Osorio Bornot	CUBA	Universidad de Guantánamo	<a href="mailto:william@cug.co.cu">william@cug.co.cu</a>
26	La educación ambiental para el cambio climático y el desarrollo sostenible en la formación inicial y permanente de docentes. Una propuesta metodológica	Elio Lázaro Amador Lorenzo	CUBA	Universidad Agraria de La Habana	<a href="mailto:eliolal@unah.edu.cu">eliolal@unah.edu.cu</a>
27	Flora amenazada de los principales ecosistemas montañosos de Cuba: Nipe-Sagua-Baracoa, Guaniguanico, Guamuhaya y Bamburanao	Nancy Esther Ricardo Nápoles, Isora Baró Oviedo, Lisbet González Oliva, Sonia Rosete Blandariz, Reina Echeverría Cruz, Ilsa Fuentes, Delhy Albert Puentes	CUBA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	<a href="mailto:nancy@ecologia.cu">nancy@ecologia.cu</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
28	Tratamiento de residuos sólidos biodegradables domésticos (RSBD)	Luis Antonio Barzallo Bravo, Joaquín Antonio Naranjo Palomeque	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:labarzallo@uce.edu.ec">labarzallo@uce.edu.ec</a>
29	Tamaño poblacional y patrón de conducta de <i>Grus canadensis nesiotis</i> (Aves: Gruidae) en dos localidades de Cuba	Fernando Abasolo-Pacheco, Yarelys Ferrer Sánchez, Idael Ruiz Companioni	ECUADOR	Universidad Técnica Estatal de Quevedo	<a href="mailto:ferchoabasolo@gmail.com">ferchoabasolo@gmail.com</a>
30	Patrones de distribución espacial de <i>Guaiacum sanctum</i> L. (Zygophyllaceae) y su diversidad genética y etnobotánica: Una especie amenazada	Rafael Enrique Corrales Andino, Lilian Florencia Ferrufino Acosta, Thelma María Mejía Ordoñez	HONDURAS	Universidad Nacional Autónoma de Honduras	<a href="mailto:rcorrales@unah.edu.hn">rcorrales@unah.edu.hn</a>
31	Patio familiar con uso sostenible de la tierra mediante el empleo de prácticas agroecológicas	Rafael de la Cruz Pérez, Raquel de la Cruz Soriano, Yulexis Cedré Pérez, Onelia Guevara Reyes	CUBA	Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez"	<a href="mailto:raquel@uniss.edu.cu">raquel@uniss.edu.cu</a>
32	Fortalecimiento de los procesos comunicativos ambientales para potenciar la participación juvenil en la Universidad Libre-Colombia	Lizeth Paola Ferro Suarez, Jonathan Camilo Romero Ávila	COLOMBIA	Universidad Libre-Bogotá	<a href="mailto:lizethp.ferros@unilibrebog.edu.co">lizethp.ferros@unilibrebog.edu.co</a>
33	Sistema de Gestión Ambiental basado en buenas prácticas de manufactura en empresas embotelladoras de licores	Freddy Oswaldo Tamayo Granja	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:ffred_tama@hotmail.com">ffred_tama@hotmail.com</a>
34	Patrones alométricos en la tasa de crecimiento y su inherencia en el dimorfismo sexual de <i>Panulirus gracilis</i> en cautiverio	David Jesod Mero del Valle, Ricardo Javier Castillo Ruperti, Juan Figueroa Pico, Dayanara Macías Mayorga	ECUADOR	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí	<a href="mailto:david.mero@uleam.edu.ec">david.mero@uleam.edu.ec</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
35	Resultados del proyecto universitario para el estudio y conservación de tortugas marinas en la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba	María de Fátima Amarán Ruiz, Flavia María Amarán Ruiz, Leonardo Díaz Novo, Yanelis Zaldívar Mancha	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"	<a href="mailto:maria@emproypr.co.cu">maria@emproypr.co.cu</a>
36	Diseño de Memoria de Sostenibilidad para la fase de construcción del poliducto Pascuales – Cuenca	Mery Gabriela Jarrín Jácome, Victoria Massiel Ortega Torres	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:gabyta1003@gmail.com">gabyta1003@gmail.com</a>
37	Crecimiento de la langosta verde <i>Panulirus gracilis</i> en el sur de la provincia de Manabí, Ecuador: aplicación de modelo de simulación de crecimiento	Ricardo Javier Castillo Ruperti, David Mero del Valle, Juan Figueroa Pico, Dayanara Macías Mayorga	ECUADOR	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí	<a href="mailto:ricardo.castillo@uleam.edu.ec">ricardo.castillo@uleam.edu.ec</a>
38	Remoción de sulfato en el tratamiento fisicoquímico de las aguas mediante un sistema por carga empleando muestras de arena	Gilberto Colina, Edison Greco Lavayen Delgado, Carlos Vera, Carlos Andrade, José Gómez, Carlos Chinga, Abrahan Velázquez	ECUADOR	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí	<a href="mailto:edison27negro@hotmail.com">edison27negro@hotmail.com</a>
39	Diversidad de melolóntidos nocturnos (insecta: Coleoptera) asociados a un bosque tropical caducifolio de la Sierra del Águila, Ameca, Jalisco, México	José Ernesto Colima-Lara, Luis Eugenio Rivera Cervantes, Adriana Elena Castro-Ramírez, Edith García-Real	MÉXICO	Universidad de Guadalajara - Colegio de la Frontera Sur	<a href="mailto:ernesto_colima@hotmail.com">ernesto_colima@hotmail.com</a>
40	Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera, materia orgánica del Distrito Metropolitano de Quito	Lorena Alejandra Mafla Carvajal	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:lore_aleja15@hotmail.com">lore_aleja15@hotmail.com</a>
41	Tecnologías de fitorremediación para control de metales pesados presentes en lodos de lixiviados de rellenos sanitarios	Álvaro Chávez Porras, Luis Felipe Pinzón Uribe, Nicolás Casallas Ortega	COLOMBIA	Universidad Militar Nueva Granada	<a href="mailto:alvaro.chavez@unimilitar.edu.co">alvaro.chavez@unimilitar.edu.co</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
42	Análisis fisicoquímico en una columna de observación de colonias microbianas alimentadas con lodos de lixiviados	Álvaro Chávez Porras, Rene Aponte Escobar, Nicolás Casallas Ortega	COLOMBIA	Universidad Militar Nueva Granada	<a href="mailto:alvaro.chavez@unimilitar.edu.co">alvaro.chavez@unimilitar.edu.co</a>
43	Las grandes infraestructuras marítimas y su impacto ambiental y socioeconómico en las zonas costeras	Duber Israel Delgado Palma	ECUADOR	Ministerio de Transporte y Obras Públicas	<a href="mailto:dbrd_2020@hotmail.com">dbrd_2020@hotmail.com</a>
44	Tácticas de gestión de residuos sólidos urbanos en la comunidad de Limoncocha - Ecuador para el desarrollo sostenible de la Reserva Biológica	Jorge Esteban Oviedo Costales, Katty Coral Carrillo	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:jorge.oviedo@uisek.edu.ec">jorge.oviedo@uisek.edu.ec</a>
45	Identificación de microalgas de la Laguna de Limoncocha para su aprovechamiento como biocombustible	Michelle Carolina Moreno Cepeda	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:michi1406lg@hotmail.com">michi1406lg@hotmail.com</a>
46	Análisis de perfiles hidroquímicos en un área protegida amazónica: el caso de la Laguna de Limoncocha, provincia de Sucumbíos (Ecuador)	Patricio Rodríguez Montaña, Sebastián Chiriboga Jervis	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:chiri_sebas@hotmail.com">chiri_sebas@hotmail.com</a>
47	Buenas prácticas en la gestión del programa de doctorado conjunto "Desarrollo sostenible: manejos forestal y turístico" entre la Universidad de Alicante (UA), España y la Universidad de Pinar del Río (UPR), Cuba	Mayra Casas Vilardell, Dora L. Márquez Delgado, José A. Jaula Botet, Alain Hernández Santoyo, Maricela González Pérez, María Elena Fernández Hernández, Antonio Escarré Estévez, Andreu Bonet Jornet	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"	<a href="mailto:mcasas@upr.edu.cu">mcasas@upr.edu.cu</a>
48	Obtención de bio-combustibles a partir de residuos sólidos orgánicos y aceites comestibles usados	Marco Javier Puente León, Edison Jonathan Criollo Jumbo	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:mjpuente@uce.edu.ec">mjpuente@uce.edu.ec</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
49	Bacterias, algas, microalgas, cianobacterias y macrófitas de aplicación biotecnológica (nutricional, biorremediadora y biofertilizante) industrial y ecológica cultural	Isabel Carrillo, Franklin Gilberto Gavilánez Elizalde, Andrés Granda, Juan Ochoa	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:cub@uce.edu.ec">cub@uce.edu.ec</a>
50	Uso sostenible de la diversidad biológica en Ecuador. Un caso de estudio: Milípedos amazónicos gen. <i>Rhinocricus</i> desde la secreción defensiva hasta un funguicida natural	Juan Enrique Tacoronte Morales, Franklin Gavilánez, Isabel Carrillo, Andrés Granda, Juan C. Ochoa, Emilia Cevallos	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:jetacoronte@yahoo.com">jetacoronte@yahoo.com</a>
51	Gestión de la formación ambiental a través de la dimensión extracurricular del proceso de formación profesional. Propuesta desde la Universidad de Pinar del Río, Cuba	Dora Lilia Márquez Delgado, Mayra Casas Vilardell, José Alberto Jaula Botet, Luis Humberto Márquez Delgado, Luis Guillermo Castillo González, Evelyn Pérez Rodríguez, Noarys Pérez Díaz, Rosa Hernández Acosta	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"	<a href="mailto:mcasas@upr.edu.cu">mcasas@upr.edu.cu</a>
52	Análisis técnico, económico y ambiental de energías: eólica, fotovoltaica y geotérmica, para dotar de energía limpia al refugio del volcán Guagua Pichincha	Elizabeth Tisalema Yumbo	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:ely.tisalema.y@gmail.com">ely.tisalema.y@gmail.com</a>
53	Aprovechamiento del grano obtenido de neumáticos fuera de uso (NFU) del parque automotor de Cuenca para combinarlo en la fabricación de tejas cerámicas	Natalia Jaramillo, Alonso Moreta	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:alonso.moreta@uisek.edu.ec">alonso.moreta@uisek.edu.ec</a>
54	Diseño de un mortero para la elaboración de adoquines con el uso de material reciclado de llantas usadas	Sofía Yolanda Montalvo Proaño, Alonso Moreta	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:alonso.moreta@uisek.edu.ec">alonso.moreta@uisek.edu.ec</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
55	Evaluación de algas psicrófilas antárticas como posible fuente de energía renovable	Ronny Adrián Flores Ortega, Tatiana Guevara, Mónica Salas, Ana Yañez, Judith Suarez, Denisse Molina	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:raflores@uce.edu.ec">raflores@uce.edu.ec</a>
56	Diversidad de escarabajos copronecrófagos y estado de conservación de la microcuenca del río Pindo Grande, sector Estación Biológica Pindo Mirador	Andrea Ayshath Vaca Noboa, María Alexandra Endara González	ECUADOR	Universidad Tecnológica Equinoccial	<a href="mailto:andrea_ayshath@hotmail.com">andrea_ayshath@hotmail.com</a>
57	Análisis de la calidad de los efluentes de los biodigestores en los LODGES ubicados en la zona alta de la reserva de Producción de Fauna Cuyabeno–RPFC	Diana Catalina Monasalvas Corrales, Isidro Gutiérrez	ECUADOR	Universidad Tecnológica Equinoccial	<a href="mailto:dayamanosalvas@gmail.com">dayamanosalvas@gmail.com</a>
58	Desarrollo de los procesos de erosión en el sector Zabala	Yolanda Graciela Flores García, Erick Pareja, Roman Kravchenko	ECUADOR	Universidad Tecnológica Equinoccial	<a href="mailto:graciela.94@outlook.com">graciela.94@outlook.com</a>
59	Evaluación del extracto de la corteza de especies de eucaliptos para crema antioxidante	Yerandi Reyes Fajardo, Juan Carlos Díaz Gispert, Juan Carlos Díaz Peña, Uvaldo Orea Igarza, Elena Cordero Machado, Avilio A. Martínez Seara	CUBA	Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”	<a href="mailto:yerandi.reyes@nauta.cu">yerandi.reyes@nauta.cu</a>
60	Evaluación microbiológica de la resistencia de bacterias a los metales pesados (HG, CR, CD, PB) en la microcuenca del río Chibunga, provincia de Chimborazo	Liliana Soria, Byron Cajamarca, Cristian Salgado, Gerardo Medina	ECUADOR	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	<a href="mailto:lunita.lili@hotmail.com">lunita.lili@hotmail.com</a>
61	Establecimiento de un nuevo índice de calidad de aguas basado en la presencia de diatomeas epilíticas y epífitas en los andes ecuatorianos	Katherine Jhoanna Rosero Córdova	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:kathyrousse@hotmail.com">kathyrousse@hotmail.com</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
62	Diseño de un sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia para riego de jardines externos, huerto ecológico e inodoros en la Facultad de Ciencias Ambientales de la UISEK	Carolina Abigail Marcial Gallardo	ECUADOR	Universidad Internacional SEK	<a href="mailto:carorebu@hotmail.com">carorebu@hotmail.com</a>
63	Producción de bioelectricidad a partir de aguas contaminadas con suero lácteo en celdas de combustible bacteriano	Cristian David García Lomas, Raúl Bahamonde Soria	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:cdgarcia@uce.edu.ec">cdgarcia@uce.edu.ec</a>
64	Gestión histórica y uso actual del suelo en bosques naturales y la lucha contra el cambio climático: caso de estudio Bosque Protector Aguarongo, Azuay- Ecuador	Fredi Leonidas Portilla Farfán, Vanessa Contreras, Daniel Zumba, Paola Criollo, Pablo Parra, Elizabeth Lomas	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:dzumbaa@est.ups.edu.ec">dzumbaa@est.ups.edu.ec</a>
65	Construcción de una pila de combustible microbiana (PCM) con bacterias autóctonas para el tratamiento de aguas residuales y producción de energía eléctrica	Marbibel Andrango, Raúl Bahamonde Soria	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:maryandrango@gmail.com">maryandrango@gmail.com</a>
66	El tratamiento de las aguas residuales en Jipijapa: ¿Una alternativa necesaria?	Arturo Andrés Hernández Escobar, Alex Joffre Quimis Gómez, Yamel Álvarez Gutiérrez, Eduardo Alcívar Rivas, Elvia Eligia León Baque	ECUADOR	Universidad Estatal del Sur de Manabí	<a href="mailto:alex.quimis@unesum.edu.ec">alex.quimis@unesum.edu.ec</a>
67	Influencia de los sistemas agroforestales y monocultivo de cacao sobre la calidad del suelo, en el cantón Arosemena Tola	Daniel Santiago Paguay Sayay, Carlos Bravo, Alexandra Torres	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica	<a href="mailto:santydanieldp@gmail.com">santydanieldp@gmail.com</a>
68	Impacto ambiental del cambio de uso del suelo sobre los parámetros edáficos en la Reserva de Biosfera Sumaco, provincia de Napo	Alex Gary Díaz Villarruel, Carlos Bravo Medina, Alexandra Torres	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica	<a href="mailto:alexgary_az@hotmail.com">alexgary_az@hotmail.com</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
69	Evaluación de la bioconcentración de dos especies de microfitas acuáticas <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna spp</i> en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo	Santiago Rodrigo Mera Ponce	ECUADOR	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	<a href="mailto:santyro17@hotmail.com">santyro17@hotmail.com</a>
70	Propuesta para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de Jeans en el río Patate, cantón Pelileo	Rodrigo René Guerrero Shaca	ECUADOR	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	<a href="mailto:rodrigo_rene13@hotmail.com">rodrigo_rene13@hotmail.com</a>
71	Macroinvertebrados acuáticos y calidad biológica del agua del río Ambato, cantón Ambato	Sandra Paola Freire Rumipamba	ECUADOR	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	<a href="mailto:sandrapaolafr@gmail.com">sandrapaolafr@gmail.com</a>
72	Modelos matemáticos como herramienta para la gestión de la calidad del agua en sistemas fluviales	Carlos Marcelo Matovelle Bustos	ECUADOR	Universidad Católica de Cuenca	<a href="mailto:cmmatovelleb@ucacue.edu.ec">cmmatovelleb@ucacue.edu.ec</a>
73	Modelación del tratamiento biológico, análisis con un ensayo experimental en un reactor discontinuo aerobio	Carlos Xavier Zagal Andrade, Paola Jacqueline Duque Sarango, Daysi Maribel Patiño Ramón, Santiago Ismael Segarra Cabay, Wilmer Ricardo Robles Alvarado, Xavier Estuardo López Ullauri, Andrea Maribel Llangari Sibri, Martha Nohemi Guzmán Juárez	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:czagala@est.ups.edu.ec">czagala@est.ups.edu.ec</a>
74	Desarrollo Territorial Sustentable Recurso "Agua"	Augusto Polibio Martínez Vega	ECUADOR	Universidad Católica de Cuenca	<a href="mailto:amartinez@ucacue.edu.ec">amartinez@ucacue.edu.ec</a>
75	Significado funcional de la variabilidad de los patrones de moteado de los huevos del Parus major en Bunnderkamp, Países Bajos	Allison Ivonne Recalde Rodríguez	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja	<a href="mailto:airecalde92@hotmail.com">airecalde92@hotmail.com</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
76	Diseño de un programa de Interpretación Ambiental para la Reserva Ecológica “La Ceiba” sector Cabeza de Toro, del cantón Zapotillo, provincia de Loja	Edgar Quizhpe Azanza	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja	<a href="mailto:edgardga_93@hotmail.com">edgardga_93@hotmail.com</a>
77	Percepción de servicios culturales de los bosques secos del sur del Ecuador	Olga Isabel Peñaranda Azuero	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja	<a href="mailto:olguita93@hotmail.es">olguita93@hotmail.es</a>
78	Influencia de los reguladores de crecimiento Kinetina y Ácido giberélico sobre la germinación de semillas de Bixa orellana en cultivo in vitro	Andrea Stefanía Moncada Martínez	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja	<a href="mailto:asmoncada@utpl.edu.ec">asmoncada@utpl.edu.ec</a>
79	Evaluación de tratamientos químicos para acortar el tiempo de germinación de semillas de <i>Gynoxys verrucosa</i> mediante cultivos in vitro	Katherine Ivonne Sarango Salazar	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja	<a href="mailto:kisarango@utpl.edu.ec">kisarango@utpl.edu.ec</a>
80	Competencia o partición de nicho por los recursos en abejas nativas <i>Melipona mimetica</i> y <i>Scaptotrigona</i> sp. En un bosque seco al sur de Ecuador	Anthony Sebastián Guerrero Peñaranda	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja	<a href="mailto:tonnygp20@gmail.com">tonnygp20@gmail.com</a>
81	Distribución, biología y ecología de la especie invasora, caracol africano <i>Achatina fulica</i> (Férussac) (Achatinidae) en Ecuador	Pedro Damián Ríos Guayasamín, Bartłomiej Gołdyn, Karen Aguirre Sánchez, Laura Hepting	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica	<a href="mailto:prios@uea.edu.ec">prios@uea.edu.ec</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
82	Modelización problemas ambientales en entornos ganaderos a partir del estudio de las interacciones entre las dimensiones sociales, ambientales y salud, mediante el uso de sistemas de información geográfica y teledetección, en el cantón San Miguel de los Bancos	Richar Iván Rodríguez Hidalgo, Evelyn Gabriela Villarroel Villarroel, Andrés Ignacio Petroche Villa, Susana Arciniegas Ortega	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:andrespetroche89@gmail.com">andrespetroche89@gmail.com</a>
83	Recurso hídrico, Clima y Sistemas de Información Geográfica	Silvia Valeria Cargua Proaño, Marlene Ernestina Cueva Rosillo, Jessica Joseth Escobar Freire, Susana Arciniegas Ortega	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador	<a href="mailto:marnina.20@gmail.com">marnina.20@gmail.com</a>
84	Inventario de plantas útiles en la comunidad Las Mercedes, Pedro Pablo Gómez, Jipijapa, Manabí, Ecuador	Alexandra Elsy Pita Lino, Héctor Simón Pinargote Vélez, Yhonny Pincay Mendoza, Sonia Rosete Blandariz, Manuel Castro Priego, Omelio Borroto Leal	ECUADOR	Universidad Estatal del Sur de Manabí	<a href="mailto:alexandra.pita@unesum.edu.ec">alexandra.pita@unesum.edu.ec</a>
85	Uso y manejo sostenible de las plantas en la Finca Orgánica Río Muchacho, cantón San Vicente, Manabí	Héctor Simón Pinargote Vélez, Juan Diego Samaniego Champan, Sonia Rosete Blandariz, Omelio Borroto Leal	ECUADOR	Universidad Estatal del Sur de Manabí	<a href="mailto:hectorpinargote78@hotmail.com">hectorpinargote78@hotmail.com</a>
86	Problemas ambientales en la comunidad "Las Mercedes" de la parroquia "Pedro Pablo Gómez", Manabí	Yhonny Pincay Mendoza, Sonia Rosete Blandariz, Omelio Borroto Leal	ECUADOR	Universidad Estatal del Sur de Manabí	<a href="mailto:yhonalpin@yahoo.es">yhonalpin@yahoo.es</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
87	La tecnología solar como alternativa ante el cambio climático	Tony Viloria, Efrén Vázquez, David Mesias Minda Tenezaca, John Guachún, Diego Bacuilima, Miriam Mainato, Francisco Mainato, María Inés Chungata	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana	<a href="mailto:dminda@est.ups.edu.ec">dminda@est.ups.edu.ec</a>
88	Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agrarios en comunidades seleccionadas en la Reserva de Biósfera Yasuní – Amazonía Ecuatoriana	Ramiro Estuardo Camacho Núñez, Marco Gerardo Heredia Rengifo, Ximena Adelaida Rodríguez Villafuerte	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica	<a href="mailto:mheredia@uea.edu.ec">mheredia@uea.edu.ec</a>
89	Patrón de emergencia de libélulas (Odonata: Insecta) en un hábitat léntico de Tabatinga, Amazonas, Brasil	Adrian David Trapero Quintana, Nazande Cacau dos Santos	BRASIL	Universidade do Estado do Amazonas	<a href="mailto:trapero76@gmail.com">trapero76@gmail.com</a>
90	Cálculo de cobertura de ecosistemas prioritarios en las áreas protegidas del proyecto: Archipiélagos del sur de Cuba	Carlos Lorenzo Martin, José Augusto Valdés Pérez, Adonis Maikel Ramón Puebla, Susana Perera Valderrama, Maritza García García, Enrique Hernández Hernández, Beatriz Martínez-Daranas	CUBA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	<a href="mailto:jose@snap.cu">jose@snap.cu</a>
91	Mapificación de la cobertura del suelo en el Refugio de Fauna Macurije – Santa María y análisis de su dinámica espacial	José Augusto Valdés Pérez, Adonis Ramón Puebla, Jorge Ferro Díaz, Luis Ángel Guedes Dorta, Dafnet Sánchez de Céspedes, Gretel Abad Camba	CUBA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	<a href="mailto:jose@snap.cu">jose@snap.cu</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
92	Transformación sostenible de la matriz energética	María Rodríguez Gámez, Antonio Vázquez Pérez, Washington Castillo Jurado, Wilber Manuel Saltos Arauz	ECUADOR	Universidad Técnica de Manabí	<a href="mailto:mariarodriguez@utm.edu.ec">mariarodriguez@utm.edu.ec</a>
93	Evaluación previa para introducir una microrred fotovoltaica en el ambiente urbano	Wilber Manuel Saltos Arauz, María Rodríguez Gámez, Antonio Vázquez Pérez, Miguel Castro Fernández	ECUADOR	Universidad Técnica de Manabí	<a href="mailto:wsaltos@utm.edu.ec">wsaltos@utm.edu.ec</a>
94	La Formación Ambiental desde el aprovechamiento de la energía solar, el ahorro y la eficiencia energética. Estudio de caso Universidad Técnica de Manabí	Antonio Vázquez Pérez, María Rodríguez Gámez, Esther Montero Zurita	ECUADOR	Universidad Técnica de Manabí	<a href="mailto:antoniov5506@gmail.com">antoniov5506@gmail.com</a>
95	El secado solar y los agronegocios	Sebastiana del Monserrate Ruiz Cedeño, María Rodríguez Gámez, José Acedo Suárez	ECUADOR	Universidad Técnica de Manabí	<a href="mailto:moncitaruiz@gmail.com">moncitaruiz@gmail.com</a>
96	Gestión de riesgos ambientales en cuencas hidrográficas del Ecuador (GRACH): Amazonía, Sierra y Costa	Carlos A. Bravo Medina, Reinaldo D. Alemán Pérez, Carlos E. Balmaseda Espinosa, Luis M. Santillán Quiroga, Rigoberto M. García Batista, Yordanis G. Puerta de Armas, Antonio E. Santillán Castillo, Sara Y. Ulloa Bonilla	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica	<a href="mailto:cbravo@uea.edu.ec">cbravo@uea.edu.ec</a>
97	Función protectora de las geoformas y ecosistemas costeros del litoral norte de la provincia de Matanzas ante inundaciones costeras	Maykel Morales González, Juan Alfredo Cabrera Hernández	IVB	Department of Disaster Management	<a href="mailto:cantel13@gmail.com">cantel13@gmail.com</a>
98	Análisis del riesgo de inundación costera en los programas de MIZC del litoral norte de la provincia de Matanzas	Maykel Morales González, Juan Alfredo Cabrera Hernández	IVB	Department of Disaster Management	<a href="mailto:cantel13@gmail.com">cantel13@gmail.com</a>

CÓD	TÍTULO DEL TRABAJO	NOMBRE Y APELLIDOS DE LOS AUTORES	PAÍS	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO
99	Lineamientos base para insertar el proceso de Reducción del Riesgo de Desastres en los Programas de MIZC	Maykel Morales González, Juan Alfredo Cabrera Hernández	IVB	Department of Disaster Management	<a href="mailto:cantel13@gmail.com">cantel13@gmail.com</a>
100	Caracterización del plancton en las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA	María José Andrade López, Diego Torres, Laura Salazar	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica	<a href="mailto:majito_al@hotmail.com">majito_al@hotmail.com</a>
101	Fundamentos de la investigación y publicación científica. Una mirada desde lo ambiental	Tito Morales Pinzón	COLOMBIA	Universidad Tecnológica de Pereira	<a href="mailto:tito@utp.edu.co">tito@utp.edu.co</a>
102	Las inundaciones pluviales y fluviales: una amenaza para el desarrollo de la sociedad y el turismo en el Paisaje Cultural de la Humanidad Valle de Viñales	Sara Yaima Ulloa Bonilla, Yordanis Gerardo Puerta de Armas, Ricardo Seco Hernández, Roberto Novo Carbó	MÉXICO	Red Iberoamericana de Medio Ambiente	<a href="mailto:saraulloabonilla@gmail.com">saraulloabonilla@gmail.com</a>
103	Dieta de <i>Hemidactylus mabouia</i> (Sauria: Gekkonidae) em uma área urbana do município de Tabatinga-Amazonas-Brasil	Josiel Hernan Gonzales Tello, José Ranses Caicedo-Portilla, Marcella Pereira da Cunha Campos, Adrian David Trapero Quintana	BRASIL	Universidade do Estado do Amazonas	<a href="mailto:trapero76@gmail.com">trapero76@gmail.com</a>
104	Comportamiento de emergencia en <i>Pantala flavescens</i> y <i>Tamea abdominalis</i> (Odonata: Insecta) en un hábitat léntico artificial de Tabatinga, Amazonas, Brasil	Adrian David Trapero Quintana, Francisco de Assis Cruz Ferreira	BRASIL	Universidade do Estado do Amazonas	<a href="mailto:trapero76@gmail.com">trapero76@gmail.com</a>
105	Proyección de un ecomuseo de la ruralidad en la comunidad de Tuinucú, Sancti Spíritus, Cuba	Omaida Romeu Torres, Ignacio González Ramírez, Andrea Galli, Osmany Ceballo Melendres, José Neira Milián	ITALIA	Polytechnic University of Marche	<a href="mailto:omaidaromeu1966@gmail.com">omaidaromeu1966@gmail.com</a>
106	Levantamento de Chironomidae (Diptera: Insecta) na tríplice fronteira: Brasil, Colombia e Peru	Patrícia do Rosário Reis, Alan Gomes dos Santos, Adrian David Trapero Quintana	BRASIL	Universidade do Estado do Amazonas	<a href="mailto:trapero76@gmail.com">trapero76@gmail.com</a>

## Programa científico del VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016):

### Comisión No. 1. Uso sostenible de la biodiversidad y manejo de áreas protegidas

Presidente: PhD. Reinaldo Demesio Alemán Pérez. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador

Secretaria: Ing. Rosa Enith Armijos González. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador

Vocal: PhD. Félix Daniel Andueza Leal. Universidad Central del Ecuador. Ecuador

Suplente: PhD. Carlos Jumbo Salazar. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador

Suplente: MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes. Universidad de Guadalajara. México

Suplente: PhD. Adrian David Trapero Quintana. Universidad del Estado de Amazonas. Brasil

### Miércoles 15 de junio de 2016

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
15:30-15:45	Presentación de los participantes					
15:45-16:00	045	Identificación de microalgas de la Laguna de Limoncocha para su aprovechamiento como biocombustible	Michelle Carolina Moreno Cepeda	Michelle Carolina Moreno Cepeda	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
16:00-16:15	046	Análisis de perfiles hidroquímicos en un área protegida amazónica: el caso de la Laguna de Limoncocha, provincia de Sucumbíos (Ecuador)	Patricio Rodríguez Montaña, Sebastián Chiriboga Jervis	Sebastián Chiriboga Jervis	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
16:15-16:30	064	Gestión histórica y uso actual del suelo en bosques naturales y la lucha contra el cambio climático: caso de estudio Bosque Protector Aguarongo, Azuay- Ecuador.	Fredi Leonidas Portilla Farfán, Vanessa Contreras, Daniel Zumba, Paola Criollo, Pablo Parra, Elizabeth Lomas	Daniel Estuardo Zumba Arichávala, Paola Andrea Criollo Quito	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
16:30-16:45	Debate					

**Comisión No. 1. Uso sostenible de la biodiversidad y manejo de áreas protegidas**

**Miércoles 15 de junio de 2016 (continuación)**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
16:45-17:00	056	Diversidad de escarabajos copronecrófagos y estado de conservación de la microcuenca del río Pindo Grande, sector Estación Biológica Pindo Mirador	Andrea Ayshath Vaca Noboa, María Alexandra Endara González	Andrea Ayshath Vaca Noboa	ECUADOR	Universidad Tecnológica Equinoccial
17:00-17:15	069	Evaluación de la bioconcentración de dos especies de microfitas acuáticas <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna spp</i> en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo	Santiago Rodrigo Mera Ponce	Santiago Rodrigo Mera Ponce	ECUADOR	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
17:15-17:30	068	Impacto ambiental del cambio de uso del suelo sobre los parámetros edáficos en la Reserva de Biosfera Sumaco, provincia de Napo	Alex Gary Díaz Villarruel, Carlos Bravo Medina y Alexandra Torres	Alex Gary Díaz Villarruel	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica
17:30-17:45	Debate					
17:45-18:00	025	Acciones para el manejo de especies leñosas en un bosque pluvisilva de baja altitud, área de manejo Majagual	Willian Romagosa Monier, Yobanis Osorio Bornot	Willian Romagosa Monier	CUBA	Universidad de Guantánamo
18:00-18:15	059	Evaluación del extracto de la corteza de especies de eucaliptos para crema antioxidante	Yerandi Reyes Fajardo, Juan Carlos Díaz Gispert; Juan Carlos Díaz Peña, Uvaldo Orea Igarza; Elena Cordero Machado; Avilio A. Martínez Seara	Yerandi Reyes Fajardo	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"
18:15-18:30	Debate					

**Comisión No. 1. Uso sostenible de la biodiversidad y manejo de áreas protegidas**

**Jueves 16 de junio de 2016**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
15:30-15:45	Presentación de los participantes					
15:45-16:00	075	Significado funcional de la variabilidad de los patrones de moteado de los huevos del Parus major en Bunnderkamp, Países Bajos	Allison Ivonne Recalde Rodríguez	Allison Ivonne Recalde Rodríguez	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja
16:00-16:15	077	Percepción de servicios culturales de los bosques secos del sur del Ecuador	Olga Isabel Peñaranda Azuero	Olga Isabel Peñaranda Azuero	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja
16:15-16:30	078	Influencia de los reguladores de crecimiento Kinetina y Ácido giberélico sobre la germinación de semillas de Bixa orellana en cultivo in vitro	Andrea Stefanía Moncada Martínez	Andrea Stefanía Moncada Martínez	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja
16:30-16:45	Debate					
16:45-17:00	100	Caracterización del plancton en las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA	María José Andrade López, Diego Torres, Laura Salazar	María José Andrade López	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica
17:00-17:15	079	Evaluación de tratamientos químicos para acortar el tiempo de germinación de semillas de Gynoxys verrucosa mediante cultivos in vitro	Katherine Ivonne Sarango Salazar	Katherine Ivonne Sarango Salazar	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja
17:15-17:30	080	Competencia o partición de nicho por los recursos en abejas nativas Melipona mimetica y Scaptotrigona sp. En un bosque seco al sur de Ecuador	Anthony Sebastián Guerrero Peñaranda	Anthony Sebastián Guerrero Peñaranda	ECUADOR	Universidad Técnica Particular de Loja
17:30-17:45	Debate					

### Comisión No. 3. Gestión de riesgos ambientales y cambio climático

Presidente: MSc. Fabio Venancio Villalba Vaca. Universidad Internacional SEK. Ecuador

Secretario: MSc. Alex Joffre Quimis Gómez. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador

Vocal: PhD. Carlos Alfredo Bravo Medina. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador

Suplente: MSc. César Augusto Chávez Orozco. Universidad Central del Ecuador. Ecuador

Suplente: MSc. Claudia Nataly Mondragón Rivera. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Honduras

Suplente: Lic. Sara Yaima Ulloa Bonilla. Red Iberoamericana de Medio Ambiente. México

**Miércoles 15 de junio de 2016**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
15:30-15:45	Presentación de los participantes					
15:45-16:00	019	Obtención de una metodología de cálculo para absorción de carbono en 11 sumideros del D.M. de Quito	Iván Albiño, Xavier Cumbanguin, Henry Mejía	Iván Albiño, Xavier Cumbanguin, Henry Mejía	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
16:00-16:15	052	Análisis técnico, económico y ambiental de energías: eólica, fotovoltaica y geotérmica, para dotar de energía limpia al refugio del volcán Guagua Pichincha	Elizabeth Tisalema, Alonso Moreta	Elizabeth Tisalema	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
16:15-16:30	021	Evaluación in vitro de la capacidad bacteriana para remover plomo en aguas residuales sintéticas	Lenin Javier Ramírez Cando, Santiago Paúl Guerra Guevara, Gabriela Alejandra Reinoso Molina	Gabriela Alejandra Reinoso Molina	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
16:30-16:45	Debate					

**Comisión No. 3. Gestión de riesgos ambientales y cambio climático****Miércoles 15 de junio de 2016 (continuación)**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
16:45-17:00	022	Riesgo a inundaciones por efecto del cambio climático y fenómeno de El Niño en Machala	Roberto Andrés Reisancho Puetate y Sheila Serrano	Roberto Andrés Reisancho Puetate	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
17:00-17:15	063	Producción de bioelectricidad a partir de aguas contaminadas con suero lácteo en celdas de combustible bacteriano	Cristian David García Lomas, Raúl Bahamonde Soria	Cristian David García Lomas	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador
17:15-17:30	020	Generación y análisis de información sobre vulnerabilidades del sistema de agua potable desde los ámbitos ambientales, económicos y sociales en el área del proyecto de agua potable Pesillo – Imbabura	Ronnie Lizano y Paola Chávez	Paola Chávez	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
17:30-17:45			Debate			

**Comisión No. 3. Gestión de riesgos ambientales y cambio climático**

**Jueves 16 de junio de 2016**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
15:30-15:45	Presentación de los participantes					
15:45-16:00	065	Construcción de una pila de combustible microbiana (PCM) con bacterias autóctonas para el tratamiento de aguas residuales y producción de energía eléctrica	Marbibel Andrango, Raúl Bahamonde Soria	Marbibel Andrango	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador
16:00-16:15	082	Modelización problemas ambientales en entornos ganaderos a partir del estudio de las interacciones entre las dimensiones sociales, ambientales y salud, mediante el uso de sistemas de información geográfica y teledetección, en el cantón San Miguel de los Bancos	Andrés Petroche, Evelyn Villaroel, Susana Arciniegas, Richard Rodríguez	Andrés Petroche	ECUADOR	Universidad Central del Ecuador
16:15-16:30	087	La tecnología solar como alternativa ante el cambio climático	Tony Viloría, Efrén Vázquez, David Minda, John Guachún, Diego Bacuilima, Miriam Mainato, Francisco Mainato, María Inés Chungata	David Mesias Minda Tenezaca	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
16:30-16:45	Debate					
16:45-17:00	013	Programa de acciones para el manejo de vegetación de costa arenosa en playas de anidación de tortugas marinas en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba	Odismarlyn Blanco Blanco, Lázaro Márquez Govea	Odismarlyn Blanco Blanco	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"
17:00-17:15	014	Programa de acciones para el manejo de bosques litorales afectados por huracanes y otros eventos extremos en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba	Lázaro Márquez Govea, Odismarlyn Blanco Blanco	Lázaro Márquez Govea	CUBA	Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"
17:15-17:30	Debate					

#### Comisión No. 4. Política y gestión ambiental

Presidente: MSc. Carlos Ignacio Jiménez Montoya. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia

Secretaria: MSc. Susana Rocío del Cisne Arciniegas Ortega. Universidad Central del Ecuador. Ecuador

Vocal: MSc. Andrés Agustín Beltrán Dávalos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador

Suplente: PhD. Eury José Villalobos Ferrer. Universidad Bolivariana de Venezuela. Venezuela

Suplente: MSc. Magaly Vicenta Torres Martínez. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba

Suplente: PhD. Alfredo Domínguez González. Universidad Estatal de Mato Grosso. Brasil

**Miércoles 15 de junio de 2016**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
15:30-15:45	Presentación de los participantes					
15:45-16:00	007	Utilización de material de espuma flex (Poliestireno) para la construcción de modelos en los procesos de fundición de aluminio	José Elí Saltos Zambrano	José Elí Saltos Zambrano	ECUADOR	Universidad Técnica de Manabí
16:00-16:15	023	Estudio del comportamiento de diferentes pastas de Dióxido de Titanio con el empleo de tintes naturales para las fabricaciones de celdas solares	Carlos Stalin Torres López, Daniela Aguas, Cristina Calero	Carlos Stalin Torres López, Daniela Aguas y Cristina Calero	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
16:15-16:30	032	Fortalecimiento de los procesos comunicativos ambientales para potenciar la participación juvenil en la Universidad Libre-Colombia	Lizeth Paola Ferro Suarez, Jonathan Camilo Romero Ávila	Lizeth Paola Ferro Suárez, Jonathan Camilo Romero Ávila	COLOMBIA	Universidad Libre-Bogotá
16:30-16:45	Debate					

**Comisión No. 4. Política y gestión ambiental****Miércoles 15 de junio de 2016 (continuación)**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
16:45-17:00	033	Sistema de Gestión Ambiental basado en buenas prácticas de manufactura en empresas embotelladoras de licores	Freddy Oswaldo Tamayo Granja	Freddy Oswaldo Tamayo Granja	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
17:00-17:15	057	Análisis de la calidad de los efluentes de los biodigestores en los LODGES ubicados en la zona alta de la reserva de Producción de Fauna Cuyabeno–RPFC	Diana Catalina Monasalvas Corrales, Isidro Gutiérrez	Diana Catalina Monasalvas Corrales	ECUADOR	Universidad Tecnológica Equinoccial
17:15-17:30	054	Diseño de un mortero para la elaboración de adoquines con el uso de material reciclado de llantas usadas	Sofía Yolanda Montalvo Proaño, Alonso Moreta	Sofía Yolanda Montalvo Proaño	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
17:30-17:45	Debate					

**Comisión No. 4. Política y gestión ambiental**

**Jueves 16 de junio de 2016**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
15:30-15:45	Presentación de los participantes					
15:45-16:00	036	Diseño de Memoria de Sostenibilidad para la fase de construcción del poliducto Pascuales – Cuenca	Mery Gabriela Jarrín Jácome, Victoria Massiel Ortega Torres	Mery Gabriela Jarrín Jácome, Victoria Massiel Ortega Torres	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
16:00-16:15	070	Propuesta para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de Jeans en el río Patate, cantón Pelileo	Rodrigo René Guerrero Shaca	Rodrigo René Guerrero Shaca	ECUADOR	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
16:15-16:30	053	Aprovechamiento del grano obtenido de neumáticos fuera de uso (NFU) del parque automotor de Cuenca para combinarlo en la fabricación de tejas cerámicas	Natalia Jaramillo, Alonso Moreta	Natalia Jaramillo	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
16:30-16:45	Debate					
16:45-17:00	062	Diseño de un sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia para riego de jardines externos, huerto ecológico e inodoros en la Facultad de Ciencias Ambientales de la UISEK	Carolina Abigail Marcial Gallardo	Carolina Abigail Marcial Gallardo	ECUADOR	Universidad Internacional SEK
17:00-17:15	067	Influencia de los sistemas agroforestales y monocultivo de cacao sobre la calidad del suelo, en el cantón Arosemena Tola	Daniel Santiago Paguay Sayay, Carlos Bravo, Alexandra Torres	Daniel Santiago Paguay Sayay	ECUADOR	Universidad Estatal Amazónica
17:15-17:30	Debate					

**Comisión No. 4. Política y gestión ambiental**

**Jueves 16 de junio de 2016 (continuación)**

Horario	Código	Título del trabajo	Autores	Ponente	País	Institución
17:30-17:45	058	Desarrollo de los procesos de erosión en el sector Zabala	Yolanda Graciela Flores García, Erick Pareja, Roman Kravchenko	Yolanda Graciela Flores García	ECUADOR	Universidad Tecnológica Equinoccial
17:45-18:00	073	Modelación del tratamiento biológico, análisis con un ensayo experimental en un reactor discontinuo aerobio	Carlos Xavier Zagal Andrade, Paola Jacqueline Duque Sarango, Daysi Maribel Patiño Ramón, Santiago Ismael Segarra Cabay, Wilmer Ricardo Robles Alvarado, Xavier Estuardo López Ullauri, Andrea Maribel Llangari Sibri, Martha Nohemi Guzmán Juárez	Carlos Xavier Zagal Andrade	ECUADOR	Universidad Politécnica Salesiana
18:00-18:15	Debate					

# **RESÚMENES Y PUBLICACIONES**

**COMISIÓN NO. 1  
USO SOSTENIBLE DE  
LA BIODIVERSIDAD Y  
MANEJO DE ÁREAS  
PROTEGIDAS**



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-02

**Título del trabajo:** Domínios das caatingas ecorregionais dunares no semiárido brasileiro: análise ecodinâmica e geoecológica

**Autor (es):** Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco, Reinaldo Pacheco dos Santos, Ketylen Jéssica Siqueira Silva, Izabelle Lima Torres

**Ponente (s):** Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco

**E-mail:** [clecia.pacheco@gmail.com](mailto:clecia.pacheco@gmail.com)

**Institución:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano

**País:** Brasil

#### RESUMEN

Na maior parte de sua extensão o bioma Caatinga é caracterizado por um clima quente e semiárido (BSh), fortemente sazonal, dispendo de menos de 1.000 mm de chuva/ano, distribuídas irregular. Contrastando com as baixas precipitações, a evapotranspiração potencial é elevadíssima, estando entre 1.500 a 2.000 mm/ano. Como resultado dessa dinâmica natural, a vegetação está submetida à deficiência hídrica sazonal, agravada nos anos com estiagem prolongada. Apesar das condições severas o bioma caatinga apresenta uma surpreendente diversidade de ambientes, proporcionado por um mosaico que vai desde os diversos tipos vegetacionais até uma geomorfologia dunar, sinalizando resquícios paleoclimáticos no quaternário do Nordeste brasileiro. Tal bioma pode ser dividido em oito ecorregiões: 1. Complexo do Campo Maior; 2. Complexo Ibiapaba – Araripe; 3. Depressão Sertaneja Setentrional; 4. Planalto da Borborema; 5. Depressão Sertaneja Meridional; 6. Dunas do São Francisco; 7. Complexo da Chapada Diamantina; 8. Raso da Catarina. Este trabalho objetiva demonstrar parte dos resultados encontrados com a exploração geográfica na Ecorregião 6 “Dunas do São Francisco”, demonstrando os processos naturais e antropogênicos que permeiam tal geossistema, apontando as causas e consequências dos impactos socioambientais na área. As bases metodológicas que sustentam tal pesquisa se fundamentam na Teoria Geossistêmica (Sotchava, 1977), no Método Ecodinâmico (Tricart, 1977), na Teoria GTP (Bertrand; Bertrand, 2007) e no método da Geoecologia da Paisagem (Rodriguez et al, 2010). Portanto, é de grande relevância desvendar as diversidades geomorfológica, microclimática, florística e faunística ecorregionais, buscando apresentar propostas de conservação para o bioma Caatinga e, especificamente para a ecorregião estudada.

**Palavras chave:** Ecorregião; Geoecologia; Paisagem; Caatinga; Semiárido

## INTRODUÇÃO

O Sertão Semiárido Nordestino é uma região caracterizada por forte insolação chegando a atingir cerca de 2.800 horas/anuais. Apresenta altas temperaturas (as médias variam entre 23° e 27° C) sendo o regime de chuvas marcado pela irregularidade, com precipitações concentradas num curto período, de três meses em média. Essa realidade determina altas taxas de evapotranspiração, configurando *déficit* hídrico em quase toda região, com áreas totalmente suscetíveis à degradação (SCHENKEL; MATALLO JUNIOR, 2003).

Na maior parte de sua extensão o bioma Caatinga é caracterizado por um clima quente e semiárido (BSh), fortemente sazonal, dispendo de menos de 1.000 mm de chuva/ano, distribuídas de forma irregular. Como resultado dessa dinâmica natural, a vegetação está submetida à deficiência hídrica sazonal, agravada nos anos com estiagem prolongada. Apesar das condições severas este bioma apresenta uma diversidade de ambientes, proporcionado por um mosaico de tipos vegetacionais, sendo subdividido por Velloso; Sampaio e Pareyn (2002) em oito ecorregiões, a saber: Complexo do Campo Maior; Complexo Ibiapaba – Araripe; Depressão Sertaneja Setentrional; Planalto da Borborema; Depressão Sertaneja Meridional; Dunas do São Francisco; Complexo da Chapada Diamantina; e, Raso da Catarina.

Partindo destes pressupostos iniciais, este trabalho apresenta à comunidade científica nacional/internacional discussões acerca da Ecorregião Dunas do São Francisco, especificamente dos campos dunários da Área de Proteção Ambiental Dunas e Veredas do Médio São Francisco, que ficam às margens do rio São Francisco, conhecido internacionalmente por "rio da integração nacional".

Neste sentido, a presente pesquisa faz parte do Projeto Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) intitulado - *As Ecorregiões da Caatinga e a Sustentabilidade Socioambiental no Semiárido brasileiro: uma proposta de intervenção para ambientes dunares* - contemplado por meio do Edital Capes/CNPq n. 15/2015 através do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano e, discuti acerca da Ecorregião Dunar do São Francisco onde se conheceu os processos naturais e antropogênicos que permeiam tal geossistema, interpretando as causas e consequências dos impactos socioambientais nas áreas do semiárido brasileiro e, sugerindo uma proposta de conservação da ecorregião pesquisada.

As bases metodológicas estão fundamentadas na Teoria Geossistêmica de Sotchava (1977) e, no Método Ecodinâmico de Tricart (1977), além da Teoria GTP (Geossistema – Território – Paisagem) de Bertrand e Bertrand (2007) e, constatou-se em campo a necessidade de implementação de uma proposta de conservação, por meio de uma abordagem que integre os elementos - geossistema-território-paisagem -, na busca pela conservação da micro-ecorregião dunar.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os campos de dunas foco desta pesquisa situam-se a noroeste do Estado da Bahia, entre as latitudes de 10°00' e 11°00' S e longitudes 42°30' e 43°20' W, conforme a figura 1 (b e c). Ocupa grande parte dos municípios de Remanso, Pilão Arcado, Xique Xique e Barra distando cerca de 700 km de Salvador (capital) e, faz parte da Ecorregião<sup>1</sup> Dunas do São Francisco

---

<sup>1</sup> Uma unidade relativamente grande da terra e água delineada pelos fatores bióticos e abióticos que regulam a estrutura e função das comunidades naturais que lá se encontram. (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

(Figura 1a, 1b e, 1c) e da Área de Proteção Ambiental (APA) das Dunas e Veredas do Baixo-Médio São Francisco, criado por meio do Decreto 6.547 de 18 de julho de 1997, pelo Governo do Estado da Bahia. (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

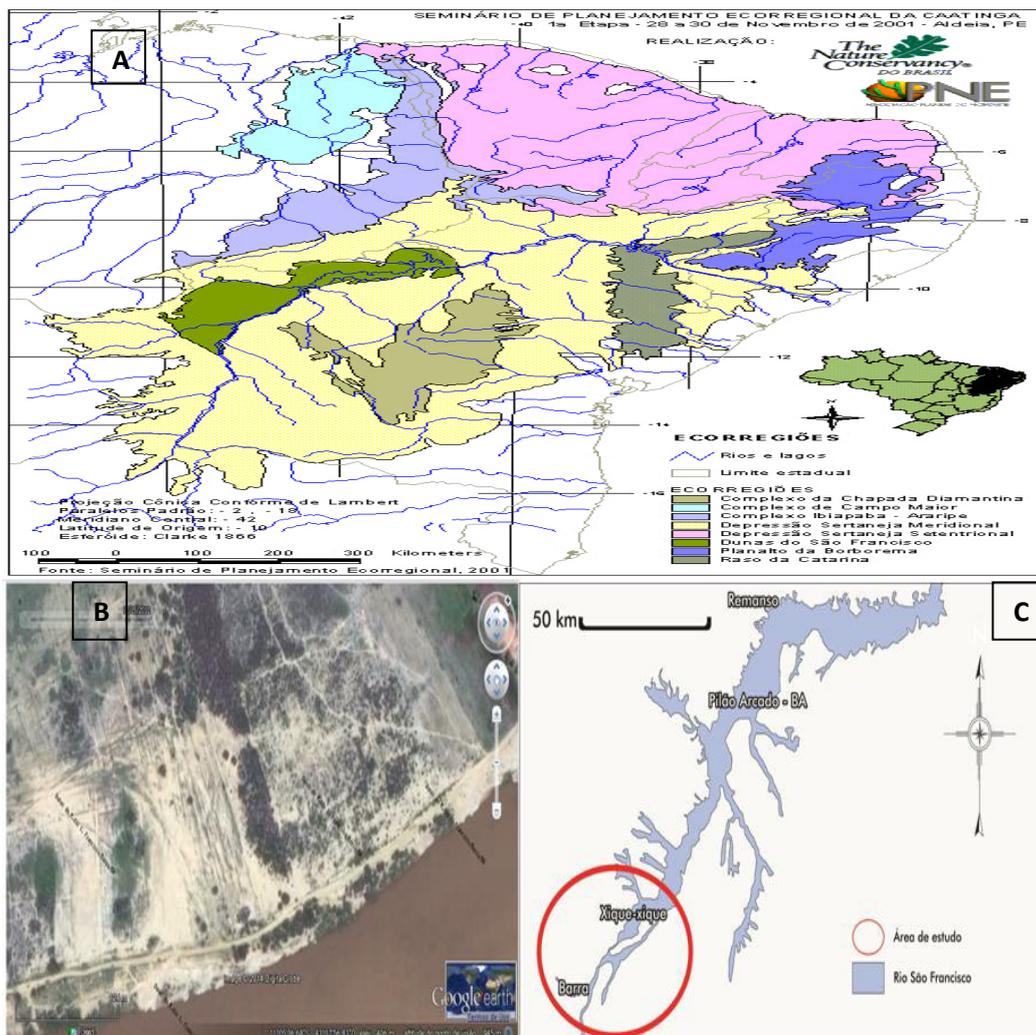


Figura 1- Localização das Dunas do Médio Rio S. Francisco  
 Fonte: A) I3Geo/MMA (2014) B) Pacheco (2014)

As bases metodológicas estão fundamentadas na Teoria Geossistêmica (SOTCHAVA, 1977), no Método Ecodinâmico (TRICART, 1977), e na Teoria GTP (Geossistema – Território – Paisagem) (BERTRAND; BERTRAND, 2007), sendo que para atingir os objetivos, selecionaram-se artigos/livros que abordam sobre os processos que dão origem a campos de dunas costeiras fluviais. Deste modo, fez-se inicialmente a pesquisa em gabinete, por meio da revisão de literatura que aborda o tema central do trabalho.

O tratamento geossistêmico integra uma etapa de análise das variáveis naturais e antrópicas, e o método ecodinâmico de Tricart representa uma relevante viabilidade de aplicação do método sistêmico para o estudo da dinâmica das paisagens físicas e para categorização destas. Assim, a pesquisa ambiental compreende as relações entre sociedade-natureza, considerando o método sistêmico para explicar os elementos da paisagem geográfica e as inter-relações dos elementos físico-biológico-anthropogênico, elencando propostas de conservação dos ecossistemas.

Em seguida realizou-se a pesquisa em campo que ocorreu de julho a dezembro de 2013, com visitas mensais aos campos dunários. Para realização da pesquisa em campo, fez-se uma análise sistemática de quatro parâmetros: 1. estrutura superficial da paisagem; 2. uso do solo; 3. vegetação; 4. processos superficiais. Para cada um destes parâmetros, corresponde um nível categórico de equilíbrio, a fim de medir a intensidade dos processos diagnosticados, sendo categorizados segundo Tricart (1977), em ordem crescente de instabilidade ambiental em: a) áreas estáveis; b) áreas intergradas; c) áreas fortemente instáveis.

Para análise e discussão da pesquisa comparou-se os dados obtidos em campo com as teorias-bases utilizadas pesquisa. Feito isso, elaborou-se uma proposta conservação da ecorregião estudada.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Ecorregião Dunas do São Francisco possui uma área de 36.170 km<sup>2</sup>, tendo o limite diagonal sul todo delimitado pelo rio São Francisco. O relevo é composto por dunas continentais, grandes áreas aluviais, maciços e serras baixas, além da depressão sertaneja. Apresenta clima semiárido, com vegetação de caatinga arbustiva, arbórea e herbácea. As dunas são trabalhadas pela ação eólica dos ventos alísios de sudeste. Infelizmente, na área possivelmente mais fragilizada, não há Unidades de Conservação apenas, a APA Dunas e Veredas do Baixo-Médio rio São Francisco, instituído por Decreto n. 9.957 de 30 de março de 2006, emitido pelo governo do Estado da Bahia.

O referido Decreto foi criado com base na Lei nº 3.858, de 03 de novembro de 1980, da Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e da Resolução nº 10, de 14 de dezembro de 1988, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, considerando a singularidade das formações geológicas de dunas e veredas do Baixo-Médio São Francisco, com ocorrência única no Nordeste brasileiro e, entendendo que suas características naturais, de excepcional cenário, são de grande valor para o desenvolvimento do turismo ecológico dessa região, além da singularidade dos seus atributos bióticos, com ocorrências de espécies diferenciadas de fauna e flora. Tais características justificaram a criação do Decreto ora descrito (PACHECO, 2014).

Dentre os principais impactos ambientais encontrados estão os seguintes (Figura 2a e 2b):





Figura 2 - Principais Impactos Socioambientais na Ecorregião Dunar/Fluvial  
 Fonte: Pacheco (2013)

Os impactos ambientais destacados proporcionam consequências a este recorte de ecorregião, destacando-se: poluição hídrica e estética, processos erosivos, assoreamento, solapamento dos solos dunares, ravinamento marginal, perdas de solos arenosos, perdas vegetacionais, desgaste das dunas, retirada das areias, entre tantas outras.

A Resolução n. 306, de 05 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Anexo I, trata de algumas definições e dentre elas, destaca-se aqui a definição de meio ambiente que segundo a resolução mencionada, é o "conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (CONAMA, 2012, p. 941 -942). É neste meio estável ou não, que intercorre todos os encadeamentos de impactos ambientais provenientes de múltiplas atividades desenvolvidas pela sociedade. Segundo a resolução supracitada, denomina-se impacto ambiental:

"Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 2012, p. 941)".

Neste aspecto, todo impacto que produz algum tipo de degradação, irá de maneira direta ou indireta afetar o equilíbrio natural do ambiente. No caso da área pesquisada, foram detectados *in loco*, vários impactos, tais como: atividades agropecuárias em áreas potencialmente fragilizadas, como por exemplo, em declives e cursos d'água; áreas irrigáveis com prática da agricultura às margens do rio principal; criação extensiva de gado bovino, ovino e caprino; crescimento urbano desordenado; planejamento turístico inadequado/inexistente;

disposição de resíduos sólidos produzido pelos visitantes nas areias dunares e, até estacionamento de veículos sobre as dunas.

Todas as práticas indicadas trazem como consequências à eminente perda da diversidade biogeográfica; do patrimônio histórico-cultural da área; do patrimônio arqueológico, paisagístico e, paleoambiental da área; das espécies endêmicas de fauna e flora. Além disso, a dinâmica natural dunar e fluvial (do rio São Francisco) vem sendo constantemente perturbada por interposições antropogênicas, que só contribuem para a dissecação dos vales e expansão dos processos de ravinamentos e vossorocas nas encostas das áreas dunares/fluviais.

Em se tratando de dunas situadas em áreas de climas tropicais os efeitos dos processos morfodinâmicos apresentam determinada magnitude que se evidencia tanto em função da natureza dos solos e quanto da inclinação, da forma e do comprimento das encostas, como também na tipologia de cobertura vegetal. "As dunas que em função de sistemas climáticos pretéritos e atuais foram edafizadas e mantêm-se por meio da proteção de sua cobertura vegetal" (RAMALHO; FERNANDES; SOUSA, 2011).

A referida área foi categorizada (figura 3) de acordo com a ecodinâmica *tricart'ana*:

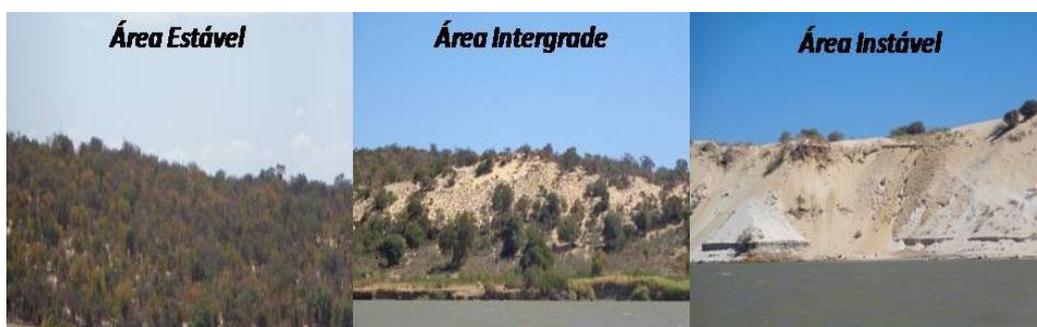


Figura 3 - Categorização da Área Pesquisada  
Fonte: Pacheco (2013)

Os meios compreendidos como morfodinamicamente estáveis possuem cobertura vegetal suficientemente fechada para evitar o desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. Já os meios intergrades, possuem vários trechos ainda estáveis, e trechos característicos de áreas transitivas, onde é perceptível a interface, entre o meio estável e o instável. Por fim, o meio instável, onde a paisagem encontra-se quase ou totalmente sem cobertura vegetal que possa assegurar os processos e dinâmicas naturais, provocando a perda de areias quatzosas pela erosão eólica e, a perda de partículas por rolamento ou saltação, pela ausência da cobertura vegetal.

As remodelagens do espaço geográfico fazem parte da dinâmica natural, sendo que este sofre consideráveis impactos em virtude das proveniências antropogênicas, ocasionando em modificações, em alguns casos, irreversíveis. Costa e Souza (2009) destacam inúmeros fatores determinantes da destrutibilidade dunar que se incorporam a fatores de caráter antrópico, a saber: existência da vegetação e seu estado de degradação, a frequência das areias eólicas na composição dunar, a velocidade e direção dos ventos influenciando processos de acreção/erosão dunar, a variação sazonal das chuvas, além de derivações antropogênicas como avanço de práticas agrícolas, trânsito de veículos, habitações em áreas vulneráveis, dentre outros.

Mediante a categorização apresentada anteriormente, entende-se a indispensabilidade da construção de uma proposta de conservação da área (figura 4) embasada na Teoria GTP (BERTRAND; BERTRAND, 2007):



Figura 4 - Proposta de Conservação da Ecorregião  
Fonte: Pacheco (2014)

O objetivo da Teoria GTP é reaproximar os três conceitos para analisar o funcionamento de um determinado espaço geográfico numa visão holística, observando as inter-relações dos elementos para maior compreensão da dinâmica da área pesquisada.

O PMCA deverá ser aplicado nas áreas ainda estáveis, para que não venham a ser totalmente danificadas, pois se trata de ambientes frágeis e vulneráveis por condições climatobotânicas e socioeconômicas. Já PCCA, foi elaborado para as áreas em transição, denominadas por Tricart (1977) como intergrades. Será indispensável criar estratégias de controle de degradação nas áreas em processo e, para conservar o que ainda resta. Por último, o PRCA, que deverá ser implementado nas áreas fortemente instáveis, levando em consideração a capacidade de resiliência dos respectivos ambientes.

Obviamente, as propostas aqui pontuadas deverão partir dos responsáveis pela gestão da APA, nesse caso, a Secretaria de Meio Ambiente (SEMA) do Estado da Bahia, em parceria com o Município onde localiza-se os campos dunares, afetados pelos impactos ambientais diretos e indiretos da área dunar. Além disso, é fundamental o empenho conjunto dos municípios que fazem parte da APA e da comunidade que habita no entorno dos campos dunários, pois são estes atores sociais que estão convivendo nesse contexto, podendo contribuir de maneira positiva nessa tomada de consciência.

Neste sentido, é necessário que estas áreas, tão susceptíveis à degradação, recebam de fato atenção devida e fiscalização adequada, já que se trata de áreas visivelmente exploradas turisticamente em qualquer parte do planeta, de uma beleza natural ímpar e, de uma relevância fabulosa para a pesquisa, já que são registros "vivos" de paleoépocas e indicadoras de dados arqueológicos cruciais para o desvendamento dos ambientes pretéritos para compreensão dos ambientes presentes.

Por fim, a Resolução do CONAMA, n. 10 de 14 de dezembro de 1988, em seu Art. 10, discorre que a vigilância da APA poderá ser efetuada mediante termos de acordo entre a entidade administradora do Poder Público e organizações aptas a colaborar. Sendo assim, é indispensável à aplicabilidade dessa resolução, na prática, visando maior equilíbrio desse sistema aberto, que está vulnerável aos *inputs* e *outputs*, naturais e antropogênicos (CONAMA, 2012).

## CONCLUSÕES

Buscando atender aos objetivos a presente pesquisa compreendeu a ecodinâmica da paisagem dunar, identificando processos morfodinâmicos e morfoclimáticos, analisou os níveis de estabilidade do sistema ambiental e indicou formas de conservação deste geossistema, que é um representativo das mudanças climáticas no Nordeste do Brasil.

Dissertou-se também sobre os impactos ambientais presentes no geossistema investigado, fundamentado nos preceitos de Tricart (1997) onde, em face disso, constatou-se que a área da pesquisa está classificada nos âmbitos estável, intergrades e fortemente instável e, por conta disso se faz urgente uma sensibilização político-ambiental, no que tange à gestão e ordenamento territorial da área.

Por último, salienta-se a existência de uma proposta de conservação para os três ambientes classificados, destacando que a aplicabilidade desta, é de responsabilidade de quem administra a referida APA e também a Ecorregião, em consonância com governos municipais locais e, com a comunidade e seus atores sociais, pois são estes os maiores prejudicados e prejudicadores, por desconhecerem a relevância da manutenção de ambientes sustentáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTRAND, G.; BERTRAND C. Uma Geografia Transversal e de Travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Mossoni, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). RESOLUÇÕES DO CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. P. 1126.

COSTA, J. J.; SOUZA, R. M. Paisagem Costeira e Derivações Antropogênicas em Sistemas Dunares. Scientia Plena, Sergipe, v. 5, n. 10, p.105-403, 2009.

DECRETO Nº 9.957 DE 30 DE MARÇO DE 2006. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/DecretosUnidadesdeConservacao/DECRETO%20N%C2%BA%209.957%20DE%2030%20DE%20MAR%C3%87O%20DE%202006%20-%20Lago%20de%20Sobradinho.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2013.

ECORREGIÕES PROPOSTAS PARA O BIOMA CAATINGA. Resultados do Seminário de Planejamento Ecorregional da Caatinga. 1.a Etapa - 28 a 30 de Novembro de 2001 - Aldeia, PE. <<http://www.plantasdonordeste.org/Livro/sumario.htm>> acesso em 20/06/2011.

PACHECO, C. S. G. R. Ecodinâmica da Paisagem Paleodunar do Médio Rio São Francisco/BA: em defesa das fronteiras agredidas. Dissertação de Mestrado. Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). Recife/PE, 2014,153p.

RAMALHO, M. F. de J. L.; FERNANDES, E.; SOUSA, M. P. de S. Riscos de erosão nas dunas de Natal/RN. Bol. Geogr., Maringá, V. 29, n. 2, p. 33-47, 2011. Disponível em:<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/viewFile/11492/9034>. Acesso em: 20 jul. 2013.

SCHENKEL, C. S.; MATALLO JÚNIOR, H. (Org.) Desertificação. 2. ed. Brasília: UNESCO, 2003. 82p.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. São Paulo: Instituto de Geografia USP: 1977, 51 p. (Métodos em Questão, 16).

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE (SEMA). Mapa das Unidades de Conservação da Bahia. [http://www.semarh.ba.gov.br/mapas/UCs%20Bahia\\_BIOMAS\\_A0\\_2007.pdf](http://www.semarh.ba.gov.br/mapas/UCs%20Bahia_BIOMAS_A0_2007.pdf). Acesso em: 15 set. 2014.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. São Paulo: Instituto de Geografia USP. São Paulo: 1977, 51 p. (Métodos em Questão, 16).

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 91p, 1977.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste/Instituto de Conservação Ambiental *The Nature Conservancy* do Brasil, 2002.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-11

**Título del trabajo:** Propuesta de medidas para la recuperación del bosque de manglar en el sector costero Caimanera, provincia Guantánamo, Cuba

**Autor (es):** Erlis Rodríguez Vargas, Orfelina Rodríguez Leyva

**Ponente (s):** Erlis Rodríguez Vargas

**E-mail:** [erlisrv@cug.co.cu](mailto:erlisrv@cug.co.cu)

**Institución:** Universidad de Guantánamo

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El estudio se realizó en el bosque de manglar de la Unidad Empresarial de Base Silvícola Caimanera (UEBS), ubicada en el corredor xerofítico (Costa Sur), de la provincia Guantánamo, con el objetivo de elaborar una propuesta de acciones para recuperar el bosque de manglar, marcado por un deterioro continuo. El trabajo transcurrió en el período comprendido entre junio del 2014 y febrero del 2015. Se aplicó un diagnóstico a partir de diversos instrumentos, se evaluaron diferentes parámetros dasométricos, regeneración, mortalidad, además de pH y salinidad del agua, así como la influencia de los principales problemas a partir de la matriz de Vester, además de la confección de una propuesta de acciones para la recuperación del manglar. Como resultados importantes se obtuvo que el bosque de manglar en el litoral costero del municipio Caimanera presenta un deterioro considerable como resultado del uso irracional de los recursos del ecosistema, así como la tala indiscriminada, insuficiente acción del cuerpo de guardabosque incumplimientos de las leyes existentes y proliferación de micro vertederos, como problemas que más inciden en este bosque, los cuales que fueron la guía para la confección del plan de medidas con vista a su recuperación.

**Palabras claves:** Plan de medidas, diagnóstico, manglar, recuperación



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-27

**Título del trabajo:** Flora amenazada de los principales ecosistemas montañosos de Cuba: Nipe-Sagua-Baracoa, Guaniguanico, Guamuhaya y Bamburanao

**Autor (es):** Nancy Esther Ricardo Nápoles, Isora Baró Oviedo, Lisbet González Oliva, Sonia Rosete Blandariz, Reina Echeverría Cruz, Ilsa Fuentes, Delhy Albert Puentes

**Ponente (s):** Nancy Esther Ricardo Nápoles

**E-mail:** [nancy@ecologia.cu](mailto:nancy@ecologia.cu)

**Institución:** Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente – Instituto de Ecología y Sistemática

**País:** Cuba

#### RESUMEN

Estos sistemas son los principales reductos de especies amenazadas, a pesar del bajo nivel de conocimiento del estado de conservación de sus poblaciones. La acción sinérgica, producto de las condiciones climáticas, demográficas, económicas y productivas los convierten en vulnerables y frágiles en función de sus laderas empinadas, suelos pobres y vegetación degradada. Los componentes naturales más modificados son la flora y la vegetación, con pérdida de la estructura vegetal, la destrucción de nichos y el desencadenamiento de los procesos erosivos con la consiguiente afectación de la fauna asociada. La flora está representada por 5 Divisiones, 7 Clases, 159 familias, 844 géneros, 2613 taxones infragenéricos, 1247 endemismos, 93,4 % de especies nativas, 51,1 % endemismos y 15 % con categoría de amenaza. La flora amenazada cuantificada hasta la actualidad es de 362 taxones. Aunque estos macizos montañosos no han sido estudiados con la misma profundidad se evidencia que los correspondientes a Nipe-Sagua-Baracoa (65,5 %) y Guaniguanico (31,2 %) son los que presentan mayor cantidad de especies amenazadas, en general los cuatro macizos muestran 35 % con categoría de VU, 28 % EN y 22 % CR. Las principales amenazas son: destrucción y fragmentación de hábitats naturales, prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas en áreas escarpadas sin la aplicación de medidas apropiadas para la protección del suelo, las acciones antropógenas que se agravan con los cambios climáticos debido a fenómenos naturales e inducidos por el hombre, incendios provocados e incontrolados que degradan la estructura de los ecosistemas y reducen el hábitat de especies.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-29

**Título del trabajo:** Tamaño poblacional y patrón de conducta de *Grus canadensis nesiotés* (Aves: Gruidae) en dos localidades de Cuba

**Autor (es):** Fernando Abasolo-Pacheco, Yarelys Ferrer Sánchez, Idael Ruiz Companioni

**Ponente (s):** Fernando Abasolo Pacheco

**E-mail:** [ferchoabasolo@gmail.com](mailto:ferchoabasolo@gmail.com)

**Institución:** Universidad Técnica Estatal de Quevedo

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La disponibilidad de información sobre abundancia de especies en el Neotrópico es insuficiente. Esto impide la realización de análisis precisos y definición de estrategias de conservación adecuadas para especies endémicas y amenazadas. A través de un censo simultáneo durante dos días consecutivos en 24 estaciones de conteo de Isla de la Juventud (IJ) y 32 estaciones en Ciego de Ávila (CA), Cuba, se obtuvo el tamaño poblacional de la subespecie endémica y amenazada *Grus canadensis nesiotés* durante 2008-2010. Se analizó la abundancia y patrón conductual (método instantáneo) por hábitat. Los bandos de grullas tuvieron tres individuos en IJ y entre  $1.9 \pm 1.5$  y  $2.8 \pm 1.5$  en CA. El tamaño poblacional en IJ fue de 164 individuos y en CA fueron 137, 141 y 168 individuos para 2008-2010. La eficacia del conteo fue alta (IJ: 91%; CA: 81-87%) y la concordancia numérica fue intermedia (IJ: 45.4%; CA: 72%). La abundancia fue mayor en sabanas naturales (83), seguido de marismas (59), pinares (23) y pastizales (7) en IJ. En CA los herbazales de ciénaga albergaron la mayor abundancia en los tres años (130; 120; 112), seguido del herbazal con palmas (2; 17; 51) y los pastizales (5; 4; 5). Las grullas se alimentaron más en los pastizales y estuvieron más alerta en la sabana natural y el herbazal de ciénaga. El tamaño poblacional aumentó en CA por estrategias de manejo adoptadas, pero en IJ puede afectarse por la pérdida de hábitat asociado a la invasión de plantas exóticas.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-34

**Título del trabajo:** Patrones alométricos en la tasa de crecimiento y su inherencia en el dimorfismo sexual de *Panulirus gracilis* en cautiverio

**Autor (es):** David Jesod Mero del Valle, Ricardo Javier Castillo Ruperti, Juan Figueroa Pico y Dayanara Macías Mayorga

**Ponente (s):** David Jesod Mero del Valle

**E-mail:** [david.mero@uleam.edu.ec](mailto:david.mero@uleam.edu.ec)

**Institución:** Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La langosta espinosa *Panulirus gracilis* (Streets 1871) es un recurso pesquero de importancia comercial en Ecuador, sin embargo, aún no se han realizado estudios que busquen establecer metodologías de cultivos con fines comerciales. Particularmente conocer la tasa de crecimiento de la especie es un factor importante para determinar la rentabilidad del cultivo ya que esto afecta directamente al tiempo del engorde y la cantidad de alimento a suministrar por biomasa del animal. En el presente trabajo se analizó la tasa de crecimiento de *P. gracilis* y su inherencia en el dimorfismo sexual. Para ello entre junio de 2013 y marzo de 2014 se preparó un experimento en el que se usaron 24 langostas clasificadas según rangos de tallas (pequeños=45–60 mm Longitud de Cefalotórax, LC; medianos=61–75 mm LC y grandes=76–90 mm LC) y por sexos (hembra y macho). Los resultados indican que en los animales pequeños y medianos no existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento por sexo. Para los animales grandes la tasa de crecimiento es más alta en las hembras que en los machos ( $p \leq 0,05$ ). Por otra parte, se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento por clase de talla y en el aumento de biomasa donde las hembras grandes ganan más peso que los machos ( $p \leq 0,001$ ). De acuerdo con lo antes expuesto se puede concluir que para el engorde de langostas las hembras podrían presentar más rentabilidad ya que su tasa de crecimiento y aumento de biomasa es mayor que los machos.

**Palabras clave:** Tasa de crecimiento, patrones alométricos, mortalidad, *Panulirus gracilis*, laboratorio



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-35

**Título del trabajo:** Resultados del proyecto universitario para el estudio y conservación de tortugas marinas en la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba

**Autor (es):** María de Fátima Amarán Ruiz, Flavia María Amarán Ruiz, Leonardo Díaz Novo, Yanelis Zaldívar Mancha

**Ponente (s):** María de Fátima Amarán Ruiz

**E-mail:** [maria@emproypr.co.cu](mailto:maria@emproypr.co.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

Las tortugas marinas constituyen un componente primordial de la biodiversidad mundial y desempeñan un valioso papel en los ecosistemas. Son especies de ciclos de vidas muy complejos, con hábitats y hábitos especializados. En el territorio cubano, se pueden encontrar 5 especies de las 7 reportadas a nivel mundial. Actualmente todas las especies de tortugas marinas se encuentran reportadas con algún grado de amenaza en el Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Por eso, en Cuba, se desarrollan programas de monitoreo e investigación para el manejo y conservación de tortugas marinas. Anualmente se conforman proyectos universitarios con estudiantes voluntarios que contribuyen a lograr una mayor cobertura de las playas de monitoreo de las tortugas. Para ello, se tiene definido la época de anidación, se espera silenciosamente que estos inigualables animales arriben a las costas y empieza ahí el trabajo de marcado, conteo de huevos y preservación del área de anidación. Los datos de cada tortuga que llegue a las playas se asientan en un formulario donde se recogen las características específicas del individuo como: ancho, largo curvo y recto, tamaño del rastro, número de huevos, profundidad del nido, número de chapa de marcado y especie. Permitiendo caracterizar la dinámica poblacional de las tortugas marinas según patrones migratorios y tamaño poblacional. Se evalúa el éxito reproductivo de la población. Logrando fortalecer la conciencia de la población hacia la conservación de las tortugas marinas mediante la ejecución de programas de educación ambiental.

## INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas son especies muy carismáticas consideradas mundialmente en peligro de extinción. Por ello se realizan grandes esfuerzos para su conservación. Sin embargo debido a su complicado ciclo de vida, que incluye largas migraciones a veces miles de kilómetros, los esfuerzos de conservación deben dirigirse a áreas en ocasiones muy distantes y diferentes, lo que implica la necesidad de coordinar los esfuerzos conjuntos de varios países. Las tortugas marinas constituyen un componente primordial de la biodiversidad mundial y desempeñan un valioso papel en los ecosistemas. Son especies longevas de crecimiento lento y maduración tardía, de ciclos de vidas muy complejos, con hábitats y hábitos especializados. En su ciclo de vida realizan desplazamientos migratorios a las áreas de crecimiento y alimentación y hacia las áreas de anidación. De las 7 especies de tortugas marinas reconocidas mundialmente, 5 se reportan en la plataforma cubana. Algunas llegan a nuestras costas para anidar y alimentarse de forma regular, como la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la caguama (*Caretta caretta*), y el carey (*Eretmochelys imbricata*), que son las más frecuentes y abundantes. Otras presentan avistamientos ocasionales como es el caso de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*) y el tinglado (*Dermochelis coriácea*), (Tortugas Marinas de Cuba, 1998). Todas las especies de tortugas marinas se encuentran actualmente reportadas con algún grado de amenaza. Por eso se desarrollan en muchos países programas de monitoreo, manejo y conservación de las tortugas marinas, como es el caso de Cuba. Aunque se conocía previamente sobre la anidación de estas especies en el archipiélago cubano, el monitoreo realizado en los últimos años, ha permitido incrementar la información sobre la distribución y abundancia de los nidos de estas especies claves para la biodiversidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

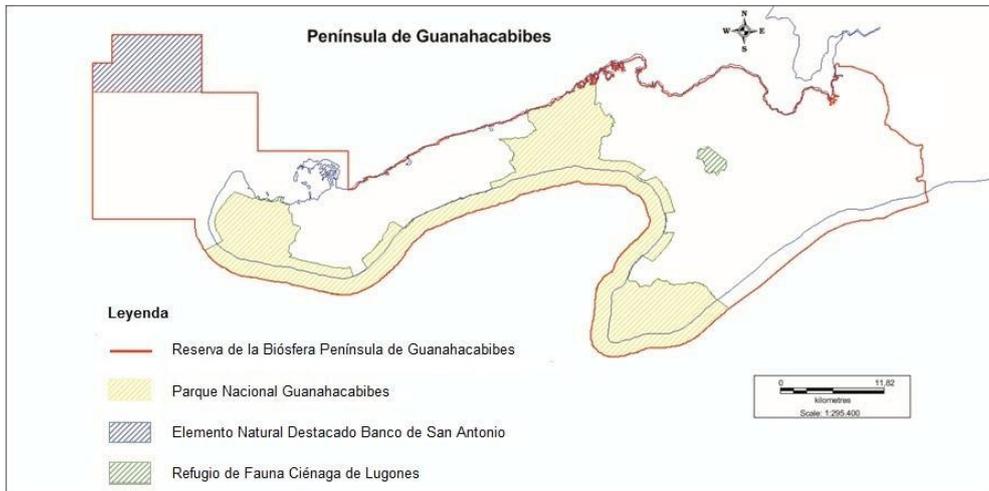
Una importante parte del ciclo de vida de las tortugas marinas se realiza en las áreas de reproducción, conformadas por las playas, donde las hembras salen a anidar y el mar adenaño a dichas playas en donde suele ocurrir el apareamiento de las tortugas y la fecundación de las hembras. Esta área es esencial en cualquier programa de conservación porque en ella las tortugas (tanto madre como crías) son en especial vulnerables a los depredadores, principalmente, el hombre. Por ello en las áreas protegidas se presta particular atención a la protección y monitoreo de las áreas de anidación.

El monitoreo de la anidación, en particular, resulta de gran importancia, pues, mediante los datos recolectados se puede conocer el estado de las poblaciones reproductivas, el nivel de éxito de la reproducción y los movimientos migratorios de las hembras (a través del marcaje). El monitoreo de la anidación, además, es un excelente método de vigilancia que reduce la depredación humana en el momento en el que las tortugas son más vulnerables, y una manera efectiva para manejar las poblaciones y aumentar el éxito reproductivo con el manejo adecuado.

En nuestro país se ha observado que la temporada de anidación para las tortugas marinas comienza en el mes de mayo y concluye en el mes de septiembre. Siendo la identificación de la etapa reproductiva el primer paso para el monitoreo, después se prosigue a identificar y localizar las áreas y playas que prefieren las tortugas para la anidación. Este proceso de identificación de las áreas se realiza mediante entrevistas a la población que vive cercana al lugar y mediante prospecciones preliminares que indiquen indicios de actividad de anidación. La caracterización de las playas se realizara según la metodología establecida por el Instituto de Oceanografía.

## LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE GUANAHACABIBES

La península de Guanahacabibes es el único territorio insular antillano que tiene costas en el Mar Caribe y en el Golfo de México. Se encuentra en la región más occidental del archipiélago cubano. *Figura 1.*



*Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biosfera de la Península de Guanahacabibes.*

RB Península de Guanahacabibes: 121 572 ha

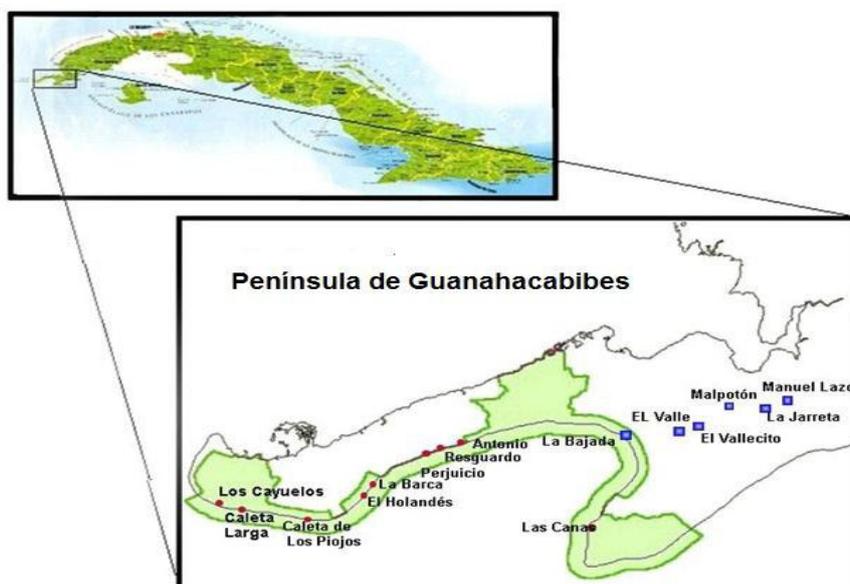
PN Guanahacabibes: 39 830 ha

RF Ciénaga Lugones: 564 ha

END Banco San Antonio: 7 411

## IDENTIFICACION DE LOS SITIOS DE MONITOREO

Existen varias playas donde se realizan las actividades de monitoreo y conservación de las tortugas marinas. *Figura 2.*



*Figura 2. Identificación de las playas de monitoreo*

## PREPARACION DE LA PLAYA PARA EL MONITOREO

El reconocimiento se debe hacer tanto de día como de noche, al realizar el reconocimiento de la playa se trazara un croquis de la misma que permita ubicar en el campo los rastros y nidos encontrados. En playas de anidación de más de 1 km se recomienda hacer el balizado de la playa. Por otra parte se recomienda definir las líneas de marea alta y marcarlas de ser posible.

## PLAYEO DIURNO

Consiste en realizar recorridos en los cuales se comprobara la presencia de los huevos, los cuales se registraran por especie dentro de cada sector de la playa. Para esto último es importante identificar los nidos correctamente y no confundirlos con intentos incompletos de anidación.

## MARCAJE DE LOS NIDOS

Los nidos deberán marcarse con una pequeña estaca a la que se le agrega una etiqueta, la cual debe contener el número del nido, la fecha de localización, así como los datos que se consideren necesarios. Los nidos se enumeran de forma consecutiva. *Figura 3*



*Figura 3. Estaca marcando un nido. 56*

## PLAYEO NOCTURNO

En este recorrido se toman los datos de todos los individuos que se visualicen en el camino. A los cuales se les medirá el ancho y largo recto y curvo. Se le contará el número de huevos, se marcará y se detectarán enfermedades de síntomas visibles y presencia de fibropapilomas. *Figura 4 (a, b).*



Figura 4 (a). Medición del largo y ancho curvo.



Figura 4 (b). Medición del largo y ancho recto.

Luego de haberse realizado todas las mediciones se procede al marcaje del individuo. *Figura 5.*



Figura 5. Presilla que indica el código que identifica al individuo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El proyecto persigue como objetivos principales:

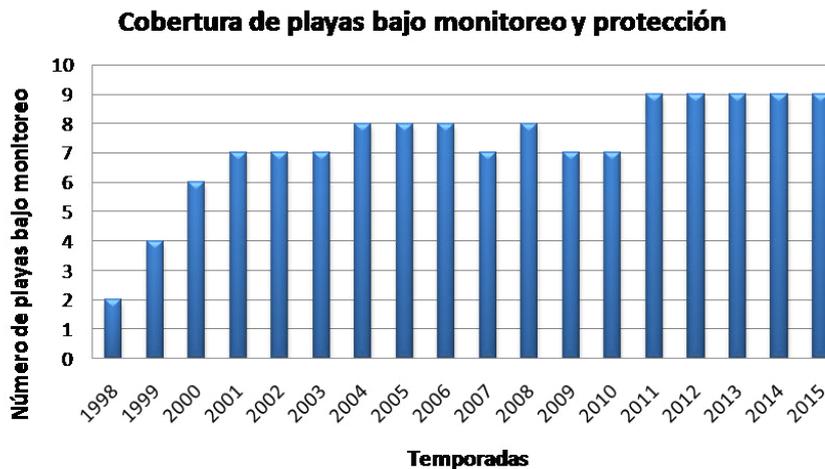
- Caracterizar la dinámica poblacional de las tortugas marinas en cuanto a patrones migratorios y tamaño poblacional.
- Evaluar el éxito reproductivo de la población anidadora en las playas del territorio.
- Asegurar la conservación de las especies de tortugas marinas.
- Involucrar a voluntarios de los asentamientos costeros en la conservación de tortugas.
- Fortalecer la conciencia de las comunidades locales hacia la conservación de las tortugas marinas mediante la ejecución de un programa de educación ambiental.

- Lograr una mayor vinculación entre los centros de educación superior y las áreas de protección y conservación de la flora y la fauna, mediante la creación de grupos voluntarios para realizar la actividad.

La universidad de Pinar del Rio ha creado en los últimos años grupos de apoyo voluntario, que ayuden a lograr una mayor cobertura de las playas para el monitoreo de las tortugas marinas. *Grafico 1,2.*



*Grafico 1. Presencia de voluntarios en el monitoreo*



*Grafico 2. Cobertura de las playas de monitoreo.*

En los últimos 4 años se han obtenido resultados importantes para la conservación de estas especies claves.

- 6137 avistamientos de hembras de las especies *Chelonia midas* (Tortuga verde), *Caretta caretta* (Caguama) y *Eretmochelys imbricata* (Carey).
- 3867 nidos evaluados.
- 1016 hembras anidadoras marcadas.

Además se ha logrado una disminución del número de tortugas muertas, gracias a la limpia de desechos que se realiza de forma constante en la playa y al control de depredadores. Se ha mantenido una protección absoluta a partir del año 2006. Un incremento del número de neonatos liberados y un mayor número de hembras anidadoras, lo que supone un aumento significativo del éxito reproductivo.

Se ha venido realizando un trabajo con la comunidad, que permita identificarse a la misma dentro del proyecto de conservación y hacerlos partícipes de todas las actividades referentes a la misma. Estos trabajos de impacto social se han desarrollado con la comunidad en su conjunto y con la participación de todos los grupos etarios, principalmente los niños y jóvenes, en los cuales está enfocado el éxito del proyecto.

Los trabajos extensionistas se han desarrollado mediante: (Figura 6)

- Conferencias y presentación de materiales audiovisuales en las escuelas y comunidades de la península.
- Capacitación de los Grupos Ambientales Comunitarios.
- Concursos y jornadas científicas estudiantiles 2 veces al año.
- Ejecución de campañas de limpieza de playas con participación de estudiantes de nivel secundario y pre universitario.



*Figura 6 Trabajo con la comunidad.*

Limpieza de las playas con participación de estudiantes de secundaria y preuniversitario (Figura 7)



*Figura 7. Trabajo de limpieza en las playas de monitoreo.*

Liberación de neonatos con participación de niños de las escuelas locales. (Figura 8)



*Figura 8. Niños liberando a los neonatos.*

## CONCLUSIONES

Quizás pensemos que estos peculiares animales, son como cualquier otro; pero no es así, son especiales. Rodeados de mitos y leyendas, son atraídos sin explicación 35 años después a la misma arena y al mismo mar que las vio nacer. Las hermosas tortugas que con el afán de ser madres logran sobrevivir el tiempo la distancia y los peligros del mar, llegan a las costas extenuadas y con un objetivo bien claro. Después de buscar el lugar adecuado donde confiar sus huevos, empieza el consagrado trabajo de dar a luz. Momento en el que personas sin escrúpulos aprovechan para masacrar a estos hermosos animales, aun cuando saben el trabajo que ellas pasan y que lo que hacen está prohibido por la ley. De los nidos salen alrededor de 200 tiernas tortuguitas, pero lamentablemente solo el 1 % de estas sobrevivirá el tiempo necesario para volver a regresar al lugar donde nació. Entonces, está más que clara nuestra misión.

- Garantizar que las tortugas lleguen sin peligro a las playas, hagan su trabajo y regresen al mar como es debido.
- Velar porque ningún desalmado intente violar la ley y aprovechar el momento.
- Cuidar los nidos de los animales que se alimentan de los huevos.
- Mantener la playa limpia para la salud del mar y de nosotros mismos, principales causantes de la contaminación ambiental.
- Velar por la perpetuidad de las especies de tortugas marinas que llegan a nuestras playas.

En los últimos años se ha obtenido un aumento del número de nidos, y de nacimiento de neonatos, como resultado de las actividades de monitoreo. Disminución de hechos delictivos y violentos contra las tortugas. Mayor conciencia de la comunidad con la problemática, y combate de los mismos ante hechos vandálicos.

El continuo desarrollo de las actividades de monitoreo y conservación de las tortugas marinas garantizará la perpetuidad de esta especie, y el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas marinos, siendo ellas una especie clave en el desarrollo de las barreras de coral y bancos de esponja, que a su vez son medidores de la salud de los mares.

## BIBLIOGRAFÍA

GUANAHACABIBES, PARQUE NACIONAL. 2015. *Resultados de las etapas de anidación de tortugas marinas en Guanahacabibes*. Pinar del Río : s.n.

HERNANDEZ, AVILA AYLEM. 2014. *Estado actual de la biodiversidad marino - costera, en la región de los archipiélagos del sur de Cuba*. La Habana : s.n.

MONCADA, GAVILAN FELIX. ET, AL. 2013. *Protocolo para el monitoreo de la anidación de tortugas marinas en Cuba*. La Habana : s.n.

CARRILLO, E. Y F. MONCADA. 1998. *Tortugas Marinas de Cuba*. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras No. 22.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-37

**Título del trabajo:** Crecimiento de la langosta verde *Panulirus gracilis* en el sur de la provincia de Manabí, Ecuador: aplicación de modelo de simulación de crecimiento

**Autor (es):** Ricardo Javier Castillo Ruperti, David Mero del Valle, Juan Figueroa Pico y Dayanara Macías Mayorga

**Ponente (s):** Ricardo Javier Castillo Ruperti

**E-mail:** [ricardo.castillo@uleam.edu.ec](mailto:ricardo.castillo@uleam.edu.ec)

**Institución:** Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Describir adecuadamente el crecimiento de cualquier recurso pesquero juega un papel importante en la gestión de estos recursos. Se registraron un total de 539 organismos con talla promedio de  $72,9 \pm 12,49$  mm LC. El mes de julio fue el que presentó mayor cantidad de organismos ( $n=214$ ). La longitud cefalotorácica se estimó mayor en machos  $LC_{\infty}=129,1$  ( $r^2=0,842$ ) que en hembras  $LC_{\infty}=110,6$  ( $r^2=0,897$ ). De la misma forma la constante de crecimiento fue  $K=0,28$  ( $S=1,00$ ) y  $K=0,21$  ( $S=0,889$ ) para machos y hembras respectivamente. El modelo de crecimiento utilizado permitió describir el crecimiento escalonado de las langostas a partir del modelo de von Bertalanfy (1934). El 90 % de la capturas estuvo debajo de la talla legal de captura lo cual representa un fuerte indicador de sobreexplotación del recurso. Los machos tienen un crecimiento más acelerado que las hembras lo cual les permite alcanzar longitudes superiores. El modelo para simular el crecimiento presentó una complejidad matemática media-alta, sin embargo, al ser desarrollado en un software su uso y utilidad representa una importante herramienta para evaluar el crecimiento en la langosta *P. gracilis* y tomar medidas de manejo más adecuadas para el recurso.

**Palabras clave:** *Panulirus gracilis*, modelo de crecimiento, longitud asintótica, coeficiente de crecimiento



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-39

**Título del trabajo:** Diversidad de melolóntidos nocturnos (insecta: Coleoptera) asociados a un bosque tropical caducifolio de la Sierra del Águila, Ameca, Jalisco, México

**Autor (es):** José Ernesto Colima-Lara, Luis Eugenio Rivera Cervantes, Adriana Elena Castro-Ramírez y Edith García-Real

**Ponente (s):** José Ernesto Colima-Lara

**E-mail:** [ernesto\\_colima@hotmail.com](mailto:ernesto_colima@hotmail.com)

**Institución:** Universidad de Guadalajara - Colegio de la Frontera Sur

**País:** México

#### RESUMEN

Se investigó la diversidad de los escarabajos melolóntidos nocturnos en un bosque tropical caducifolio perteneciente al Área Natural Protegida Sierra del Águila; para conocer la composición específica y la abundancia estacional, así como sus patrones fenológicos y comprobar mediante índices la diversidad la relación fenológica de los escarabajos con la precipitación. Las recolectas se hicieron sistemáticamente, tres noches por mes durante la luna nueva (máxima oscuridad) entre las 19:30 y las 22:30, utilizando una trampa de luz tipo pantalla de julio de 2013 a junio de 2014. Se recolectaron 2,297 escarabajos adultos pertenecientes a tres subfamilias, 12 géneros y 35 morfoespecies. El género más abundante fue *Cyclocephala* con 1050 individuos, mientras que *Phyllophaga* resultó el más rico con 13 morfoespecies. La mayor riqueza y abundancia se presentó en los meses de junio y julio, y los adultos tuvieron un periodo de actividad que abarcó ocho meses. *C. forcipulata* fue la especie dominante. Las proporciones sexuales para las cuatro especies más abundantes, *Cyclocephala forcipulata*, *Diplotaxis sp1.*, *Paranomala sp. aff. inconstans* y *Phyllophaga chiapensis*, fueron de 1:1.17, 1:1, 1.2:1 y 1.35:1 respectivamente. La actividad de vuelo para las cuatro especies más abundantes fue de las 20:00 a las 22:30 h, presentando su mayor pico entre las 21:00 y las 22:30 h. Los índices de diversidad de Shannon-Weiner y Brillouin establecieron resultados de  $H' = 1.89$  y  $HB = 1.86$  correspondientemente; por otro lado el índice de Spearman mostró una relación positiva entre la riqueza y precipitación ( $0.54$ ,  $p < 0.05$ ), mientras que para la abundancia y precipitación no existió alguna relación ( $0.47$ ,  $p < 0.05$ ). Los índices determinaron una diversidad media para la Sierra del Águila; por otra parte los escarabajos mostraron una marcada estacionalidad, donde la captura fue nula en los meses de mayor sequía (diciembre a marzo), relacionada con la precipitación del bosque tropical caducifolio.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-50

**Título del trabajo:** Uso sostenible de la diversidad biológica en Ecuador. Un caso de estudio: Milípedos amazónicos gen. *Rhinocricus* desde la secreción defensiva hasta un funguicida natural

**Autor (es):** Juan Enrique Tacoronte Morales, Franklin Gavilánez, Isabel Carrillo, Andrés Granda, Juan C. Ochoa, Emilia Cevallos

**Ponente (s):** Juan Enrique Tacoronte Morales

**E-mail:** [jetacoronte@yahoo.com](mailto:jetacoronte@yahoo.com)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Los milípedos, artrópodos terrestres (Diplopoda), comprenden unas 11 000 especies distribuidas en todas las zonas ecogeográficas del planeta, y participan en la formación, biodegradación y evolución orgánica de los suelos. Las secreciones defensivas de los milípedos, cuya composición varía según la familia y la especie del milípedo, constituyen una extraordinaria fuente de metabolitos secundarios biológicamente activos. Se reporta el estudio preliminar de la secreción defensiva de poblaciones endémicas de un milípedo ecuatoriano gen. *Rhinocricus* (Diplopoda, orden Spirobolida, fam. Rhinocricidae), que habitan en la región amazónica del Ecuador. Individuos adultos fueron colectados en Sucumbíos, Orellana y Pastaza y mantenidos en condiciones de laboratorio. La secreción defensiva, (eyectada por los ozóporos en la parte dorso-lateral del cuerpo), de coloración marrón, y con efecto irritante de epidermis, se obtiene mediante presión. La secreción (650-800 µg/individuo) es refrigerada a  $-10^{\circ}\text{C}$ . El estudio preliminar (RMN- $^1\text{H}$  /  $^{13}\text{C}$ , FTIR, HPLC y GC-MS) de la secreción defensiva de *Rhinocricus sp* está constituida, mayoritariamente, por 2-metil-3-metoxi-para-benzoquinona, benzoquinoides y fenoles polisustituidos, lo que amplía el conocimiento sobre quimiotaxonomía y ecología química de estos invertebrados terrestres de la amazonia ecuatoriana. Se desarrollaron estudios sobre efecto microbicida vs. 10 especies de microorganismos patógenos (0.5-100 µg / mL) con promisorios resultados. El componente mayoritario de las secreciones se sintetiza en condiciones eco-sustentables y se diseñan formulaciones con su análogo isoestructural para tratamiento de patologías epidérmicas. Este estudio avala la significación de la ecología química y la aplicación estratégica de la prospección química de la biodiversidad como recurso.

## INTRODUCCIÓN

Los milípedos, artrópodos terrestres (Diplopoda), son un grupo de invertebrados muy antiguos que comprende unas 11 000 especies<sup>1,2</sup> distribuidas en todas las zonas ecogeográficas del planeta. Las especies neotropicales se caracterizan por su gran tamaño, poca conocida ecología y su gran diversidad. Existen especies estrato-biónticas, edafobiontes y epifitobiontes, siendo significativa su participación en la formación, biodegradación y evolución orgánica de los suelos. Las secreciones defensivas de los milípedos, secretadas en glándulas especializadas, que se localizan en los segmentos del cuerpo, y cuya composición varía según la familia y la especie del milípedo, constituyen una extraordinaria fuente de metabolitos secundarios biológicamente activos<sup>3,4,5</sup>, cuyo estudio y valoración eco-químico-taxonomía pueden facilitar la compleja tarea de identificación de las especies en sus hábitat y comprender el mecanismo de relaciones químico-conductuales inter-especies en la fauna edáfica.<sup>6,7</sup>

El presente trabajo reporta el estudio preliminar de la secreción defensiva del milípedo endémico de la amazonia ecuatoriana *Rhinocricus sp* (Diplopoda, orden Spirobolida, fam. Rhinocricidae), que habita en la zona de Palmar del Rio, Provincia de Francisco de Orellana, (0°19' latitud S y longitud 77°04' W, a una altitud de 280 msnm). Este milípedo, una de las especies de mayor tamaño en la fauna edáfica amazónica, alcanza 13-18 cm de longitud, un diámetro de 1.4 cm y un peso promedio de 20-28 gramos. El número de segmentos varía desde 47 a 51.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Individuos adultos fueron colectados en Palmar del Rio (0°19' latitud S y longitud 77°04' W) y mantenidos en condiciones estándar de laboratorio<sup>8,9</sup>. Para obtener la secreción defensiva, (eyectada por los ozóporos localizados en la parte dorso-lateral del cuerpo), y de coloración rojo-marrón intenso, con efecto irritante de epidermis y de penetrante olor "fenólico", los individuos fueron estimulados mediante presión. La secreción obtenida (650-800 µg/individuo) se absorbe sobre papel de filtro Whatman 4 y es refrigerada a -10 °C. En condiciones naturales la secreción defensiva puede alcanzar hasta 30 cm (Fig. 1)



**Fig. 1** Milípedo amazónico *Rhinocricus* (Palmar del Rio)

El papel de filtro se extrae con éter dietílico frío (5 x 2mL) y los extractos etéreos son concentrados y utilizados para los análisis posteriores con o sin previa dilución en éter dietílico o n-hexano.

La solución etérea (10 mL) se percola por una columna de fosfato de calcio ( $\text{CaHPO}_4$  con 2% de  $\text{AgNO}_3$ ) de 25 cm de longitud y 0.8 cm de diámetro, utilizando como solvente una mezcla de n-hexano / acetato de etilo 85:15 v/v (100 mL). Los eluatos obtenidos, (110 mL), son concentrados y analizados mediante cromatografía de placa delgada (Silicagel sobre poliéster con detector UV, Aldrich-USA, 5x5 cm, (tiempo de corrida 15 min.).

Los espectros FTIR se registraron en un espectrofotómetro Philips Analytical PU 9600 en el intervalo  $450\text{-}4500\text{ cm}^{-1}$  en pastillas de KBr. Los espectros RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  fueron registrados en un espectrómetro Bruker ACF-250, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y soluciones 0.3 M en  $\text{CDCl}_3$ . Los desplazamientos químicos ( $\delta$ ) fueron reportados en ppm. En RMN  $^1\text{H}$  se utilizó tetrametilsilano como referencia interna (TMS,  $\delta = 0,0$ ) y en los espectros de RMN- $^{13}\text{C}$  se utilizó la señal en 77,03 ppm correspondiente al pico central del  $\text{CDCl}_3$  para los corrimientos químicos de  $^{13}\text{C}$ ). Todos los reactivos químicos utilizados se adquirieron en empresas suministradoras reconocidas (Merck Germany, Quito, Ecuador) y su pureza se evaluó mediante CG y FTIR.

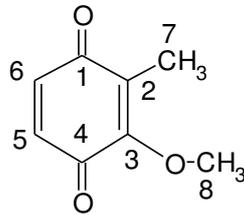
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio inicial de esta secreción con el test de rodanina en amoníaco acuoso<sup>10</sup> sugirió la existencia de para-quinonas, que fue corroborado al observarse una coloración azul violáceo al tratar la solución etérea de la secreción defensiva con cianoacetato de etilo/ amoníaco<sup>11</sup>. Las para-quinonas di-, tri-, y tetraalquil, o alquilmetoxi-substituidas han sido reportadas previamente como sustancias defensivas en otras especies de diplópodos<sup>12, 13</sup> que ocasionan severos efectos alérgicos y residuales sobre las mucosas oculares y epidermis así como efecto microbiocida. Estos resultados orientaron el estudio hacia el aislamiento e identificación de estos derivados en las secreciones defensivas de los milípedos amazónicos gen. *Rhinocricus*.

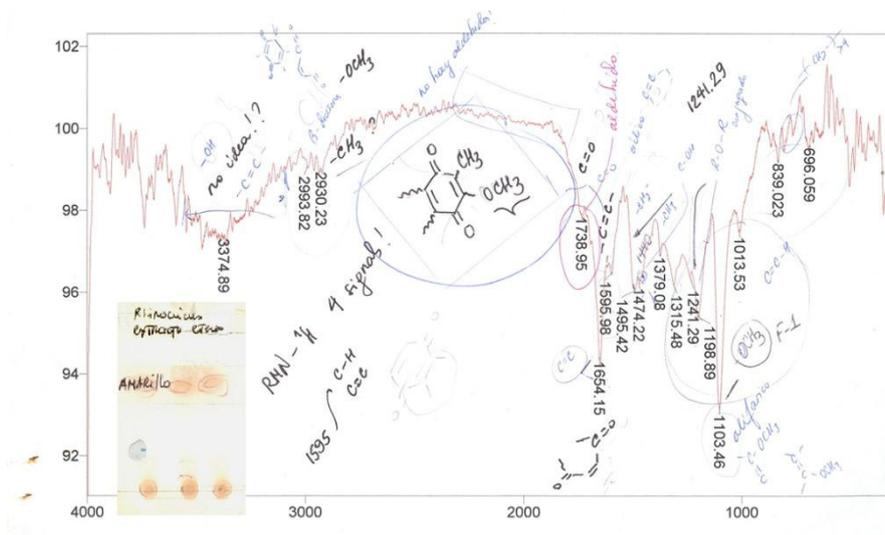
La cromatografía de placa delgada reveló la existencia de un compuesto con  $R_f$  0.5, utilizando como eluyente n-hexano/acetato de etilo 50:50 v/v y agente cromogénico amoníaco. Un segundo análisis, empleando cromatoplasmas de gel de Sílice G impregnadas con una solución acuosa al 3% de ácido oxálico, y corriendo con benceno-acetato de etilo (10:2 v/v), reveló el mismo resultado:  $R_f$  0.47. El residuo aceitoso obtenido, de color marrón, es sometido a análisis espectrofotométrico. El estudio del espectro FTIR evidencia la existencia de bandas intensas en  $1665\text{-}1590\text{ cm}^{-1}$  ( $\nu\text{C=O}$   $1654$  y  $1665\text{ cm}^{-1}$ ,  $\nu\text{C=C}$   $1595\text{ cm}^{-1}$ ) atribuibles a para-benzoquinonas substituidas ( $1654\text{ cm}^{-1}$ ). En la zona  $1320\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$  se observan bandas de intensidad media ( $1315\text{ cm}^{-1}$ ,  $1198\text{ cm}^{-1}$ ) asignables a vibraciones de valencia y deformacionales en el grupo C-CO-C; en la región  $1200\text{-}1020$  se distingue una banda intensa en  $1103$  que se atribuye a vibraciones de valencia asimétricas del grupo C-O-C típica para éteres, así como en  $1013\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a vibraciones de valencia simétricas de los mismos. Esta consideración se corrobora por la presencia de bandas en  $2993\text{ cm}^{-1}$ ,  $2930\text{ cm}^{-1}$  características para vibraciones asimétricas de valencia de  $\text{OCH}_3$  y  $1474\text{ cm}^{-1}$  atribuible a vibraciones de deformación asimétrica y simétrica de  $\text{OCH}_3$ . En  $1379\text{ cm}^{-1}$  se observa una señal correspondiente a vibraciones deformacionales simétricas de  $-\text{CH}_3$  (C-H), y en  $2949\text{ cm}^{-1}$  asignables a vibraciones de valencia del grupo ( $\text{CH}_3$ ). Estos datos sugieren la existencia de una para-benzoquinona disubstituida. (Fig.3)

Los espectros RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  (registrados en un espectrómetro Bruker ACF-250, utilizando como referencia interna TMS a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y soluciones 0.3 M en  $\text{CDCl}_3$ ) corroboran la estructura propuesta como una p-benzoquinona 2,3-disubstituida. Para el derivado p-benzoquinona 2,3-disubstituida en el espectro RMN- $^1\text{H}$  se observan 4 señales bien diferenciadas, una señal singlete a 1.87 ppm (3H) típico para grupos metilo  $-\text{CH}_3$  (en el entorno molecular olefina-oxo-substitución); una señal singlete en 3.92 ppm (3H) atribuible a  $\text{O-CH}_3$ ; una señal en forma de doblete a 6.53 ppm (1H) y una señal en forma de doblete en 6.75 (1H) atribuibles a un sistema

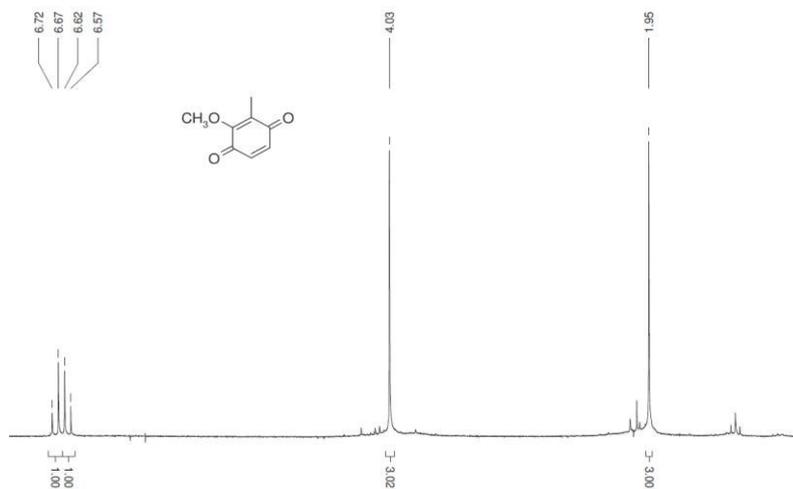
olefínico dicarbonílico  $\alpha,\beta$  conjugado, característico de benzoquinonas 2,3-disustituidas. El espectro RMN- $^{13}\text{C}$  muestra 8 señales entre 11.22 ppm y 188.34 ppm que corroboran la existencia del sistema cíclico dicarbonílico  $\alpha,\beta$ -insaturado conjugado propuesto (ver figura 1): 188.34 ppm (C-1); 129.40 (C-2); 156.15 ppm (C-3); 175.52 ppm (C-4); 136.45 ppm (C-5); 137.85 ppm (C-6); 11.22 ppm (C-7); 59.48 ppm (C-8) (Fig. 4a y 4b).



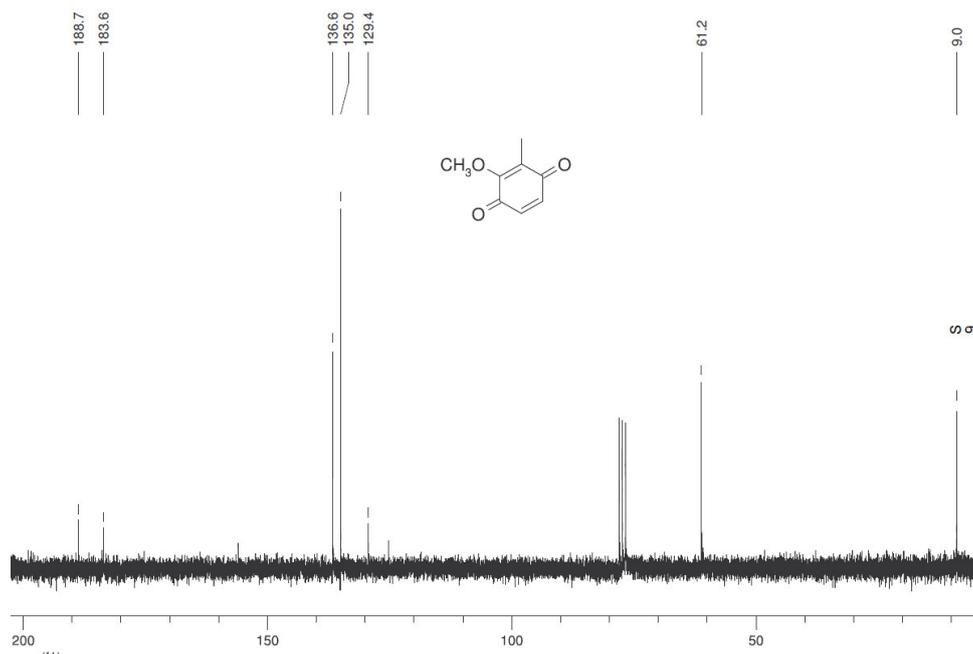
**Fig.2.** Derivado aislado de la secreción defensiva: 2-metoxi-3-metil para-benzoquinona.



**Fig. 3.** Espectro FTIR del residuo aceitoso obtenido después de la percolación de la secreción defensiva.



**Fig. 4a.** Espectro RMN- $^1\text{H}$  del componente mayoritario de la secreción defensiva del milpédo amazónico *Rhinocricus* sp.



**Fig. 4b.** Espectro RMN-<sup>13</sup>C del componente mayoritario de la secreción defensiva del milípedo amazónico *Rhinocricus* sp.

El estudio preliminar de la secreción defensiva de *Rhinocricus* sp, uno de los milípedos más importantes de la mega-edafofauna endémica de Ecuador, revela, de manera explícita, que está constituida, mayoritariamente, por 2-metil-3-metoxi-para benzoquinona, una benzoquinona descrita para especies de diplópodos del continente africano de los géneros *Metiche* y *Archispirostreptus*<sup>14,15,16</sup>, lo que amplía el conocimiento sobre quimio-taxonomía y ecología química de estos invertebrados terrestres de la fauna edáfica amazónica del Ecuador.

En climas tropicales, las infecciones epidérmicas y en mucosas, de origen fúngico, se distribuyen ampliamente entre las comunidades humanas (rurales y urbanas) y en animales de interés económico. La lista actual de derivados naturales, sintéticos y semi-transformados que poseen efecto antifúngico es extensa y para tratamiento de dermatofitos se han reportado más de 270 preparaciones farmacéuticas.

Estudios<sup>17</sup> revelaron que esta secreción benzoquinónica puede constituir una fuente promisoriosa de metabolitos secundarios bioactivos o estructuras líderes potenciales para la generación de derivados que inhiben y poseen un efecto biocida sobre hifas y micelios de patógenos fúngicos que afectan epidermis y mucosas humanas y especies animales. Para la preparación de la solución hidro-alcohólica con la secreción defensiva, 5 ejemplares de milípedos (85 gramos) se colocan en un beaker Pirex (1000 mL) y se agitan suavemente con una varilla de vidrio hasta que la secreción defensiva sea expulsada totalmente. La coloración de la mezclas resultante es marrón oscuro con un marcado olor fenólico y fuerte efecto tintóreo sobre la epidermis humana. La relación 85 g / 1000 mL (4 mg de principio activo / litro de solución hido-alcohólica 70:30 v/v) es operativamente sencilla de manipular y no causa efecto irritante o alergénico durante su manipulación siendo obtenidos los mejores resultados en los tratamientos antifúngicos a esta concentración.

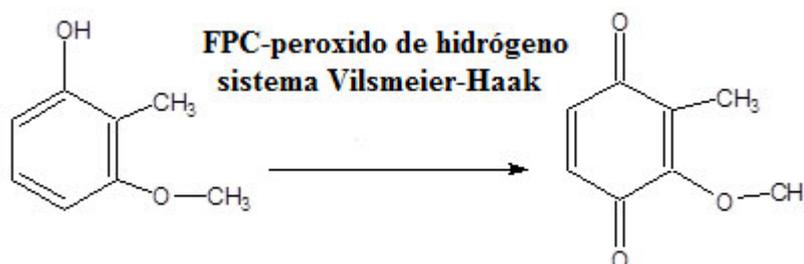
Para el ensayo de detección antifúngica en un rango de concentraciones 0.5-100 µg /mL, la secreción defensiva del milípedo se coloca en placas de Petri que contienen agar nutritivo y se

adiciona asépticamente el inoculo de la especie de hongo patógeno. Las placas se incuban a temperatura ambiente, calculándose las concentraciones inhibitorias mínimas. (MIC, Tabla 1)

**Tabla 1.** Evaluación Toxicológica de la secreción defensiva de *Rhinocricus sp* (Palmar del Rio, Provincia Francisco de Orellana, Ecuador)

Patógeno	Dosis Toxicológica
<i>Fonsecae pedrosoi</i>	MIC = 6.0 µg / mL
<i>Candida albicans</i>	MIC = 30.0 µg / mL
<i>Microsporium gypseum</i>	MIC = 78.0 µg / mL
<i>Microsporius canis</i>	MIC = 56.3 µg / mL
<i>Trycophyton mentagraphytes</i>	MIC = 27.0 µg / mL
<i>Epidermophyton floccosum</i>	MIC = 68 µg / mL
<i>Trycophyton rubrum</i>	MIC = 44. 0 µg / mL

Estos resultados permitieron valorar positivamente la posibilidad de obtención, vía sintética (a escala de laboratorio), de este metabolito secundario aislado de *Rhinocricus sp*. Fueron propuestas dos rutas, enfatizando en flexibilidad y operatividad, que facilitase la preparación de cantidades necesarias para la extensión de pruebas biológicas en condiciones *in vivo* (pacientes con afecciones fungosas epidérmicas) siempre considerando estrategias de química verde y su aplicación en condiciones eco-sustentables y de mínimo impacto y máxima eficiencia atómica. Desarrolladas en condiciones catalíticas (Flujo Piroclástico Condensado - FPC- del Tungurahua-peróxido de hidrógeno 50 %, 3 horas, agitación, temperatura ambiente; sistema Haak: El complejo de Vilsmeier para la reacción de Vilsmeier-Haak se prepara mediante la adición lenta de 82.5 ml de cloruro de fosforilo a 150 mL de N,N-dimetilformamida a 0 °C. El complejo sintetizado se adiciona a una solución de 93.1 gramos de 2,6-dimetiltolueno en 150 mL de N,N-dimetilformamida a 110 0 °C y se agita a esta temperatura durante 2 h. La mezcla reaccionante se diluye con una solución acuosa de carbonato de sodio 10 % y se extrae con acetato de etilo (3x). Después del lavado y secado de la capa orgánica, el producto crudo de purifica mediante cristalización, el 2,4-dimetoxi-3-metilbenzaldehido (13.5 g) y acido m-cloroperbenzónico (25.3g) se calientan bajo reflujo en 400 mL de cloruro de metileno durante 24h). Estas vías de obtención son ecológicamente sustentables y no generan residuales contaminantes (Fig. 4). El espectro RMN<sup>-1</sup>H (CDCl<sub>3</sub>) en ppm, δ: 1,95 (s,3H); 4.02 (s, 3H); 6.61 (d, J=9, 1H); 6.68 (d, J=9, 1H)



**Fig. 4** Vías catalíticas ecosustentables para obtención de componente mayoritario de las secreciones defensivas aisladas de *Rhinocricus sp*. de la amazonia ecuatoriana

La evaluación biológica (propiedades antifúngicas) del derivado sintetizado, en condiciones de laboratorio, se desarrolla actualmente.

## CONCLUSIONES

El estudio preliminar de la secreción defensiva del milípedo ecuatoriano endémico del gen. *Rhinocricus sp.*, uno de los milípedos más importantes, por su significación en la biomasa de la fauna edáfica endémica de la República de Ecuador, revela que está constituida, mayoritariamente, por 2-metil-3-metoxi-para-benzoquinona, lo que amplía el conocimiento sobre quimiotaxonomía, evolución química y ecología química de estos invertebrados terrestres ecuatorianos.

La actividad biológica detectada, típicamente antimicrobiana, permite valorar estas secreciones repugnatorias como una fuente potencial de estructuras bioactivas para el desarrollo sustentables de nuevas formulaciones para control de crecimiento microbiano. Los procesos de síntesis, en condiciones sustentables, de este producto natural permiten obtener el derivado iso-análogo con satisfactorios rendimientos.

Se declara que no existen conflictos de interés entre colaboradores e instituciones. Uno de los autores, *JETM*, agradece al programa Prometeo-SENESCYT de la República de Ecuador por el financiamiento, y al Centro de Biología por las facilidades organizacionales e instrumentales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Soil Biology Guide. Richard Hoffman Ed. Ch 26, pag. 835-859, 1993.; Hoffman R, Golovatch S.I, Adis J., de Morais J.W. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda). *Amazonia XIV* (1/2) 1-35. Dezember 1996.
2. Hopkin S.P & Read H.J. The biology of Millipedes. Oxford University, 233p, 1992
3. Eisner T & Meinwald J. Defensive Secretions of Arthropods. *Science*, 1966, vol. 153, n. 3742, pag. 1341-1350, 16 Sept
4. Handbook of Experimental Pharmacology vol.48, chapter 3, pag. 41-72, Ed. S.Bettini. Springer-Verlag 1978
5. Huth A. Defensive secretion of millipedes: more than just a product of melting point decrease? *Fragmenta Faunistica* (Warsawa) suppl. 42: 24, 1999
6. Williams L.D.A & Singh P.D.A. Biology and Biological Action of the Defensive Secretions from a Jamaican Millipede. *Naturwissenschaften* 84, 143-144, 1997
7. Deml R. & Huth A. Benzoquinones and Hydroquinones in Defensive Secretions of Tropical Millipedes. *Naturwissenschaften* 87, 80-82, 2000.
8. González R. Estudio comparativo de la macrofauna de la hojarasca y del suelo de dos ecosistemas forestales de la Sierra del Rosario. *Ser. Zool* 2, 1-15, 1986.
9. T. Chervas *et al.* Resultados no publicados 2000-2002, Universidad de La Habana, Cuba
10. Feigl F. Spots test in Organic Analysis, 7th ed., 332. Elsevier, NY. 1966.
11. Legradi L. *Analyst* 95, 590-593, 1970.
12. Eisner T, Meinwald J., Xu S., Attygalle A.B Defensive secretion of the millipede *Floridobulus penneri*. *J. Natural Products*. 56, n.10, pag. 1700-1706, 1993.;
13. Eisner T et al. Defense Mechanism of arthropods. XVI. Para-benzoquinones in the secretion of spirostreptoid millipedes. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 58, n. 2., 247-248, 1965.; Thomson R.H. " Naturally Occurring Quinones III". Chapman & Hill. New York, 1987.
14. Wood W.F, Shepherd J, Chong B, Meinwald J. Ubiquinone-O in defensive spray of African Millipede. *Nature* Vol. 253, Feb.20, pag. 625-626, 1975.
15. Watherston J, Percy J.E., in *Chemical Controlling Insect Behaviour* edited by Beroza M. pag. 107-108, Academic N.Y, 1970.
16. De Bernardi M., *et al.* Quinones in the defensive secretions of African millipedes. *Naturwissenschaften* 69, pag. 601-602, 1982



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-71

**Título del trabajo:** Macroinvertebrados acuáticos y calidad biológica del agua del río Ambato, cantón Ambato

**Autor (es):** Sandra Paola Freire Rumipamba

**Ponente (s):** Sandra Paola Freire Rumipamba

**E-mail:** [sandrapaolafr@gmail.com](mailto:sandrapaolafr@gmail.com)

**Institución:** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El presente trabajo de carácter exploratorio tiene como objetivo determinar la calidad biológica del agua del río Ambato a través del estudio de los órdenes y familias de macroinvertebrados. Esta investigación logró determinar las zonas más sensibles a contaminación en el cauce del río Ambato. Lo que permitirá proponer medidas de mitigación en dichas zonas. El muestreo se realizó durante 3 meses desde Septiembre hasta Noviembre del año 2015. Se tomaron muestras compuestas en nueve estaciones de monitoreo ubicadas desde el páramo en Llangahua hasta el cauce a la salida de la ciudad en las Viñas. Las muestras recolectadas se conservaron en una solución acuosa de agua y alcohol en una relación 3/1 para ser transportadas al laboratorio. Para el análisis se utilizó el índice ABI (The Andean Biotic Index) propio para ríos de zonas andinas con altitudes superiores a los 2000msnm. Los resultados obtenidos indican que en todas las estaciones de monitoreo se encuentran ordenes de macroinvertebrados tolerantes a la contaminación orgánica, con índice ABI 2 y 3, tal es el caso de *Diptera* y *Haplotaxida*; por lo cual la calidad del agua del Río Ambato es regular en Llangahua y es mala en las Viñas. Se propone entonces medidas para el cuidado de la biota propia de las zonas del páramo para garantizar la calidad del agua antes de ingresar a la ciudad.

**Palabras clave:** Calidad biológica, río, macroinvertebrados, contaminación, afluente

## INTRODUCCIÓN

Los ríos constituyen ecosistemas únicos debido a su diversidad y a las interacciones con otros sistemas. El creciente interés por proteger dichos ecosistemas ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de indicadores biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en la contaminación de los ríos andinos. Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo, destacan el estudio de los macroinvertebrados esto debido a que presentan ventajas como su presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; con muestreos cuantitativos y análisis de las muestras que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo [1].

El Índice Biótico Andino (Andean Biological Index) ABI, es el índice diseñado para la determinación del estado ecológico de los ríos alto andinos, es decir, calcula el nivel de contaminación de los ríos de la cordillera de los andes ubicados entre 2000 y 4000 msnm por medio de la presencia o ausencia de los grupos de macroinvertebrados sensibles a la contaminación que se han adaptado a estas zonas altitudinales. Para el cálculo del índice se suman las puntuaciones parciales que se obtienen de la presencia de cada familia de macroinvertebrados y de esta forma se obtiene la puntuación global del punto de muestreo. Si en el tramo aparecen más de un individuo de una familia esta sólo se puntuará una vez [2].

*TABLA Nº 1: Puntajes y criterios de la clasificación de la calidad biótica del agua en ríos Alto – Andinos*

CALIDAD	ABI	SIGNIFICADO
<b>Buena</b>	>150, 101 - 120*	Aguas muy limpias a limpias
<b>Aceptable</b>	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas
<b>Dudosa</b>	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas
<b>Crítica</b>	16 - 35	Aguas muy contaminadas
<b>Muy Crítica</b>	<15	Aguas fuertemente contaminadas

*Fuente: Secretaría General de la Comunidad Andina, Ministerio del Ambiente (Ecuador) / Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA), Fondo para la Protección del Agua (FONAG), 2011. Estudio sobre Caudales Ecológicos. Quito, EC. 62 p [4].*

## UBICACIÓN

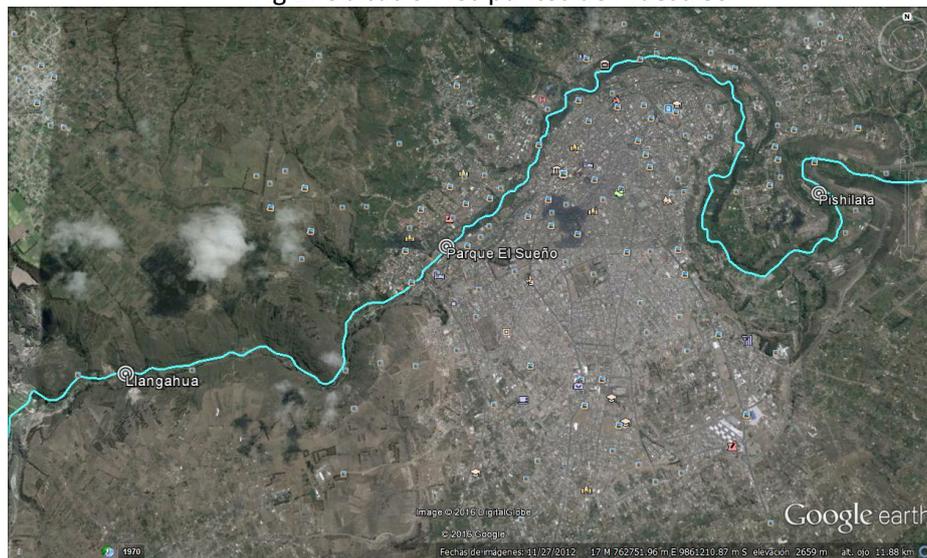
La cuenca del río Ambato cubre el 60% de la provincia Tungurahua. La presente investigación consta de nueve estaciones de monitoreo distribuidas desde Llangahua a la altura del río Alajua hasta la ciudad de Ambato como se muestra en la Fig.1. Después de atravesar el cantón Ambato se une con el río Cutuchi y forma el río Patate.

Fig 1: Ubicación de la *Cuenca del Río Ambato* en la provincia de Tungurahua



Realizado por: Sandra Freire, Wilian Bravo

Fig 2: Ubicación los puntos de muestreo



Realizado por: Sandra Freire, Wilian Bravo. Fuente: Google Earth.

## METODOLOGIA

Se tomaron muestras compuestas y aleatorias en nueve estaciones de monitoreo distribuidas en el río Ambato, desde el páramo en Llangahua hasta el cauce a la salida de la ciudad en las Viñas-Pishilata. Los puntos de monitoreo fueron tres: Llangahua, Parque del Sueño y Pishilata. El muestreo se lo realiza una vez cada mes. Se recolectaron en total 27 muestras totales en las nueve estaciones de monitoreo. El muestreo tuvo una duración de un minuto usando una red Surber que consta de un marco metálico de 30 x 30 cm, al cual está sujeta una red de unos 80 cm de longitud y con una abertura de malla de aproximadamente 500  $\mu$ . El marco se coloca

sobre el fondo y en contra de la corriente y con las manos se remueve el material del fondo, quedando atrapados los organismos en la red. [3]

Las muestras se tomaron en rápidos con profundidades variables en relación al comportamiento del río. Las muestras de macroinvertebrados fueron recolectados en frascos con alcohol al 70-75% diluido en agua destilada para conservarlos. Posteriormente se realizó un análisis cualitativo en el laboratorio para ello se utilizó el esteroscopio. De esta forma se determinan los órdenes y familias de macroinvertebrados relacionados con el índice ABI. [5]

Se registran el orden o la familia de los macroinvertebrados, el número de individuos y el número ABI correspondiente. Para el cálculo del índice se suman las puntuaciones parciales que se obtienen de la presencia de cada familia de macroinvertebrados y de esta forma se obtiene la puntuación global del punto de muestreo. Si en el tramo aparecen más de un individuo de una familia esta sólo se registrará una vez.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

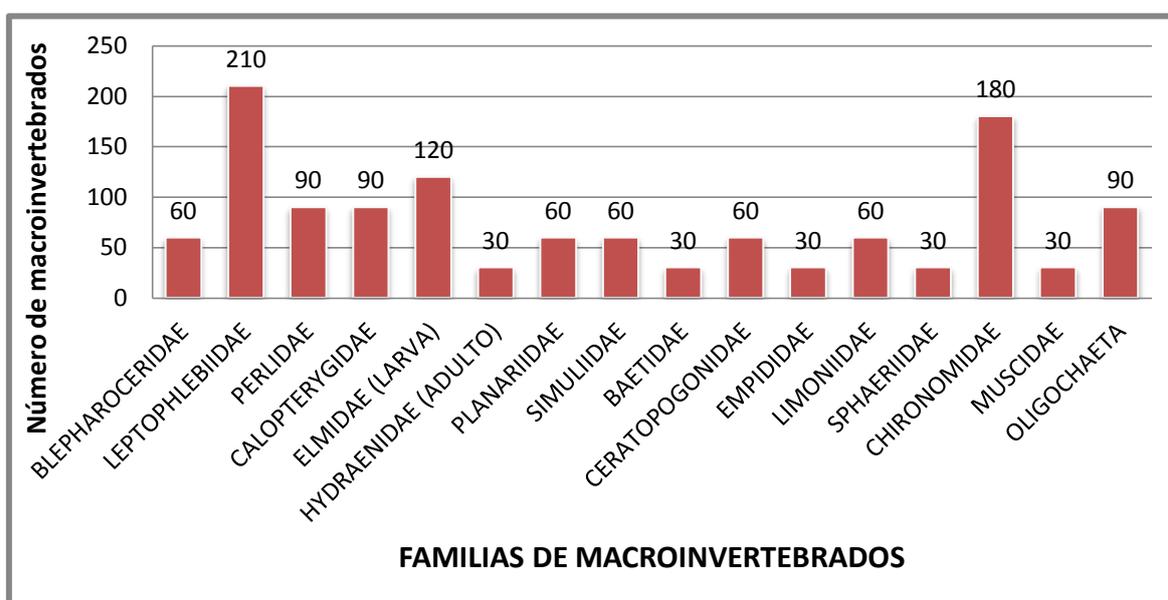
Se presenta a continuación tablas en las que se detalla la taxonomía de los macroinvertebrados y el número de individuos totales, cabe recalcar que el número de individuos no recoge el número total de macroinvertebrados encontrados en cada una de las muestras, sino que hace énfasis de en cuántas muestras se encontraron tales macroinvertebrados. Conjuntamente se detalla la puntuación ABI de cada macroinvertebrado.

*TABLA Nº 2: Macroinvertebrados totales encontrados en el primer punto de monitoreo Llangahua en el período Septiembre – Noviembre 2015*

TAXONOMÍA	NÚMERO INDIVIDUOS	PUNTUACIÓN INDICE ABI	OBSERVACIONES
BLEPHAROCERIDAE	60	10	En el lugar había presencia de ganado en las riberas del río, y actividad agrícola en las zonas aledañas. Las condiciones climáticas de la época: llovizna con río caudaloso.
LEPTOPHLEBIIDAE	210	10	
PERLIDAE	90	10	
CALOPTERYGIDAE	90	8	
ELMIDAE (LARVA)	120	5	
HYDRAENIDAE (ADULTO)	30	5	
PLANARIIDAE	60	5	
SIMULIIDAE	60	5	
BAETIDAE	30	4	
CERATOPOGONIDAE	60	4	
EMPIDIDAE	30	4	
LIMONIIDAE	60	4	
SPHAERIIDAE	30	3	
CHIRONOMIDAE	180	2	
MUSCIDAE	30	2	
OLIGOCHAETA	90	1	
<b>TOTAL:</b>		<b>82</b>	

*Fuente: Dirección de Gestión Ambiental GAD Municipalidad de Ambato 2015*

Gráfico1: Macroinvertebrados totales en Llangahua



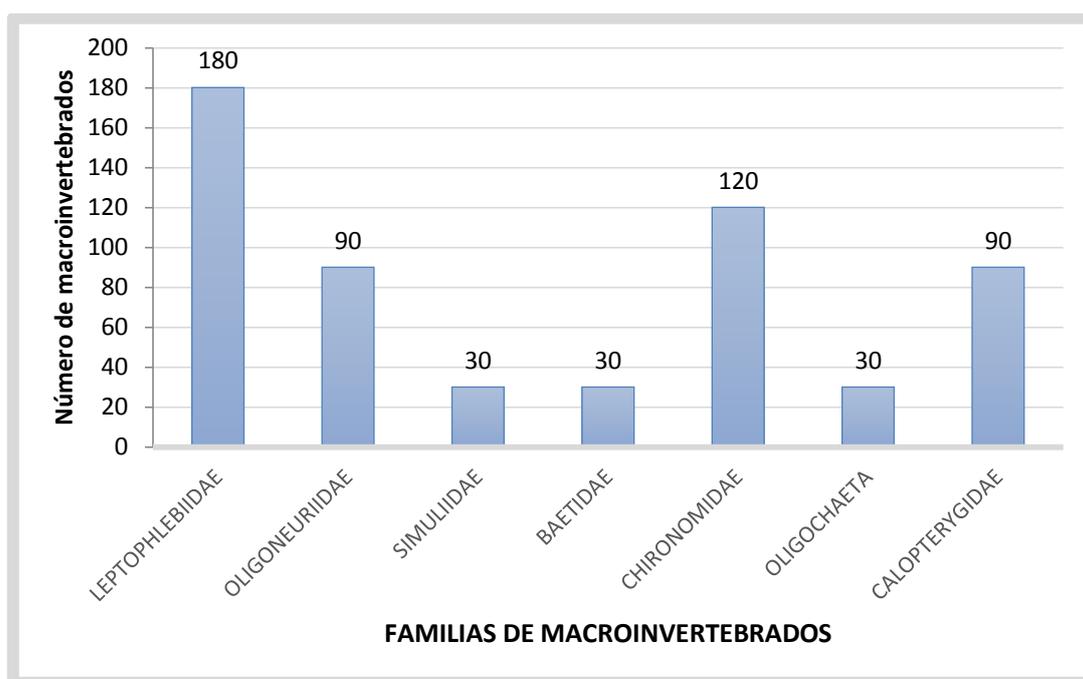
La familia de macroinvertebrados presente corresponde a individuos de Leptophlebiidae con un puntaje de 10 indicador de buena calidad del agua. Por otra parte también se encontraron individuos de la familia Chironomidae con puntaje de 2, que fueron hallados en seis de las nueve estaciones.

TABLA Nº 3: Tabla de Macroinvertebrados encontrados en el segundo punto de monitoreo Parque el Sueño en el período Septiembre – Noviembre 2015

TAXONOMÍA	NÚMERO INDIVIDUOS	PUNTUACIÓN	OBSERVACIONES
LEPTOPHLEBIIDAE	180	10	Disminución del caudal en comparación al primer punto. Debido a la caída de un árbol en la zona, no se pudo realizar la adecuada identificación de las macroinvertebrados.
OLIGONEURIIDAE	90	10	
SIMULIIDAE	30	5	
BAETIDAE	30	4	
CHIRONOMIDAE	120	2	
OLIGOCHAETA	30	1	
CALOPTERYGIDAE	90	8	
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>	

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental GAD Municipalidad de Ambato 2015

Gráfico2: Macroinvertebrados totales en Parque el Sueño



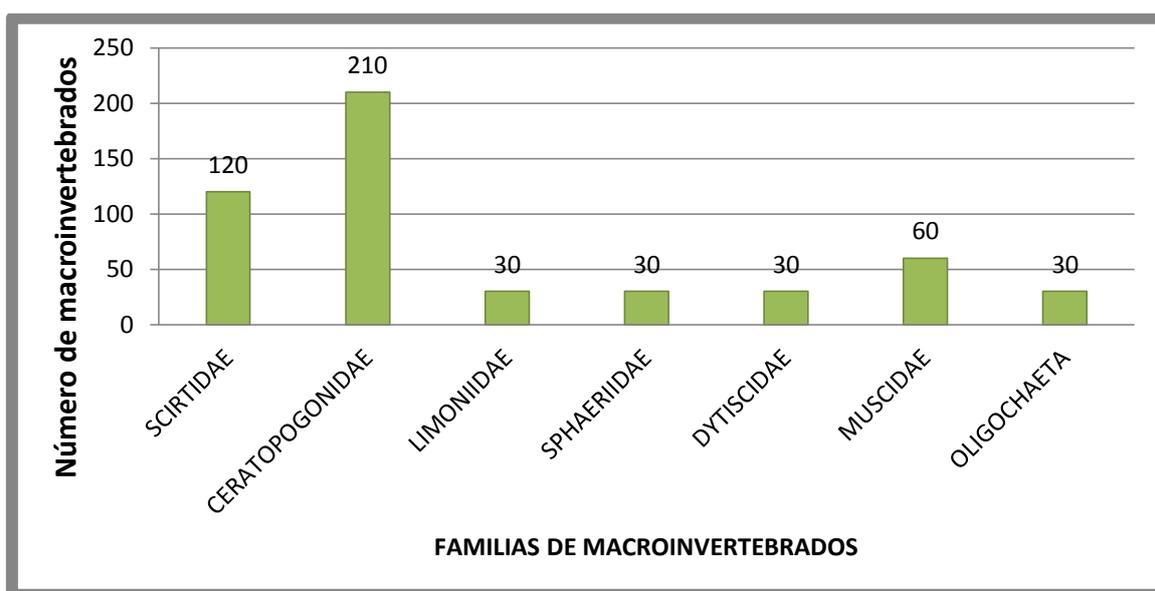
La presencia de las familias *Leptophlebiidae* y *Chironomidae* tienen una representatividad similar a la de Llangahua. Lo que indica que la calidad del río se mantiene y desde este punto empieza a contaminarse con descargas residuales.

TABLA N° 4: Tabla de Macroinvertebrados encontrados en el tercer punto de monitoreo Pishilata en el período Septiembre – Noviembre 2015

TAXONOMÍA	NÚMERO INDIVIDUOS	PUNTUACIÓN	OBSERVACIONES
SCIRTIDAE	120	5	El río es poco profundo pero caudaloso. Las aguas presentan coloración oscura, gran cantidad de materia orgánica y olor desagradable.
CERATOPOGONIDAE	210	4	
LIMONIIDAE	30	4	
SPHAERIIDAE	30	3	
DYTISCIDAE	30	3	
MUSCIDAE	60	2	
OLIGOCHAETA	30	1	
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>	

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental GAD Municipalidad de Ambato 2015

Gráfico3: Macroinvertebrados totales en Pishilata



Los macroinvertebrados presentes en mayor número corresponden a individuos de familias *Ceratopogoniidae* y *Scirtidae* cuyos órdenes son deferentes. Su presencia se debe a la cantidad de contaminación que presenta el río en este punto debido a las descargas domésticas de la ciudad. Los macroinvertebrados encontrados en este punto de monitoreo fueron de puntajes ABI muy bajos <5.

TABLA N° 5: Resultados de la calidad del agua del río Ambato en el período Septiembre – Noviembre 2015 en Llangahua, Parque El Sueño y Pishilata.

PUNTO MUESTREADO	CALIDAD	ABI	SIGNIFICADO
LLANGAHUA	Aceptable	82	Aguas ligeramente contaminadas
PARQUE EL SUEÑO	Dudosa	40	Aguas moderadamente contaminadas
PISHILATA	Crítica	22	Aguas muy contaminadas

Realizado por: Sandra Freire

Fig 2: Collage de las familias con mayor número de individuos de macroinvertebrados.

FAMILIA	FOTO	FAMILIA	FOTO
PLANARIIDAE		OLIGONEURIIDAE	
LEPTOPHLEBIIDAE		ELMIDAE	
HYDRAENIDAE		CERATOPOGONIDAE	
CHIRONOMIDAE		SIMULIIDAE	
BLEPHARICERIDAE		LEPTOPHLEBIIDAE	
SCIRTIDAE		PERLIDAE	
CALOPTERYGIDAE		SPHAERIIDAE	
OLIGOCHAETA		SCIRTIDAE	

## CONCLUSIONES

La calidad del agua del río Ambato en el punto de monitoreo 1, ubicado en Llangahua es aceptable con aguas ligeramente contaminadas lo cual se debe principalmente a actividades de ganadería en terrenos cercanos al río. En este punto existen diversas familias de macroinvertebrados, lo que indica la importancia de cuidar este ecosistema. Por lo cual es necesario ordenar y controlar las actividades humanas que contaminan el río.

La calidad del agua del río Ambato al cruzar el parque El Sueño es dudosa ya existen descargas de agua residual antes del parque. En este punto la diversidad de macroinvertebrados tolerantes a la contaminación disminuye debido a las descargas. En este punto es posible aún regular las descargas de manera que no se contamine totalmente el agua del río.

En el sector de Pishilata - Las Viñas la contaminación del río es alarmante debido principalmente a las descargas domésticas de la ciudad. Es evidente que las únicas familias de macroinvertebrados son aquellos con índices ABI de 1, 2 y 3. Por lo tanto, estos datos nos indican que hay que evitar la contaminación del río antes de llegar a este punto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76, 275-285.

[2] Meneses, J., De los Reyes, A., & Molina, D. (2013). *ESTUDIO Y ANALISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS COMO BIOINDICADORES EN LA CUENCA DEL RIO COMBEIMA*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/144055900/Estudio-y-Analisis-de-Macroinvertebrados-Acuaticos-Como-Bioindicadores-en-La-Cuenca-Del-Rio-Combeima-1#scribd>

[3] Nacional, U. N. (Diciembre de 2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas*. Obtenido de plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

[4] Secretaría General de la Comunidad Andina, Ministerio del Ambiente (Ecuador) / Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA), Fondo para la Protección del Agua (FONAG), 2011. Estudio sobre Caudales Ecológicos. Quito, EC. 62 p.

[5] D. ARROYO. Evaluación de la calidad de agua de las Fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.

[6] CONDESAN. (2005). *Boletín "Cuencas Andinas"*. Obtenido de <http://www.condesan.org/cuencasandinas/boletin-n6.htm#jequetepeque1>



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-84

**Título del trabajo:** Inventario de plantas útiles en la comunidad Las Mercedes, Pedro Pablo Gómez, Jipijapa, Manabí, Ecuador

**Autor (es):** Alexandra Elsy Pita Lino, Héctor Simón Pinargote Vélez, Yhonny Pincay Mendoza, Sonia Rosete Blandariz, Manuel Castro Priego, Omelio Borrroto Leal

**Ponente (s):** Alexandra Elsy Pita Lino

**E-mail:** [alexandra.pita@unesum.edu.ec](mailto:alexandra.pita@unesum.edu.ec)

**Institución:** Universidad Estatal del Sur de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La rápida desaparición de la vegetación nativa en el Ecuador ha evidenciado la urgente necesidad de estudios detallados, especialmente en localidades rurales de las cuales existe poca información. Una de estas, es la comunidad Las Mercedes, cuya biodiversidad útil no está registrada. La investigación se realizó con el objetivo de realizar el inventario de las especies y determinar sus usos. Se realizó durante el periodo octubre 2015-enero 2016. Se realizaron entrevistas a los pobladores de la comunidad que se complementaron con caminatas etnobotánica. Se colectaron las especies y de determinaron los árboles en el Herbario de la Universidad Estatal del Sur de Manabí con el apoyo del Ing. Leoncio García Ávila. En el listado solo se consideraron las especies que la población identificó con al menos un uso específico. Entre los usos se incluyen las especies medicinales, maderables, ornamentales y otros usos. Este estudio demostró que los bosques secos del área de influencia de la comunidad de “Las Mercedes”, a pesar de la degradación sufrida, se mantienen especies útiles al hombre. Donde la población usa las especies presentes en las diferentes formaciones vegetales naturales del área e introduce aquellas que les reportan algún beneficio, como las medicinales y ornamentales. El análisis se realizó en el marco del proyecto “Inventario florístico del bosque de la Comunidad Las Mercedes de la Parroquia Pedro Pablo Gómez” de la Facultad de Ciencias Económicas, Carrera de Ingeniería en Ecoturismo., Universidad Estatal del Sur de Manabí.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-85

**Título del trabajo:** Uso y manejo sostenible de las plantas en la Finca Orgánica Río Muchacho, cantón San Vicente, Manabí

**Autor (es):** Héctor Simón Pinargote Vélez, Juan Diego Samaniego Champan, Sonia Rosete Blandariz, Omelio Borroto Leal

**Ponente (s):** Héctor Simón Pinargote Vélez

**E-mail:** [hectorpinargote78@hotmail.com](mailto:hectorpinargote78@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Estatal del Sur de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La búsqueda de alternativas para la utilización sostenible de las biodiversidad surge como una posibilidad, si se considera que Ecuador presenta una alta diversidad florística y que su población utilizan tradicionalmente las plantas. La finca orgánica Río Muchacho, localizada en el sector de tierras bajas de la zona centro costera en la parroquia Canoa del cantón San Vicente, Manabí se caracteriza por brindar un ecoturismo sostenible basado en la variada flora útil del lugar. Con estos antecedentes se inició la investigación, cuyo objetivo fue generar información de importancia socioeconómica para el área, sustentada en el rescate de la sabiduría popular sobre el uso de la flora local. Durante el 2015 se recogieron datos sobre los usos tradicionales, mediante entrevistas realizadas a los pobladores del área y se colectaron las muestras botánicas representativas. Los principales usos reportados fueron: medicinal, maderable, ornamental y alimenticias. Las especies de mayor valor de uso fueron *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L.; *Cocos nucifera* L., *Carica papaya* L. y *Theobroma cacao* L. Se demostró que el turismo especializado en la diversidad biológica útil es el que principalmente visita la zona, donde permanece por largos periodos de tiempo.

**Palabras claves:** Flora útil, etnobiología, especies útiles, conservación, manejo, biodiversidad, Río Muchacho, finca orgánica



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-89

**Título del trabajo:** Patrón de emergencia de libélulas (Odonata: Insecta) en un hábitat léntico de Tabatinga, Amazonas, Brasil

**Autor (es):** Adrian David Trapero Quintana, Nazande Cacau dos Santos

**Ponente (s):** Adrian David Trapero Quintana

**E-mail:** [trapero76@gmail.com](mailto:trapero76@gmail.com)

**Institución:** Universidade do Estado do Amazonas

**País:** Brasil

#### RESUMEN

Las libélulas son insectos hemimetábolos, que al emerger del agua, quedan las exuvias en los substratos, ofreciendo información relevante a los periodos de emergencia, proporción de sexos, tamaño y densidad poblacional. El estudio tiene como objetivo determinar la composición y estructura del ensamble de odonatos, así como caracterizar su patrón de emergencia, en relación con las variables climáticas en un hábitat léntico, mediante la recolecta de exuvias. Se realizaron 23 muestreos cada siete días como frecuencia, entre enero y octubre de 2015 en un hábitat léntico de Tabatinga, Amazonas-Brasil. Se calculó la abundancia y biomasa relativas y se confeccionaron las gráficas de rango-abundancia. Se calculó el porcentaje de constancia y se confeccionaron histogramas de emergencia por especies. Se registraron 20 morfo-especies de odonatos; cinco de Zygoptera y 15 de Anisoptera, de cuatro familias y 14 géneros. La odonatocenosis representa una de distribución poco equitativa, con *Nephepeltia phryne* como dominante y 85% porcentaje de especies accidentales. El 75% de la emergencia anual ocurrió en el período lluvioso (149 exuvias), resultando abril y septiembre los meses de mayor proporción de registros (41 y 38 exuvias). Se detectó segregación temporal de emergencia para *Nephepeltia phryne*, *Erythemis plebeja* y *Micrathyria* sp. Los géneros dominantes poseen elevada capacidad para desarrollarse en ambientes lénticos. Las diferencias observadas en la emergencia, se correlacionan con las fluctuaciones anuales de temperatura y días lluviosos por mes. La segregación durante la emergencia de las especies, es por las diferencias morfofuncionales larvales. El patrón de emergencia demuestra la amplitud temporal para las especies estudiadas y descarta la posibilidad de sincronía de la emergencia de odonatos. No obstante, aunque el patrón de emergencia esté relacionado con la variación de la temperatura, humedad relativa y las precipitaciones, la importancia de estos factores abióticos, depende del tipo de hábitat estudiado.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-90

**Título del trabajo:** Cálculo de cobertura de ecosistemas prioritarios en las áreas protegidas del proyecto: Archipiélagos del sur de Cuba

**Autor (es):** Carlos Lorenzo Martin, José Augusto Valdés Pérez, Adonis Maikel Ramón Puebla, Susana Perera Valderrama, Maritza García García, Enrique Hernández Hernández, Beatriz Martínez-Daranas

**Ponente (s):** José Augusto Valdés Pérez

**E-mail:** [jose@snap.cu](mailto:jose@snap.cu)

**Institución:** Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente – Centro Nacional de Áreas Protegidas

**País:** Cuba

#### RESUMEN

Durante los años 2010 – 2015 el Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba rectoró el Proyecto GEF/PNUD: Archipiélagos del sur de Cuba dirigido a contribuir a la conservación de la biodiversidad marina en Cuba, incluyendo recursos pesqueros de gran importancia regional, aplicando un enfoque regional al manejo de áreas marinas y costeras protegidas. El incremento de la cobertura de ecosistemas prioritarios (arrecifes, pastos y manglares) en el área del proyecto (5 millones de hectáreas, distribuidas en la franja litoral sur de la isla de Cuba y toda la plataforma sur) fue identificado como uno de los indicadores de éxito, considerando el mantenimiento o incremento de la protección de estos en el interior de áreas protegidas como una medida de efectividad de las acciones de manejo y conservación requeridas para cada área. Definir una línea base, para posteriormente hacer un análisis de dinámica de estas coberturas determinó el uso de metodologías de estudios geomáticos para la realización del mapa de línea base de ecosistemas marinos, a partir del procesamiento y análisis de imágenes satélites Landsat ETM, determinación de patrones ecológicos, modelo digital de profundidad, modelo digital de elevación y validación de datos de más de 900 estaciones de caracterización. El resultado de este estudio aportó al proyecto la determinación del grado de protección de la cobertura de corales, pastos marinos y manglares de la plataforma marina del sur de Cuba en ese momento y creó las bases para posteriores análisis de dinámica.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA1-91

**Título del trabajo:** Mapificación de la cobertura del suelo en el Refugio de Fauna Macurije – Santa María y análisis de su dinámica espacial

**Autor (es):** José Augusto Valdés Pérez, Adonis Ramón Puebla, Jorge Ferro Díaz, Luis Ángel Guedes Dorta, Dafnet Sánchez de Céspedes, Gretel Abad Camba

**Ponente (s):** José Augusto Valdés Pérez

**E-mail:** [jose@snap.cu](mailto:jose@snap.cu)

**Institución:** Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente – Centro Nacional de Áreas Protegidas

**País:** Cuba

#### RESUMEN

Entre los años 2010 y 2015, el Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba rectoró el Proyecto: SOS pesca, financiado por la Unión Europea a través de la ONG COSPE, el mismo tenía como uno de sus objetivos contribuir al uso sostenible de los recursos naturales de los ecosistemas marino-costeros en una región biogeográfica clave del Caribe, localizada en el sur de Cuba. El levantamiento de datos actualizados de la cobertura del suelo, que tributara información para la elaboración del plan de manejo del área protegida Macurije – Santa María, una de las dos áreas de importancia dentro de este proyecto localizada al sur de la provincia de Camagüey, en la región centro sur de la isla de Cuba, fue considerada una necesidad para el manejo eficiente de sus recursos naturales. Por otra parte, el conocimiento del comportamiento de la dinámica espacial de la vegetación y sus causas permiten definir las zonas vulnerables y establecer acciones específicas dentro de los diferentes programas del plan de manejo. Este trabajo abordó como base metodológica el análisis visual y la implementación de técnicas de procesamiento digital mediante la clasificación y comparación de imágenes satelitales de Landsat 5 (año 1993) y Landsat 8 (año 2015), así como el estudio de parámetros estructurales de la cobertura de imágenes Google Earth, la elaboración del modelo digital de elevación, el estudio de patrones ecológicos y la validación de datos en el terreno a partir de 40 estaciones de monitoreo. El resultado permitió, además de la primera versión del mapa de cobertura del suelo sobre una base digital, las zonas donde se evidencia la dinámica de esta cobertura, y los elementos necesarios para la elaboración de la zonificación, la gestión y el manejo de los recursos naturales de este importante humedal del sur de Camagüey.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** TEIMA1-103

**Título del trabajo:** Dieta de *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae) em uma área urbana do município de Tabatinga-Amazonas-Brasil.

**Autor (es):** Josiel Hernan Gonzales Tello, José Ranses Caicedo-Portilla, Marcella Pereira da Cunha Campos, Adrian David Trapero Quintana

**Ponente (s):** Adrian David Trapero Quintana

**E-mail:** [trapero76@gmail.com](mailto:trapero76@gmail.com)

**Institución:** Universidade do Estado do Amazonas

**País:** Brasil

#### RESUMEN

*Hemidactylus mabouia* Schlegel, 1836 é uma espécie nativa do sul e o sudeste asiático adaptada eficientemente a viver nas edificações humana. No continente americano *H. mabouia* pode ser encontrado em todo o Brasil. É uma espécie invasora bem estabelecida no Brasil. É um lagarto de hábitos noturnos e peri antrópicos. O propósito deste trabalho é dar a conhecer dados sobre a composição da dieta de uma população de *H. mabouia* no município de Tabatinga estado do Amazonas, Brasil. A coleta de campo foi realizado em 24 dias durante os meses de Agosto (14 espécimes), Setembro (16 espécimes) e outubro (04 espécimes) de 2015 se capturaram manualmente entre as 20:00 y 24:00 horas, 34 exemplares de *H. mabouia* em edificações na zona urbana do município de Tabatinga-Amazonas. A longitude focinholoaca foi de 54.46 mm  $\pm$  2.28 nos machos (n = 14) e 49.82 mm  $\pm$  4.02 nas fêmeas (n = 10). Dos indivíduos capturados, 23 (92%) apresentaram conteúdo estomacal, registrando-se nestes 166 presas pertencentes a quatro classes: Insecta, Arachnida, Diplopoda, e Reptilia. Os himenopteros constituíram o item numericamente mais importante e a sua vez o item com a terceira maior frequência. Aracnidae foi o segundo item numericamente mais importante e Diptera foram o segundo item mais frequente. Em quanto ao volume das presas, Orthoptera foi o item más relevante, seguido de Hymenoptera e Diptera. Os himenopteros constituíram o item mais importante na dieta de *H. mabouia*, seguido por aracneae, dípteros, coleópteros e ortópteros. *Hemidactylus mabouia* é uma espécie invasora associada à ambientes urbanos, ou suburbanos, onde é favorecida principalmente pela concentração dos recursos alimentares, pela disponibilidade de habitats favoráveis (paredes verticais) e sobretudo pela ausência de competidores. Com relação à dieta, pudemos comprovar o hábito generalista e oportunista na composição da dieta desta população, conforme o esperado para esta espécie.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** TEIMA1-104

**Título del trabajo:** Aportes del comportamiento de emergencia en *Tamea abdominalis* (Odonata: Insecta) en un hábitat léntico artificial de Tabatinga, Amazonas, Brasil.

**Autor (es):** Francisco de Assis Cruz Ferreira y Adrian David Trapero Quintana

**Ponente (s):** Adrian David Trapero Quintana

**E-mail:** [trapero76@gmail.com](mailto:trapero76@gmail.com)

**Institución:** Universidade do Estado do Amazonas

**País:** Brasil

#### RESUMEN

Las libélulas son insectos hemimetábolos, que al emerger del agua, efectúan procesos que de forma general conforman la ecdisis o metamorfosis final. El estudio tiene como objetivo describir de forma preliminar los procesos de la metamorfosis final de la libélula *Tamea abdominalis* en un hábitat léntico artificial. Se realizaron 12 observaciones entre el 20 de octubre y el 22 de noviembre de 2015 en una piscina abandonada ubicada en el centro de Tabatinga, Amazonas-Brasil. Se registró la duración de la salida o emergencia de la larva del agua, la ecdisis, expansión alar y el primer vuelo. La emergencia de la larva del agua cuantificó 47 min n=7 (23-52min) con una temperatura media de 24,7°C y una humedad relativa de 79%. La ecdisis con la salida de la cabeza, el tórax y el abdomen demoró 18 min n=5 (09-23min), sin efectuarse la extensión total de este último. La expansión alar y estiramiento final del abdomen cuantificó para 61 min n=7 (54-89min) y el primer vuelo ocurrió después de 21 min n= (19-27min). De forma general este último evento acontece entre las 22:30 y las 22:50 horas, cuando las temperaturas y la humedad relativa fluctúan entre 23,5°C y 84% respectivamente. El patrón de conducta para emerger de *Tamea abdominalis* demuestra, que está relacionado con la temperatura y la humedad relativa, posiblemente en dependencia de la turgencia de los tejidos durante la ecdisis. No obstante, la posición vertical facilita la salida con éxito del ténax del exoesqueleto (exuvia), debido al peso del anisóptero en cuestión. Es probable que la poca disponibilidad de sustratos para la emergencia, no permitiera el registro de mayor cantidad de emergencias para dicha especie.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** TEIMA1-106

**Título del trabajo:** Levantamento de Chironomidae (Diptera: Insecta) na tríplice fronteira: Brasil, Colombia e Peru

**Autor (es):** Patrícia do Rosário Reis, Alan Gomes dos Santos, Adrian David Trapero Quintana

**Ponente (s):** Adrian David Trapero Quintana

**E-mail:** [trapero76@gmail.com](mailto:trapero76@gmail.com)

**Institución:** Universidade do Estado do Amazonas

**País:** Brasil

#### RESUMEN

A família Chironomidae é o grupo de macroinvertebrados mais abundante e diverso de ambientes aquáticos. Podem ser encontrados em uma grande gama de habitats tais como lagos, poças, igarapés e fitotelmatas. No Brasil, nos últimos anos, vêm aumentando o número de pesquisas com Chironomidae mas ainda assim, trabalhos que nos forneçam conhecimento (ecologia e/ou taxonomia) de larvas de Chironomidae são muito poucos se comparados com os das regiões temperadas. Na Amazônia é a área que se estima que exista o maior número de espécies desta família. Este trabalho tem como objetivo principal, o trabalho apresenta como objetivos específicos coletar larvas de Chironomidae em diferentes biótopos; criar larvas de Chironomidae em laboratório e caracterizar ecologicamente os locais de coleta e relacionar à presença das larvas Chironomidae. As larvas de Chironomidae foram coletadas em igarapés, macrófitas, poças temporárias e fitotelmatas na zona periurbana e rural das cidades de Tabatinga, Benjamim Constant e Leticia (Colômbia) entre os meses de setembro de 2015 a fevereiro de 2016. As larvas foram coletadas manualmente com rede entomológica (rapiché), pipetas; armazenadas em sacos plásticos e levadas para laboratório, onde foram individualizadas em copos plásticos individuais com água, do local de coleta; cobertos com malha fina, tipo “filó”, mantidas no laboratório. O adulto emergido e as exúvias (da larva e da pupa) foram removidos e preservados em álcool 80%, em tubos plásticos; etiquetados conforme local de coleta e data. Nesse período foram identificadas 80 larvas de Chironomidae. Em sua grande maioria foi identificado apenas em nível de tribo e/ou subfamília por se encontrarem em estágios muito jovens ou porque caracteres diagnósticos não puderam ser examinados, pelo fato das larvas estarem danificadas. A subfamília Tanyptodinae foi a mais abundante (75%) abrigando maior número de gêneros. Chirononinae e Orthocladiinae apresentaram abundância de 15 e 10%, respectivamente.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-025

**Título del trabajo:** Acciones para el manejo de especies leñosas en un bosque pluvisilva de baja altitud, área de manejo Majagual.

**Autor (es):** Willian Romagosa Monier, Yobanis Osorio Bornot

**Ponente (s):** Willian Romagosa Monier

**E-mail:** [william@cug.co.cu](mailto:william@cug.co.cu)

**Institución:** Universidad de Guantánamo

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El trabajo se desarrolló en un bosque pluvisilva de baja altitud, con una superficie de 20 ha, en el Área de Manejo Majagual, Sector Cupeyal del Norte, PNAH, perteneciente al municipio Sagua de Tánamo, provincia Holguín, en la fecha comprendida desde septiembre de 2013 hasta abril de 2014, con el objetivo de Diseñar acciones para la conservación y restauración de las especies leñosas más afectadas en el bosque pluvisilva de baja altitud, Área de Manejo Majagual. Se levantaron 12 parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20 x 25) distribuidas aleatoriamente por toda el área, el tamaño de la muestra fue validado mediante la curva área - especies. Se caracterizó el bosque a partir del estudio de diversidad alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), y los elementos de la estructura horizontal y vertical. Se identificaron un total de 31 familias, 47 géneros, 52 especies y 1 760 individuos correspondientes al estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo. Las especies más afectadas producto al manejo fue *Pera polylepis*, *Jacaranda cowellii*, *Jacaranda arborea*, *Talauma minor*, *Clusia minor*, *Protium fragrans*, *Coccoloba retusa*. La propuesta de acciones para la conservación y restauración de las especies más afectadas producto al manejo inadecuado está sustentada en 12 pasos a tener en cuenta para el éxito de cada una de las acciones.

**Palabras claves:** Conservación, especies leñosas, restauración



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-45

**Título del trabajo:** Identificación de microalgas de la Laguna de Limoncocha para su aprovechamiento como biocombustible.

**Autor (es):** Michelle Moreno

**Ponente (s):** Michelle Moreno

**E-mail:** [michi1406lg@hotmail.com](mailto:michi1406lg@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La búsqueda de productos capaces de reducir la dependencia de combustibles fósiles es una tarea importante y urgente debido por una lado, a la necesidad de una soberanía energético y, por otro, a la responsabilidad ambiental que tenemos frente a las emisiones de dióxido de carbono frente al cambio climático. Gracias a la eficiencia fotosintética que caracteriza a las microalgas debido a su alta tasa de crecimiento, contenido de lípidos y capacidad de captación de CO<sub>2</sub>, la biomasa algal es la materia prima más efectiva para la elaboración de combustibles vegetales que sean amigables con el ambiente. Por esta razón se destaca la importancia de estudiar a fondo este recurso en Ecuador con fines energéticos. En este proyecto se ha aprovechado la biodiversidad de la laguna de la Reserva Biológica de Limoncocha llevando a cabo la identificación y caracterización de las microalgas de la laguna, con el fin de obtener cultivos de las cepas más óptimas como biomasa para la obtención de biocombustible. Para ello se han aislado microalgas provenientes de la a partir de la obtención de estrías de microalgas en medio BGL-11 solidificado con agar. Se ha optimizado el cultivo y se ha caracterizado químicamente la biomasa de microalgas de partida determinando su contenido en lípidos y ácidos grasos, proteínas y azúcares.

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

Abalde, (1995) explica que los estudios científicos con respecto a microalgas tiene un inicio en 1890 por Beijerinck con la especie de agua dulce *Chlorella vulgaris* y fue en 1919 que se consigue realizar cultivos densos de esta misma especie gracias a Warburg quien también introduce la idea de utilizar dichos cultivos como herramienta para el estudio de fotosíntesis. Sin embargo la producción masiva de microalgas se da en Alemania durante la II Guerra Mundial con dirección en la producción de lípidos con las especies *Chlorella pyrenoidosa* y *Nitzschia palea* (Harder & Von Witsch, 1942). Pero es después de la II Guerra Mundial que se considera la biomasa microalgal como un suplemento alimenticio importante también capaz de reemplazar a las proteínas animales o vegetales convencionales, mediante el trabajo de Burlew (1953).

A principios de los años 50 Oswald, *et al* (1975) sugieren la utilización de las microalgas para tratamiento de aguas residuales además de su producción de proteína. Posteriormente se desarrollan sistemas de producción algal masiva para la bioconversión en metano de la energía solar (Oswald & Golueke, 1960)

A causa de la crisis del petróleo en los años 70, fue necesaria la búsqueda de fuentes alternativas de energía, creciendo el interés mundial en la aplicación biológica de la energía solar, constituyéndose las algas como un eficiente sistema para este fin (Benemann *et al.*, 1977). Las microalgas fueron consideradas como una de las fuentes alternativas más prometedoras para la elaboración de biodiésel (Sheehan *et al.*, 1998). Puesto que gran cantidad de cepas de microalgas pueden ser cultivadas en medios de agua salina en tierras no cultivables, su fabricación masiva no supondría una presión adicional sobre el mercado de alimentos (Widjaja, Chien, & Ju, 2009). La alta capacidad fotosintética de las microalgas, a menudo atribuida a su estructura unicelular simple, permite que éstas sirvan no solo como una plataforma efectiva de captura de carbono, sino también como biomasa que acumula lípidos de manera muy eficaz (hasta el 77% de su peso seco). Incluso si se considerase un escenario conservador, se prevé que las microalgas produzcan cerca de 10 veces más biodiésel por unidad de superficie de tierra que cualquier cultivo oleaginoso (Chisti, 2008; Rosenberg *et al.*, 2014; Schenk *et al.*, 2008; Sheehan, 1998).

### Necesidad y Actualidad

Un aproximado del 80% de energía primaria proviene de petróleo, carbón y gas natural, sin embargo datos del Bioenergy Annual Report, AIE, (2006) indican que aún para el año 2030 las fuentes renovables continuarán representando tan solo una pequeña fracción de la energía global. Se conoce que en los próximos cuarenta años producir petróleo será más difícil, debido a que en la actualidad se extraen crudos cada vez más pesados los cuales tienen una mayor complejidad de refinamiento, lo que afecta directamente al costo de producción de combustibles, además de que el hecho de que tanto la política, como la economía y adicionalmente la tecnología definen en el mercado el costo del petróleo (Fernandez, L., *et al.*, 2012).

El elevado costo de los combustibles fósiles y la actual crisis que afecta a los precios del petróleo a nivel tanto nacional como internacional conlleva a consecuentes repercusiones en la economía de los países que se encuentran en vía de desarrollo, por lo que la búsqueda de productos capaces de reducir la dependencia de combustibles fósiles es una tarea importante y urgente. Además, en la actualidad la búsqueda de nuevos combustibles renovables está

adquiriendo cada vez más importancia no solo debido al aumento del precio de los combustibles fósiles sino que también y aún más importante al cambio climático.

La actual producción comercial de biodiésel (ésteres metílicos de ácidos grasos) se lleva a cabo mediante el proceso de transesterificación alcalina con metanol de los triglicéridos presentes en los aceites vegetales y las grasas animales. Los aceites mayormente usados a nivel mundial para la producción de biodiesel, y provenientes de primera generación, son los procedentes de las semillas de colza (en Europa) y soja (en América). En Ecuador se ha venido utilizando la caña de azúcar fundamentalmente para la producción de bioetanol y la Palma africana para la producción de biodiesel. Sin embargo, el cultivo de este tipo de plantaciones, cuyos productos se destinaban tradicionalmente al consumo humano, no es un proceso sostenible puesto que se requiere vastas extensiones de tierras de cultivo, generando otro gran impacto ambiental negativo con la reforestación y disminución de biodiversidad de especies tanto en flora como en fauna además de que consume grandes cantidades de agua dulce (Chisti, 2008).

La ventaja del biodiesel se encuentra en que es un producto biodegradable, el cual genera menos emisiones de CO<sub>2</sub> y de NO<sub>x</sub> a comparación con los combustibles fósiles mayormente utilizados hasta la actualidad y que genera altas tasas de estos gases los cuales al acumularse contribuyen a la contaminación atmosférica que afecta a la salud y al cambio (Hossain, Salleh, Boyce, Chowdhury, & Naquiuddin, 2008).

Las microalgas pueden generar algunos tipos distintos de biocombustibles renovables, entre los cuales se encuentran el metano producido por la digestión anaerobia de la biomasa algal, el biodiesel derivado del aceite de la microalga, y el fotobiológicamente se produce biohidrógeno (Chisti, 2008).

En los últimos años, las investigaciones realizadas acerca de la producción de combustibles a partir de fuentes renovables, ha ido en aumento considerablemente. Los biocombustibles de tercera generación también son conocidos biocombustibles avanzados debido a la materia prima proviene principalmente de microorganismos como bacterias, hongos y microalgas, y cuyos procesos tecnológicos utilizados para su producción provienen de una tecnología muy nueva. Principalmente la materia prima de los combustibles de tercera generación son las microalgas, estas prometen una gran producción de biodiesel por unidad de área debido a su alto contenido de lípidos, el cual supera a todas las fuentes de biodiesel utilizadas en la actualidad (González, Viatcheslav, & Guzmán, 2009).

**Problema científico:** Cuáles son las especies de microalgas más aptas para su uso como biomasa en la elaboración de biocombustible, y otros productos en la industria cosmética y alimentaria.

**Objetivo:** Obtener cultivos de microalgas de la laguna de la Reserva Biológica de Limoncocha que sirvan de materia prima para la obtención de biocombustible y otros productos en la industria cosmética y alimentaria.

**Hipótesis de trabajo:** La laguna de Limoncocha posee una biodiversidad asociada a la eutrofización que encierra una inmensa variedad de microorganismos que se pueden aprovechar para usos industriales respetuosos con el medio ambiente.

**Muestra:** La muestra fue recolectada en distintos puntos al azar de la Laguna de Limoncocha en botellas de plástico reciclables, tratadas previamente para que no haya contaminación en la muestra.

## **DESARROLLO**

### **Parámetros de cultivo de Microalgas**

#### **Luz**

La luz que es utilizada para el proceso de fotosíntesis se encuentra entre los rangos de 400-700nm (Abalde, 1995). Representa la fuente de energía para este proceso por lo que el crecimiento y el metabolismo microalgal se ven afectados por tanto la intensidad luminosa como el fotoperiodo (Lips & Avissar, 1986).

En el presente estudio las microalgas fueron sometidas a luz artificial, de manera que las microalgas recibieran luz 12 horas del día y oscuridad las otras 12 horas (imitando el fotoperiodo al que están sometidas en la Laguna de Limoncocha).

#### **Temperatura**

Siendo un parámetro fundamental para el crecimiento de las microalgas puesto que la biomasa microalgal responde continuamente a la temperatura, ya que existe una relación directamente proporcional con respecto al aumento de temperatura y aumento de tasa de crecimiento (Abalde, 1995).

En el estudio se intentó reproducir el ambiente original del lugar de donde provienen las microalgas, la laguna de Limoncocha, siendo la temperatura promedio de la Laguna oscilaba entre los 25° C (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural , 2015), por lo que la temperatura ambiente del cuarto se le proporcionó la misma temperatura mediante un calentador ambiental.

#### **pH**

Las microalgas tienen gran dependencia del pH del medio de cultivo, sin embargo, cada especie tiene necesidades diferentes por lo que su respuesta puede variar ampliamente al mismo. El pH óptimo para los cultivos se encuentra entre 7 y 8. (Richmond, 1986) Cada caldo de cultivo fue analizado su pH el cual variaba entre 7,65 el menor y 8,53 el mayor, lo que se encuentra en un rango admisible para el crecimiento de las microalgas.

#### **Fuentes de carbono**

El carbono constituye un 50% de la biomasa microalgal por lo que se lo considera el macronutriente más importante. El CO<sub>2</sub> suele ser suministrado en una mezcla con aire, lo que produce un burbujeo que sirve también de agitación (Becker, 1994). A cada caldo de cultivo se le proporcionó CO<sub>2</sub> mediante el suministro de aire por medio de mangueras gracias a bombas de aire.

#### **Agitación**

El medio de cultivo necesita tener suficiente agitación, puesto que a condiciones ambientales normales la agitación constituye un requisito importante para un alto rendimiento en la biomasa microalgal ya que asegura una distribución homogénea de las células y nutrientes (Richmond & Becker, 1986). La agitación se da mediante el burbujeo que se genera al suministrar CO<sub>2</sub> en cada caldo de cultivo.

## **Nutrientes**

Abalde, 1995 explica que existe una gran variación de requerimientos nutritivos entre distintas especies. Como en este estudio se trabajó primeramente con cultivos heterogéneos, y por falta de gran cantidad de reactivos, se decidió optar por un solo tipo de cultivo válido para gran parte de estas cepas, Cultivo BG11, el cual contiene los macronutrientes requeridas para el crecimiento de microalgas C, N, O, H y P además de Ca, Mg, S y K.

## **Medio BG11**

En este estudio se escogió el medio BG11 el cual contiene concentraciones altas de nitrato y relativamente altas de fosfato, además que presenta sales de Calcio, Magnesio, Cobre, Manganeso, Zinc, Molibdeno, Borato y EDTA (Rippka, 1988). Este medio fue implementado en el laboratorio y permitió un crecimiento de bacterias hasta una densidad calculada mediante cámara de Neubauer de un promedio de 280.000 células/mL, por lo que fue considerado válido para su uso en este estudio. Se llevaron a cabo dos tipos de cultivos: líquido y sólido para el crecimiento y posterior análisis por microscopio.

## **Análisis por Microscopio**

Tanto la densidad celular de cada cultivo (cámara de Neubauer) como el análisis de las especies existentes, se llevó a cabo con microscopio a objetivo de 100X. Se tomaron fotos con cámara para microscopio marca MEM1300 y utilizando el software Applied Vision 4, para guardar las imágenes y calcular el tamaño de las microalgas.

## **Qubit proteínas assay**

La metodología de medición de proteínas mediante Qubit ha demostrado tener una alta eficacia para la cuantificación de microalgas (Andrade, C, Almeida, L, Castro, L, Driemeier, & Silva, S, 2013).

## **Análisis de lípidos**

Dentro de varias tecnologías analíticas que a lo largo de los años se han ido implementando para la cuantificación de lípidos, se pudo encontrar la que era más eficaz para este estudio de acuerdo al presupuesto y a la rapidez con que se obtienen los resultados y a su característica no destructiva (Pandeley, Larroche, Ricke, Dussap, & Gnansounou, 2011) Esta técnica es llamada la espectroscopia infrarroja cercana, la cual tiene las ventajas expuestas previamente y es mejor que muchas técnicas tradicionales estándar. Este método ha sido mayormente utilizado para determinar el contenido de aceites y grasas ácidas en semillas intactas, sin embargo también es utilizado una variada cantidad de especies microalgales. (Kim, Park, & Choung, 2007).

## **CONCLUSIONES**

La laguna de Limoncocha contiene una gran diversidad microbiana susceptible de ser usada como biomasa para la elaboración de biocombustible y como fuente de alimento para la industria camaronera, entre otras.

Las microalgas más abundantes encontradas en la laguna pertenecen al género *Chlorella*, ampliamente utilizadas según la literatura para usos industriales debido a su alto contenido en lípidos.

Al menos cuatro cepas de microalgas existentes en la laguna son susceptibles de ser cultivadas *in vitro* en medio BG11 tanto sólido como líquido.

## BIBLIOGRAFÍA

Abalde, A. J. (1995). *Microalgas: cultivo y aplicaciones*. Coruña, Universidad de Coruña: Illustrated.

Andrade, C. P., Almeida, L. L., Castro, L. A., Driemeier, D., & Silva, S. C. (2013). Development of a real-time polymerase chain reaction assay for single nucleotide polymorphism genotyping codons 136, 154, and 171 of the prnp gene and application to Brazilian sheep herds. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation: Official Publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 25(1), 120–124. <http://doi.org/10.1177/1040638712471343>

Becker, E. W. (1994). *Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Benneman, J. R., Weissman, J. C., Koophan, B. I., & Oswald, W. J. (1977). Energy Production by microbial photosynthesis. *Nature* 268, 19-23.

Burlew, J. S. (1953). *Current status of the large scale culture of algae*. Washington, DC: Algal Culture from Laboratory to Pilot Plant.

Chisti, Y. (2008). Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends in Biotechnology*, 26(3), 126–131. <http://doi.org/10.1016/j.tibtech.2007.12.002>

Fernandez-Linares, L., Montiel-Montoya, J., Millan-Oropeza, A., & Badillo-Corona, J. (2012). Ra Ximhai. *Ra Ximhai*, 8, 101–115.

Gobierno Autonomo Desetralizado Parroquial Rural . (Septiembre de 2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial . Limoncocha, Sucumbíos, Ecuador .

González, A., Viatcheslav, K., & Guzmán, A. (2009). Desarrollo de metodos de extraccion de aceite en la cadena de produccion de biodiesel a partir de microalgas. *Prospective*, 7(2), 53–60.

Harder, R., & Von Witsch, H. (1942). Bericht ueber versuche zur fettynthese mittels autotropher mikroorganismen . *Forschungsdienst Sonderheft* 16, 270-275.

Hossain, A. B. M. S., Salleh, A., Boyce, A. N., Chowdhury, P., & Naqiuddin, M. (2008). Biodiesel fuel production from algae as renewable energy. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4(3), 250–254. <http://doi.org/10.3844/ajbbbsp.2008.250.254>

Kim, K. S., Park, S., & Choung, M. (2007). Nondestructive Determination of Oil Content and Fatty Acid Composition in Perilla Seeds by Near Infrared Spectroscopy. *Agric. Food Chem* 55, 1679-1685.

Lips, S. H., & Avissar, Y. (1986). *Photosynthesis and ultrastructure in microalgae*. Florida: Boca Raton.

Oswald, W. J. (1975). *Experiences with new pond desinfs in California*. Texas: Ponds as a Wasterwater Treatment Alternative.

Oswald, W. J., & Golueke, C. (1960). Biological Transformations of Solar Energy . *Microbiol* 2, 223.

Pandelely, A., Larroche, C., Ricke, S., Dussap, C. G., & Gnansounou, E. (2011). *Biofuels*. San Diego: Academic Press.

Richmond. (1986). *Outdoors mass cultures fo microalgae*. Florida: Boca Raton .

Richmond, A., & Becker, E. W. (1986). *Technological aspects of mass cultivations. A general outline*. Florida: Boca Raton.

Rippka, R. (1988). Isolation and Purification fo cyanobacteria. *Methods Enzymol* 167, 3-27.

Schenk, P. M., Thomas-Hall, S. R., Stephens, E., Marx, U. C., Mussgnug, J. H., Posten, C.,

Hankamer, B. (2008). Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. *BioEnergy Research*, 1(1), 20–43. <http://doi.org/10.1007/s12155-008-9008-8>

Sheehan, J. (1998). A Look Back at the U . S . Department of Energy ' s Aquatic Species Program — Biodiesel from Algae Office of Fuels Development, (July).

Widjaja, A., Chien, C. C., & Ju, Y. H. (2009). Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 40(1), 13–20. <http://doi.org/10.1016/j.jtice.2008.07.007>



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-46

**Título del trabajo:** Análisis de perfiles hidroquímicos en un área protegida amazónica: el caso de la Laguna de Limoncocha, provincia de Sucumbíos (Ecuador).

**Autor (es):** Patricio Rodríguez Montaña, Sebastián Chiriboga Jervis

**Ponente (s):** Sebastián Chiriboga Jervis

**E-mail:** [chiri\\_sebas@hotmail.com](mailto:chiri_sebas@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La Reserva Biológica de Limoncocha (RBL), declarada en 1998 sitio RAMSAR, es un ecosistema único que alberga una importante biodiversidad. La importancia ambiental de este paraje, con características de bosque húmedo tropical, gira en torno a la laguna. En este trabajo se presenta una descripción de las características fisicoquímicas de la laguna, considerándolas como elementos básicos para explicar las particularidades del funcionamiento hídrico de la RBL. La presente investigación se ha realizado a partir de la recopilación de datos mensuales desde noviembre de 2015, en tres puntos de la laguna, midiendo cada 20 cm los parámetros pH, temperatura y oxígeno disuelto, así como la variación del nivel de agua de la laguna (calado). Estas variaciones analizadas a distintas profundidades de los parámetros descritos se van a comparar con las concentraciones de iones fundamentales como cloruro, sodio, calcio, magnesio y potasio, con los compuestos y elementos minoritarios como fosfato y hierro y con algunos elementos traza como vanadio y níquel. El estudio multiespacial y multitemporal permite una interpretación hidroquímica pudiendo establecer correlaciones entre parámetros que expliquen el quimismo del agua en distintos lugares y fechas. A partir del establecimiento de los perfiles de los parámetros mencionados, se puede explicar la razón de las fluctuaciones estacionales observadas como las etapas de mezcla y estratificación del cuerpo de agua, la saturación de oxígeno de la laguna y el estado de oxidación y anoxia que se produce a distintos niveles de profundidad. Estos cambios analizados se relacionarán en estudios posteriores con el comportamiento ecológico de esta importante Reserva.

## INTRODUCCIÓN

La Reserva Biológica de Limoncocha (RBL) es un humedal compuesto principalmente de Bosque Húmedo Tropical y Bosque Inundable (Bastidas, 2009). Constituye un sistema hídrico complejo, dentro del cual destaca la laguna de Limoncocha por ser el centro de las actividades socioeconómicas de la zona. Esta alberga una importante diversidad Biológica y étnica cultural, por lo cual fue declarada en 1998 sitio RAMSAR.

Las particularidades de la Laguna de Limoncocha hacen un llamado a su conservación, pero para ello es imprescindible el conocimiento de sus propiedades fisicoquímicas y sus interrelaciones. Sin embargo la conservación se encuentra inmersa en problemas de cambio climático, y actividades antropogénicas.

Según Bates et al (2008), el cambio climático afecta a la estabilidad térmica de las Lagunas Tropicales. Debido a que un aumento unitario en la temperatura se traduce en una mayor densidad del cuerpo de agua. Así, los lagos con densidad mayor tienden a provocar una compacta estratificación térmica que puede provocar anoxia en la parte profunda del lago y agotamiento de nutrientes en las zonas poco profundas (Bates et al. 2008). En otras palabras, lo que se produce es una falta de circulación de oxígeno y nutrientes.

Dentro de las actividades antropogénicas que representan un potencial peligro para la laguna se encuentran las actividades extractivas de petróleo que se llevan realizando desde los años 80, y los vertidos de aguas residuales domésticas. Estas últimas al ser ricas en nutrientes, pueden provocar eutrofización, fenómeno en donde se cambia un estado trófico a otro nivel superior por adición de nutrientes (Moreno et al. 2010).

La necesidad de conservar la laguna impulsó a la Universidad Internacional SEK (UISEK), a través de su Estación Científica de Limoncocha, a promover investigaciones en el campo de la limnología con el fin de obtener resultados que sirvan de sustento para la elaboración de modelos de comportamiento de la Laguna.

En base a lo descrito, se presenta el siguiente estudio que propone analizar los perfiles hidroquímicos de la Laguna de Limoncocha durante el periodo 2015-2017. Verificando así, las posibles interrelaciones entre cada parámetro.

Durante los ensayos de campo se realizan mediciones in-situ, en tres puntos de la Laguna, que se encuentran ilustrados en la Imagen 1. El primer punto se ubicó en el caño, el segundo en la zona profunda (centro de la laguna), y el tercero en el Muelle. En cada punto, se miden los parámetros de pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica y Oxígeno disuelto, en perfiles de cada 20 cm.

Es importante comentar que para analizar posibles correlaciones entre parámetros se revisarán datos de estudios precedentes, realizados en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK.

Imagen 1: Imagen Satelital de la laguna de Limoncocha (2016), indicación de los puntos de muestreo del periodo 2015-2017.



Fuente: Google Earth.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolla bajo un enfoque exploratorio que pretende expandir el conocimiento acerca del comportamiento de la laguna de Limoncocha (Hernández, 2015), a partir del análisis de perfiles hidroquímicos. Para ello se incorporan herramientas de la estadística como la correlación entre variables.

En la recolección de datos, la fuente primaria constituye la medición in situ de parámetros fisicoquímicos en perfiles verticales y superficiales. Después de obtener los datos, se trabaja con las fuentes secundarias, que involucran a la bibliografía recomendada en materia de limnología, y a la revisión de estudios precedentes de la Laguna de Limoncocha.

El estudio se desarrolló en una laguna ubicada a 230 msnm, con una longitud de 3 km, y un ancho de 1 km (Hernández, 2015), con una profundidad máxima de 3 m, y una media de 1.9 m (Valdiviezo et al. 2012).

Los ensayos de campo se realizaron una vez cada mes, dentro del periodo 2015-2017, en tres puntos de la Laguna. El Caño, Zona Profunda y Muelle. Para las mediciones se emplea una sonda multiparametros (de marca Hach), la cual contiene una extensión mayor a la profundidad máxima de la Laguna, con lo cual se efectúan las mediciones de perfiles.

Finalmente se realizó el levantamiento de datos, ordenándolos en hojas electrónicas de Excel. Producto de este proceso se obtuvo información relevante. En primer lugar se tiene una gráfica de perfiles de Clasificación de Thienemann en cada punto de muestreo, que determina el Estado Trófico de la Laguna. Por otro lado se encuentran correlaciones entre los parámetros medidos in-situ, que fueron fortalecidas con datos históricos de los puntos de muestreo, de tal manera que puedan dar sustento para la elaboración de modelos de comportamiento de la Laguna de Limoncocha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por investigaciones anteriores realizadas por tesis de la Universidad Internacional SEK, se conoce que el nutriente dominante en la laguna es el nitrógeno, el cual posee una probabilidad de colocar a la laguna en estado trófico del 96%. Adicionalmente, se sabe que cuando los niveles de fósforo aumentan en la laguna, la profundidad Secchi disminuye. Un fenómeno que va de la mano con la profundidad Secchi, son los extremadamente bajos niveles de oxígeno disuelto que posee las profundidades de la laguna debido a la poca penetración de luz que ésta posee, lo que reduce considerablemente la actividad fotosintética por parte de los productores primarios del cuerpo léntico. Éstos perfiles del fondo (> 2m aproximadamente) en los 3 puntos de muestro podrían ser considerados como anóxicos y ácidos debido a la descomposición que ocurre en ellos.

## CONCLUSIONES

Todos los puntos de muestreo a lo largo del periodo 2015-2016, muestran un perfil Olinogrado de Oxígeno. El cual, según la Clasificación de Thienemann, se traduce en una Laguna en estado Eutrófico (Tejero et al. 2001).

Se ha podido constatar con los muestreos en los diferentes perfiles, que el pH de la laguna es mayoritariamente básico, y se puede tornar ácido conforme la profundidad aumenta, esto debido a que en la zona fótica, la actividad fotosintética consume dióxido de carbono, y cuando éste tiende a agotarse, los productores primarios toman bicarbonato de calcio, generando carbonato de calcio lo cual conlleva al aumento de pH en el agua.

A medida que la temperatura de los perfiles aumenta desde el fondo de la laguna, el oxígeno disuelto también lo hace, siendo esta una condición proporcional.

En la zona superficial de la laguna, a medida que penetra la luz en la zona eufótica, aumenta el oxígeno disuelto y la temperatura, debido a la actividad fotosintética y a la luz presente en el ambiente acuático.

Los valores de oxígeno disuelto en los perfiles superficiales de la laguna son relativamente altos, asociados a la producción primaria.

Según los datos interpretados en las gráficas, no se han podido establecer periodos de mezcla de agua en la laguna, los datos evidencian un cuerpo léntico de una estratificación térmica marcada.

Los resultados de correlaciones evidencian una relación inversamente proporcional entre los datos de oxígeno disuelto y la profundidad de la muestra, es decir, a medida que la profundidad aumenta, el oxígeno disuelto disminuye hasta llegar a la zona anóxica.

Otro dato que según las correlaciones es inversamente proporcional a la profundidad es la temperatura, ya que a medida que la profundidad aumenta, la temperatura disminuye, seguramente debido a la capacidad de penetración de radiación solar que ofrece la laguna.

Una correlación directamente proporcional importante es aquella entre el oxígeno disuelto y el pH; a medida que aumenta la profundidad, ambos datos decrecen, el oxígeno disuelto asociado a la producción primaria que sólo se da en profundidades superficiales, y el pH se torna ácido conforme aumenta la profundidad debido a la descomposición casi anaerobia que tiene lugar en la zona béntica de la laguna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bastidas, D. (2009). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) –Versión 2006-2008*. Reserva Biológica de Limoncocha. Categorías aprobadas en la Recomendación 4.7 (1999) y modificadas por la Resolución VIII.13 de la 8ª Conferencia de las Partes Contratantes (2002) y Resoluciones IX.1, Anexo B, IX.6, IX.21 y IX.22 de la 9ª Conferencia de las Partes Contratantes (2005).

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, s. Wu y J.P. Palutikof, Eds. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático. Secretaria del IPCC. Ginebra. Pp. 224.

Hernández, P. (2015). *Variaciones Físicoquímicas temporales en la laguna de Limoncocha, en el periodo 2015-2017*. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.

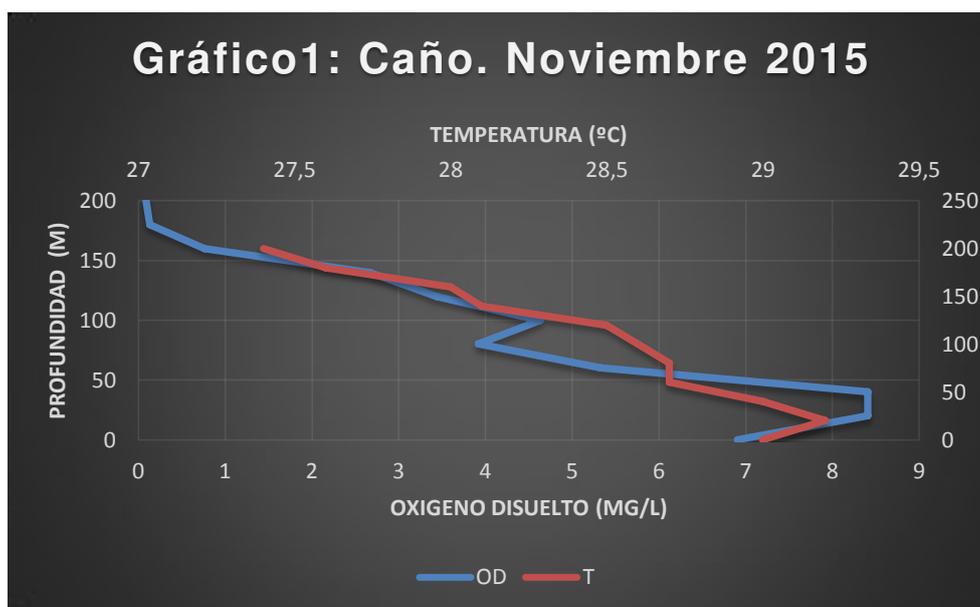
Moreno, D., Quintero, J y López, A. (2010). *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. CBS. Departamento El Hombre y su Ambiente. Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal ICyTDF.

Tejero, I., Suárez, J., Jacóme, A. & Temprano, J. (2001). *Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Tórculo. ISBN. 2001.

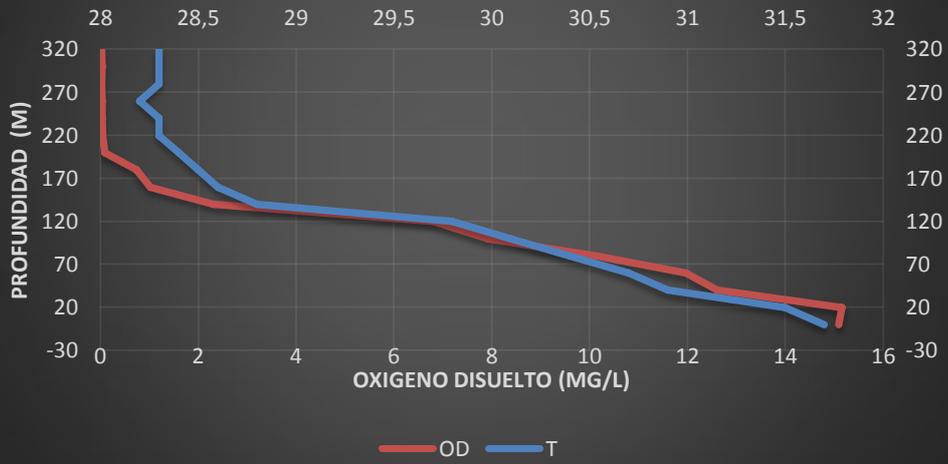
Valdiviezo, J., Carrillo, C., Madera, R y Albarracin, M. (2012). *Guía de peces de Limoncocha*. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.

## ANEXOS

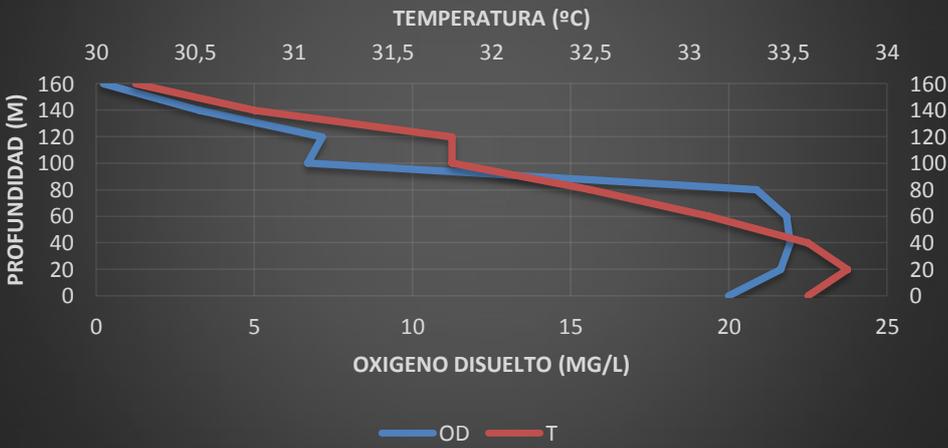
### Perfiles de Clasificación de Thienemann



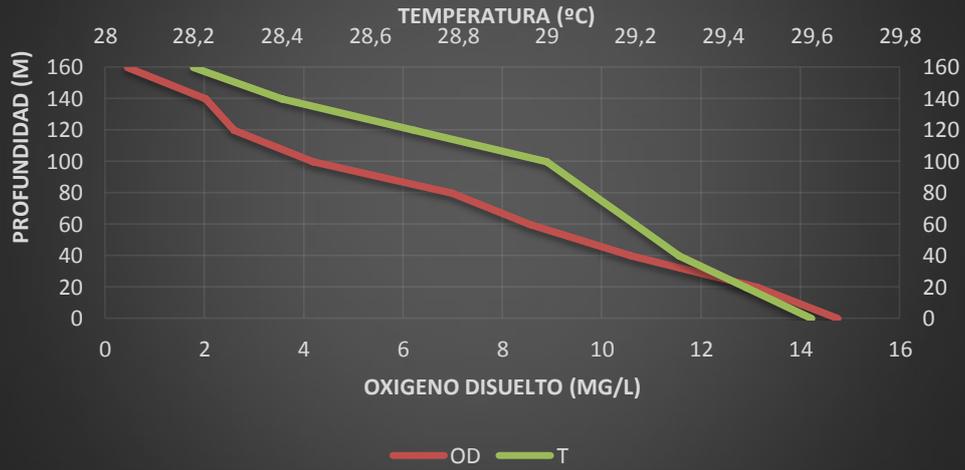
### Gráfico 2: Zona Profunda. Noviembre 2015



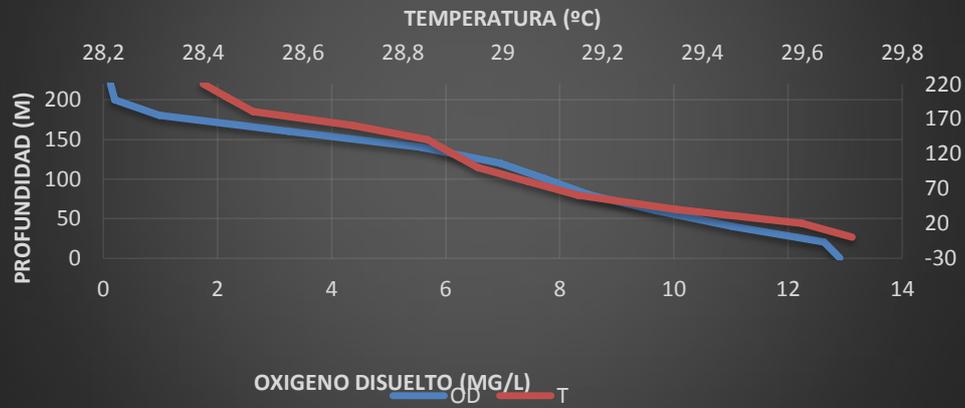
### Gráfico 3: Muelle. Noviembre 2015



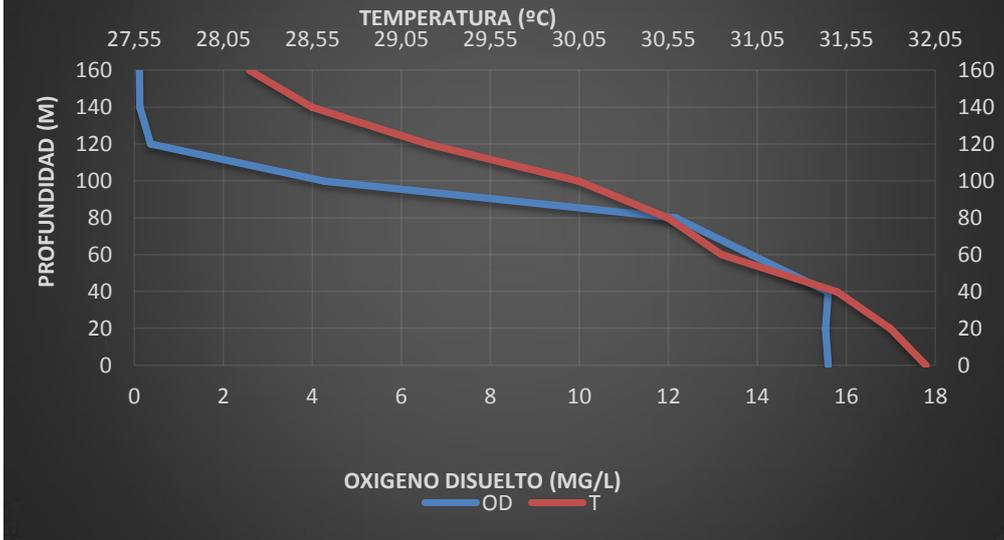
### Gráfico 4: Caño. Diciembre 2015



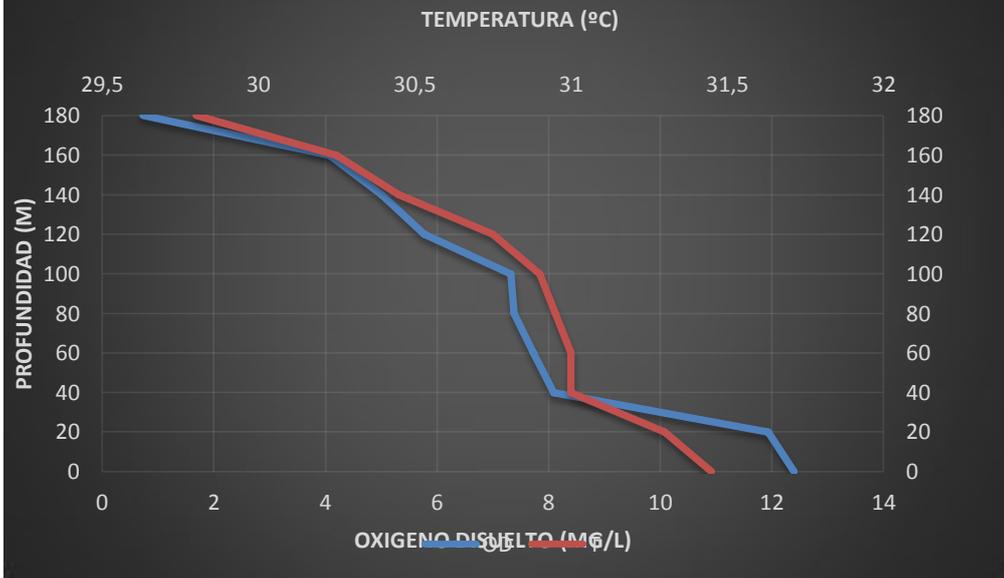
### Gráfico 5: Zona Profunda. Diciembre 2015



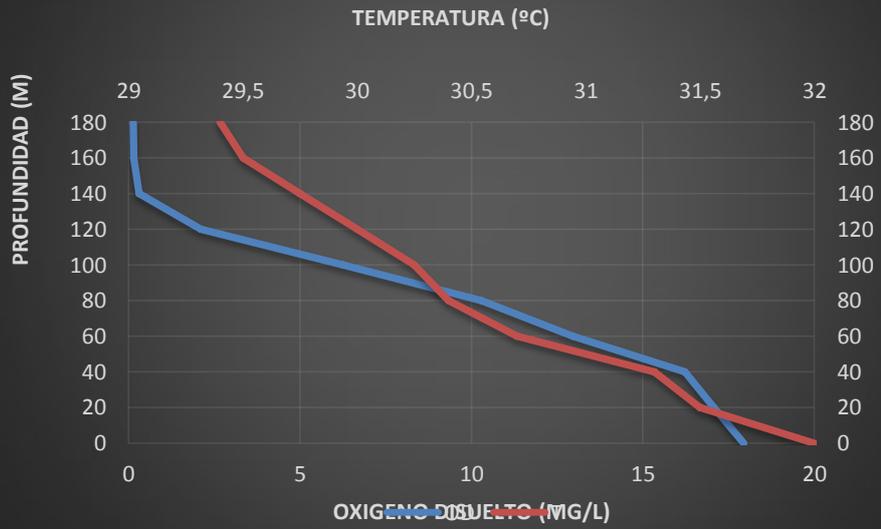
### Gráfico 6: Muelle. Diciembre 2015



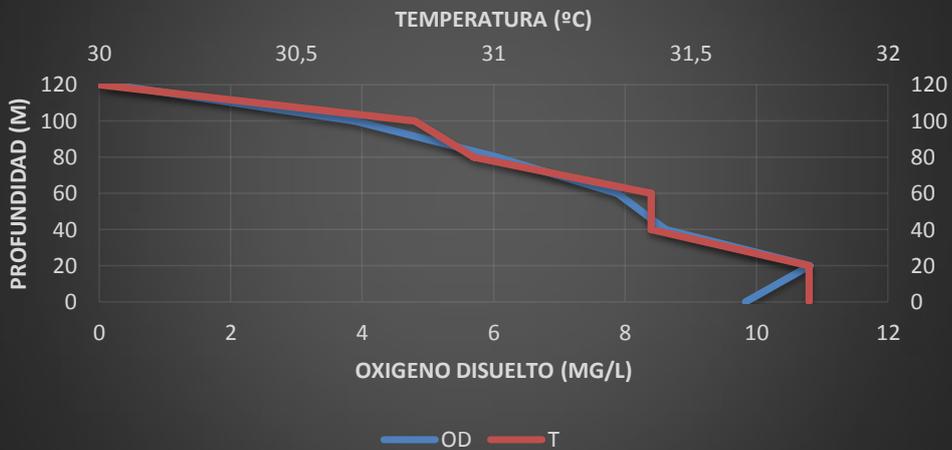
### Gráfico 7: El Caño. Enero 2016



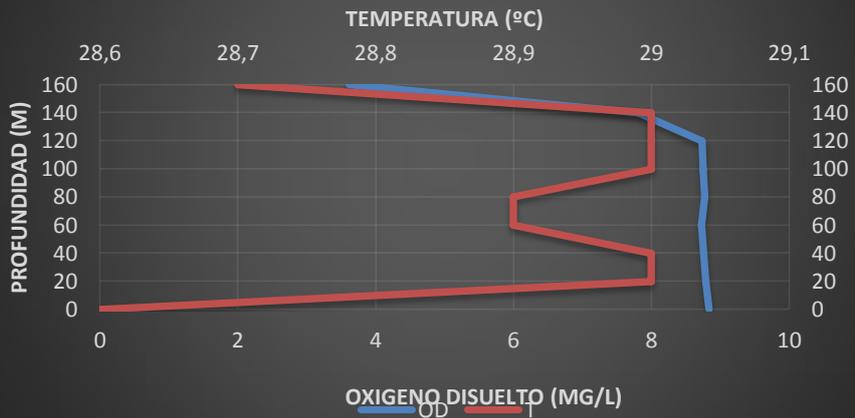
### Gráfico 8: Zona profunda. Enero 2016



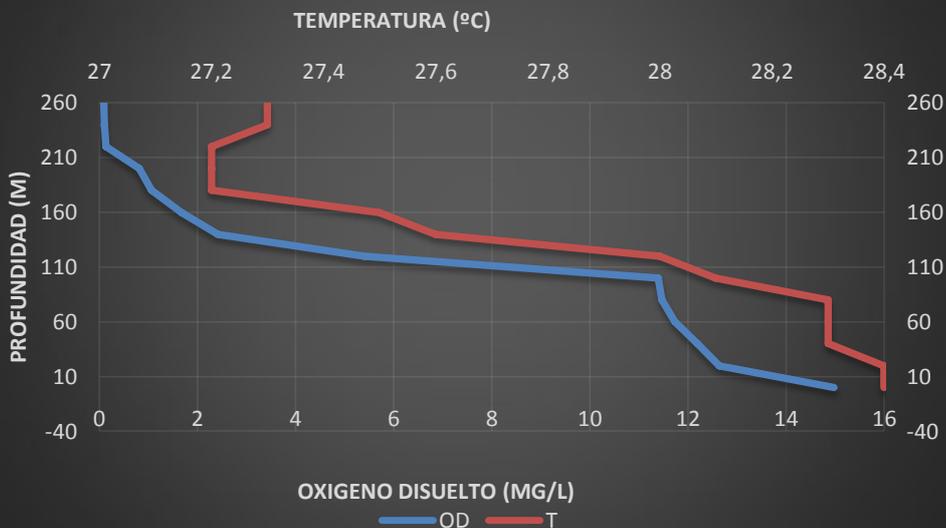
### Gráfico 9: Muelle. Enero 2016



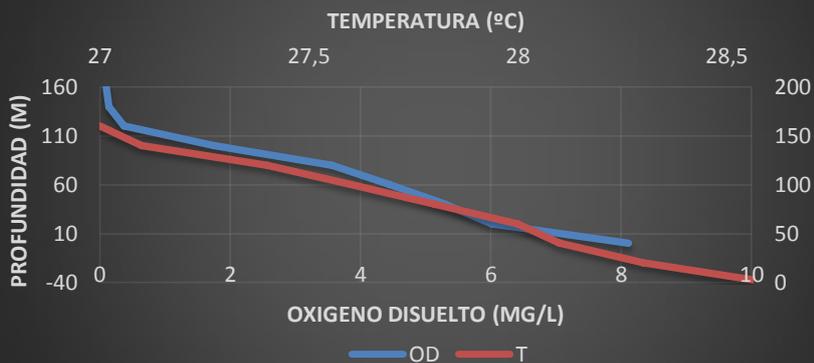
### Gráfico 10: El Caño. Febrero 2016



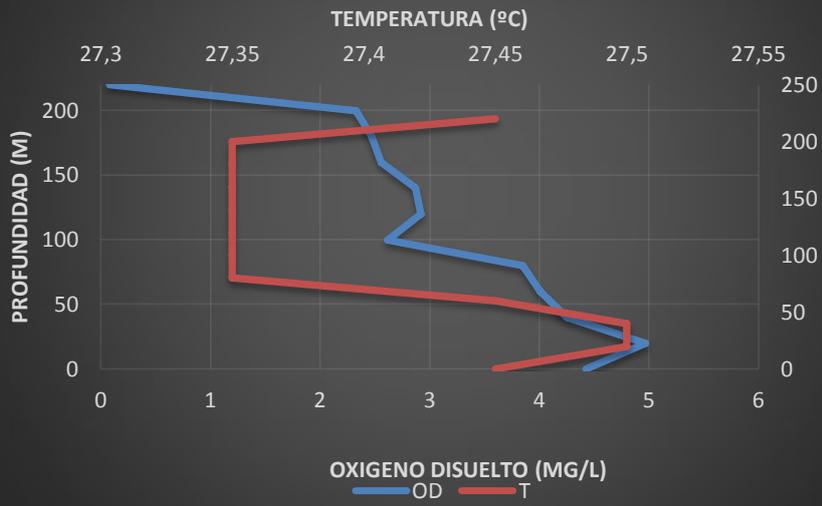
### Gráfico 11: Zona profunda. Febrero 2016



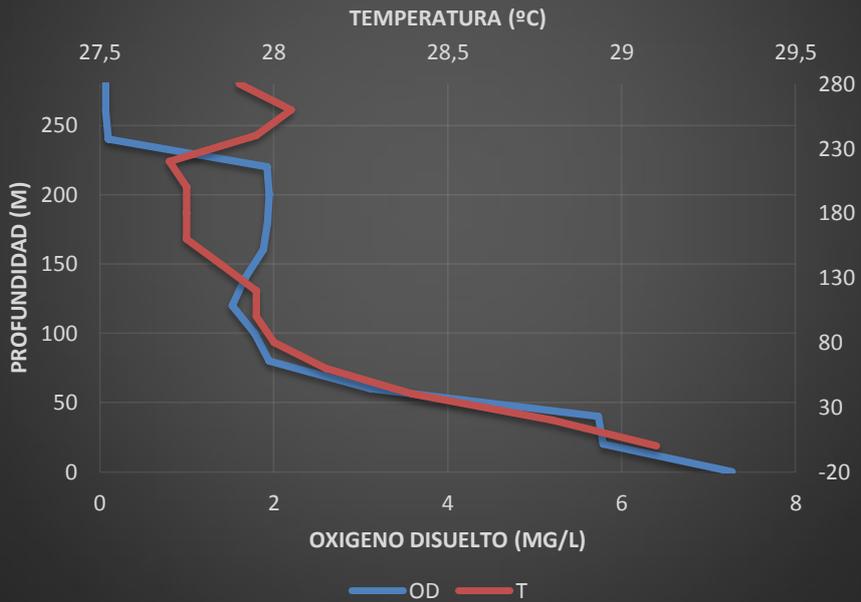
### Gráfico 12: Muelle. Febrero 2016



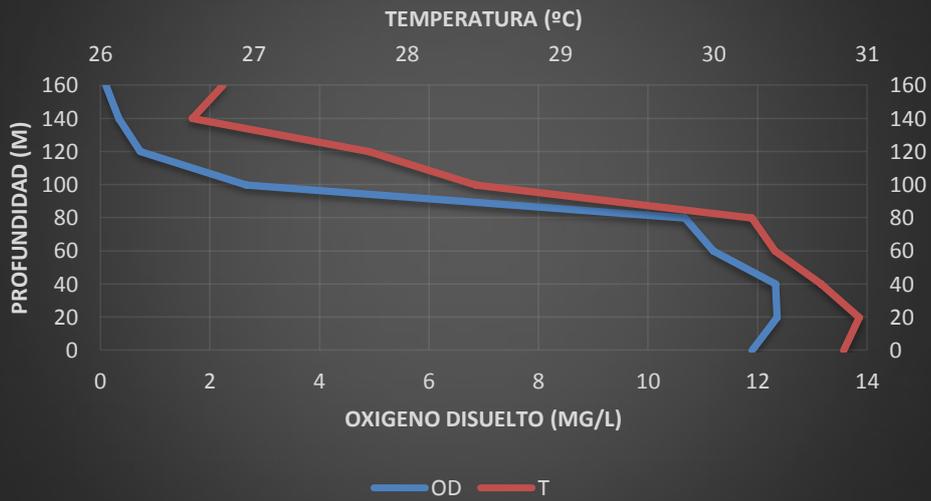
### Gráfico 13: Caño. Marzo 2016



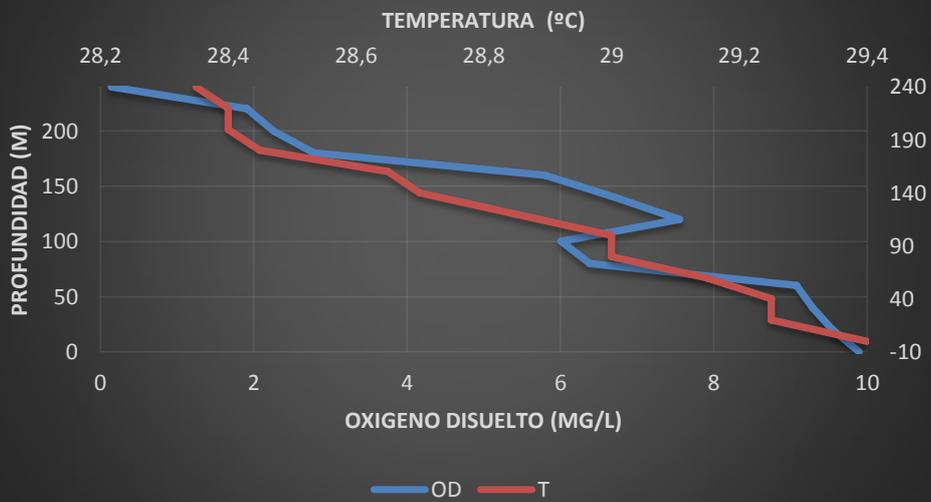
### Gráfico 14: Zona profunda. Marzo 2016



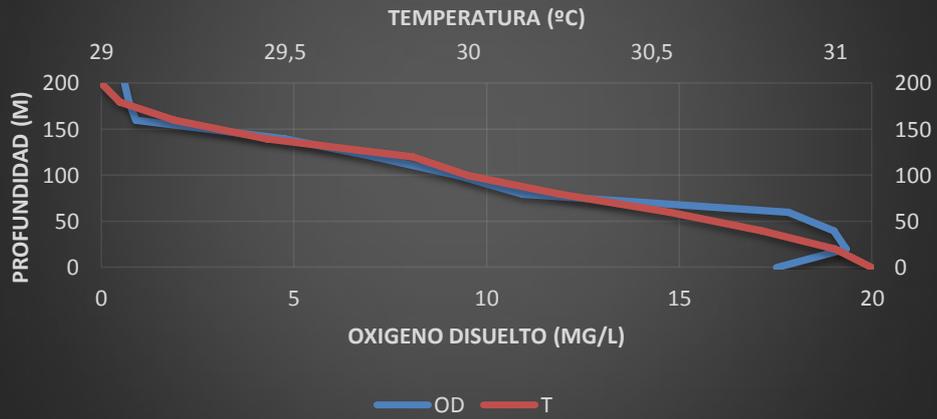
### Gráfico 15: Muelle. Marzo 2016



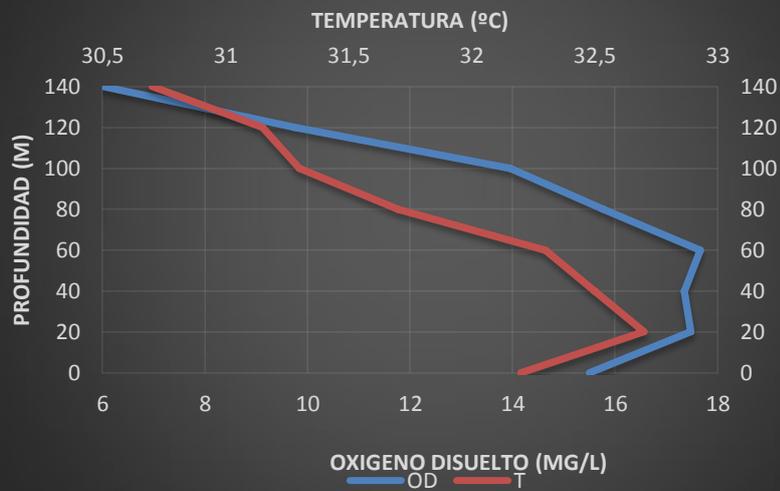
### Gráfico 16: Caño. Abril 2016



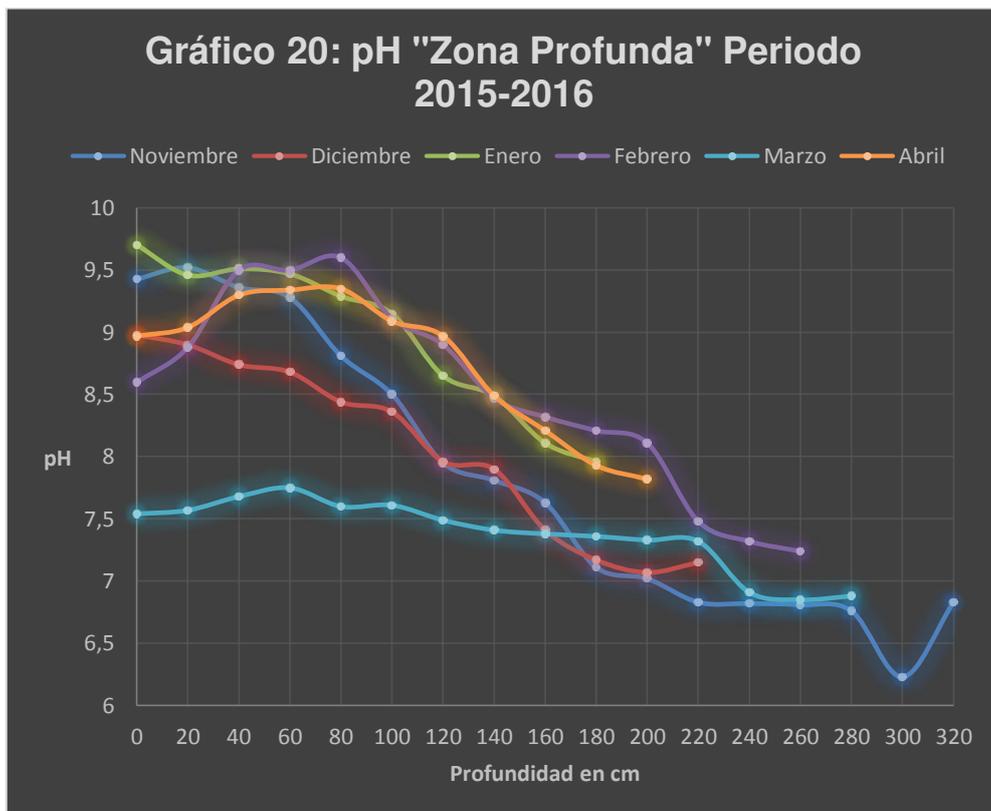
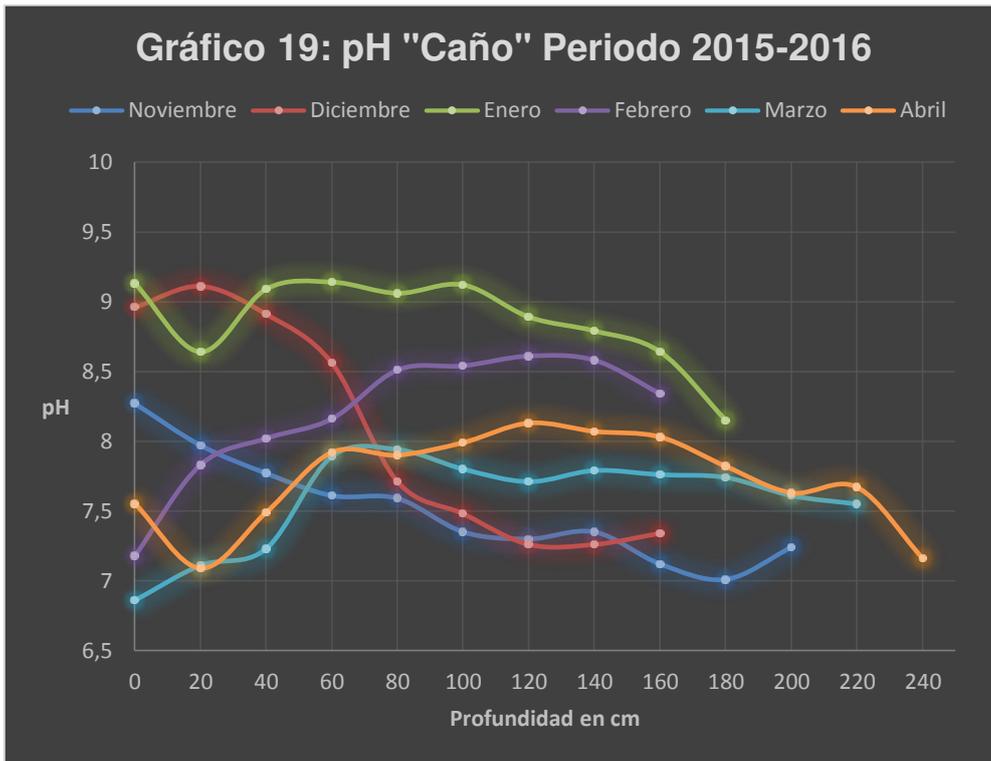
### Gráfico 17: Zona profunda. Abril 2016



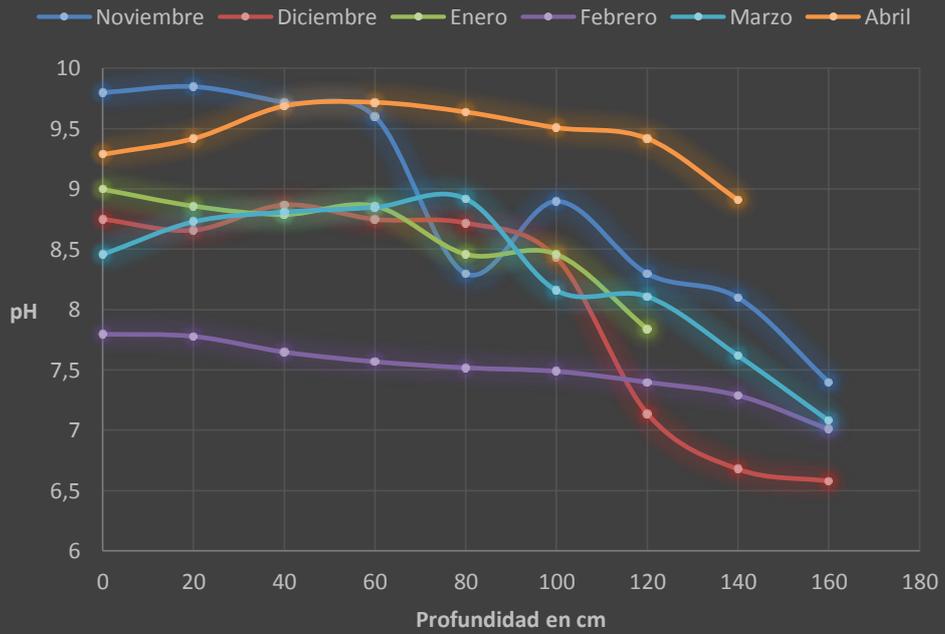
### Gráfico 18: Muelle. Abril 2016



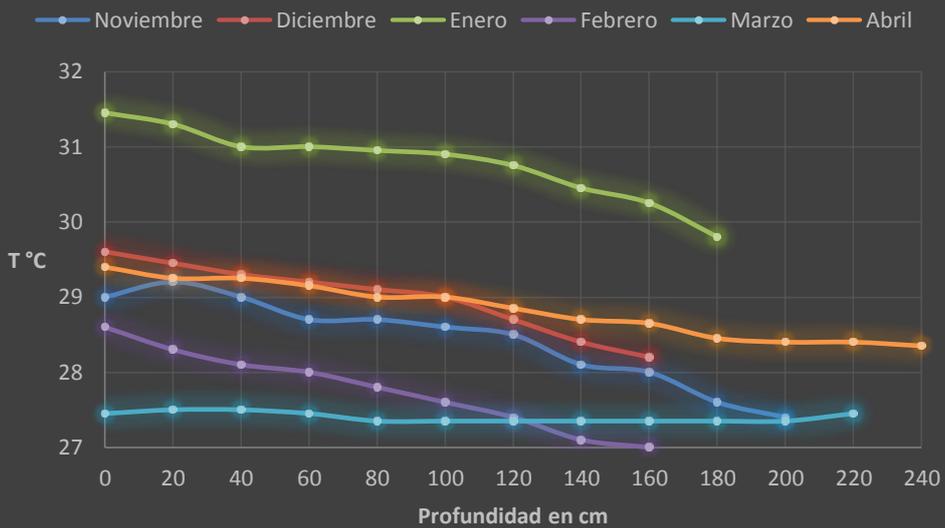
Parámetros periodo 2015-2016



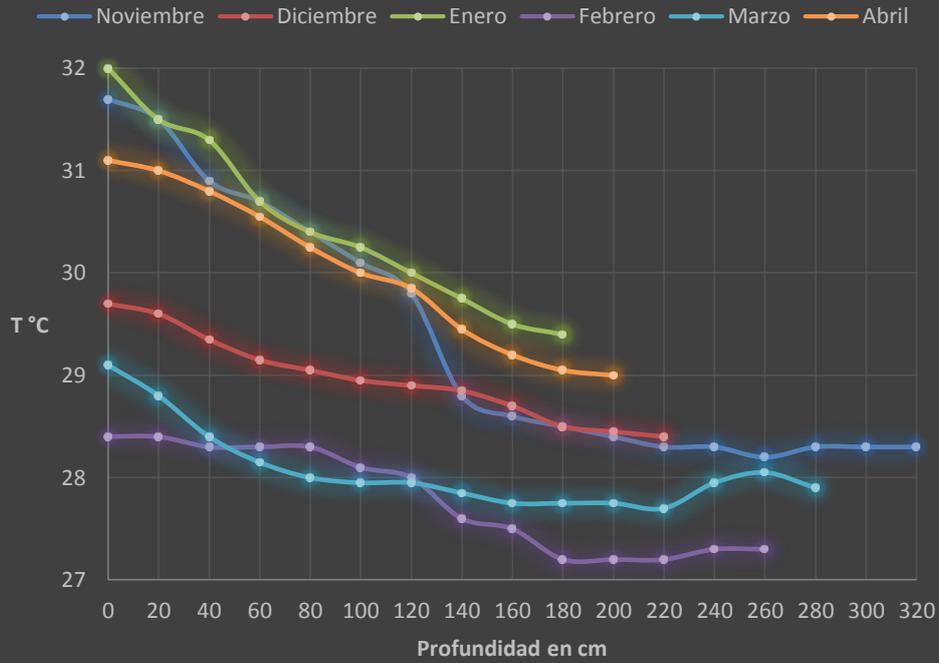
**Gráfico 21: pH "Muelle" Periodo 2015-2016**



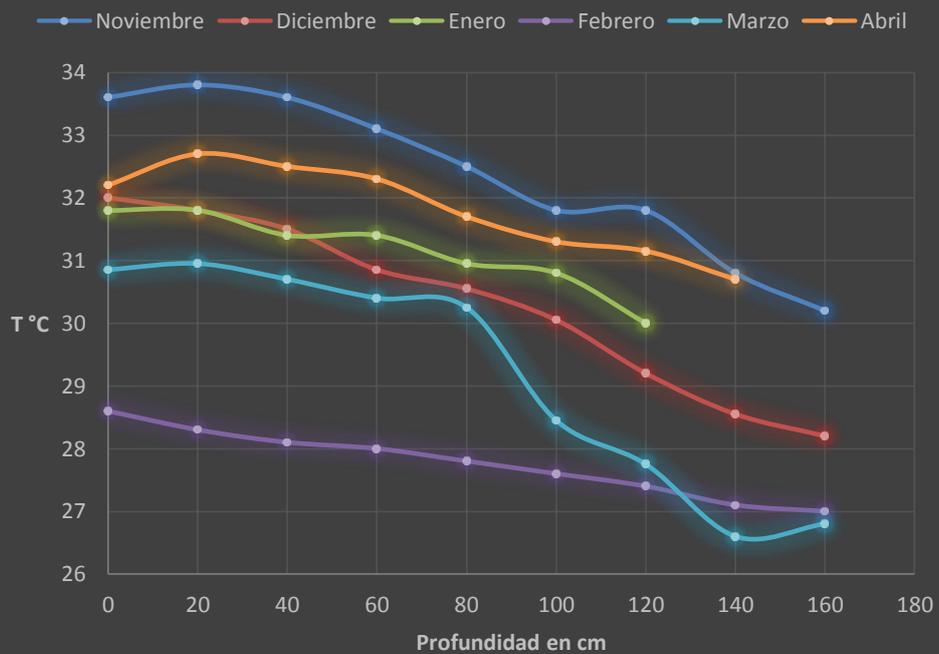
**Gráfico 22: Temperatura "Caño" Periodo 2015-2016**



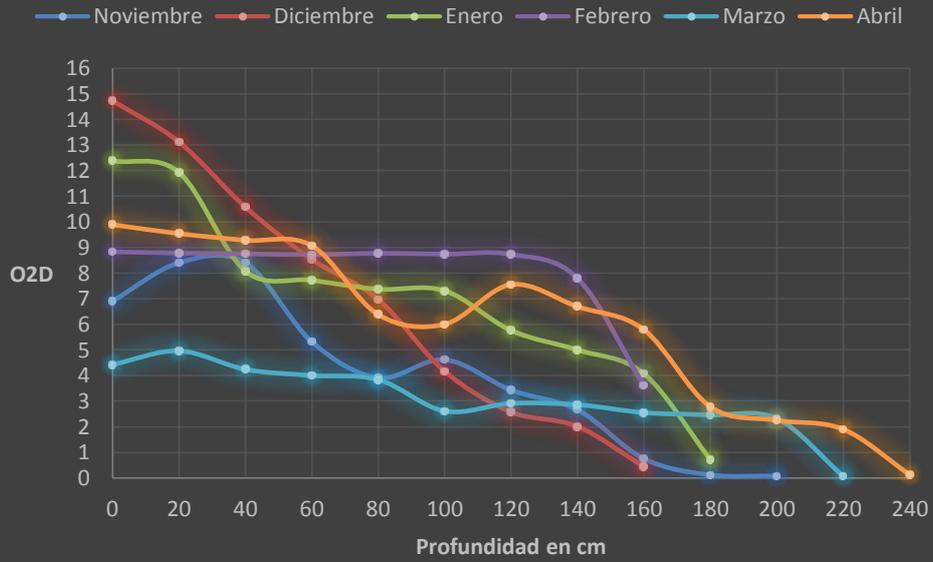
**Gráfico 23: Temperatura "Zona Profunda" Periodo 2015-2016**



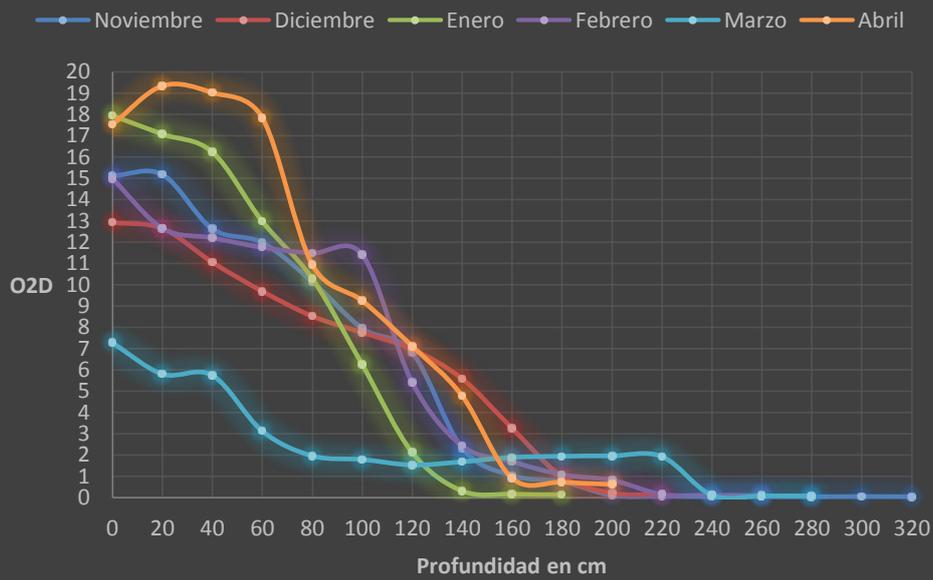
**Gráfico 24: Temperatura "Muelle" Periodo 2015-2016**



**Gráfico 25: Oxígeno disuelto "Caño"  
Periodo 2015-2016**



**Gráfico 26: Oxígeno disuelto "Zona Profunda"  
Periodo 2015-2016**



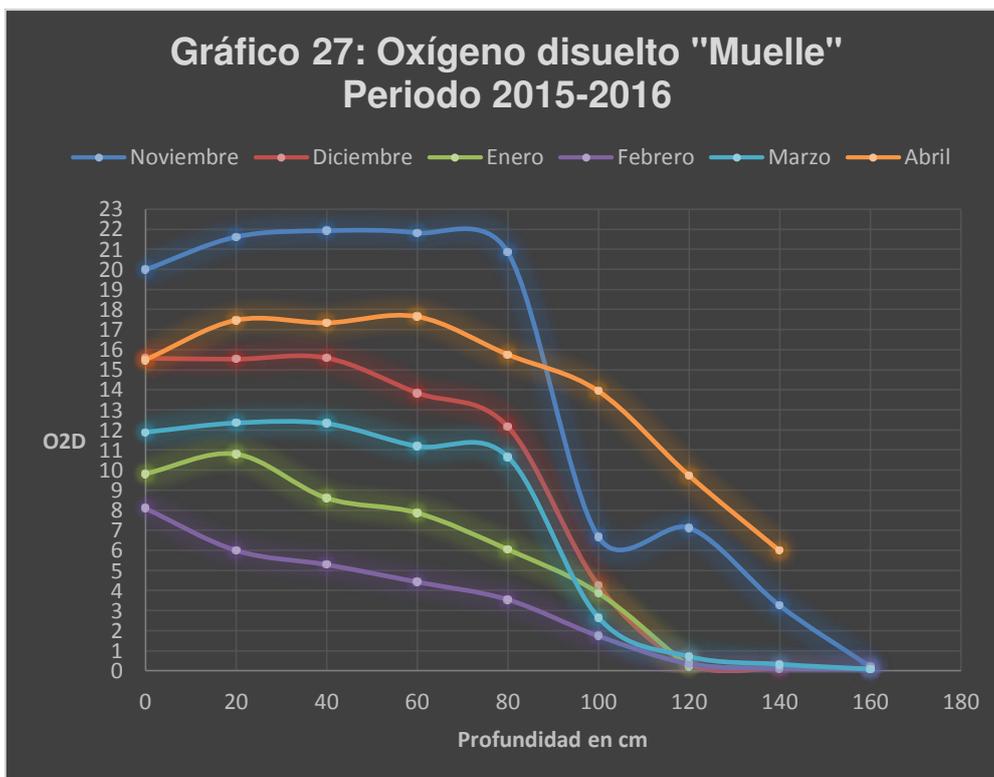


Tabla 1: Noviembre 2015					
Total Number of Samples: 37					
Unit: mg/l					
Correlation coefficient					
	Sample_Depth	pH	Cond	Temp	O2D
Sample_Depth	1.0	-0.812	-0.447	-0.63	-0.754
pH		1.0	0.321	0.891	0.9
Cond			1.0	0.348	0.362
Temp				1.0	0.904
O2					1.0

Tabla 2: Diciembre 2015					
Total Number of Samples: 26					
Unit: mg/l					
Correlation coefficient					
	Sample_Depth	pH	Cond	Temp	O2
Sample_Depth	1.0	-0.907	-0.907	-0.685	-0.917
pH		1.0	0.944	0.659	0.944
Cond			1.0	0.659	0.944
Temp				1.0	0.841
O2					1.0

<b>Tabla 3: Enero 2016</b>					
Total Number of Samples: 27					
Unit: mg/l					
Correlation coefficient					
	<b>Sample_Depth</b>	<b>pH</b>	<b>Cond</b>	<b>Temp</b>	<b>O2</b>
<b>Sample_Depth</b>	1.0	-0.66	-0.66	-0.9	-0.857
<b>pH</b>		1.0	0.434	0.673	0.866
<b>Cond</b>			1.0	0.395	0.449
<b>Temp</b>				1.0	0.835
<b>O2</b>					1.0

<b>Tabla 4: Febrero 2016</b>					
Total Number of Samples: 32					
Unit: mg/l					
Correlation coefficient					
	<b>Sample_Depth</b>	<b>pH</b>	<b>Cond</b>	<b>Temp</b>	<b>O2</b>
<b>Sample_Depth</b>	1.0	-0.362	-0.362	-0.63	-0.73
<b>pH</b>		1.0	0.695	0.432	0.695
<b>Cond</b>			1.0	0.432	0.695
<b>Temp</b>				1.0	0.773
<b>O2</b>					1.0



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-56

**Título del trabajo:** Diversidad de escarabajos copronecrófagos y estado de conservación de la microcuenca del río Pindo Grande, sector Estación Biológica Pindo Mirador.

**Autor (es):** Andrea Ayshath Vaca Noboa, María Alexandra Endara González

**Ponente (s):** Andrea Ayshath Vaca Noboa

**E-mail:** [andrea\\_ayshath@hotmail.com](mailto:andrea_ayshath@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La diversidad, composición, estructura e interacciones de los escarabajos copronecrófagos de los bosques piemontanos amazónicos ecuatorianos, es aún poco conocida, con trabajos puntuales, escasos y colecciones registradas en museos donde aún no se han publicado monografías específicas de esta subfamilia. En este sentido el Proyecto de Investigación Científica: “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos, escarabajos copronecrófagos y estado de conservación de la microcuenca del Río “Pindo Grande” busca ampliar, el conocimiento de este gremio de insectos en la Estación Biológica Pindo Mirador de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), ya que la misma proveerá información base, muy importante sobre este grupo de insectos altamente sensible a cambios ambientales y antropogénicos.

## INTRODUCCIÓN

Los escarabajos estercoleros, copronecrófagos o peloteros son un gremio bien definido de la familia: Scarabaeidae, subfamilia: Scarabaeinae que comparten características morfológicas, ecológicas y de comportamiento particulares (Halffter 1991), son considerados como un taxa útil para describir y monitorear patrones espaciotemporales de la biodiversidad (Favila y Halffter 1997). Sus principales distintivos biológicos son la asociación con el excremento y/o carroña de mamíferos y otros vertebrados (Forsyth y Spector 1997; Nichols *et al.* 2008; Halffter y Matthews 1966; Halffter y Edmonds 1982), así como su especial modo de reproducción y las múltiples estrategias de aprovechamiento del excremento para su alimentación y reproducción (Halffter y Matthews 1966; Halffter y Edmonds 1982).

Es un grupo altamente diverso, con especies generalistas y especializadas, con gran sensibilidad a la variabilidad ambiental (Favila y Halffter 1997;). A pesar de que los escarabajos copronecrófagos son un grupo mundialmente estudiado en su biología, ecología y comportamiento (Hanski y Cambefort 1991), en Ecuador no se han realizado muchos trabajos específicos en estos campos y se limitan a inventarios de localidades puntuales (Celi *et al.* 2002; Celi *et al.* 2004; Forsyth y Spector 1997), fluctuación en hábitats con diferentes grados de intervención humana (Carpio *et al.*, 2009) y asociaciones variables climáticas y altitudinales (Luzuriaga 2013, Chamorro *et al.*, en prep; Enriquez y Onore 2001).

La información de referencia del grupo de escarabajos en el país se resume en pocas publicaciones: e.g., Enríquez y Onore (2001) en el en bosques de neblina del noroccidente del Ecuador, registran 14 especies de este grupo, también concluyen que la abundancia depende directamente de la precipitación colectando más especímenes en época lluviosa, también afirman que los pastizales son un hábitats pobres en especies en comparación con los bosques. Celi *et al.* (2004) determinaron que las especies de escarabajos estercoleros encontradas en tres gradientes altitudinales (600-700, 1100-1300 y 1700-2000 m) en la cordillera del Cutucú presentan similar composición a excepción de la fauna presente en la mayor altitud, de similar forma registran la presencia de especies únicas en cada gradiente. Infieren de acuerdo a lo encontrado que 78 especies son únicas de bosque muy húmedo premontano y nueve especies son únicas de bosque húmedo montano bajo.

En la Amazonía ecuatoriana la composición y dinámica de las comunidades de escarabajos estercoleros se ve disminuida por efecto de la construcción de una carretera en la localidad de Chiruisla, donde se reportaron 69 especies (Carpio *et al.* 2009). Forsyth y Spector (1997) en la frontera Ecuador-Perú en la cordillera del Cóndor en ambientes muy parecidos a los tepuis Venezolanos, registraron 18 especies para esta localidad, donde la composición de este grupo de escarabajos estuvo dominada por especies de alta distribución. Finalmente Celi *et al.* (2002), en la provincia de Esmeraldas zona del Choco biogeográfico, utilizan este taxa como especies indicadoras de cambios en los patrones de deforestación, en esta localidad se registraron 80 especies. Luzuriaga (2013) registra 18 especies en la Estación Biológica Pindo Mirador "EBPM", registrando mayor diversidad en bosque no intervenido. Chamorro *et al.*, (*en perp*), realiza un estudio mediano plazo durante 18 meses consecutivos en el Bosque Protector Oglán, registrando 60 especies en un mosaico de hábitats de bosque piemontano tres de las cuales se consideran endémicas para el país.

En este sentido se puede decir que la diversidad, composición, estructura e interacciones de los escarabajos copronecrófagos de los bosques piemontanos amazónicos ecuatorianos, es aún poco conocida, con trabajos puntuales, escasos y colecciones registradas en museos donde aún no se han publicado monografías específicas de esta subfamilia. En este sentido el Proyecto de Investigación Científica: "Diversidad de macroinvertebrados acuáticos,

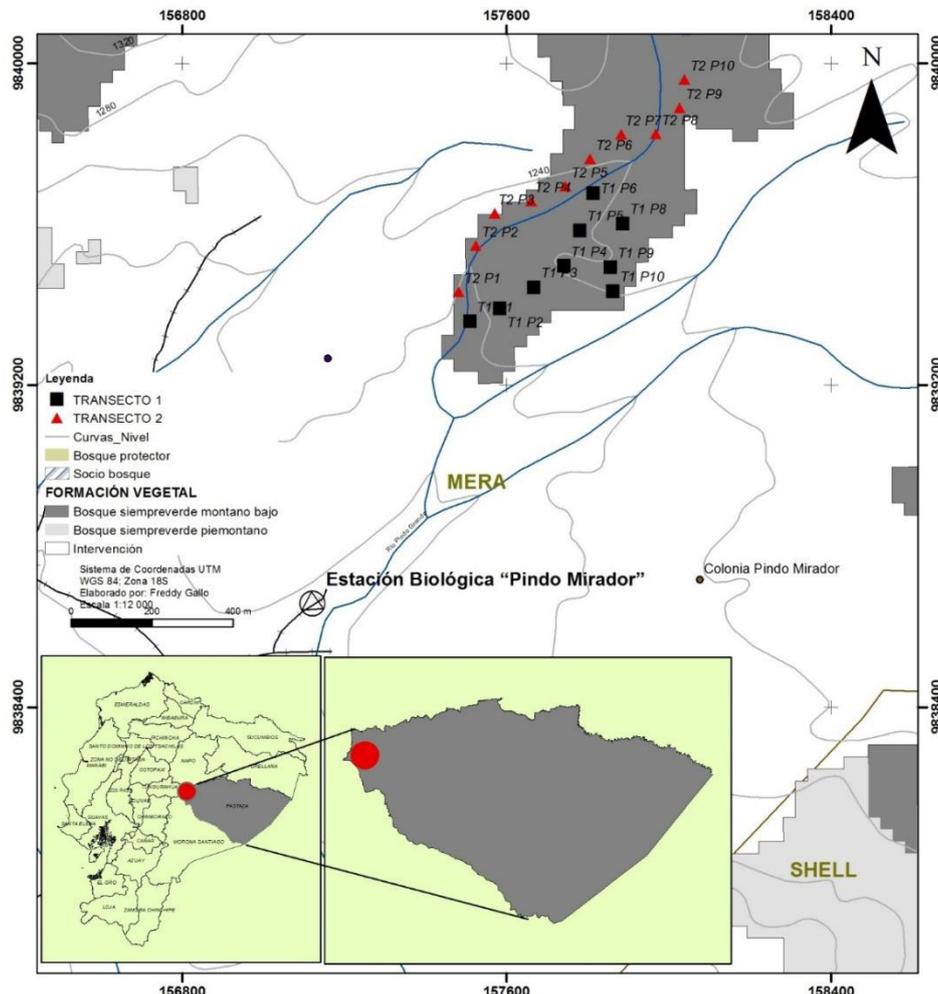
escarabajos copronecrófagos y estado de conservación de la microcuenca del Río “Pindo Mirador” busca ampliar, el conocimiento de este gremio de insectos en la EBPM de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), ya que la misma proveerá información base, muy importante sobre este grupo de insectos altamente sensible a cambios ambientales y antropogénicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

Los bosques piemontanos ecuatorianos son regiones donde existe un alto traslape de especies provenientes de las llanuras amazónicas y de las estribaciones de los andes. En la cordillera oriental, en la parte norte, este tipo de bosque se distribuye entre los 300 hasta los 1300 msnm., y hasta 1100 msnm., en la parte sur del país. En este gradiente altitudinal existe una composición florística típica cuyos límites de distribución corresponden a las altitudes antes mencionadas (Sierra 1999). El área de estudio está localizada en el oriente ecuatoriano, en la provincia del Pastaza, cantón: Mera parroquia del mismo nombre, en la Estación Biológica Pindo Mirador “EBPM”, de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) en las coordenadas proyectadas: WGS84 UTM: Zona: 17 M: 824862 X y 9838681, a una altitud ~1.200 msnm. (Figura 1).

Figura 1. Mapa topográfico del área de muestreo en la Estación Biológica Pindo Mirador.



El área de estudio, en términos de manejo, representa un mosaico de áreas con y sin intervención (parches de bosque) donde el área protegida más próxima es el Bosque protector “Moravia”, ubicado a ~2 km al suroeste de la Estación y varios espacios destinados al Programa de Conservación “Socio Bosque”. En términos de uso del suelo, el área de estudio es un mosaico de áreas agrícolas, plantaciones de pastizales, árboles exóticos y parches de vegetación nativa (bosques y arbustales) que se encuentran entremezcladas con asentamientos humanos, carreteras, humedales y ríos (MAE 2013a). De acuerdo clasificación de las formaciones vegetales para el Ecuador Continental el área presenta un ecosistemas denominado Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes “BsBn01”, intercalado con zonas intervenidas. El clima en el área es muy poco estacional, con una precipitación anual es ~4.656 mm, con una temperatura mensual ~20.4 °C (MAE 2013b).

Fotografía 1 Transectos para escarabajos copronecrófagos en un bosque secundario en la Estación Biológica Pindo Mirador: transecto 1 (izquierda), transecto 2 (derecha).



## METODOLOGÍA

En febrero del 2015, se realizaron muestreos de escarabajos copronecrófagos en dos transectos de 1 km., de longitud ubicados en el área de estudio. Todos los muestreos se realizaron en áreas seleccionadas por presentar remanentes de bosque nativo (BsBn01) a una altura ~1.200 msnm. Para capturar, coleccionar y determinar la diversidad de los escarabajos copronecrófagos se utilizaron trampas de caída (pitfall) y trampas de intersección (ver siguientes fotografías).

Fotografía 2 Trampa de caída “pitfall” (izquierda) y trampas de intersección (derecha)



Las trampas de caída son conocidas como pasivas y fueron cebadas con heces de cerdo y carroña. En cada transecto, se colocaron un total de 20 trampas ubicadas en pares (heces y carroña) cada 100 m, mismas que estuvieron activas por un período de 48 horas. Estas trampas han sido ampliamente usadas en investigaciones de este grupo de insectos y constituyen la principal forma de captura. Las trampas de intersección constituyen trampas pasivas letales donde se distribuye malla de color obscuro bajo la cual se colocan trampas de agua jabonosa donde se dispondrán los individuos al chocar con la malla, esta trampa permite captura de individuos poco comunes de este grupo de insectos.

En la incursión al campo fueron identificados, contabilizados y/o colectados todos los escarabajos que cayeron en la trampa pitfall (heces y carroña) e intersección, los individuos que pudieron ser identificados en el campo (e.g. especies de gran tamaño, conocidas y de amplia distribución) fueron liberados, colectando únicamente aquellas especies que se tubo incertidumbre en su identificación. En todos los casos los individuos colectados fueron correspondientemente agrupados de acuerdo al número de transecto, trampa y tipo de cebo en el que se registraron.

### **Fase de Laboratorio**

Los especímenes colectados fueron montados, etiquetados e identificados, con la ayuda de estereomicroscopios con magnificaciones de 0,7 a 4 x; claves taxonómicas, fotografías y bibliografía especializada. Para la identificación se utilizó el arreglo taxonómico propuesto por Ratcliffe, 1991 (en: Kohlmann y Morón, 2003) y artículos específicos (Arnaud, 2002; González *et al.*, 2009; Cook, 1998; Edmonds, 1994; Génier, 1996, 2009; Halffter & Martínez, 1977; Medina & Lopera, 2001; Sarmiento-Garcés y Amat-García, 2009, Camero 2010, y Vaz-de-Mello *et al.*, 2010).

### **Análisis Estadístico y Ecológico**

Mediante el registro de la riqueza “*S*”, la abundancia, el cálculo de índices (dominancia y equidad) y la construcción de la curva de acumulación de especies permitieron determinar la diversidad alfa de sitio en estudio. El índice de Shannon-Wiener “*H*” (equidad) se calculó en serie logarítmica natural, y su valor fluctúa de cero (cuando existe una especie) y rara vez supera los 4,5 (cuando es un sitio muy diverso) (Magurran 1988; Pielou, 1975, 1977), el valor del índice de Simpson (dominancia), por otro lado “varía entre 1,0 para una muestra con una sola especie y *S* cuando todas las especies tienen exactamente el mismo número de individuos” (Feinsinger, 2003). La curva de acumulación de especies, se construyó con mínimo de 100 aleatorizaciones según lo sugerido por Jiménez-Valverde y Hortal (2003), y tomando como unidad de muestreo a cada una de las trampas de caída pitfall, independientemente del tipo de cebo que estas contenían y por separado para heces y carroña. Los análisis estadísticos antes mencionados fueron realizados con ayuda de los programas: PAST versión 1,85 (Hammer *et al.*, 2001), Estimate 9.1.0. (Colwell, 2013) y STATISTICA 7.0. (StatSoft, Inc.2004).

La abundancia relativa, constituye el número de individuos de cada especie dividido por la abundancia total registrada en cada punto de monitoreo. Corresponde a la proporción de cada especie dentro de la muestra (*pi*), mismo que se fundamenta en el cálculo de la proporción de individuos (*pi*) en una comunidad o una muestra que pertenecen a la especie *i*:

$$pi=ni/N$$

Dónde:

*ni* = es el número de individuos de una especie

*N* = el número total de individuos de la muestra

En base a  $p_i$  se construyó curvas Rango-Abundancia (curva de Whittaker) en función logarítmica base 10 ( $\log_{10}$ ), estas curvas son herramientas empleadas para el procesamiento y análisis de la diversidad biológica y reflejan todos aspectos ecológicamente importantes de la diversidad como: número de especies, la proporción de los individuos de cada especie ( $p_i$ ), la igualdad o si inverso la dominancia de cada especie, permitiendo identificar especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales o especie abundantes que representen un interés especial de conservación (Feinsinger, 2003; Magurran, 1988). Se clasificó a las especies en cuatro categorías: raras o vulnerables cuando se registren de 1 a 3 individuos, comunes de 4 a 9 individuos, abundantes de 10 a 49 individuos y dominantes o tolerantes de 50 individuos en adelante.

Se realizó un análisis de la importancia ecológica de la comunidad de escarabajos copronecrófagos registrados en la localidad, para lo cual se presenta un análisis de: preferencia alimenticia, con ayuda de la prueba de bondad chi cuadrado ( $X^2$ ) misma que se aplicó aquellas especies que registraron un número de individuos " $n$ "  $\geq$  15. Finalmente se analizó el grupo funcional, donde las especies registradas se clasificaron en tres grupos funcionales de acuerdo a los criterios de Hanski y Cambefort (1991) y Halffter y Edmonds (1982) en función al uso del excremento en su reproducción y alimentación siendo: i) Moradores o endocópridos, son aquellos que se alimentan y se reproducen directamente en el estiércol, sin cavar galerías; ii) cavadores o paracópridos, son aquellos que cavan galerías y construyen su nido directamente debajo del estiércol y iii) Rodadores, aquellos que forman esferas de estiércol, que ruedan lejos para ser enterradas en el suelo.

## **RESULTADOS**

### **Diversidad**

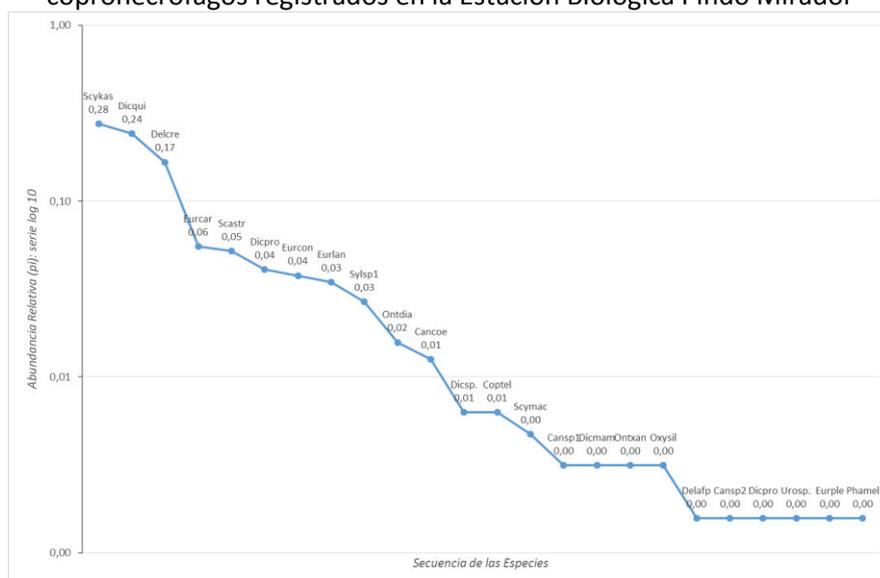
Durante el estudio (6-8 de febrero), se registraron 635 individuos y 24 especies, agrupadas en 13 géneros y cinco tribus de escarabajos copronecrófagos de las cuales el 75 % (18 especies) fueron identificadas a nivel de especie (ver siguiente tabla).

Tabla 1. Lista de especies registrada en la Estación Biológica Pindo Mirador de la Universidad Tecnológica Equinoccial

Tribu	Género	Nombre científico	Código	Total	A Relativa
Dichotomiini	<i>Canthidium</i>	<i>Canthidium coerulescens</i>	<i>Cancoe</i>	8	Común
		<i>Canthidium</i> sp1	<i>Cansp1</i>	2	Rara
		<i>Canthidium</i> sp2	<i>Cansp2</i>	1	Rara
	<i>Dichotomius</i>	<i>Dichotomius quinquelobatus</i>	<i>Dicqui</i>	154	Dominante
		<i>Dichotomius problematicus</i>	<i>Dicpro</i>	26	Abundante
		<i>Dichotomius</i> sp.	<i>Dicsp.</i>	4	Común
		<i>Dichotomius mamillatus</i>	<i>Dicmam</i>	2	Rara
		<i>Dichotomius protectus</i>	<i>Dicpro</i>	1	Rara
	<i>Scatimus</i>	<i>Scatimus strandi</i>	<i>Scastr</i>	33	Abundante
	<i>Uroxys</i>	<i>Uroxys</i> sp.	<i>Urosp.</i>	1	Rara
<i>Ontherus</i>	<i>Ontherus diabolicus</i>	<i>Ontdia</i>	10	Abundante	
Canthonini	<i>Deltochilum</i>	<i>Deltochilum crenulipes</i>	<i>Delcre</i>	106	Dominante
		<i>Deltochilum</i> aff <i>parile</i>	<i>Delafp</i>	1	Rara
	<i>Scybalocanthon</i>	<i>Scybalocanthon kastneri</i>	<i>Scykas</i>	175	Dominante
		<i>Scybalocanthon maculatus</i>	<i>Scymac</i>	3	Rara
<i>Sylvicanthon</i>	<i>Sylvicanthon</i> sp1	<i>Sylsp1</i>	17	Abundante	
Phanaeini	<i>Phanaeus</i>	<i>Phanaeus meleagris</i>	<i>Phamel</i>	1	Rara
	<i>Coprophanaeus</i>	<i>Coprophanaeus telamon</i>	<i>Coptel</i>	4	Común
	<i>Oxysternon</i>	<i>Oxysternon silenus</i>	<i>Oxysil</i>	2	Rara
Onthophagini	<i>Onthophagus</i>	<i>Onthophagus xanthomerus</i>	<i>Ontxan</i>	2	Rara
Eurysternini	<i>Eurysternus</i>	<i>Eurysternus caribaeus</i>	<i>Eurcar</i>	35	Abundante
		<i>Eurysternus contractus</i>	<i>Eurcon</i>	24	Abundante
		<i>Eurysternus lanuginosus</i>	<i>Eurlan</i>	22	Abundante
		<i>Eurysternus plebejus</i>	<i>Eurple</i>	1	Rara

De las especies registradas tres especies fueron consideradas dominantes: *Scybalocanthon kastneri* (n=175), seguida de *Dichotomius quinquelobatus* (154) y *Deltochilum crenulipes* (106). En contraste once especies presentaron entre uno y tres individuos considerándose especies raras en el estudio. La curva rango abundancia muestra una pendiente poco pronunciada, mostrando una comunidad de escarabajos copronecrófagos poco dominante y altamente equitativa, con pocas especies dominantes-abundantes (lado izquierdo de la siguiente figura) e individuos que se reparten equitativa entre las especies (lado inferior derecho).

Figura 1 Curva rango-abundancia (curva de Whittaker) de la comunidad de escarabajos copronecrófagos registrados en la Estación Biológica Pindo Mirador



Fotografía 3. Cuatro individuos de la especie dominante: *Deltochilum crenulipes* en trampa de caída cebada con pescado



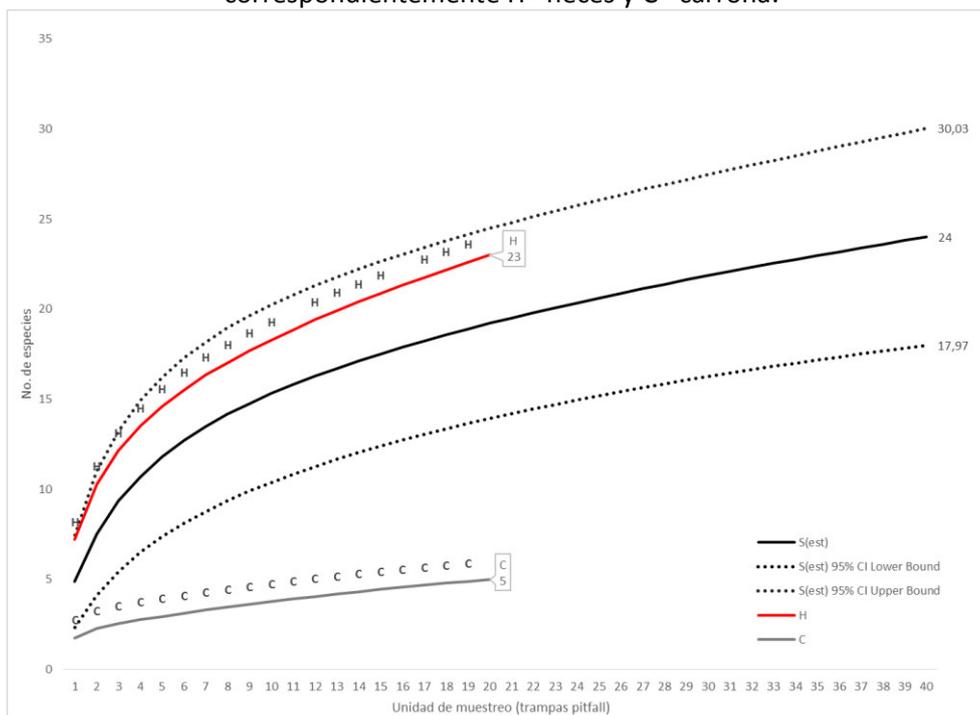
### Indicadores de la Diversidad

Se registraron 24 especies, 635 individuos, que presentaron una equidad media (Shannon  $H'$  log base e = 2,122), y baja dominancia (Simpson =5,359). La curva de acumulación de especies muestra pendientes en fases no asintóticas (sin tendencia a estabilizarse), pudiendo registrarse  $24 \pm 6,03$  Intervalo de confianza al 95% (Ic 95%) especies, posibilitando la presencia de más especies conforme avanza el tiempo de muestreo en campo. La curva para cada una de los cebos usados (heces "H" y carroña "C") tiene un comportamiento similar al antes mencionado pudiendo registrar  $5 \pm 2,3$  (C) y  $23 \pm 5,93$  (H), el número de especies registradas en heces fue significativamente mayor que a las registradas en carroña (ver figura 2).

Tabla 2 Indicadores de diversidad para el sitio de estudio

Indicadores de diversidad	No. Registrado Pindo
Taxa_S	24
Individuals	635
Simpson_1/D	5,359
Shannon_H	2,122

Figura 2 Curva de acumulación de especies para el sitio de muestreo, el Número de especies = "S"; con intervalos de confianza al 95 % = S (est) 95% CI superior e inferior, correspondientemente H= heces y C= carroña.



### Selección del recurso alimenticio

Las especies que registran  $n \geq 15$  fueron analizadas: *Deltochilum crenulipes* ( $n=103$ ), y *Scybalocanthon kastneri* ( $n=171$ ) se registraron en los dos tipos de cebo (heces y carroña). En este sentido usando la prueba del Alpha Manly propuesta por Manly *et al.*, (1972), se evidencia que *Deltochilum crenulipes* con  $n=50$  en carroña y  $n=53$  en heces no selecciona el recurso ( $p > 0,7$ ). La especie *Scybalocanthon kastneri* con (25 en carroña y 149 en heces) muestra preferencia por el recurso heces ( $p < 0,0001$ ). Las especies: *Dichotomius quinquelobatus*, *Eurysternus caribaeus*, *Scatimus strandi*, *Dichotomius problematicus*, *Eurysternus contractus*, *E. lanuginosus*, y *Sylvicanthon sp.*, únicamente fueron registradas en heces (ver Tabla 3).

Tabla 3 Valores de significancia estadística para la prueba de preferencia de recurso en escarabajos copronecrófagos

Nombre científico	Carroña	Heces	Totales	No. De trampas	Valor p de Chi-test	Error Est.
<i>Deltochilum crenulipes</i>	50	53	103	20	0,7675	0,0985
<i>Scybalocanthon kastneri</i>	25	149	174	20	0,0001	0,0532
<i>Dichotomius quinquelobatus</i>	-	154	-	-	-	-
<i>Eurysternus caribaeus</i>	-	31	-	-	-	-
<i>Scatimus strandi</i>	-	33	-	-	-	-
<i>Dichotomius problematicus</i>	-	26	-	-	-	-
<i>Eurysternus contractus</i>	-	24	-	-	-	-
<i>Eurysternus lanuginosus</i>	-	22	-	-	-	-
<i>Sylvicanthon sp.</i>	-	17	-	-	-	-

## Grupo funcional

Analizando la riqueza por grupo funcional, los **Cavadores** representaron el 57 % de la comunidad de escarabajos registrados donde las cuatro especies más representativas fueron: *Dichotomius quinquelobatus*, *Scatimus strandi*, *Dichotomius problematicus* y *Ontherus diabolicus*; en contraste al analizar la abundancia el grupo de los **Rodadores** representaron el 48% de la misma, donde: *Scybalocanthon kastneri* y *Deltochilum crenulipes* fueron las especies mayormente representadas en todo el estudio; finalmente en el gremio de los **Moradores** estuvieron representados por cuatro especies y 82 individuos de un mismo género y siendo *Eurysternus caribaeus* la especie más representativa con 35 individuos (ver Tabla 4).

Tabla 4 Grupos funcionales de los escarabajos copronecrófagos registrados en la Estación Biológica Pindo Mirador

Nombre científico	Cavadores	Moradores	Rodadores
<i>Scybalocanthon kastneri</i>			175
<i>Dichotomius quinquelobatus</i>	154		
<i>Deltochilum crenulipes</i>			106
<i>Eurysternus caribaeus</i>		35	
<i>Scatimus strandi</i>	33		
<i>Dichotomius problematicus</i>	26		
<i>Eurysternus contractus</i>		24	
<i>Eurysternus lanuginosus</i>		22	
<i>Sylvicanthon sp.</i>			17
<i>Ontherus diabolicus</i>	10		
<i>Canthidium coerulescens</i>	8		
<i>Dichotomius sp.</i>	4		
<i>Coprophanaeus telamon</i>	4		
<i>Scybalocanthon maculatus</i>			3
<i>Dichotomius mamillatus</i>	2		
<i>Canthidium sp1</i>	2		
<i>Oxysternon silenus</i>	2		
<i>Onthophagus xanthomerus</i>	2		
<i>Deltochilum aff parile</i>			1
<i>Dichotomius protectus</i>	1		
<i>Phanaeus meleagris</i>	1		
<i>Uroxys sp.</i>	1		
<i>Eurysternus plebejus</i>		1	
<i>Canthidium sp2</i>	1		
<b>Riqueza</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Abundancia</b>	<b>251</b>	<b>82</b>	<b>302</b>

En trampas de intersección únicamente se registraron nueve individuos de cuatro especies: *Eurysternus caribaeus* (4), *Deltochilum crenulipes* (3), *Onthophagus xanthomerus* (1), y *Scybalocanthon kastneri* (1). Finalmente en tramas pitfall cebadas con carroña se registraron dos individuos de la subfamilia Ceratocanthinae (tribu: Ceratocanthini) identificados como *Germarostes sp.*

## DISCUSIÓN

El número de especies registradas en Pindo Mirador en comparación con estudios realizados en la Amazonía ecuatoriana es considerado baja: ya que se han registrado 60 especies en los bosque piemontanos del bosque protector Oglán en la provincia del Pastaza (Chamorro *et al.*, en prep), 69 especies en la Estación Chiruisla, Ecuador (Carpio *et al.*, 2009), 83 especies para Untsuant y 63 especies para Angel Roubly en la Cordillera del Cutucú, Ecuador (Celi *et al.*, 2004). Por otro lado el número de especies es mayor a lo registrado por Luzuriaga (2013) en la misma localidad registrando 17 especies, y a lo registrado por Forsyth y Spector (1997), con 18 especies en dos localidades ubicadas entre los 1.000 a 1.500 metros, en la Cordillera del Cóndor al sur de la Amazonía Ecuatoriana. Estas diferencias registradas en la riqueza de especies del presente estudio y los ya mencionados, se atribuyen a varios factores (factores alineados o de variación), mismos que inciden en estas diferencias, siendo el: i) el nivel de esfuerzo de muestreo ha sido superior en todos los estudios citados, ii) la gran de variabilidad climática (temperatura, humedad, altitud, luminosidad), ecosistemita, y específicamente en la diversidad de este grupo de escarabajos en las zonas Neotropicales (Hanski y Cambefort 1991; Carpio *et al.* 2009; García *et al.*, 2014 Kricher 2010), iii) las diferencias en variabilidad en usos y tipos del suelos, y iv) el azar que cada una de las especies tuvo para ser observada y/o registrada en el inventario durante el trabajo de campo.

Considerando las diferencias altitudinales, en especial en estudios realizados en la llanura amazónica deben consecuentemente presentar mayor diversidad a la registrada en una localidad de bosque piemontano (este estudio), ya que son consecuencia de la conjunción de variables siendo un comportamiento ya referido en Escobar *et al.*, (2007).

Las 24 especies registradas representan al 11,3% de las especies registradas para el Ecuador (212) (Chamorro en prep.) y al 1.8 % de las especies descritas para la Región Neotropical (~1300) (Escobar, 2000b). Únicamente, *Scybalocanthon kastneri*, es considerada especie endémica para el Ecuador Continental (Fotografía 4).

El valor de riqueza registrado en la localidad, constituye aproximadamente el 75% de la riqueza que correspondería al gradiente altitudinal entre 1000 y 1200 msnm (~32 especies) (Escobar 2000b), información que concuerda con la presencia de curvas de acumulación de especies en fases no asintóticas, evidenciando que, eventualmente se podrán registrar nuevas especies conforme se avance en el trabajo de campo. En este sentido los resultados obtenidos sugieren la presencia de una saludable comunidad de escarabajos copronecrófagos en el área de estudio, ya que en América Tropical, la sombra de la cubierta vegetal y su influencia sobre las condiciones microclimáticas sobre el suelo son más importantes que una gran abundancia de comida (Halffter, 1991 en Escobar *et al.*, 2007).

Analizando la selección del recurso alimenticio, la especie *Deltochilum crenulipes*, no mostró preferencias alguna entre los recursos heces y/o carroña, esta especie es típicamente considerada necrófaga y ha sido evidenciado en monitoreos a mediano plazo donde su selección del recurso puede variar estacionalmente (Chamorro *et al.*, en prep). La especie *Scybalocanthon kastneri*, es considerada coprófaga al menos durante el tiempo de estudio siendo necesario ampliar los períodos de muestreo para determinar selectividad estacional con mayor grado de certeza, el alto número de registros en un tiempo muy corto (n=175) permitió un acertado análisis, y, en comparación con estudios anteriores donde su registro ha sido bajo (n=2 en Chamorro *et al.* en prep; y 167 en Celi *et al.*, 2004), en un periodo de muestreo mucho más amplio al presente estudio. Las especies: *D. quinquelobatus*, *E. caribaeus*, *Scatimus strandi*, *D. problematicus*, *E. contractus*, *E. lanuginosus* y *Sylvicanthon* sp., únicamente fueron registradas en heces y al igual que las especies antes mencionadas el uso

del recurso alimenticio podría variar estacionalmente, en este sentido la información generada sobre selección del recurso es aun preliminar y responde únicamente al lugar y momento en que se realizó el estudio

Fotografía 4 *Scybalocanthon kastneri*, especie endémica para el Ecuador continental



Los grupos funcionales mostraron concordancia con estudios previos, ya que los cavadores (15 especies) fueron los que mayor riqueza presentaron y los rodadores (302 individuos) los de mayor abundancia, situación esperada en los Neotrópicos, donde la gran mayoría de los escarabajos coprófagos son cavadores o rodadores (Chamorro *et al.*, en prep, Feer, 2000; Luzuriaga 2013).

Entre las especies que se registraron con mayor frecuencia (dominante-abundante): *Dichotomius quinquelobatus*, *Deltochilum crenulipes* y *Eurysternus caribaeus* son relativamente corpulentas y de amplia distribución geográfica, ya que manifiestan la capacidad de regular su temperatura interna y de permanecer activos en temperaturas ambientales bajas (Forsyth & Spector, 1997).

#### **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Arnaud, P. 2002. Phanaeini. Coléoptères du Monde, Hillside books, Canterbury. 151 pp.
- Bates H.W. 1870. On a new genus and some new species of Copridae. Transactions of the Entomological Society of London: 173-18.
- Camacho, R.A. 1999. Usos de las cercas vivas por parte de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un ambiente fragmentado del piedemonte llanero, Meta, Colombia. Tesis de Grado Pontificia Universidad Javeriana, Carchi-Ecuador.
- Carpio, C., D. A. Donoso, G. Ramón y O. Dangles. 2009. Short term response of dung beetle communities to disturbance by road construction in the Ecuadorian Amazon. Annales de la Société Entomologique de France (N. S.) 45(4): 455-469.
- Celi, J., E. Terneus, I. Yépez y A. Dávalos. 2002. Monitoreo del aprovechamiento forestal con escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae) en el Chocó ecuatoriano, Esmeraldas, Ecuador. En S. De la Torre and G. Reck, editores. I Congreso de Ecología y Ambiente. Ecuador País Megadiverso. Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Celi, J., E. Terneus, J. Torres y M. Ortega. 2004. Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) Diversity in an altitudinal gradient in the Cutucú Range, Morona Santiago, Ecuadorian Amazon. Lyonia, Volume 7(2), 37-52.

- Cook, J. 1998. A revision of the Neotropical genus *Bdelyrus* Harold (Coleoptera: Scarabaeidae). *Can. Entomol.* 130: 631 - 689.
- Colwell, R. K. 2006. Estimate S: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version. Persistent URL [«pur.oclc.org/estimates»](http://pur.oclc.org/estimates).
- Edmonds, W. D. 1994. Revision of *Phanaeus* Macleay, a New World genus of scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science* No. 443: 1105.
- Enríquez, T. y G. Onore. 2001. Análisis de la entomofauna copro-necrófaga (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) y comparación de su diversidad en tres tipos de hábitats en el Bosque Nublado Otonga. En: *Epiphytes and Canopy Fauna of the Otonga Rain Forest (Ecuador)*. Volkswagen Foundation (2/2): 261-274. Jürgen Nieder & Wilhelm Barthlott, Bonn, Germany.
- Escobar, F. 1994. Excrementos, coprófagos y deforestación en bosques de montaña al sur occidente de Colombia. Tesis de grado, Universidad del Valle, Cali.
- Escobar, F., J. M. Lobo y G. Halffter. 2005. Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. *Global Ecology and Biogeography* 14:327-337.
- Escobar, F., G. Halffter & L. Arellano. 2007. From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography* 30. 193 – 208.
- Favila, M.E. y G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoologica Mexicana* 72: 1 – 25.
- Feinsinger, P. 2003. El Diseño de estudios de Campo para la Conservación de La Biodiversidad. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Pp 242.
- Forsyth, A. y S. Spector. 1997. The coprophagous Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) community of the Cordillera del Cóndor. En *Conservation-International*. (ed.). *The Cordillera del Cóndor region of Ecuador and Perú: a biological assessment*. Rapid Assessment Program, Quito.
- Genier, F. 1996. A revision of the Neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Mem. Entomol. Soc. Canada*, 170, pp. 1-169.
- Genier, F. 2009. Le Genre *Eurysternus* Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini) revisión taxonomique et clés de détermination illustrées. *Pensoft Serie Faunistica* No. 85, pp. 430.
- Halffter, G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) *Folia Entomológica Mexicana* 82:195-238.
- Halffter, G. y E.G. Matthews. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) *Folia Entomológica Mexicana* 12:1-312.
- Halffter, G. and A. Martínez. 1977. Revisión monográfica de los *Canthonina* americanos, IV parte. Clave para géneros y subgéneros. *Folia Entomológica Mexicana* No. 38:29–107.

Halffter G. y M.E. Favila. 1993 The Scarabaeinae an Animal Group for Analysing, inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified Landscapes *Biology International* 27:15-21

Hanski, I. y Y. Cambefort. 1991. *Dung beetle ecology* Princeton University Press, New Jersey.

Howden, H.F. y V.G. Nealis. 1975. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera) *Biotropica* 7 (2):77-83.

Jiménez-Valverde A., y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Vol 8. Pp. 151-161.

Kohlmann, B. and M. A. Morón. 2003. Análisis Histórico de la Clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea y Lamellicornia. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s), 90: 175-280 pp.

Kricher, J. 2010. *A neotropical companion: an introduction to the animals, plants and ecosystems of the New World tropics*. Princeton University Press 1997.

MAE-Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013a. Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bosques Protectores y programa Sociobosque. Shapes con información cartográfica.

MAE-Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013b. Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría del Patrimonio Natural. Quito

Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 179 pp.

Manly, B. F. J., P. Miller, and L. M. Cook. 1972. Analysis of a selective predation experiment. *American Naturalist* 106:719-736.

Medina, C. y A. Lopera. 2001. Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22(2): 299-315 pp.

Medina, C., A. Lopera-Toro, Vitolo A., y B. Gill. 2001. Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana* 2 (2): 131-144.

Nichols, E., S. Spector, J. Louzada, T. Larsen, S. Amezcuita, M.E. Favila, and The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* 141: 461–1474.

Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. Wiley Interscience. Nueva York, 159.

Pielou, E. C. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley Interscience. Nueva York, 385 p.

Sarmiento-Garcés R. and G. Amat-García. 2009. Escarabajos del género *Dichotomius* Hope 1838 (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Amazonía colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 33 (127). 285 - 296.

Scarabaeina Dung Beetles. 2015.

StatSoft, Inc. (2004). *STATISTICA* (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Sierra, R. (ed.) 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG y EcoCiencia, Quito. 194 pp.

Vaz-de-Mello F. Z., Edmonds W.D., Ocampo F.C and Schoolmeesters P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World. Zootaxa 2854:1-73.

## ANEXOS



*Participantes en el levantamiento de información en la estación Biológica Pindo Mirador*



*Coprophanaeus telamón*



*Eurysternus caribaeus*



*Dichotomius quinquelobatus (teneral)*



*Dichotomius quinquelobatus*



*Dichotomius mamillatus*



*Scybalocantho kastneri*



*Deltochilum crenulipes*



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-59

**Título del trabajo:** Evaluación del extracto de la corteza de especies de eucaliptos para crema antioxidante.

**Autor (es):** Yerandi Reyes Fajardo, Juan Carlos Díaz Gispert; Juan Carlos Díaz Peña, Uvaldo Orea Igarza; Elena Cordero Machado; Avilio A. Martínez Seara

**Ponente (s):** Yerandi Reyes Fajardo

**E-mail:** [yerandi.reyes@nauta.cu](mailto:yerandi.reyes@nauta.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

La obtención de productos de valor agregado a partir de cortezas de especies forestales constituye un singular aspecto en cuanto a desechos de origen forestal, por la gran acumulación que se produce en la Industria de la Elaboración Primaria de la Madera y que provoca serios problemas ambientales y legales. Con el propósito de aprovechar un recurso que en la actualidad es fácilmente obtenido en bosques y en poblaciones de árboles, se realiza un estudio de las especies *E. saligna*, *E. citriodora* *E. pellita*, comprobándose la presencia de compuestos polifenólicos considerados las sustancias de origen 100 % natural, que suministrados al organismo, elevan la capacidad antioxidante del mismo al eliminar el exceso de especies reactivas presentes. Los antecedentes del empleo de disoluciones alcalinas, sustentaron la extracción con NaOH al 1 y al 2 %, durante 30 minutos a escala de Laboratorio y en un extractor sólido-líquido. Los resultados muestran que la mayor concentración de polifenoles se obtuvo al aumentar la concentración alcalina de 1 a 2 % a escala de laboratorio. Por comparación con los resultados reportados en la literatura, se encuentra que el procedimiento aplicado en el laboratorio en proporciones 1:100 es susceptible de ser utilizado para el aprovechamiento de este recurso en un biopreparado antioxidante. El empleo de extractos de corteza en la prevención y tratamiento de diferentes patologías dérmicas, principalmente por su capacidad epitelizante, antifúngico, antiúlceros y antioxidante, confirma que dichos extractos contienen cantidades apreciables de componentes con actividad biológica, susceptible de ser utilizado para el aprovechamiento de este recurso en un biopreparado antioxidante (crema antioxidante).

## INTRODUCCION

La naturaleza de la cotidianidad a que están sometidas las personas, depara continuos estados de tensión, que sin darnos cuenta nos provocan diversos grados de estrés, cuyas manifestaciones internas desembocan en un estado de desbalance psicológico causado por factores de cambio en la vida no importando si es bueno o malo, real o imaginario. Esta singular tensión, es desencadenante de reacciones de ansiedad y angustia, que se manifiestan de variadas maneras, tales como: dolores de cabeza, cuello y espalda, erupciones en la piel, problemas articulares, aborrecimiento y muchas otras señales que de cierta manera son necesarias para el desarrollo de la personalidad, mientras sean controladas. , una vez que escapan de nuestra vigilancia se traducen en los síntomas ya señalados y por consiguiente causan daños a la salud.

La literatura científica reconoce las variadas formas en que se tipifica al estrés, siendo uno de los más actuales y estudiados el llamado estrés oxidativo, que se origina a partir del desbalance existente entre los sistemas oxidantes del organismos (productores de especies reactivas) y los antioxidantes. Si este desequilibrio favorece la producción excesiva de las especies reactivas (radicales libres) o existe un debilitamiento de los sistemas antioxidantes, es que aparece el estrés oxidativo.

Más de 100 enfermedades <sup>(1,2)</sup> (cardiovasculares, endocrinas, trastornos gástricos respiratorias, etc.) han sido reportadas a partir del ataque de especies reactivas por exceso de las mismas, sobre sustancias localizadas en las células (lípidos, proteínas y ADN), dando lugar al desencadenamiento de trastornos y acontecimientos bioquímicos, que originan la aparición o agravamiento de una enfermedad o de alterar el desempeño físico y/o psíquico de un individuo aparentemente sano.

La relación existente entre el estado de salud de una persona y la concentración de radicales libres, es hoy científicamente aceptado y discutido ampliamente en eventos destinados precisamente al tema, lo que ha originado la aparición de miles de productos “antioxidantes”, tendientes a mejorar el estado de salud de quien lo consume, al disminuir la concentración de radicales libres en el organismo humano, atenuar y /o erradicar los daños ocasionados al organismo.

El conocimiento existente sobre la capacidad “antioxidante” de PFNM tales como “corteza de especies de eucaliptus” , proveedores de sustancias estimulantes de origen 100 % natural tales como polifenoles (incluyendo flavonoides y taninos como mayoritarios) seguidos de terpenoides, azúcares libres, ácidos grasos insaturados ) reparadoras de mecanismos endógenos al daño causado a consecuencia de la agresión de radicales libres y el aporte de sustancias químicas incrementadoras de la disponibilidad de secuestro de radicales existentes en exceso, unido al interés creciente por la elevación de la Salud de hombre y mejoramiento de la calidad de vida, respaldan el siguiente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de corteza fueron obtenidas del fuste comercial de las especies Eucaliptus saligna Smith, Eucalyptus citriodora Hook y Eucalyptus pellita F. Muel de la EFI de Macurije y de Guanahacabibes, con un diámetro medio de 27 cm para la especie E. pellita F. Muell superior al de las otras especies, no siendo así para la altura media y el número de árboles por hectárea .Los resultados fueron obtenidos por extracción con NaOH al 1 % y al 2 % y a 30 minutos de extracción a escala de laboratorio y en un extractor sólido – líquido.

Tabla # 1.- Potencialidades de la corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel en la extracción con NaOH al 1 % y al 2 % y a 30 minutos de extracción a escala de laboratorio y en un extractor sólido – líquido.

		E. saligna Smith	E. citriodora Hook	E. pellita F. Muel
E. Laboratorio (1:100)	NaOH al 1 %	422.8 kg./T	357.5 kg./T	324.0 kg./T
	NaOH al 2 %	438.7 kg./T	398.7 kg./T	341.3 kg./T
Extractor S/L (1:10)	NaOH al 1 %	143.0 kg./T	142.0 kg./T	130.0 kg./T
	NaOH al 2 %	165.0 kg./T	160.0 kg./T	147.0 kg./T

En la Tabla # 1 se muestran las potencialidades de la corteza expresadas en kg. /T para las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel en la extracción con NaOH al 1 % y al 2 % a 30 minutos de extracción, en un extractor S/L y a escala de laboratorio.

Las potencialidades que presenta la corteza para la extracción a 30 minutos en NaOH al 1 % y al 2 % a escala de laboratorio en proporciones 1:100 muestra la tendencia aumentar cuando varía la concentración de NaOH de 1 a 2 % en cada una de las especies siendo *Eucalyptus saligna* Smith la que presenta mayores potencialidades.

A una escala mayor, o sea en un extractor sólido – líquido (1:10), la tendencia es similar, al aumentar las concentraciones de NaOH aumentan las potencialidades de la corteza del fuste comercial en este surtido para las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel para un tiempo de extracción de 30 minutos. Esto sugiere que las extracciones en proporción 1:100 puede ser empleada para la obtención de fenoles totales y en la escala 1:10 para la obtención de taninos con mayor grado de pureza.

Tabla # 2.- Volumen de corteza del fuste comercial de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel

Especie	$\bar{d}$	$\bar{b}$	$\bar{h}$	$\bar{G}$	Vcc	Vsc	Vc	N/ha
<i>E. saligna</i> Smith	24,0	1,3	24,0	4,5206	357,3069	282,8536	74,4533	1140
<i>E. citriodora</i> Hook	23,5	1,3	25,2	5,2436	348,3540	274,3085	74,0455	1440
<i>E. pellita</i> F. Muell	27	1,2	21,9	3,7066	232,4340	194,6439	37,7901	766,7
U/M	cm	cm	m	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	

\*b – grosor de corteza.

\* Para parcelas de 500 m<sup>2</sup>.

En la Tabla # 2.- Se muestran los volúmenes de corteza del fuste comercial de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel. Se evidencia que la especie más promisoría para la obtención de este surtido es *Eucalyptus saligna* Smith seguida de *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel. El diámetro medio de *Eucalyptus pellita* F. Muel resulta mayor que el de las otras especies no ocurriendo lo mismo para la altura media y el número de árboles por hectáreas. No existen diferencias en cuanto al valor medio del grosor de corteza de *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus citriodora* Hook, siendo mínimas para y *Eucalyptus pellita* F. Muel. Esta diferencia si cobra importancia vista ya en los volúmenes de corteza por hectáreas, donde *Eucalyptus pellita* F. Muel muestra aproximadamente el 50 por ciento de las potencialidades de corteza de *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus citriodora* Hook. Estas variaciones pueden estar influenciadas por el número de árboles por hectáreas, los que muestran grandes diferencias y más para la especie *Eucalyptus pellita* F. Muel.

A una escala mayor, o sea en un extractor sólido – líquido (1:10), la tendencia es similar, al aumentar las concentraciones de NaOH aumentan las potencialidades de la corteza del fuste comercial en este surtido para las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel para un tiempo de extracción de 30 minutos. Esto sugiere que las extracciones en proporción 1:100 puede ser empleada para la obtención de fenoles totales y en la escala 1:10 para la obtención de taninos con mayor grado de pureza.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

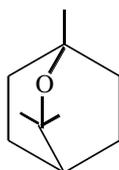
### **Caracterización química de la corteza**

La composición química del eucalipto es similar a la reportada por SOOD VK, RIER JR JP, GHOSH RC (1987), FERNANDEZ RR, SURI RK,( 1981), SHEN YB, YU Z, (1986) y ATAL CK, SRIVASTAVA JB, WALI BK, CHAKRAVARTY RB, DHAWAN BN, RASTOGI RP( 1978) Las diferencias encontradas dependen del tipo de biomasa, el lugar de crecimiento, los fertilizantes usados, el tiempo de cosecha y las condiciones de almacenamiento (de Boer y den Uil 1997).

Aceite esencial (0,5-3,5%): Compuesto principalmente por 1,8-cineol o eucaliptol (óxido terpénico) en una concentración del 70-80%. También son importantes los monoterpenos ( $\alpha$  y  $\beta$ -pineno, d-limoneno, p-cimeno,  $\alpha$ -felandreno, canfeno y  $\gamma$ -terpineno), los sesquiterpenos (aromadendreno, alloaromadendreno, globulol, epiglobulol, eucaliptona, ledol, macrocarpalos H, I, J y viridiflorol) y demás compuestos minoritarios (aldehidos y cetonas).

El contenido en aceite esencial tiene un pico máximo en las hojas basales de los brotes, mientras que el contenido en cineol aumenta con la edad de la hoja y alcanza su máximo en hojas adultas de tallos ya lignificados. Los compuestos de aldehído le dan un olor desagradable y es por ese motivo que se purifica.

La calidad medicinal del aceite esencial de eucalipto se encuentra especificada por estándares definidos de la BP, USP y otras farmacopeas, en relación a su contenido en cineol, así como su uso en perfumería. Sólo un número limitado de especies (de las casi 500 existentes) contienen una alta composición de cineol con un rendimiento deseable para su explotación comercial (Boland D. et al., 1991).



### **1,8 - cineol (eucaliptol)**

Flavonoides: eucaliptrin, hiperósido, quercetina, quercitrina y rutina.

Otros: taninos (2-4%) y ácidos asociados (gálico, protocatéquico), ácidos polifenólicos (ferúlico, cafeico y gentísico), resina (rica en taninos), ceras, ácido ursólico y derivados. De la corteza se han aislado cuatro ramnósidos del ácido elágico.

Los taninos son los que se encuentran en mayor proporción, estos compuestos son derivados del ácido gálico, se presentan como polvo amorfo, brillante y débilmente amarillo, como escamas brillantes o como una masa esponjosa. Se oxidan fácilmente, son inodoros, y de sabor agrio, son solubles en agua, alcohol y acetona, y casi insolubles en benceno, cloromorfo, éter dietílico y éter de petróleo

#### **Selección del método**

Los resultados de las técnicas practicadas permiten aseverar que las extracciones en proporción 1:100 puede ser empleada para la obtención de fenoles totales y en la escala 1:10 para la obtención de taninos con mayor grado de pureza, en la que destaca por sus resultados la especie *Eucalyptus saligna* Smith la que por coincidencia es la de mayor interés en la provincia atendiendo al número de hectáreas sembradas (171,1).

Los extractivos de la corteza pueden ser divididos en constituyentes lipofílico e hidrofílicos. El constituyente lipofílico se extrae con solventes no polares (éter y Diclorometano), constituidos de ceras, terpenoides y alcoholes alifáticos. Terpenos y ácidos resinosos están localizados en la resina presente en la corteza. Algunas especies presentan cantidades de triterpenoides. (Sjostrom, E., 1981 *Wood Chemistry Fundamentals and Applications*. pp. 98-103).

Los antecedentes del empleo de disoluciones alcalinas como el NaOH para la extracción de los compuestos fenólicos pueden encontrarse en las patentes US Pat. Nº 4, 200,723 y US. Pat. Nº 4, 201,851, donde se plantea la utilización de soluciones alcalinas de NaOH, KOH y solución amoniacal para la extracción de compuestos fenólicos a partir de la cáscara de maní y otros desechos de la industria agrícola poniendo ejemplos de estos residuos agrícolas sin hacer referencia a las cortezas de especies de *eucalyptus*, refiere tiempos de 24-72 horas de inmersión del material

#### **Beneficios para la Salud**

Los polifenoles entre los que se encuentran los flavonoides y taninos consumidos por el hombre le protegen del daño de los oxidantes, como los rayos UV (cuya cantidad aumenta en verano); la polución ambiental (minerales tóxicos como el plomo y el mercurio); algunas sustancias químicas presentes en los alimentos (colorantes, conservantes, etc.). Se afirma que en el cuerpo humano estos compuestos fermentan activados por las bacterias que habitan en

nuestro sistema digestivo, creando metabolitos que pueden ser beneficiosos, por ejemplo, por su actividad antioxidante.

Las investigaciones indican que los polifenoles pueden tener capacidad antioxidante con potenciales beneficios para la salud, tanto en personas presuntamente sanas con factores de riesgo (ambientales, nutricionales o etarios) como en personas sometidas a periodos de elevado estrés físico o psíquico por enfermedades crónicas o transmisibles.

El principio activo (polifenoles, fracción mayoritaria) presente en la corteza de las especies estudiadas reduce el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y cáncer.<sup>[3]</sup> Su importancia estriba en que son consideradas hoy como las principales sustancias antioxidantes que existen, siendo su fuente principal las semillas de la uva (*Vitis vinífera*) y la corteza del pino marítimo francés (*Pinus marítima*).

## **CONCLUSIONES**

La literatura científica reconoce las variadas formas en que se tipifica al estrés, siendo uno de los más actuales y estudiados el llamado estrés oxidativo, que se origina a partir del desbalance existente entre los sistemas oxidantes del organismos (productores de especies reactivas) y los antioxidantes. Si este desequilibrio favorece la producción excesiva de las especies reactivas (radicales libres) o existe un debilitamiento de los sistemas antioxidantes, es que aparece el estrés oxidativo.

Más de 100 enfermedades (cardiovasculares, endocrinas, trastornos gástricos respiratorias, etc.) han sido reportadas a partir del ataque de especies reactivas por exceso de las mismas, sobre sustancias localizadas en las células (lípidos, proteínas y ADN), dando lugar al desencadenamiento de trastornos y acontecimientos bioquímicos, que originan la aparición o agravamiento de una enfermedad o de alterar el desempeño físico y/o psíquico de un individuo aparentemente sano.

La relación existente entre el estado de salud de una persona y la concentración de radicales libres, es hoy científicamente aceptado y discutido ampliamente en eventos destinados precisamente al tema, lo que ha originado la aparición de miles de productos “antioxidantes”, tendientes a mejorar el estado de salud de quien lo consume, al disminuir la concentración de radicales libres en el organismo humano, atenuar y /o erradicar los daños ocasionados al organismo.

El conocimiento existente sobre la capacidad “antioxidante” de PFM proveedores de sustancias estimulantes, reparadoras de mecanismos endógenos al daño causado a consecuencia de la agresión de radicales libres y el aporte de sustancias químicas incrementadoras de la disponibilidad de secuestro de radicales existentes en exceso, unido al interés creciente por la elevación de la Salud de hombre y mejoramiento de la calidad de vida, hacen factible la obtención de un biopreparado para la piel que actúa sobre su deterioro y demás daños, asociados al estrés oxidativo a partir del extracto de corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus pellita* F. Muel.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-64

**Título del trabajo:** Gestión histórica y uso actual del suelo en bosques naturales y la lucha contra el cambio climático: caso de estudio Bosque Protector Aguarongo, Azuay- Ecuador.

**Autor (es):** Fredi Leonidas Portilla Farfán, Vanessa Contreras, Daniel Zumba, Paola Criollo, Pablo Parra, Elizabeth Lomas

**Ponente (s):** Daniel Estuardo Zumba Arichávala, Paola Andrea Criollo Quito

**E-mail:** [dzumbaa@est.ups.edu.ec](mailto:dzumbaa@est.ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La presente investigación encontró datos históricos en cuanto a la gestión, uso y cobertura del suelo en el Bosque Protector Aguarongo (BPA), localizado en la provincia del Azuay – Ecuador; en lo que se refiere a técnicas, tecnologías y tradiciones ancestrales de la gestión del suelo. Utilizando como metodología la investigación bibliográfica, así como la observación in situ, la ejecución de encuestas a los usuarios del bosque y la aplicación de sistemas de información geográfica para la obtención de mapas temáticos, logrando los siguientes resultados: el bosque constituye un medio de subsistencia para las comunidades aledañas ya que obtienen recursos maderables y medicinales del mismo tomando en cuenta que históricamente las comunidades se han dedicado a la siembra de especies como, maíz, arveja, papas y árboles frutales, para consumo familiar y menor proporción para el mercado local; también la población ha buscado formas de recuperar el terreno erosionado, predominando la siembra de barreras vivas como método preferido. La búsqueda de terrenos fértiles y la obtención de pasto para vacas y ovejas que son de las especies predilectas para ganadería, influyen también en el avance de la frontera agrícola y ganadera que provoca pérdida de suelo, lo cual se traduce en erosión, misma que afecta la estabilidad del bosque, aportando esto al cambio climático. El aporte de esta investigación es la generación del mapa de uso y cobertura de suelo, mapa de pendientes, mapa de unidades ambientales y mapa de capacidad de acogida que sirven para el análisis de la evolución del uso del suelo en el BPA como base para la toma de decisiones de los GAD's correspondientes en cuanto a la mitigación y la conservación de espacios naturales en la lucha contra el cambio climático.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-68

**Título del trabajo:** Impacto ambiental del cambio de uso del suelo sobre los parámetros edáficos en la Reserva de Biosfera Sumaco, provincia de Napo.

**Autor (es):** Alex Gary Díaz Villarruel, Carlos Bravo Medina, Alexandra Torres

**Ponente (s):** Alex Gary Díaz Villarruel

**E-mail:** [alexgary\\_az@hotmail.com](mailto:alexgary_az@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Estatal Amazónica

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La reserva de Biosfera Sumaco constituye uno de los espacios geográficos de mayor importancia para la conservación de los Bosques y servicios ecosistémicos en el Ecuador. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el impacto ambiental del cambio de uso de la tierra sobre algunos parámetros edáficos en la reserva de biosfera Sumaco, provincia Napo. Se compararon diferentes usos de la tierra como Pasto gramalote con árboles (PGCA), Pasto miel sin árboles (PMSA), Naranjilla (Na) con respecto al Bosque intervenido. Como parte del diagnóstico ambiental, se midieron parámetros físicos (Densidad aparente, la distribución de tamaño de poros, porosidad de aireación y porosidad de retención), químicos (carbono orgánico total, pH, el nitrógeno total, Fosforo, y las bases cambiables Ca, Mg, K) y biológicos del suelo (respiración edáfica, respiración basal y número de lombrices), biomasa, diversidad de especies arbóreas en cada uno de los usos de tierra seleccionados. Los resultados sugieren que el cambio de uso de la tierra produjo alteraciones en los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, mostrando mejor comportamiento el bosque con respecto al resto de los usos. Indistintamente del uso de la tierra, los índices estructurales muestran una adecuada condición física del suelo, confirmando que el problema de degradación en la zona no es la compactación sino la erosión hídrica. Se demuestra el potencial de secuestro de Carbono de los sistemas agroforestales, los cuales favorecen otros servicios ecosistémicos asociados a la alta presencia de materia orgánica como la fertilidad y estructura del suelo.

**Palabras claves:** Uso de la Tierra, secuestro de carbono, Amazonía, suelo

## INTRODUCCIÓN

La reserva de biosfera Sumaco, por su diversidad biológica, alto endemismo y elevada productividad hídrica hacia la baja Amazonia, pasó a formar parte del sistema nacional de áreas protegidas (SNAP) desde 1994, con una superficie de 931.930 hectáreas y a ser administrado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2007).

se encuentra distribuida geográficamente en tres provincias de la Amazonia Ecuatoriana, Napo, Orellana y Sucumbíos, ubicándose al pie de la rama oriental de la cordillera de los Andes, que va desde el páramo andino hasta la selva tropical, con una altitud de 400m hasta 3732 m, en lo más alto que es el volcán Sumaco,. Incluye seis pisos térmicos y una precipitación que oscila desde los 2000 mm hasta los 6000 mm al año (MAE, 2013).

Existen dos cuencas hidrográficas importantes, la del río Napo y río Coca, en donde la mayor parte de sus aguas son de tipo turbias o “aguas blancas” debido la gran cantidad de sedimentos arcillosos arrastrados de las cuencas altas, fruto de la erosión de sistemas agroforestales con un mal manejo (Casanova, 2005).

Se estima que en el Ecuador alrededor de 400 hectáreas de suelo al año se pierden por causa de la erosión provocada por la intervención antropogénica descontrolada al momento de querer aprovechar el recurso suelo, mediante producciones agrícolas y agroforestales sin tener un manejo adecuado (De la Fuente *et al.*, 2008).

Esta investigación se enmarca dentro de dos proyectos, uno relacionado Ganadería sostenible y reconversión productiva en la Amazonía ecuatoriana, bajo un modelo de buenas prácticas y reducción de emisiones y otro con sustentabilidad y calidad de suelo del programa Prometeo, ambos en convenio con la Universidad Estatal Amazónica (UEA). Ambos proyectos tienen como objetivo central realizar un diagnóstico de la situación ambiental, que sirva de base para la elaboración de un plan de gestión a nivel de finca. Dentro del componente ambiental se incluye el estudio de la calidad del suelo mediante la evaluación de una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que permitan definir la influencia que puede tener el cambio de uso del suelo en un ecosistema tan frágil como el Amazónico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar impacto ambiental del cambio del uso del suelo sobre los parámetros edáficos, en la reserva de biosfera Sumaco, Provincia de Napo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de intervención donde se realizó el estudio es la parroquia de Pacto Sumaco que se encuentra ubicado al pie de la zona baja , a la entrada del Parque Nacional Sumaco-Napo-Galeras, que es el volcán Sumaco, con una altitud de 1500 m, es un bosque húmedo tropical (Henninger, 2003). La parroquia de Pacto Sumaco que se encuentra en la zona baja del volcán Sumaco, cuenta con un clima cálido húmedo, con una temperatura media en el día de 28°C y en la noche de 18°C, con precipitaciones que van desde los 2000 mm y 4000 mm anuales (MAE, 2007).

Para la recolección de la información de campo se usó un esquema de muestreo sistemático que cubra toda la variabilidad de la unidad experimental (Uso del suelo). En cada uso del suelo se estableció cinco subparcelas de 10 x10 m para un área de 100 m<sup>2</sup>, sobre las cuales se determinaron una serie de parámetros de suelo (física, química y biológica) y de cultivo, tal como se muestra en la figura 1. Se seleccionó los usos más representativos de la zona de estudio, entre ellos: Pasto miel (*Paspalum dilatatum*) sin árboles, pasto con árboles, naranjilla

(*Solanum quitoense*) y bosque como uso de referencia de manera de comparar el impacto del cambio de uso sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Una finca para cada uso de suelo mencionado dando un total de 4 fincas.

Se tomarán muestras a diferentes profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm una por cada punto de la subparcela dando 15 muestras por finca. Con un total de 60 por las 4 fincas mencionadas.

En la determinación de parámetros físicos del suelo se usó muestras no alteradas con cilindros de 5 cm de altura x 5 cm de diámetro recolectados con un toma muestra tipo Uhland, en los cuales se medirán la siguientes variables: Densidad aparente ( $D_a$ ) usando el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986); la distribución de tamaño de poros (Pt: porosidad total), porosidad de aireación (Pa: poros de radio  $>15 \mu\text{m}$ ) y porosidad de retención se medirá usando la mesa de tensión a saturación y a un potencial mátrico de -10 kPa (Blake y Hartge, 1986). La conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) mediante el método de carga variable, siguiendo el método descrito en Pla (2010).

De los análisis químicos se determinó el carbono orgánico total (COT) mediante el método de digestión húmeda Walkley y Black (Nelson & Sommer, 1982). Para medir El pH se usará el método potenciométrico con una relación suelo-agua 1:2,5), el nitrógeno total será determinado por el método de Keldan y contenido de Fósforo (P), Azufre (S) y las bases cambiables (Ca, Mg, K), serán medidos por la metodología de Olsen modificado (Bertsch, 1995).

De Parámetros Biológicos se midió la respiración basal usando muestras de suelo tamizadas por una malla de 2 mm, sin raicillas y humedecidas entre el 40 - 60% de su capacidad de campo (Alef & Nannipieri, 1995). Dichas muestras fueron incubadas por un período de 24 horas para lograr su estabilización. Luego de transcurrido este tiempo, se tomó el equivalente a 50 g de peso seco y se coloca en un envase plástico de 100 g de capacidad y se colocó dentro de un envase de plástico de capacidad 0,5 a 1 L (cámara estática), dentro del cual se suspendió un vial de vidrio con 20 ml de NaOH 0,5 M, se tapa herméticamente y se deja incubando a 25°C por 24 horas. Paralelamente se preparan los blancos que serían los mismos frascos con las trampas de álcali pero sin suelo. Una vez terminada la incubación se detiene la reacción con 2 ml de BaCl<sub>2</sub> 0,5 M a objeto de precipitar el CO<sub>2</sub> absorbido por el álcali y posteriormente se titula el NaOH que no reaccionó con HCl 0,5 M, para lo cual se añaden de 2 a 4 gotas del indicador fenolftaleína.

Para evaluar la respiración edáfica que incluye la respiración de raíces, microorganismos y de la fauna del suelo se usó el método de cámara estáticas que consiste en el uso de envases plásticos (PET) que se colocan enterrados a 1 cm de profundidad y dentro del cual se coloca en un envase de vidrio con 30 ml de una solución de NaOH 1 M que atrapa el CO<sub>2</sub> producido por la actividad biológica. La prueba se llevara a cabo por un período de 24 horas tiempo en el cual se le agrega de 3 a 4 ml de cloruro de Bario (BaCl<sub>2</sub>) para detener la reacción y posteriormente se titula con HCl 1 N.

Las muestras de biomasa fueron tomadas usando una cuadrata de 0.5 m x 0,5 m para un área de 0.25 m<sup>2</sup>. Se recolectaran muestra en cinco puntos de la transecta en cada uso de la tierra seleccionado, midiendo el peso fresco tanto del material verde como la hojarasca. En naranjilla y bosque maduro se tomaran muestras solo de hojarasca. Posteriormente, las muestras se colocarán en estufa por un periodo aproximado de 24 horas a 70 °C para la determinación del peso seco. Finalmente, se molerán para realizar las determinaciones del contenido de macro y micronutrientes.

La información de los datos fueron analizados como un diseño completamente al azar, considerando cada una de los puntos de muestreo en las subparcelas como una repetición dentro de cada uso de la tierra. En el análisis estadístico de los datos se inició con la verificación de normalidad de los datos mediante la prueba de Will-Shapiro. Posteriormente se estableció las diferencias significativas usando los análisis de varianza considerando el factor profundidad y uso del suelo. Luego de realizado este paso se establecerán los grupos usando la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) para comparar las diferencias entre los tratamientos. El grado de asociación entre los diferentes parámetros evaluados se realizó mediante la prueba de correlación de Spearman ( $r_s$ ) ( $P < 0.05$ ). Todos los análisis serán realizados con el programa SPSS, versión 21.0 (IBM SPSS, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ***Propiedades físicas, químicas y biológicas bajo distintos usos del suelo en la reserva de biosfera Sumaco provincia de Napo***

Los resultados de las propiedades físicas del suelo bajo distintos usos de la tierra y las profundidades consideradas se muestran en la Tabla 1, cuya discusión se realiza en el siguiente orden. La densidad aparente del suelo ( $D_a$ ), solo presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para el horizonte superficial (0-10 cm), mostrando el siguiente orden  $PMSA > NA > BI > PGCA$ . Sin embargo indiferentemente de los usos y la profundidades los valores obtenidos están por debajo del límite crítico de  $1.3 \text{ Mg m}^{-3}$  señalado para texturas finas (Pla, 2010). La densidad aparente es una variable de gran significado agrícola ya que tiene gran influencia en la penetración de raíces y normalmente es usado como indicador de la compactación del suelo (Bravo *et al.*, 2004). Como se aprecia los valores son muy bajo y en ninguno de los casos se observa problemas de compactación hasta los 30 cm de profundidad. Tales resultados están asociados a la historia de manejo de la zona dedicada principalmente a bosque con una alta diversidad de árboles y amplia arquitectura radical, el cual ha generado una gran cantidad de materia orgánica que mejora las condiciones físicas del suelo (Bravo, 2014). Igualmente, los cambios de uso hacia sistemas de pasturas ofrecen una gran cantidad de raíces que ayudan a mejorar la estructura y composición del suelo. Como ha sido señalado la materia orgánica impacta positivamente ya que se genera una estructura tipo granular que modifica la porosidad y disminuye la densidad aparente del suelo (Bravo, 2014). En un estudio con manejo de siembra directa y cobertura presento valores de  $D_a$  indicando que ningún valor estuvo por encima del límite crítico 1,60 (franco arenosa) y aumentando a medida de su profundidad. Y mostro valores más altos en la capa superficial 5cm por acción del pastoreo y baja disponibilidad de biomasa (Lozano *et al.*, 2010).Él estudio mencionado fue similar al análisis de la  $D_a$  en la en la reserva de biosfera Sumaco.

Tabla 1. Valores promedios de parámetros físicos del suelo bajo diferentes usos de la suelo en la reserva de biosfera Sumaco provincia de Napo.

Profundidad	Uso de la tierra	$D_a$ $\text{Mg m}^{-3}$	$K_{sat}$ $\text{cm h}^{-1}$	PT (%)	$P_a > 15 \mu\text{m}$ (%)	$P_r < 15 \mu$ (%)
0-10cm	Pasto gramalote con árboles (PGCA)	0,31c	32,82a	90,93 <sup>a</sup>	12,79ab	78,13a
	Pasto miel sin arboles (PMSA)	0,43a	1,57a	71,92b	17,19a	54,73c
	Naranja (NA)	0,38b	1,24a	80,82ab	10,98b	69,84ab
	Bosque intervenido (BI)	0,37b	17,52a	76,43b	17,02a	59,40bc
10-30cm	Pasto gramalote con árboles (PGCA)	0,49a	7,85a	85,09 <sup>a</sup>	9,03a	76,06a
	Pasto miel sin arboles (PMSA)	0,49a	0,66a	85,20 <sup>a</sup>	8,03a	77,16a
	Naranja (NA)	0,45a	1,26a	82,09 <sup>a</sup>	8,19a	73,90a
	Bosque intervenido (BI)	0,44a	12,77a	85,11 <sup>a</sup>	10,16a	74,95a

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ). **Da**: Densidad aparente del suelo; **K<sub>sat</sub>**: Conductividad hidráulica saturada; **PT**: Porosidad total; **Pa**: Porosidad de aireación; **Pr**: Porosidad de retención.

La conductividad hidráulica saturada (Ksat), no presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en sus dos perfiles (0-10cm y 10-30cm), indicando el siguiente orden PGCA>BI>PMSA>NA en la primera profundidad, mientras que en la segunda nos muestra un orden BI>PGCA>NA>PMSA. Sin embargo, los resultados obtenidos indiferentemente de su uso reflejan altos valores de Ksat, estando por encima de su límite crítico de  $0,5 \text{ cm h}^{-1}$  (Pla, 1983).

La conductividad hidráulica saturada es un factor muy importante debido a que está asociada a la facilidad de flujo del agua en el perfil del suelo, lo cual se vincula con los valores de porosidad de aireación. Una alta porosidad favorece a mayor penetración y movimiento de agua (Plan, 2010). Como se pudo apreciar los valores obtenidos están sobre el límite crítico y sus valores van disminuyendo con la profundidad. Si bien los valores en la segunda profundidad evaluada se consideran por encima del valor de referencia, la disminución brusca en algunos de los usos puede limitar la velocidad de infiltración en especial en zonas de alta pluviosidad. Por tanto, esos grandes volúmenes de agua se pueden convertir en un factor potencial de escorrentía y erosión en zonas de pendientes o encharcamiento en áreas planas.

Tales resultados están asociados a la disminución de la porosidad de aireación y al cambio en el tipo de estructura que pasa de granular en superficie a blocosa débil en la segunda profundidad (Bravo *et al.*, 2015). Algunos estudios han señalado que la cobertura y la cantidad de biomasa mejora los índices estructurales y por consiguiente la conductividad, mientras que en la medida que disminuye los residuos la materia orgánica, la cantidad de raíces se van afectando los bioporos y su contribución al movimiento de agua en el perfil del suelo (Vera *et al.*, 2012). Porosidad total (PT) del suelo, presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la capa superficial (0-10cm), mostrando el siguiente orden PGCA>NA>BI>PMSA. Los valores de PT en ambas profundidades son considerados adecuados muy por encima del valor de referencia de 45% para suelo de clase textural fina (Florentino, 1998). La porosidad total está constituida por la suma de los valores de porosidad de aireación y porosidad de retención (macro y microporos), no se obtuvieron problemas de flujo y movimiento tanto de agua, aire y solutos porque se obtuvieron valores relativamente altos lo que ayuda a un buen manejo de suelo.

En los sistemas de PGCA y PMSA sus valores disminuyen a medida de la profundidad mientras que en los sistemas de NA y BI ocurrió lo contrario aumento a medida de su profundidad, debido fundamentalmente a cambios en la porosidad de retención y contenido de arcilla. Se obtuvo una similitud en dos tratamientos (PGCA Y PMSA), en un estudio de *Urochloa dictyoneura* (UD) y *Centrosema macrocarpum* (CM) que se analizó la porosidad total obteniendo diferencias significativas en la capa superficial (0 a 15 cm) del suelo disminuyendo con relación a la profundidad a 30cm además sus resultados estaban relacionados a los valores de Da. Por efecto del pastero y de cultivos de cobertura (Vera *et al.*, 2012) Porosidad de aireación (Pa) solo presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la primera profundidad en el horizonte superficial (0-10 cm), mostrando el siguiente orden PMSA>BI>PGCA>NA.

El uso con pasto y bosque representaron el grupo con una mayor porosidad, lo cual está asociado a la alta cantidad de raíces. Para esta profundidad en todos los usos midieron valores por encima del umbral de 10% por debajo del cual se limita (Pla, 2010). En la primera profundidad no presenta problemas de aireación, manteniendo un grado de facilidad para el flujo de agua y aire. Sin embargo, para la segunda profundidad se aprecian valores <10%,

afectando la velocidad de infiltración y la de aireación. esto estar asociado a la actividad intensiva de pastoreo por lo que el pisoteo de los animales influye en el potencial de desarrollo de las raíces reduciendo su capacidad de penetración, y disminuyendo la capacidad exploratoria en el suelo (Da Silva *et al.*, 2003). En un estudio realizado con tres tipos de sistemas como: *macrocarpum*, *sabana natural*, *dictyoneura* antes y después del pastoreo. Indican cierta similitud en algunos aspectos ya que sus valores disminuyen con la profundidad y en el sistema con pasto (*dictyoneura*), mostro los valores de macro porosidad asociado al pastoreo. Concluyen que tales resultados puede estar asociado a su sistema radicular fibroso dando paso la muerte de raíces pequeñas y al aumento de bioporos, y por consiguiente disminuyendo la Da (Bravo *et al.*, 2009).

La porosidad de retención (Pr) del suelo, presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para el horizonte superficial (0-10 cm), mostrando el siguiente orden PGCA>NA>BI>PMSA. Indiferentemente de la profundidad y su uso el límite crítico para porosidad de aireación no debe ser menor del 25% (Pla, 1983). Este parámetro es importante en el aspecto agrícola y no presenta problemas de retención de agua. En general, se observó un incremento de la porosidad, lo cual está relacionado con un incremento en el contenido de arcilla y una menor perturbación de este horizonte. De la distribución de tamaño de poros la porosidad de retención representa la mayor proporción, lo cual en términos prácticos denota suelos con alta capacidad de retención de humedad, importante en una zona de alta pluviosidad como en la Amazonia. En la alta retención junto a la adecuada macroporosidad permite el flujo y la retención minimizando el volumen de agua que potencialmente puede generar problema de erosión (Bravo, 2014).

De las evaluaciones físicas, se puede señalar que los resultados muestran una adecuada condición y por los antecedentes de manejo (bosque). El cambio de uso de la tierra no produce un efecto muy marcado en los índices estructurales, lo cual significa que no existen problemas de compactación. Desde el punto de vista físico la degradación de las pasturas, el cambio de pasto gramalote a pastos de ciclo corto o cultivos, dejan el suelo desnudo y hace que la erosión hídrica sea el proceso de mayor impacto ambiental (Bravo, 2015).

### **Impacto del cambio de uso sobre las propiedades Químicas y biológicas**

En la Tabla 2 se muestran los resultados del impacto de los distintos usos sobre las propiedades químicas del suelo. Se puede apreciar para el potencial de hidrógeno (pH), presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) en ambos horizontes. Para el horizonte superficial (0-10cm), mostró el siguiente orden PGCA>PMSA>NA>BI, mientras que para la segunda profundidad (10-30cm) mostrando un orden de PMSA>NA>BM>PGCA, como se puede observar sus valores disminuyen según su profundidad, siendo el bosque donde el pH presentará mayor acidez variando de fuertemente ácido (bosque) a ligeramente ácido. No obstante, en el resto de los usos, mostraron un comportamiento ligeramente ácido.

Tabla 2. Valores promedios de parámetros químicos del suelo bajo diferentes usos de la tierra en la reserva de biosfera Sumaco Provincia de Napo.

Profundidad	Usos de suelo	pH meq/	Al+H meq/	Al meq/	NT %	CO %	RC/N	P Mg kg <sup>-1</sup>	K meq/
0-10cm	Pasto gramalote con árboles	5,46 <sup>a</sup>	1,32b	1,24a	0,98a	8,76a	9,13ab	7,89 <sup>a</sup>	0,28b
	Pasto miel sin arboles (PMSA)	5,33ab	1,36b	0,96a	0,77a	9,18a	12,28a	12,01a	0,54a
	Naranjilla(NA)	5,16bc	1,23b	1,54a	1,06a	10,32a	9,82ab	5,14 <sup>a</sup>	0,36ab
	Bosque Intervenido(BI)	4,94c	2,43a	0,93a	1,03a	8,98a	8,68b	8,26 <sup>a</sup>	0,26b
10-30cm	Pasto gramalote con árboles	5,79 <sup>a</sup>	0,69a	-	0,36b	3,20b	9,28a	1,28b	0,07a
	Pasto miel sin arboles (PMSA)	5,32b	0,92a	-	0,41ab	4,90a	12,25	6,26 <sup>a</sup>	0,12a
	Naranjilla(NA)	5,33b	0,65a	-	0,55a	5,00a	9,18	1,31b	0,09a
	Bosque Intervenido (BI)	5,37ab	0,67a	-	0,48ab	3,88ab	7,96	1,64b	0,05a

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ). pH: Potencial de hidrogeno; Al+H: Acidez Intercambiable; Al: Aluminio Intercambiable; NT: Nitrógeno total; CO: Carbono Orgánico; R C/N: Relación Carbono/Nitrógeno; P: fosforo; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio.

Las fuentes que generan dicha acidez están representada por la presencia de Aluminio e hidrogeno (Tabla 2), lo cual representa una limitación para la producción de cultivos (pasto) ya que minimiza la absorción de nutrientes (Bravo *et al.*, 2008). El pH óptimo para el crecimiento de las plantas va desde el 6-7 pero en cultivos de origen tropical crecen muy bien con un pH de 5,5-6, mientras que en suelos con pH menores 5,5 (muy ácidos) crecen de manera muy favorable arbustos y algunos arándanos (Casanova, 2005). Para suelos ácidos nos muestra que sus bases de calcio, magnesio, potasio son pobres. En otros estudios de siembra directa (SD) y labranza convencional (LC) se observan valores de pH de ácidos en la capa superficial. Esto se puede dar por la mayor nitrificación del amonio proveniente de los distintos fertilizantes y la mineralización de los residuos en la capa superficial del suelo (Bravo *et al.*, 2008). Se aplicó encalado lo cual dio un ligero incremento en el pH alterando por cierto tiempo los valores pasando de moderadamente ácido a ligeramente ácido (Bravo *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos son similares al estudio mencionado.

Acidez intercambiable, presentó diferencias significativa ( $p \geq 0.05$ ) para el horizonte superficial (0-10cm), mostrando el siguiente orden BI>PMSA>PGCA>NA, y cuyos valores disminuyen con su profundidad (30cm). Según su rango de interpretación todos los sistemas indican valores adecuados con excepción del BI en la capa superficial mostrando un valor de 2,43 (alto). Aluminio intercambiable, no presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ), mostrando el siguiente orden NA>PGCA>PMSA>BI. Según su rango de interpretación indico valores entre adecuados y altos. El aluminio intercambiable representa un elemento toxico para las plantas, que dificulta su normal crecimiento y limita la productividad del suelo (Casanova, 2005). El mayor valor de acidez intercambiable en el horizonte superficial puede estar relacionado con la descomposición de residuos y de ácidos proveniente de los altos contenidos de materia orgánica presente en el suelo (Lozano *et al.*, 2009; Bravo *et al.*, 2008).

El nitrógeno total (NT) es un elemento muy importante en el ámbito ambiental ya que actúa en la composición de las proteínas y clorofila de las plantas, solo presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la segunda profundidad (10-30cm), mostrando el siguiente orden NA>BI>PMSA>PGCA. Sin embargo indiferentemente de las profundidades y usos del suelo, según el rango de interpretación para el nitrógeno nos indica que existen valores adecuados y altos. El contenido de Nitrógeno fue alto y adecuado pero disminuyó con la profundidad del suelo a los 30cm presentó valores categorizados como medios en todos los usos (PGCA,

PMSA) como se pudo observar dentro de los resultados obtenidos y su concentración es variable en el humus. El nitrógeno proviene de la descomposición de la materia orgánica por los macro y microorganismos y uno de los factores que influyen en el porcentaje de nitrógeno es el clima (Rincón *et al.*, 2012). Resultados similares han sido reportados por Castro *et al.*, 2010, quienes trabajaron con sistemas agroforestales, tala, quema y bosque secundario consiguieron mayores valores y adecuados en el sistema agroforestal con respecto al uso con tala y quema. Destacan que tales resultados obedecen a que los SAFs se dan por procesos biológicos, el aporte de cobertura y descomposición continua de restos de residuos (maleza, arbustos, cultivos, biomasa de árboles) que mejoran la fertilidad, en especial el aporte de nitrógeno.

Carbono Organico (Co), solo presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la segunda profundidad (10-30cm), mostrando el siguiente orden NA>PMSA>BI>PGCA. Indiferentemente de las profundidades y el uso del suelo según el rango de interpretación muestran valores altos en las dos profundidades con mayor valor en superficie. Debido al uso potencial de la zona como antecedente de manejo se caracterizan por una alta presencia de residuos en especial las zonas usadas para la siembra de naranjilla. El carbono orgánico al presentar valores óptimos permiten que mejoren muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas favoreciendo al crecimiento de las plantas y la actividad biológica hasta los 30cm profundidad. Los altos valores y la conservación de la materia orgánica es deseable en los agroecosistemas tanto como en la producción de cultivos y la reducción de CO<sub>2</sub> al medio ambiente, su acumulación depende básicamente al restos de vegetales y animales (Núñez *et al.*, 2011). En un estudio realizado con tratamientos *Brachiaria dictyoneura*(BDY), *Brachiaria decumbens* (BDE) con pasto que se utiliza para la siembra directa del maíz, estos dos tratamientos muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), los mayores valores se presentaron en el tratamiento BDE con cobertura en la capa superficial mientras que en la segunda profundidad 15-30cm no mostraron diferencias significativas, la razón de mayores valores en el tratamiento BDE es debido a la introducción de cobertura lo cual aporta mayor cantidad de residuos en la capa superficial, y aumenta la descomposición de los mismos. Esto muestra cierta similitud con los sistemas de NA y BI por su mayor cantidad de residuos (Lozano *et al.*, 2009).

Relación carbono nitrógeno (R C/N), solo presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la segunda profundidad (10-30 cm), mostrando el siguiente orden PMSA>PGCA>NA>BI. El carbono y nitrógeno son dos elementos esenciales en la nutrición para cualquier organismo, esta relación indica que una fracción del carbono orgánico es biodegradable frente a la biodegradación total del nitrógeno, En los datos obtenidos varía la relación C/N según el estado de composición y la profundidad del suelo (Martínez *et al.*, 2008). Sin embargo, dado que la relación C:N está cercana y por debajo de valores de 10, sugiere que indiferentemente del uso en esta zona existe una adecuada liberación de nitrógeno al medio, tanto para suplir las necesidades de las plantas como para los microorganismos del suelo.

Fosforo (P), presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la segunda profundidad (10-30 cm), mostrando el siguiente orden PMSA>BI>NA>PGCA, indiferentemente del tratamiento y profundidad del suelo presento valores bajo según el rango de interpretación de fosforo para el suelo, mientras que en el horizonte superficial se obtuvo un valor medio en el uso de PMSA. El fosforo es un elemento de vital importancia para el crecimiento óptimo de las plantas, valores adecuados de fosforo ayuda o favorece al desarrollo de las raíces, estimula el crecimiento de las plantas (Casanova, 2005). A diferencia del carbono y el nitrógeno, cuyas principales reservorios están en la atmósfera el principal reservorio de P está en el suelo (Casanova, 2005). Por tanto, la principal fuente de fosforo es la meteorización del material parental (Gliessman, 2007). Al observar los bajos valores de fosforo en todo el perfil y para todos los usos evaluados se podría inferir que los materiales parentales donde proceden estos suelos son bajos en este

elemento. Por otra parte el fósforo aportado por la descomposición de los residuos y la materia orgánica es usado por los cultivos y no permiten que se acumulen grandes cantidades en el suelo. Algunos autores han señalado que el uso de sistemas conservacionistas y la aplicación de residuos superficiales producen un incremento del P, atribuido a la naturaleza poco móvil del adecuado y la descomposición de residuos (Selles et al; Bravo et al 2006; Bravo et al 2008). Al respecto, en un estudio con tratamientos de siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), mostrando valores más altos en la capa superficial (0-10cm) lo cual está relacionado por la baja movilidad de ion fosfato, a la aplicación superficial de fertilizantes fosforado no obstante, los valores disminuyen con la profundidad (Bravo *et al.*, 2008).

El potasio es uno de los tres macronutrientes requeridos para el crecimiento óptimo de las plantas necesitado o siendo requerido en cantidades altas. Dicho elemento, presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) para el horizonte superficial (0-10 cm), mostrando el siguiente orden PMSA>NA>PGCA>BI. Siendo el tratamiento con PMSA con el valor más alto lo que se explica por este tipo de pasto que tiene la capacidad de extraer y liberar gradualmente dicho elemento. Se observa claramente los valores más altos en la capa superficial (0-10cm), Sin embargo a partir de los 10cm de profundidad disminuye drásticamente a valores considerados muy bajos los valores en la capa superficial pueden estar relacionados con la descomposición de la materia orgánica. Se encontró consideraciones similares en un estudio realizado en sistemas *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha* que analizó el contenido de potasio ( $K^+$ ) en épocas de lluvia y secas obteniendo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) mostrando valores más altos en época seca. Se encontró valores altos y se estableció que la presencia de árboles en los potreros aumenta la cantidad de materia orgánica mejorando el microclima, lo cual favorece la actividad biológica de macro y microorganismos en el suelo, lo cual ayuda a la mineralización, movilidad y disponibilidad hacia los árboles de algunos elementos como: potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P) (Razz *et al.*, 2006).

#### **Potencial de almacenamiento de carbono bajo distintos usos del suelo en la reserva de biosfera Sumaco provincia de Napo.**

La cantidad de carbono almacenado en diferentes componentes y usos de la tierra se muestra en la Tabla 3. Se puede apreciar que en algunas fracciones asociadas al secuestro de carbono mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Para el C vinculado a la biomasa aérea total el bosque intervenido (BI, 312 Mg C ha<sup>-1</sup>) fue muy superior al PGCA, lo cual se debe fundamentalmente a la relación directa entre la biomasa, la abundancia de especies y su dominancia, siendo mayor en el uso con bosque con respecto al sistema de manejo con pasto. El término de “secuestro de C” que implica la toma del CO<sub>2</sub> atmosférico por las plantas y el almacenamiento del C fijado como materia orgánica (MO) del suelo, no presentó diferencias significativas. Resultados similares para la zona han sido reportados por otros investigadores (Jadan *et al.*, 2012), debido a que comparten un área o zona de vida (bosque muy húmedo tropical) por lo que no indican factores ambientales como la altitud (con un rango de 350 a 600 msnm), precipitación y temperatura; estos dos indican directamente en la descomposición de la hojarasca que aporta C al suelo (Jadan *et al.*, 2012). En dicho componente el uso con naranjilla, pasto miel y bosque mostraron los mayores valores de almacenamiento (33 a 42 Mg C ha<sup>-1</sup>) con respecto a los sistemas de manejo con pasto gramalote.

El carbono asociado a la vegetación no arbórea (hojarasca y materia seca) representó el menor aporte, resultando en dos grupos, el primero BI y PGCA, mientras que en el segundo estuvo representado por los cultivos sin árboles (PMSA, NA). A pesar de ello, esto tiene una gran influencia sobre el carbono almacenado en el suelo ya que una mayor cantidad de biomasa genera una mayor cantidad de residuos que progresivamente van incorporando carbono al suelo.

El descenso del contenido de C es acentuado por la degradación de los suelos y exacerbado por el mal uso de la tierra y los sistemas de manejo inadecuado (Taboada et al., 2011). Por tanto, la selección de usos adecuados como la agroforestería en la región amazónica junto con buenas prácticas de manejo puede ayudar a reducir la tasa de enriquecimiento de CO<sub>2</sub> atmosférico y tener impactos positivos en la seguridad alimentaria y su potencial para prestar servicios ecosistémicos (Lal, 2004, Bravo, 2014).

Tabla 3. Carbono almacenado bajo diferentes usos de la tierra en la Reserva de Biosfera Sumaco provincia de Napo.

Uso de la Tierra	C Biomasa aérea Mg ha <sup>-1</sup> (A)	CO <sub>2</sub> Mg ha <sup>-1</sup> de la Biomasa aérea	Carbono orgánico del suelo (COS) Mg ha <sup>-1</sup> (B)	C asociado a la Materia seca y/o hojarasca	Carbono Total (CAT) Mg C ha <sup>-1</sup>
Pasto Gramalote con árboles(PGCA)	11,74 ± 5,74 <b>b</b>	43,08 ± 21,05 <b>c</b>	28,72 ±2,56 <b>a</b>	3,93 ± 1,08 <b>a</b>	44,39 ±6,35 <b>b</b>
Pasto miel sin árboles (PMSA)	-	-	34,06 ±5,56 <b>a</b>	1,44 ± 0,90 <b>b</b>	35,50 ±6,35 <b>b</b>
Naranjilla monocultivo	-	-	42,66 ± 9,97 <b>a</b>	2,34 ± 1,20 <b>b</b>	45,00 ± 8,69 <b>b</b>
Bosque Intervenido (BI)	312,19 ± 217, <b>a</b>	1145,75 ±799,57 <b>a</b>	33,81 ±2,80 <b>a</b>	4,58 ± 1,75 <b>a</b>	350,58 ±217,58 <b>a</b>

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas a un nivel de P≤0.05.

En relación al carbono total almacenado (CAT) la mayor contribución para el secuestro es aportada por la biomasa aérea total seguido por el carbono del suelo y la biomasa no arbórea sobre todo en aquellos usos con bosque y sistemas agroforestales. Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos en la zona por varios autores (Torres et al., 2014; Jada et al., 2012), quienes indican que los sistemas agroforestales que integran la producción de árboles con cultivos tienen un mayor potencial para secuestrar C que en sistemas agrícolas manejados bajo un esquema de monocultivo. También, la incorporación de árboles en los sistemas ganaderos se traduce en una mayor biomasa neta y por tanto en una mayor captura de carbono en el suelo (Nair et al., 2009). Los resultados del potencial de carbono almacenado por los sistemas agroforestales, está dentro de los rangos señalados para este tipo de sistema (12 a 228 Mg ha<sup>-1</sup>, Dixon, 1995) y para los distintos componentes de carbono como la biomasa aérea (70 Mg ha<sup>-1</sup>) y el suelo (25 Mg ha<sup>-1</sup>) (Mutuo et al., 2005).

## CONCLUSIONES

El cambio de uso de la tierra produjo alteraciones en los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, mostrando mejor comportamiento el bosque con respecto al resto de los usos. Indistintamente del uso de la tierra, los índices estructurales como Da, Pt, Pa Pr, y Ksat muestran una adecuada condición física del suelo, confirmando que el problema de degradación en la zona no es la compactación sino la erosión hídrica. El Uso de tierra bajo bosque (BI) presentó mejor comportamiento biológico (RB, RE) en comparación con el resto de los usos (PGCA y PMSA) indicando alteración en dichos parámetros, lo cual puede estar asociado a la pérdida de cobertura vegetal, biomasa, y por la actividad intensiva de pastoreo. Se demuestra el potencial de secuestro de Carbono de los sistemas agroforestales, los cuales favorecen otros servicios ecosistémicos asociados a la alta presencia de materia orgánica como la fertilidad y estructura del suelo. La adopción de este tipo de manejo que potencian el

secuestro de C se convierte en una estrategia “ganar-ganar” para el contexto amazónico dado que representan los manejos más parecidos al uso potencial de la zona (bosque) y pueden ser usados como medida de mitigación y adaptación al cambio climático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A, Castro, J, Menjívar, E, Barrios, N, Asakawa, G, Borrero, E, García, I, Rao (2010). Dinámica del nitrógeno y el fósforo del suelo bajo tres sistemas de uso de la tierra en laderas de Honduras, 59 (4), 410-419.

Acatzi, C., Becerril, A., Flores, M. y Téllez, S. (2009). Importancia del Nitrógeno en el suelo. Recuperado 26-10-2015, de <http://ecologiamicrobiana.blogspot.com/>.

Alef, K. y P. Nannipieri (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. 340 p.

Altieri M.A., Nicholls C.I (2007). Agroecología y resiliencia al cambio climático principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8(1): 7-20.

Bagarello, V., Lovino, M., Elrick, D. (2004). A simplified fallinghead technique for rapid determination of field-saturated hydraulic conductivity. 25(3), 66-73.

Ballard, R., Will, G.M. (1981). Accumulation of organic matter and mineral nutrients under a *Pinus radiata* stand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 11(2), 145-151.

Bautista, C, J. Etchevers B., R.del Castillo y C. Gutiérrez. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores, 8(2). 120-129.

Blake, G.R., and K.H. Hartge. (1986). Bulk Density. In A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 1 - Physical and Mineralogical Methods Second Edition.

Bravo, C. A., Giráldez, J.V., Ordoñez, R. González, P. y Perea Torre. (2007). Long term influence of conservation tillage on chemical properties of surface horizon and legume crops yield in vertisol of southern Spain. 172:141.148.

Bravo, C., Lozano, Z., Hernández-Hernández, R. M., Cánchica, H., González, I Herrera, P Birbe, B. (2009). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción en las sabanas: teoría, estrategias y evaluación. III Jornadas Nacionales de Investigación de la UNESR. 15 p.

Bravo, C., Z. Lozano, R. M. Hernández, L. Piñango, y B. Moreno. (2004). Efecto de diferentes especies de cobertura sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro* 16: 163-172.

Casanova, E. (2005). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Caracas: consejo de desarrollo científico y humanístico.

IBM SPSS 2013. *IBM SPSS Statistics 22. Algorithms*. Chicago: IBM SPSS Inc.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, US). (2001). Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. In McCarthy, JJ; Canziani, OF; Leary, NA; Dokken, DJ; White, KS. eds. Resúmenes para responsables de políticas y Resumen técnico. Parte de la contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, CH, Cambridge University Press. 1000 p.

Jadán, O., Torres, B. y Gunter, S. (2012). Influencia del uso de la tierra sobre el almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador, 1(3), 173-186.

Logsdon, S. D.; Jaynes, D.B. (1996). Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. *Soil Sci Soc Am J* 60(2):703-709.

Lozano, Z, O, Briceño, J, G, Villanueva, C, Bravo, R, Hernández, B, Moreno, L, Piñango (2009). Propiedades químicas del suelo bajo cultivos de cobertura en sistemas de labranza conservacionista y su efecto sobre el rendimiento de maíz. 17:24-41.

Lozano, Z., H, Romero., C, Bravo. (2010). Influencia de los cultivos de cobertura y el pastoreo sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana. 44: 135-146.

M. Núñez, B. Serrano, H. Jimenez, O. Benítez, G. Paredes, G. Aguilar, O. Guerra ,A. Ortega (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. 1(3),27-35.

MAE (2013). Parque nacional Sumaco. Recuperado el 18-05-2015, de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/42+PLAN+DE+MANEJO+SUMACO.pdf/477bfee3-341c-4efa-86c0-0689734994f0>.

Milera (2001). Milagros de la C. Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba. *Pastos y Forrajes*,34 (2), 127-143.

Ministerio del ambiente (2007). Plan De Manejo Del Parque Nacional Sumaco. Recuperado el 14-05-2015, de <http://alfresco.ambiente.gob.ec:8096/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/968e5849-557c-4e03-a2ab-549be56f499b/sumaco-napo-galeras.pdf>.

Mohler, C.L., y S.E. Johnson (2009). Rotaciones de Cultivos en Granjas Orgánicas: Un Manual de Planificación. recuperado 25/02/2016, de [www.sare.org/Learning-Center/Books/Crop-Rotation-on-Organic-Farms](http://www.sare.org/Learning-Center/Books/Crop-Rotation-on-Organic-Farms)

Muller R. N. y Hamilton M. E. (1992). A simple, effective method for determining the bulk density of stony soils. *Communications in soil science and plant analysis* 23: 313-319.

Nelson, D.W., and L.E. Sommers.(1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539–580. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of soil. Analysis. Part 2*.

Nieto, C. C y Vargas, C. C. (2012). El desarrollo rural de la región Amazónica Ecuatoriana, RAE, no se basará únicamente en producción agropecuaria: un análisis reflexivo que lo sustenta. INIAP. Quito-Ecuador. 158 p.

Parkin, T.B., J.W. doran, and E. Franco-Vizcaino. (1996). Field and laboratory tests of soil respiration. P. 231-246.

Pascual, R y Venegas, S. (2011). LA materia orgánica del suelo. papel DE los microorganismos. Recuperado 29-10-2015, de <http://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>.

Pinot, R, H. (2000). *Manual de Edafología*. Ed.Computec. Chile.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Poch, R.M. (2008). Introducción a la Edafología (Uso y protección del suelo). Ed. Mundi tPrensa. Madrid.

Ruiz, Vélez C. (2013). Agroforestería para la conservación del suelo y otros recursos naturales. Revista de Sistema de Producción Agropecuaria 4: 108-121

Vera, S. Z. Lozano, D.Lobo, C. Bravo, R. Hernández y M. Delgado (2012). Propiedades físicas del suelo y distribución de raíces de maíz bajo diferentes tipos de cobertura y fertilización en un sistema conservacionista cereal-ganado. 38(2), 49-63.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA-69

**Título del trabajo:** Evaluación de la bioconcentración de dos especies de microfitas acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Lemna spp* en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo.

**Autor (es):** Santiago Rodrigo Mera Ponce

**Ponente (s):** Santiago Rodrigo Mera Ponce

**E-mail:** [santyro17@hotmail.com](mailto:santyro17@hotmail.com)

**Institución:** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Se realizó una Fitorremediación de agua contaminada con plomo a 5 ppm a nivel de laboratorio, con el objetivo de determinar la capacidad de bioacumulación de dos especies de macrofitas acuáticas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna spp*). Se realizó 3 tipos de tratamiento, A (*Lemna spp*), B (*Eichhornia crassipes*) y C (*Lemna spp e Eichhornia crassipes*). Se trabajó con 3 fases, adaptación, nutrición y absorción del contaminante, las macrofitas fueron colocadas en contenedores de vidrio cada una con 19 L de agua y 1 L de solución contaminante (Nitrato de plomo), en la fase final que duró 14 días se controló el pH y la conductividad. Se observó los cambios físicos en los respectivos tratamientos presentándose necrosis, clorosis, despigmentación de frondes y cambios a nivel radicular con el paso de los días. Finalmente, se analizó tanto el medio acuoso como la biomasa de las especies vegetales, mediante la técnica de Espectrofotometría de absorción atómica, cuyos datos se procesaron mediante Análisis de varianza dando como resultado que el tratamiento C (*Lemna spp e Eichhornia crassipes*) presentó los mejores resultados, registrando un porcentaje de remoción del 77.8 %, es decir llegando a valores de 1.11 ppm y un factor de bioconcentración mayor a 100, por lo que se concluye que tanto *Eichhornia crassipes* y *Lemna spp* al actuar combinadas demuestran una mayor eficacia en la Fitorremediación de un medio contaminado con Plomo y se consideran como potenciales plantas bioconcentradoras de plomo.

**Palabras claves:** Fitorremediación, *Eichhornia crassipes*, *Lemna spp*, Bioacumulación



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-75

**Título del trabajo:** Significado funcional de la variabilidad de los patrones de moteado de los huevos del *Parus major* en Bunnderkamp, Países Bajos.

**Autor (es):** Allison Ivonne Recalde Rodríguez

**Ponente (s):** Allison Ivonne Recalde Rodríguez

**E-mail:** [airecalde92@hotmail.com](mailto:airecalde92@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Técnica Particular de Loja

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Muchas aves paseriformes ponen huevos con manchas rojizas o marrón oscuro, con parches de protoporfirina, la función de los patrones de este moteado ha sido debatida en los últimos años. Diversos estudios han explorado el significado funcional de la variabilidad en la coloración de los huevos de distintas especies en la constitución del huevo y en a influencia sobre el éxito reproductivo, sin embargo, la influencia del moteado sobre el éxito reproductivo ha sido muy poco estudiado únicamente en una especie. En este estudio se evaluó cómo la calidad de la hembra puede definir el moteado de los huevos y si este moteado influye en el éxito reproductor del carbonero común (*Parus major*). Adicionalmente evaluamos si hay relación directa entre la calidad de la hembra y el éxito reproductor. Los resultados muestran que los patrones de moteado de la cascara de huevo afectan significativamente el éxito reproductor, es decir los huevos con manchas rojizas más grandes y color más intenso tienen un mayor éxito de eclosión. El periodo de incubación no fue afectado por ninguna de las variables de los patrones de moteados, sin embargo, la mortalidad de los polluelos tuvo una relación negativa significativa con la intensidad manchas, es decir el nivel de mortalidad disminuye cuando los huevos presentan manchas con color más intenso y una relación positiva significativa con la cantidad de manchas. Por otra parte el éxito de vuelo se correlacionó con todos los factores del patrón de pigmentación. La calidad de la hembra no influyó en los patrones de moteados. En conclusión, la calidad de la hembra no influye en los patrones de moteados de los huevos y los patrones de moteados se ven afectados en el éxito reproductor.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-77

**Título del trabajo:** Percepción de servicios culturales de los bosques secos del sur del Ecuador.

**Autor (es):** Olga Isabel Peñaranda Azuero

**Ponente (s):** Olga Isabel Peñaranda Azuero

**E-mail:** [olguita93@hotmail.es](mailto:olguita93@hotmail.es)

**Institución:** Universidad Técnica Particular de Loja

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Los servicios ecosistémicos son entendidos como los beneficios materiales y no materiales que los ecosistemas proporcionan a las personas. Dentro de éstos se hallan los servicios culturales que son percibidos por las sociedades a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, recreación y experiencias estéticas. La reserva La Ceiba ubicada en el cantón Zapotillo en la provincia de Loja, es un ecosistema de bosque seco conocido por proveer servicios culturales de importancia para las comunidades, tales como la belleza escénica y el turismo. No obstante pocas investigaciones se han desarrollado respecto a este tema, siendo los servicios de regulación y abastecimiento los más investigados. Con estos antecedentes, la presente investigación busca conocer qué servicios culturales son percibidos por los habitantes aledaños a La Ceiba. Para ello se aplicó una entrevista a profundidad con catorce actores clave del cantón Zapotillo, incluyendo presidentes barriales, técnicos ambientales y funcionarios municipales. Los resultados preliminares muestran que los principales servicios culturales identificados por los pobladores son la recreación y turismo, seguidos por servicios espirituales/inspiración, patrimonio cultural, identidad cultural y servicios estéticos. Además, los resultados sugieren que el aprovechamiento de dichos servicios culturales depende de la satisfacción de ciertas necesidades identificadas por los informantes tales como vialidad, alojamiento y mercado para productos locales. Estos resultados constituyen la base para la segunda parte de esta investigación, que busca la creación de estrategias de conservación de bosques secos que se encaminen a cubrir las necesidades de la población para lograr el aprovechamiento sustentable de estos ecosistemas.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-78

**Título del trabajo:** Influencia de los reguladores de crecimiento Kinetina y Ácido giberélico sobre la germinación de semillas de *Bixa orellana* en cultivo *in vitro*.

**Autor (es):** Andrea Stefanía Moncada Martínez

**Ponente (s):** Andrea Stefanía Moncada Martínez

**E-mail:** [asmoncada@utpl.edu.ec](mailto:asmoncada@utpl.edu.ec)

**Institución:** Universidad Técnica Particular de Loja

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El programa de investigación “Distribución geográfica, biológica reproductiva, diversidad genética y química de especies vegetales de interés, medicinal, en la región sur del Ecuador” busca aumentar el conocimiento sobre la especie de *Bixa orellana*, para intentar preservar la diversidad y contar con una fuente sustentable de especies productoras de metabolitos de interés. Para ello se estableció un diseño de bloques completos al azar utilizando reguladores de crecimiento, con el objetivo de evaluar la influencia de la Kinetina y Ácido giberélico, sobre el tiempo y porcentaje de germinación de semillas de *Bixa orellana* en cultivo *in vitro*. Utilizando un protocolo de desinfección de las semillas, aplicación de tratamientos y siembra en el medio de cultivo Murashige Skoog, (1962), los resultados nos demuestran que los reguladores de crecimiento KIN y GA<sub>3</sub> presentan influencia sobre la germinación de las semillas y los controles presentan una influencia de 0%.

**Palabras claves:** *Bixa orellana*, Kinetina, ácido giberélico; germinación *in vitro*



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-79

**Título del trabajo:** Evaluación de tratamientos químicos para acortar el tiempo de germinación de semillas de *Gynoxys verrucosa* mediante cultivos *in vitro*.

**Autor (es):** Katherine Ivonne Sarango Salazar

**Ponente (s):** Katherine Ivonne Sarango Salazar

**E-mail:** [kisarango@utpl.edu.ec](mailto:kisarango@utpl.edu.ec)

**Institución:** Universidad Técnica Particular de Loja

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El programa “Distribución geográfica, biológica reproductiva, diversidad genética y química de especies vegetales de interés, medicinal, en la región sur del Ecuador” tiene como fin contribuir a la producción de plantas en condiciones *in vitro* de la especie *Gynoxys verrucosa*, Asteraceae, para la extracción de metabolitos secundarios de interés en medicina. Se realiza *in vitro* para tener una producción de plantas sanas, y en un menor tiempo. En la actualidad no se han realizado estudios sobre la especie de interés, y recientemente se está explorando sobre su potencialidad medicinal. Por tal motivo el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de peróxido de hidrogeno y nitrato de potasio para estimular la geminación de las semillas *Gynoxys verrucosa* bajo condiciones de cultivo *in vitro*. Los resultados indican que estos dos compuestos no influyeron significativamente sobre los porcentajes de germinación de las semillas, siendo similares entre estos dos. Mientras que aquellas semillas que no fueron sometidas a ningún tratamiento presentaron un porcentaje de germinación superior a las semillas que fueron sometidas a los distintos tratamientos.

**Palabras claves:** Nitrato de Potasio (NO<sub>3</sub>K); Peróxido de Hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>); Asteraceae



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-80

**Título del trabajo:** Competencia o partición de nicho por los recursos en abejas nativas *Melipona mimetica* y *Scaptotrigona* sp. En un bosque seco al sur de Ecuador.

**Autor (es):** Anthony Sebastián Guerrero Peñaranda

**Ponente (s):** Anthony Sebastián Guerrero Peñaranda

**E-mail:** [tonnygp20@gmail.com](mailto:tonnygp20@gmail.com)

**Institución:** Universidad Técnica Particular de Loja

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Las abejas sin aguijón son uno de los grupos de insectos más abundantes del Neotrópico, son característicos por ser polinizadores en diferentes tipos de ecosistemas, tal es su peculiaridad, que la dinámica de estos bosques y algunos cultivos dependen de las actividades que estos insectos practican. La interacción que guardan las abejas con la vegetación es muy estrecha, puesto que del 80 a 90% de las plantas requieren de agentes dispersores de su material genético para la producción de sus frutos. En Ecuador particularmente en el Sur, en la provincia de Loja, Zamora y El Oro, existe una gran diversidad de abejas sin aguijón, considerándose 17 géneros y 89 especies. A pesar de la importancia de estos insectos, existen pocos estudios en el Ecuador direccionados al estudio de la relación abejas – planta (como recurso). Con el fin de obtener una visión más amplia de la de la relación abejas – planta (como recurso), nosotros evaluamos si existe competencia o partición de nicho entre dos especies de abejas *Melipona mimética* y *Scaptotrigona* sp., en un bosque seco al sur de Ecuador. Se realizaron tres muestreos que se llevaron a cabo entre Junio (época seca) y Octubre de 2015 (época lluviosa), donde se contabilizó la carga de recursos de las abejas. Registrando 63 estructuras de polen, pertenecientes a 28 familias, 35 géneros 30 especies y 3 esporas. El 16% de estructuras pertenecen a la familia Fabaceae y Lamiaceae, Además se encontró preferencia de una Polygonaceae y un morfotipo sin identificar (20) para *Melipona mimetica* y *Senna* sp., y *Physalis pubescens* para *Scaptotrigona* sp. Estos hallazgos sugieren que existe competencia en época de escases de recursos y una pequeña partición cuando los recursos son más disponibles.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 1. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA1-100

**Título del trabajo:** Caracterización del plancton en las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA.

**Autor (es):** María José Andrade López, Diego Torres, Laura Salazar

**Ponente (s):** María José Andrade López

**E-mail:** [majito\\_al@hotmail.com](mailto:majito_al@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Estatal Amazónica

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron la diversidad y abundancia de las comunidades de plancton y su relación con las condiciones fisicoquímicas. El trabajo se llevó a cabo en el río Piatúa y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica, el cual está ubicado en las Provincias de Napo y Pastaza. Durante la época lluviosa, se efectuaron 5 muestreos en 7 puntos de muestreo en la época lluviosa, mediante una red simple para muestras de plancton. Se identificaron 7 grupos taxonómicos de fitoplancton y 9 de zooplancton, de los cuales *Tachelomona* sp1 y *Cyclops* sp. fueron las especies más abundantes de fitoplancton y zooplancton respectivamente. Según los resultados, los parámetros físico-químicos no tuvieron influencia sobre la diversidad y abundancia del plancton. En este estudio también se determinó que algunos grupos taxonómicos de plancton, identificados en el área de estudio, podrían funcionar como indicadores de calidad de agua.

**Palabras claves:** Plancton, diversidad, abundancia, indicadores de calidad de agua

## INTRODUCCIÓN

El término Plancton cuyo significado es errante, fue utilizado por primera vez en el año de 1887 por Víctor Hensen. Estos organismos marinos o dulceacuícolas se caracterizan por su independencia biológica y se encuentran acarreados por las aguas o nadando débilmente en la superficie del agua para su supervivencia. El plancton se divide en fitoplancton y zooplancton. El fitoplancton está formado por microorganismos que se encuentran suspendidos en cuerpos de agua (Ministerio de Medio Ambiente, 2005); entre estos organismos encontramos a las cianobacterias y microalgas que tienen la capacidad de realizar fotosíntesis (autótrofos), este proceso es de importancia debido a que así logran sintetizar la materia orgánica del medio en el que habitan. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua (Oliva-Martínez et al., 2014). El zooplancton está conformado por organismo que viven en suspensión en el agua, los mismos que presentan movimientos de traslación, y en ocasiones se cree que estos organismos son capaces de mover las corrientes marinas (Penchaszadeh, 2009). En la comunidad zooplanctónica se encuentran los Protozoos, siendo los más comunes en este grupo las amebas y los ciliados. Otros grupos como los Rotíferos tienen un tamaño entre 50 – 200  $\mu\text{m}$ , los Cladóceros poseen un caparazón que cubre y protege la cabeza y el cuerpo y los Copépodos están constituidos por regiones que se pueden diferenciar por sus apéndices (Pérez, 2009).

Se han realizado varios estudios a nivel mundial principalmente para determinar la influencia del cambio climático en varios grupos de organismos acuáticos y entre ellos el plancton (e.g. Quéré et al., 2005; Sarmiento et al., 2013). En Sudamérica se han realizado varias investigaciones sobre diferentes aspectos del plancton y fitoplancton (e.g. Gómez et al., 2001; Santander et al., 2003; Perbiche Neves et al., 2014). Sin embargo en Ecuador pocos son los estudios acerca del plancton.

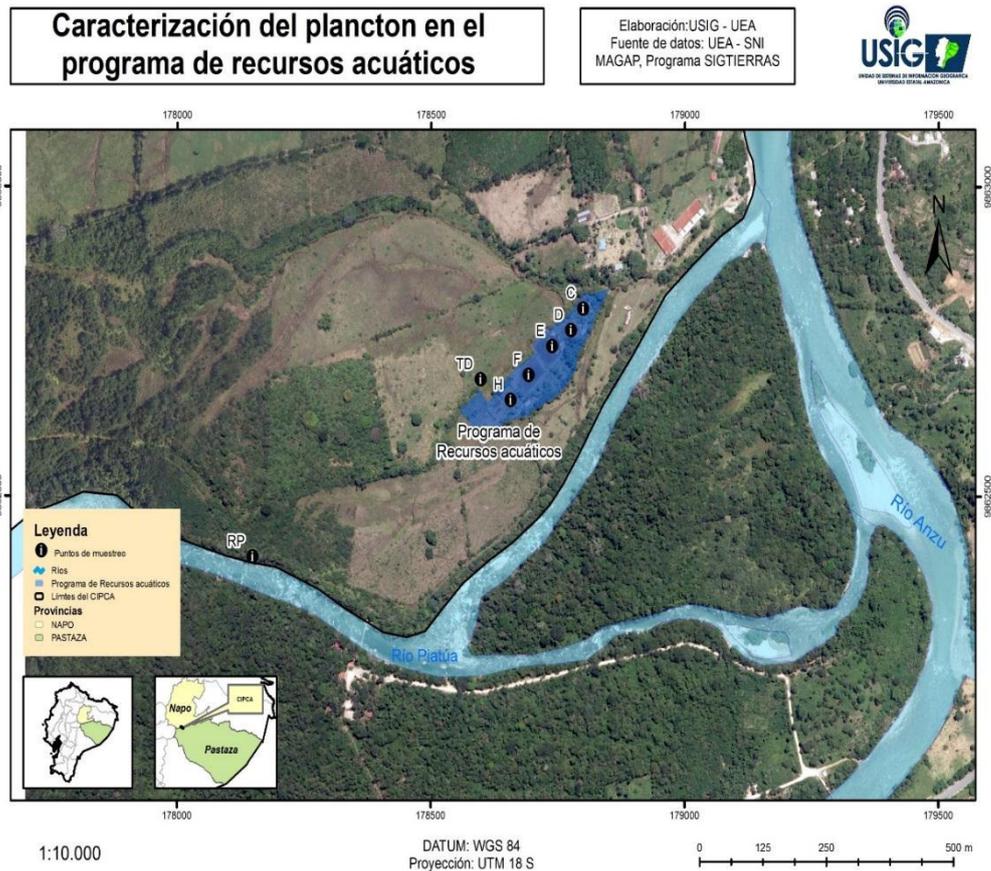
El objetivo principal de este estudio es aportar con información sobre la clasificación taxonómica de las comunidades de plancton en la amazonía ecuatoriana y su relación entre los parámetros físico-químicos. Considerando que algunas especies de fitoplancton y zooplancton son fuente de alimento para los peces, estos organismos pueden ser utilizados como indicadores de la calidad de agua. El presente estudio es de trascendental importancia, puesto que existen pocos estudios sobre este tema en la Amazonía ecuatoriana y en general en el país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El proyecto se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica - CIPCA-, que forma parte de la Universidad Estatal Amazónica, en la amazonía ecuatoriana en las Provincias de Napo y Pastaza, cantones Arosemena Tola y Santa Clara, respectivamente. El CIPCA comprende 2848 ha., está ubicado en el Km. 44 de la vía Puyo-Tena, a una altitud mínima de 443 msnm y máxima de 1137 msnm, presenta un clima húmedo tropical con una temperatura promedio de 24 °C precipitación anual entre 3600 y 5500 mm. Se halla junto a la desembocadura de los ríos Anzu y Piatúa (figura 1).

Figura 1. Ubicación del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA)



### Muestreo de la diversidad y abundancia del Plancton

Se efectuaron 5 muestreos en la época lluviosa, mediante arrastres superficiales por 1 minuto mediante una red cónica simple para muestras de plancton con un ojo de malla de 153  $\mu\text{m}$  en 7 puntos de muestreo comprendidos de la siguiente manera: en la toma de agua del río Piátúa, en el tanque de distribución de agua y en cinco piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA donde estuvieron creciendo tres especies de peces nativos de la amazonía *Arapaima gigas* (Paiche), *Piaractus brachypomus* (Cachama) y *Prochilodus nigricans* (Bocachico). La ventaja del uso de red es que concentran los organismos al filtrar el agua (Ferrario *et al.*, 1995).

La identificación de los grupos taxonómicos se realizó mediante el apoyo de claves y guías taxonómicas. Cabe aclarar que, debido a la falta de experiencia en la identificación taxonómica de estos organismos, la determinación con nombres científicos solo llegó hasta el nivel de morfoespecies.

Para determinar el número de individuos por ml de cada especie se realizaron conteos bajo el microscopio utilizando la cámara de Neubauer. Para esto se tomó una pequeña muestra de agua previamente fijada con formaldehído y se colocó una gota en la cámara hasta llenar el espacio del cubreobjetos. En la cámara de Neubauer existen 5 cuadrantes, sin embargo, para realizar el conteo se toman en cuenta los cuadrantes del 1 al 4, debido a que el 5 es el central de la cámara (Bastidas, 2012).

### *Muestreo de parámetros fisicoquímicos del agua*

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos in situ de todos los puntos de muestreo que incluye a la toma de agua del río Piatúa, el tanque de distribución de agua y las cinco piscinas donde se realizó el muestreo del zooplancton y fitoplancton.

Los parámetros fisicoquímicos fueron determinados mediante la lectura de valores proporcionados en campo. Cada parámetro fue medido siguiendo diferentes procedimientos, así para temperatura, pH y conductividad se utilizó una sonda multiparamétrica con sensores (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1996). La turbidez se midió una sola vez después de los 5 muestreos para tener datos referenciales para determinar la calidad de agua en los sitios de muestreo; debido a que no estuvo disponible el disco de Secchi durante la duración de la fase de campo de este estudio.

### *Análisis de datos*

La diversidad de especies se midió en base a la riqueza de especies, es decir al número de especies por sitio de muestreo. En este estudio se evaluó la abundancia absoluta, es decir el número total de individuos por especie.

La evaluación de la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre la diversidad y abundancia del plancton se determinó mediante regresiones múltiples utilizando el programa PAST (Hammer, 2001).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### *Diversidad y abundancia del plancton*

En la presente investigación se identificaron 7 morfoespecies de fitoplancton y 9 de zooplancton como se muestra en la tabla 1.

La especie más abundante de fitoplancton fue *Trachelomona* sp.1, la cual se encontró en, mientras que *Oedogonium* sp. se encontró en menor número (tabla 2).

Por otro lado, la especie *Arctodiptomus* sp. (figura 2) fue la más abundante para el zooplancton con 129 individuos, en contraste la especie que mostró la menor abundancia es *Keratella* sp. con un total de 4 individuos (tabla 2).

Para las especies *Navicula* sp.1, *Navicula* sp.2, *Euglena* sp., *Bacteriastrum* sp., *Trachelomona* sp.2, *Amoeba* sp. no se determinó la abundancia absoluta debido a que el conteo de individuos se realizó únicamente entre los cuadrantes 1 y 4 de la cámara de Neubauer y estos individuos estaban fuera de los mismos.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de las comunidades de plancton encontradas en el sitio de estudio.

Clasificación Taxonómica de Fitoplancton						
#	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
1	Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Trachelomona</i>	<i>Trachelomona sp.1</i>
2	Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>Oedogonium sp.</i>
3	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Pseudostaurosira</i>	<i>Pseudostaurosira sp.</i>
4	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp.</i>
5	Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	<i>Euglena sp.</i>
6	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Chaetocerotanae	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum</i>	<i>Bacteriastrum sp.</i>
7	Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Trachelomona</i>	<i>Trachelomona sp.2</i>
Clasificación Taxonómica de Zooplancton						
1	Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclops</i>	<i>Cyclops sp.</i>
2	Arthropoda	Maxillopoda	Calanoida	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus sp.</i>
3	Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Sididae	<i>Sida</i>	<i>Sida sp.</i>
4	Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina sp.</i>
5	Arthropoda	Arachnida	Acari	Hydrachnidae	<i>Hydrachna</i>	<i>Hydrachna sp.</i>
6	Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	<i>Daphnia</i>	<i>Daphnia sp.</i>
7	Rotifera	Monogononta	Gastropoda	Hexarthridae	<i>Hexarthra</i>	<i>Hexarthra sp.</i>
8	Rotifera	Monogononta	Ploimida	Brachionidae	<i>Keratella</i>	<i>Keratella sp.</i>
9	Amoebozoa	Tubulinea	Euamoebida	Amoebidae	<i>Amoeba</i>	<i>Amoeba sp.</i>

Figura 2. Imagen de *Arctodiaptomus sp.* encontrada en las piscinas C, D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA. La imagen se obtuvo del microscopio del laboratorio de Biología de la UEA



Los hallazgos de este estudio muestran que el fitoplancton y zooplancton presentan una diversidad considerable y que la mayor abundancia de fitoplancton se encuentra en una piscina con policultivo de peces (sábalos, bocachicos y tilapias) haciendo que este sitio favorezca la producción de estos organismos; debido a que estos peces al poseer características y hábitos alimenticios distintos entre especies aprovechan los estratos y recursos alimenticios de las piscinas de manera eficiente (Tafur *et al.*, 2009).

Tabla 2. Abundancia de las especies de plancton en los sitios de muestreo

Fitoplancton	
Especie	Número total de individuos /1 x 10 <sup>4</sup> ml
<i>Tracheolomona</i> sp1.	830
<i>Oedogonium</i> sp.	226
<i>Navicula</i> sp1	
<i>Navicula</i> sp2	
<i>Euglena</i> sp.	
<i>Bacteriastrum</i> sp.	
<i>Tracheolomona</i> sp2.	
Zooplancton	
<i>Cyclops</i> sp.	129
<i>Arctdiaptomus</i> sp.	16
<i>Sida</i> sp.	14
<i>Moina</i> sp.	11
<i>Hydrachna</i> sp.	9
<i>Daphnia</i> sp.	8
<i>Hexarthra</i> sp.	5
<i>Keratella</i> sp.	4
<i>Amoeba</i> sp.	

*Influencia de parámetros físico-químicos sobre la diversidad y abundancia de plancton*

De acuerdo a los resultados de las regresiones múltiples presentados en las tablas 3 y 4 los parámetros físico-químicos, analizados en este estudio, son no significativos ya que el valor de p es mayor que 0,05, es decir ninguno de los parámetros tiene influencia sobre la diversidad y abundancia de fitoplancton y zooplancton en los sitios de muestreo.

Tabla 3. Resultados de la regresión múltiple que muestra la influencia de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de plancton

Coeficientes estadísticos y de regresión				
	Fitoplancton		Zooplancton	
	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>
<b>Índice de diversidad</b>	0.3328		0.2160	
<b>pH</b>	0.4915	0.0237	0.5166	0.0541
<b>Temperatura</b>	0.3197	0.1933	0.2463	0.4274
<b>Caudal</b>	0.4775	0.0013	0.8646	0.1583
<b>Conductividad</b>	0.4428	0.0215	0.3878	0.0631

Tabla 4. Resultados de la regresión múltiple que demuestra la influencia de los parámetros físico-químicos sobre la abundancia de plancton

Coeficientes estadísticos y de regresión				
	Fitoplancton		Zooplancton	
	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>
<b>Número de Individuos</b>	0.6988		0.5935	
<b>pH</b>	0.3069	0.1448	0.1448	0.1308
<b>Temperatura</b>	0.4263	0.0054	0.2357	0.0283
<b>Caudal</b>	0.4613	0.0028	0.2068	0.0190
<b>Conductividad</b>	0.3945	0.0264	0.1423	0.4243

De los resultados de los análisis se determinó que estos no tienen influencia en la diversidad y abundancia del plancton. Estos hallazgos son antagónicos con otros estudios donde se reporta que la temperatura del agua tiene una relación directa con las poblaciones de fitoplancton (e.g. Devika *et al.*, 2006). Por otro lado según los reportes de Adbar (2013) algunas especies de fitoplancton están relacionados con la temperatura, pero otras especies no. Por lo que se esperaba que si realizamos regresiones entre cada especie y los parámetros físico-químicos podríamos obtener resultados diferentes.

#### *Especies de plancton como indicadores de la calidad de agua*

Ray et al. (2004) sugiere que el fitoplancton a parte de su importancia como productor primario de la cadena alimenticia, pueden ser muy útiles como indicadores de la calidad de agua. Según los resultados de turbidez y otros parámetros, se considera que las piscinas C, D y H poseen una buena calidad agua después de la caja de distribución y el río Piatúa. Por lo que se espera que las morfoespecies de plancton encontradas en estos sitios de muestreo sean indicadoras de buena calidad de agua. En estos tres sitios de muestreo encontramos una importante cantidad de individuos de la especie *Trachelomona* sp.1. Sin embargo, según la literatura, las especies del género *Trachelomona*, son algas unicelulares, de color amarillo, marrón o hialino, que se encuentran principalmente en cuerpos de agua que contienen hierro, nitratos y fosfatos; la mayoría de estas son cosmopolitas, y se desarrollan cuando existe materia orgánica disuelta y son frecuentes en aguas estancadas (Guerrón, 2015).

## CONCLUSIONES

En los sitios de muestreo se registraron 7 morfoespecies de fitoplancton y 9 morfoespecies de zooplancton, siendo más abundante el fitoplancton.

Los parámetros físico-químicos no influyen sobre la diversidad y abundancia de fitoplancton y zooplancton en ningún punto de muestreo, pero se espera que si los análisis se hacen separando las especies, los resultados pueden variar.

Se determinó que la morfoespecie de fitoplancton de *Trachelomona* sp1 funcionan como indicadora de calidad de agua relativamente buena. Sin embargo este hallazgo se contrasta con otros estudios.

Este estudio es un aporte inicial para el conocimiento de la composición e importancia como indicadores de calidad de agua de los diferentes grupos de plancton en la amazonía ecuatoriana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdar, M.R. (2013). Physico-chemical characteristics and Phytoplankton of Morna lake, Shirala (M.S.) India. *Biolife* 1(2):-1-7.
- Bastidas, O. (2012). Tecnical Note. Neubauer Chamber Cell Counting. Recuperado el 5 de marzo del 2015. <http://www.celeromics.com/es/resources/docs/Articles/Conteo-Camara-Neubauer.pdf>
- Devika, R., Rajendran, A. & Selvapathy, P. (2006) Variation studies on the physic –chemical and biological characteristics at different depths in model waste stabilisation tank. *Pollut. Res.*, 24,771 774.
- Ferrario, M.E., Sar, E.A. y Sala, S.E. (1995). Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas en: Alveal, K., Ferrario, M.E., Oliveira, E.C. y Sar, E. editores. Manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción. Concepción-Chile. P.1-19.
- Gómez, L., Larduet, Y., & Abrahantes, N. (2001). Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 22(3), 191-197.
- Guerrón, P. (2016). Relación entre las variables fisicoquímicas y la concentración de microalgas en la laguna de Monte Redondo. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*, 21, 22, 23. Retrieved from <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4518/1/IAD-2015-026.pdf>
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (1996). Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes. 174.
- Oliva-Martínez, M. G., & Godínez-Ortega, J. L.-R. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 54-61.
- Penchaszadeh, Pablo, and Broggër, Martín. *Biología marina*. Argentina: Eudeba, (2009). ProQuest ebrary. Web. 21 January 2015.
- Perbiche-Neves, G., Boxshall, G. A., Nogueira, M. G., & da Rocha, C. E. (2014). Trends in planktonic copepod diversity in reservoirs and lotic stretches in a large river basin in South America. *Marine and Freshwater Research*, 65(8), 727-737.
- Pérez, M. (2009). Estructura de la comunidad Zooplanctónica en un humedal urbano andino Neotropical por un periodo de siete meses.
- Quéré, C. L., Harrison, S. P., Colin Prentice, I., Buitenhuis, E. T., Aumont, O., Bopp, L., Claustre, H., Cotrim Da Cunha, L., Geider, R., Giraud, X., Klaas, C., Kohfeld, K. E., Legendre, L.,

Manizza, M., Platt, T., Rivkin, R. B., Sathyendranath, S., Uitz, J., Watson, A. J. and Wolf-Gladrow, D. (2005), Ecosystem dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. *Global Change Biology*, 11: 2016–2040. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.1004.x

Rey, P.A., Taylor, J.C., Laas, A., Rensburg & Vosloo, L.A. (2004). Determining the possible application value of diatoms as indicators of general water quality: a comparison with SASS 5. *Water SA*, 30 pp. 325–332.

Sarmiento, H., Amado, A. M., & Descy, J. P. (2013). Climate change in tropical fresh waters (comment on the paper 'Plankton dynamics under different climatic conditions in space and time' by de Senerpont Domis et al.). *Freshwater Biology*, 58(10), 2208-2210.

Santander, Edgardo, Herrera, Liliana, & Merino, Carlos. (2003). Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. *Revista de biología marina y oceanografía*, 38(1), 13-25. Recuperado en 27 de octubre de 2015, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-19572003000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572003000100002&lng=es&tlng=es). 10.4067/S0718-19572003000100002.

Tafur, J., Alcántara, F., Del Águila, M., Cubas, R., Mori-Pinedo, L., & Chu-Koo, F. (2009). Paco *Piaractus brachypomus* y *Gamitana Colossoma macropomum* criados en policultivo con el Bujurqui-Tucunaré, *Chaetobranhus semifasciatus* (Cichlidae). *FOLIA Amazónica*, 18(1-2), 97; 104. Retrieved from <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ563.pdf>

**COMISIÓN NO. 2**  
**MANEJO**  
**SOSTENIBLE DE**  
**TIERRAS Y**  
**SEGURIDAD**  
**ALIMENTARIA**



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 2. MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA2-15

**Título del trabajo:** Cambios en la capacidad de sorción de calcio y potasio en suelos afectados por incendios forestales simulados en laboratorio.

**Autor (es):** Carlos Andrés Ulloa Vaca

**Ponente (s):** Carlos Andrés Ulloa Vaca

**E-mail:** [culloa@ups.edu.ec](mailto:culloa@ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El presente trabajo evalúa la capacidad de sorción de calcio y potasio en muestras de suelo expuestas a diferente grado de calentamiento simulando incendios forestales de baja, mediana y alta intensidad. Se trató a las muestras de suelo reproduciendo un proceso de sorción en *sistema batch en un tanque de agitación*, posteriormente se determinó por método de absorción atómica el grado de retención de calcio y potasio a diferentes tiempos, concentraciones, y pH en muestras de suelos que se trataron con antelación a diferentes temperaturas que pueden alcanzar durante un incendio forestal. Las Isotermas obtenidas nos permitieron determinar el tipo y nivel de sorción ocurrida en las muestras.

**Palabras claves:** incendios forestales, isotermas, sorción



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 2. MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA2-31

**Título del trabajo:** Patio familiar con uso sostenible de la tierra mediante el empleo de prácticas agroecológicas.

**Autor (es):** Rafael de la Cruz Pérez, Raquel de la Cruz Soriano, Yulexis Cedré Pérez, Onelia Guevara Reyes

**Ponente (s):** Raquel de la Cruz Soriano

**E-mail:** [raquel@uniss.edu.cu](mailto:raquel@uniss.edu.cu)

**Institución:** Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez"

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El trabajo que se presenta respondió a la problemática relacionada con el uso inadecuado de la tierra y los manejos agro técnicos han provocado el deterioro del suelo y el uso ineficiente de la tierra. Lo anterior demanda la búsqueda de soluciones locales donde se analicen las propiedades del suelo, que potencien su manejo adecuado y la selección de cultivos apropiados es una necesidad vigente, que debe enfrentar cada campesino. El objetivo del trabajo se orientó a exponer las experiencias prácticas en un patio familiar con el uso sostenible de la tierra mediante el empleo de prácticas agroecológicas en la CCS "Ciro Redondo". Se utilizaron diferentes métodos y técnicas: observación, introducción de prácticas agroecológicas (preparación manual del suelo, limpia manual de malezas), uso de abonos naturales (excreta de animales, ralea de árboles y arbustos, residuos del deshierbe), uso de barreras vivas, selección adecuada de cultivo en correspondencia con la profundidad del suelo (40-70 cm) (cafeto), plantación de árboles para sombra (frutales y no frutales) en las áreas favorables, y el uso de barreras muertas naturales y artificiales (piedras). Se lograron como resultados más importantes: incremento de la capa vegetal del suelo y su conservación; aprovechamiento eficiente de la tierra al usar los espacios entre las rocas para plantar café, frutales; obtención de productos saludables; construcción de un espacio natural favorable para el hábitat de diferentes especies; protección del medio ambiente y los recursos naturales; la poda de los árboles aporta leña para uso combustible y la obtención de beneficios económicos.

**Palabras claves:** agricultura familiar, agroecología, uso eficiente de la tierra



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 2. MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA2-49

**Título del trabajo:** Bacterias, algas, microalgas, cianobacterias y macrofitas de aplicación biotecnológica (nutricional, biorremediadora y biofertilizante) industrial y ecológica cultural.

**Autor (es):** Isabel Carrillo, Franklin Gaviláñez, Andrés Granda, Juan Ochoa

**Ponente (s):** Franklin Gilberto Gaviláñez Elizalde

**E-mail:** [cub@uce.edu.ec](mailto:cub@uce.edu.ec)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Este programa de investigación pretende como objetivo general “desarrollar” biotecnologías ficológica y bacteriana in vitro para procesos de Nutrición, Biorremediación y Biofertilización de aplicación industrial y ecológica cultural sostenible y sustentable para la promoción del cambio de la matriz productiva y los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir PNBV; a través de tres objetivos específicos: a) Caracterizar físico-química-biológicamente especies de: bacterias, algas, microalgas, cianobacterias y macrofitas desde muestras obtenidas de nichos ecológicos ecuatorianos mediante estudio in vitro y bioquímico; b) Comprobar la acción nutricional, biorremediadora y biofertilizante de especies seleccionadas ficológicas y bacterianas, mediante estudios experimentales correlativos intervariables; y, c) Biomásificar especies probadas para la formulación de productos con alto valor agregado de aplicación industrial, ecológica y cultural. Se obtuvo una eficiencia del 10% en asimilación como alimento zootécnico mediante la inclusión de macrofitas y cianobacterias en pollos de engorde; se evidenció una baja de DBO y DQO hasta en 60% en muestras de agua procedentes de pelambre, efluente porcinos y de camales, biorremediados mediante consorcios bacterianos, microalgales y de macrofitas, evidenciándose su potencial biotecnológico, demostrando así su aplicabilidad en la mitigación de impactos ambientales, alternativas de nutrición no convencionales y propuestas de gestión política ambiental y desarrollo comunitario. Se encuentra en procesos de ejecución las propuestas de industrialización para su aplicación in situ.

**Palabras claves:** bacteria, ficología, nutrición, biorremediación, biofertilización

## INTRODUCCIÓN

El presente programa abarca varios proyectos de investigación en las líneas de Nutrición, Biorremediación y Biofertilización, generados por bacterias y especies ficológicas de interés biotecnológico, utilizando estrategias de Vinculación comunitaria: Incorporación de diferentes profesionales: Químicos, Biólogos Microbiólogos Agrónomos Ingenieros Ambientales Etc., con el fin de una evaluación multidisciplinaria los mismos que son desarrollados en el Centro de Biología UCE, aportando así a los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir y a las necesidades que exige la sociedad de éste país y del mundo.

En relación al estudio de la Nutrición, la demanda de proteína animal en los pollos para el consumo humano y a las escasas fuentes proteicas para la elaboración de balanceados en el sector avícola, cada día requiere modificar sus formulaciones con alimentos proteicos no convencionales, esto por los altos costos que presentan las proteínas convencionales. El propósito fue evaluar la influencia nutricional de la biomasa del helecho *Azolla filiculoides*., como complemento alimenticio avícola (*Gallus gallus*-Broiler); mediante estudios de laboratorio: análisis proximal y cuantificación de aminoácidos de la biomasa seca del helecho, del balanceado-comercial Inicial y análisis proximal de las dietas experimentales en el peso adquirido de *Gallus gallus*-Broiler en los primeros 21 días de edad con el suministro de la dieta propuesta y determinación del estado nutricional del ave, mediante análisis clínico veterinario (hematocrito, hemoglobina, AST, ALT, proteínas totales y albúmina).

Se evidenció que el helecho *Azolla filiculoides*, al contener 16 % proteína y aminoácidos esenciales es una alternativa de fuente proteica al incluirlo hasta el 10 % en una formulación para pollos de engorde, *Gallus gallus*-Broiler.

En lo que respecta a la Biorremediación, como alternativa de aplicación biotecnológica se realizó el estudio enfocándose en aislar cepas propias del efluente para cuantificar en qué porcentaje logra degradar la carga contaminante frente a las desventajas que tienen los tratamientos físico-químicos como el costo y la generación de otros contaminantes.

De los aspectos centrales que preocupan en la temática de los efluentes de la curtiembre se destacan: la sangre, el cromo, sulfuro, nitrógeno, sólidos en suspensión y materia grasa. Una característica sobresaliente del impacto ambiental de la curtiembre es el enorme volumen de agua que demanda y, en consecuencia, las descargas no son sólo abrumadoras sino que transportan una carga contaminante muy alta. Adriana Alzate investigadora del Centro de Producción Más Limpia de Colombia comenta: "...en general por cada 1000 kg de pieles saladas que entran al proceso de curtición, se requieren en promedio 450 kg de diferentes tipos de insumos químicos. Como resultado se obtienen aproximadamente 200 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos, 138 kg de agua que pierde la piel. El volumen de agua que se consume en todo el proceso, desde ribera hasta el acabado, y que por tanto se elimina en las descargas oscila entre 15 a 40 m<sup>3</sup>/tonelada de piel fresca" (Alzate, 2004).

El método biológico trata distintos efluentes de manera más eficaz que los procesos químicos o físicos, especialmente en aguas residuales industriales contaminadas por agentes orgánicos más comunes (materia orgánica, aceites y grasas, entre otros). La industria del cuero y calzado en el Ecuador es un sector importante de la economía; solo en Tungurahua se concentra el 68% de la producción total; junto a la industria textil y de la confección representan las ramas industriales más importantes de la provincia (Suarez, 2012).

El efluente de la industria de curtiembre y pelambre en el Ecuador contiene altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, pH elevado, sólidos suspendidos y compuestos de cromo y se agrupa en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi; principalmente en la ciudad de Ambato, estas industria en su mayoría de producción artesanal descargan sus efluentes a los ríos sin tratamiento previo según información del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Ambato (GADMA, 2012).

En la actualidad, este cantón abastece al 80% de mercado nacional y el cuero es reconocido por ser de excelente calidad; pero el sector presenta problemas de carácter ambiental por la gran cantidad de contaminación que producen y que perjudica especialmente al recurso hídrico de la provincia causando malestar en sus habitantes (López, 2011).

El Ecuador cuenta con más de 200 mataderos; 45% en la Sierra, 38% en la costa y 17% en la región Amazónica y Galápagos. La mayoría son de propiedad de los municipios y están administrados por estos; el 81% de los mataderos están ubicados en áreas urbanas, 7% en semiurbanas y 12% son rurales. El tema ambiental en los camales del Ecuador no ha sido de importancia para las autoridades, los residuos líquidos son descargados sin ningún tipo de tratamiento, generando impactos negativos en el medio ambiente, la mayoría de estos están localizados en zonas urbanas incrementando el riesgo sobre la salud pública. El agua residual de los camales contiene una elevada concentración de materia orgánica disuelta y en suspensión por la presencia de: sangre, estiércol, proteínas, pelos y grasas.

Estos efluentes son descargados en cuerpos de agua ocasionando graves daños a la flora y fauna, por la reducción de oxígeno disuelto a causa de la oxidación de materia orgánica que demanda una alta cantidad de oxígeno, por tal razón la Biodiversidad algal permitiría la Biorremoción de estos materiales contaminados mejorando la calidad del agua y por ende la calidad de la población.

Cada día la población mundial crece en 250.000 personas, de manera que se estima que en el año 2020 se haya duplicado, y que casi el 95% de este aumento tendrá lugar en los países del tercer mundo o países en desarrollo. También diariamente se pierden 180 km<sup>2</sup> de bosque tropical, 110 km<sup>2</sup> de zona agrícola se convierten en desierto y se crean de 3 a 5 nuevos compuestos químicos de uso agrícola.

Con esta perspectiva, habrá que admitir que el principal problema social a escala mundial es atender las necesidades alimentarias de su población y, paralelamente, controlar el impacto ambiental que el incremento de la actividad agrícola puede causar. Desde el punto de vista de la necesidad de aumentar la producción agrícola se tiende hacia una agricultura intensiva, que requiere elevados usos de fertilizantes y pesticidas agrícolas pero su uso indiscriminado hace que éste sea muy contaminante. Desde el punto de vista del respeto ambiental se tiende hacia la agricultura biológica y esto es la creación de Biofertilizante en base a la diversidad Algal que se pretende realizar en este PROGRAMA. Esto es la perspectiva hacia una agricultura sostenible.

Constituyen un tema actual donde los beneficiarios directos son la sociedad, al poseer herramientas que le permitan mejorar su alimentación, salud, productividad y su economía; también la universidad al vincularse ya directamente con estrategias puntuales de desarrollo y el enriquecimiento profesional. Se pretende crear nuevos productos nuevas alternativas de Alimentación (animal y Vegetal), debido a su alta cantidad de proteína, Remediación de Cuerpos de agua contaminados de industrias, cumpliendo la NORMA TULAS; Biofertilización de suelos debido a su alta cantidad de Nitrógeno de la Biodiversidad Microalgal.

## OBJETIVOS

### General

Desarrollar biotecnologías ficológica y bacteriana in vitro para procesos de Nutrición, Biorremediación y Biofertilización de aplicación industrial y ecológica cultural sostenible y sustentable para la promoción del cambio de la matriz productiva y los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir PNBV.

### Específicos

- a) Caracterizar físico-química-biológicamente especies de: bacterias, algas, microalgas, cianobacterias y macrofitas desde muestras obtenidas de nichos ecológicos ecuatorianos mediante estudio in vitro y bioquímico;
- b) Comprobar la acción nutricional, biorremediadora y biofertilizante de especies seleccionadas ficológicas y bacterianas, mediante estudios experimentales correlativos intervariables; y,
- c) Biomásificar especies probadas para la formulación de productos con alto valor agregado de aplicación industrial, ecológica y cultural

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Dentro del taller artesanal se recolectó la muestra en el punto de monitoreo determinado por la autoridad ambiental (descarga previa al alcantarillado). Está asentada en las riberas del río del mismo nombre en la cordillera Occidental, a 2577 m.s.n.m. con una temperatura que fluctúa entre 10°C - 25°C.



Figura 1: Ubicación taller artesanal

### Fase de tratabilidad

- a) Para una adecuada recolección de muestras se procedió según lo indicado en el TULSMA, que determina el procedimiento para recoger una muestra representativa en descargas de efluentes industriales.

Los envases usados en el punto de descarga para la etapa microbiológica consistieron en 3 recipientes de vidrio de 500 ml previamente esterilizados y para la fase de biorremediación 6 envases plásticos de 5 litros. Se realizaron 4 recolecciones del efluente, la primera para el aislamiento de la cepa bacteriana y las otras 3 para la remoción de contaminante orgánico. Durante el muestreo se utilizó equipo de protección personal como guantes y mascarillas.

Dentro del grupo de las bacterias se tiene a las pseudomonas que poseen la capacidad de usar varios compuestos orgánicos como fuentes de carbono y energía. Algunas especies utilizan más de 100 compuestos diferentes y sólo unas pocas especies pueden utilizar menos de 20. Uno de estos ejemplos de versatilidad es la *Burkholderia cepacia*, la *Pseudomonas spp*, una sola estirpe puede utilizar ácidos grasos, azúcares, ácidos dicarboxílicos, ácidos tricarboxílicos, alcoholes, polialcoholes, glicoles, compuestos aromáticos, aminoácidos y aminas, además de una variedad de compuestos orgánicos no incluido en ninguna de estas categorías.

- b) Para aislar las cepas responsables de la biorremediación, el primer paso fue reactivarlas, esto es añadirlas en un medio acuoso que contiene todas las sustancias necesarias para la supervivencia de los microorganismos. Este procedimiento trata de aumentar el número relativo de microorganismos objetos de interés de la muestra con respecto al resto de bacterias (Vullo, 2000).

Se preparó 100mL caldo nutritivo según lo indicado en la etiqueta del producto, en un matraz de 200mL, añadiendo 50mL de efluente. Posteriormente se incubó a 37°C por 48 horas. Para la siembra de las cepas se utilizó técnicas de cultivo aerobio mediante estriado de un medio líquido (caldo nutritivo) en el medio semisólido (Agar Trypticase de Soya) Para la purificación de las colonias obtenidas en la primera siembra (3colonias diferentes), se volvió a inocular en el medio de enriquecimiento (caldo nutritivo). Se prepararon tres matraces con 50mL de caldo nutritivo cada uno, colocando las diferentes colonias mediante el ansa al matraz correspondiente. Luego de incubarlos por 24 horas a 37°C, se realizó la siembra en dos cajas petri por cada matraz en Agar – Agar.

Se justifica el uso de este medio semisólido en que se necesita que la cepa aislada pueda reproducirse en un efluente que no le otorgue alta fuente de nutrientes constantemente. Se incubó a 37°C durante 24 horas.

Una vez obtenidas las colonias se describió su morfología: forma, tamaño, superficie, aspecto, color y elevación.

Finalmente se adicionó periódicamente 10 ml de efluente como fuente de carbono en un medio minimal (500 ml) que contenía 10 ml de pool bacteriano (*Pseudomonas spp*).

- c) Previo a la biorremediación del efluente se debe conocer los niveles de contaminación que presenta frente a los límites máximos permisibles establecidos en la norma.

Se colocaron dos litros de efluente en cada recipiente plástico rectangular con esquinas redondeadas con capacidad de cuatro litros en los cuales se agregó pool bacteriano a tres diferentes concentraciones respecto del volumen del efluente: 5 %,7% y 10%. (Figura 2)



Figura 2 Esquema del diseño experimental aleatorizado de la fase de tratabilidad del efluente al 5 % (v/v) con el pool bacteriano y con el control, cada uno con tres réplicas

Para adecuar el efluente y promover el crecimiento de la cepa biorremediadora según la literatura se escogió la técnica de bioestimulación que consiste en la introducción de modificaciones en el medio, mediante el aporte de nutrientes, aireación y otros procesos. En ocasiones será suficiente añadir oxígeno mediante aireación, aunque en otros se podría requerir la adición de nutrientes o ajustes de pH. En todo caso, estas aproximaciones son válidas siempre y cuando los microorganismos autóctonos sean capaces de degradar en contaminante tras un proceso más o menos largo de aclimatación previa.

Las condiciones óptimas de crecimiento para la cepa bacteriana son: temperatura de 35°C, pH: 7,2 y un suministro de oxígeno de 2-5mg/L.

- d) Con el fin de validar los datos del experimento, se realizaron tres réplicas de ensayo de cada unidad experimental bajo las mismas condiciones de pH, temperatura y aireación, pero con efluentes recogidos en diferentes días de modo que tuviesen distintas cargas contaminantes, es decir: unos efluentes con más alto DBO y DQO, otro de término medio y otro con menos concentración. Esto con el fin de verificar si la eficiencia de degradación es la misma en diferentes condiciones contaminantes del agua de descarga.

Una vez obtenidos los resultados se validó su confiabilidad mediante la aplicación de varianza y desviación estándar, a su vez se los graficó para observar de mejor manera la correlación entre los mismos.

## RESULTADOS

La carga orgánica contenida en el efluente recolectado a condiciones ambientales en el taller artesanal mostró un alto índice de DBO y DQO por la naturaleza del proceso, (Tabla1) estos parámetros sobrepasaron la normativa ambiental. Tras realizar las pruebas bioquímicas, la cepa aislada se la identificó como *Pseudomona sp*, otras cepas no sobrevivieron debido al pH, la temperatura y a la insuficiencia de nutrientes que requerían.

Después de haber tabulado y graficado los porcentajes de remoción de materia orgánica (DBO y DQO); y luego de comparar los valores obtenidos mediante análisis estadísticos (ANOVA y

método Duncan), se estableció que la mayor eficiencia alcanzada pertenece a la unidad experimental con la concentración bacteriana del 7% (pH=7,2 y T=25°C) a los 15 días de tratamiento.

Como se pudo verificar los resultados a través del tratamiento estadístico de los datos de remoción orgánica, la cepa fue capaz de remover suficiente materia para llegar al límite permisible exigido por el ente regulador, por tanto, solo se puede sugerir lo siguiente:

Realizar otros procesos previos (floculación) hasta llegar a una DQO máximo de 1200mg/L y DBO de 600 mg/L dado que uno de los impedimentos para disminuir la contaminación es el alto índice de sólidos suspendidos. La remoción que realiza la cepa (*Pseudomona spp*) es del 60% aproximadamente, al enfrentarse con niveles de 1200mg/L DQO y 600 mg/L DBO puede llegar a la norma instalando las facilidades necesarias.

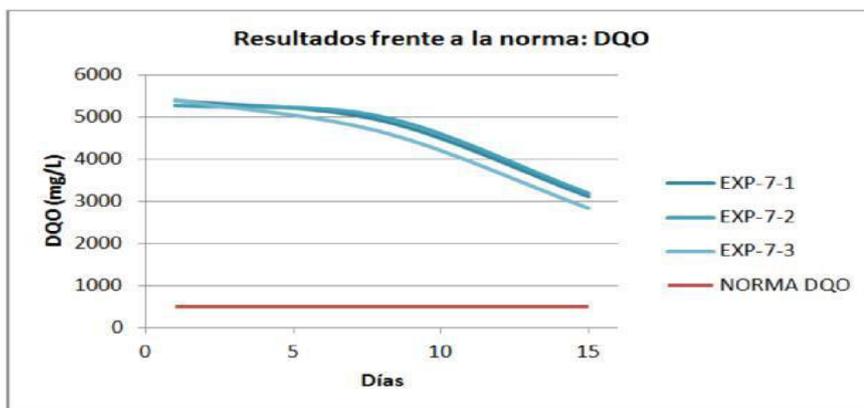
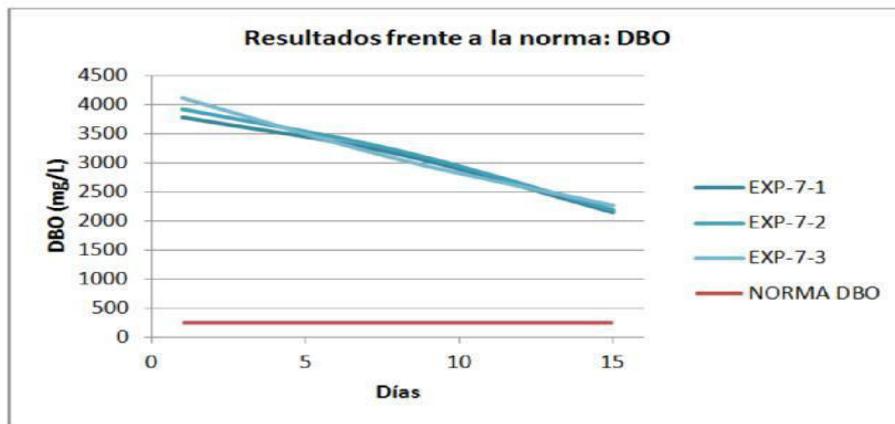


Figura 3 Comparación de la norma para DBO  
Figura 4 Comparación de la norma para DQO

## CONCLUSIONES

La eficiencia de remoción de la cepa bacteriana aislada a una concentración de pool bacteriano del 7% fue del 61,54% para DBO y 61,69% para DQO, a la concentración del 5% fue del 57,43% para DBO y 52,90% para DQO, y a la concentración del 10% fue del 52,60% para DBO y 47,33% para DQO; en todas las unidades experimentales el tiempo de tratamiento fue de 15 días.

## NUTRICIÓN

### ÁREA DE ESTUDIO

Se recolectó 500 kilogramos de biomasa húmeda de *Azolla filiculoides* en la Laguna de Yaguarcocha de la Provincia de Imbabura con una camioneta facilitada por la Universidad Central del Ecuador.

#### Fase I. Colección de biomasa húmeda. Trabajo de campo



Figura 5 Colección de biomasa húmeda. Trabajo de campo

#### Fase II. Procesamiento de la muestra

La biomasa húmeda de *Azolla filiculoides* recolectada en costales se extendió en una red y con la manguera se retiró las impurezas contenida en ella. La biomasa húmeda se esparció en un zinc y con la ayuda de una criadora a gas se hizo un secado rápido a 60 °C, posterior a esto se secó íntegramente en una estufa a 90 °C, cada ciclo de secado, luego mediante la ayuda de un molino manual, se molió la muestra seca y se almacenó en frascos de vidrio aproximadamente 12 libras.

#### Fase III Análisis proximal y aminoácidos

Se realizaron los análisis en los Laboratorios Centrocesal SA; Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y en el laboratorio de “Nutrición animal” de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, resultados.

#### Fase IV Diseño de dietas experimentales

**Porcentaje de inclusión en balanceado comercial para *Gallus gallus*-Broiler.** Se realiza una inclusión al Balanceado comercial inicial de *Azolla filiculoides* de 5, 10 y 15%. (Tabla 2)

BIA0 (Blanco)	BIA5	BIA10	BIA15
100%	95%	90%	85%
Balanceado	Balanceado	Balanceado	Balanceado
Inicial Comercial	Inicial Comercial	Inicial Comercial	Inicial Comercial
+	+	+	+
0%	5%	10%	15%
<i>Azolla filiculoides</i>	<i>Azolla filiculoides</i>	<i>Azolla filiculoides</i>	<i>Azolla filiculoides</i>

Tabla 1 Inclusión 5, 10 y 15 % de *Azolla filiculoides* en balanceado comercial

**Suministro de alimento a los pollitos.** Se suministró inmediatamente el Balanceado Inicial Comercial a los 60 pollos a la altura del piso, con el propósito de adaptar al ave al consumo rápido de alimento. Los primeros 5 días las aves se alimentan del Balanceado comercial sin inclusión de *Azolla filiculoides* con el fin de adaptar su sistema digestivo.

A partir del 6to día se suministró el balanceado que corresponden a los tratamientos; BIA5, BIA10 y BIA15, y el blanco BIA0, en un comedero metálico. (Figura 6)



Figura 6 Alimentación en jaula de *Gallus gallus*-Broiler

**Etapas final de crianza.** El pollito de 21 días de edad que se encuentra en la jaula experimental, es trasladado al piso, hasta la etapa final de crecimiento, en unas divisiones construidas de madera y malla. A partir de este día se suministra alimento Balanceado Final Comercial, sin inclusión de *Azolla filiculoides*. (Figura7)



Figura 7 Etapa final de crianza de Gallus gallus-Broiler

## RESULTADOS

Se muestran los resultados de promedios de los pesos de *Gallus gallus*-Broiler en su primera etapa de vida (hasta los 21 días) de los Tratamientos con inclusión de *Azolla filiculoides* y su respectivo control (Blanco).

Blanco	DIA 1	DIA 5	DIA10	DIA15	DIA 21
R1	48	119	242	451	740
R2	49	119	246	441	759
R3	49	125	254	453	752
X	49	121	248	448	750

Tabla 2 Media de pesos (gramos) del Tratamientos Blanco en Gallus gallus-Broiler

Azolla 5%	DIA 1	DIA 5	DIA10	DIA15	DIA 21
R1	48	115	252	452	750
R2	51	118	265	450	749
R3	49	124	249	452	751
X	49	119	255	451	750

Tabla 3 Media de pesos (gramos) del Tratamientos Azolla 5% en Gallus gallus-Broiler

Azolla 10%	DIA 1	DIA 5	DIA10	DIA15	DIA 21
R1	48	117	252	448	757
R2	50	119	247	456	749
R3	48	122	248	449	761
X	48	119	249	451	756

Tabla 4 Media de pesos (gramos) del Tratamientos Azolla 10% en Gallus gallus-Broiler

Azolla 15%	DIA 1	DIA 5	DIA10	DIA15	DIA 21
R1	49	117	240	448	659
R2	48	122	253	450	668
R3	49	123	243	448	664
X	49	120	245	449	664

Tabla 5 Media de pesos (gramos) del Tratamientos Azolla 15% en Gallus gallus-Broiler



Figura 8 Peso (gramos) de los tratamientos. Etapa inicial de crecimiento (1-21 días)

### Interpretación

En la Figura 8 se puede apreciar los promedios de los pesos de cada uno de los tratamientos, en donde los tratamientos: blanco, Azolla 5% y Azolla 10%, son iguales estadísticamente y el Tratamiento Azolla 15 % es diferente. Lográndose comprobar las medidas de indicadores productivos. (Tabla7)

	Blanco (BIA0)	Azolla 5% (BIA5)	Azolla 10% (BIA10)	Azolla 15% (BIA15)
Ganancia de peso (g)	702	701	707	615
Factor de conversión del Alimento	1,57	1,56	1,56	1,77
Eficiencia Alimenticia	63,8	64,0	64,1	56,4
Relación Eficiencia Proteína	2,77	2,71	2,76	2,46

Tabla 6 Medias de los Indicadores Productivos de Gallus gallus-Broiler

### Resultados de análisis veterinario

Al análisis sanguíneo de *Gallus gallus*-Broiler del Tratamiento Blanco y Azolla 15 % a los 21 días de edad se obtuvo el siguiente resultado.

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
Hematocrito	0,32	L/L	0,24-0,45
Hemoglobina	107	g/L	76-155
ALT	1,6	U/L	<12
AST	171,7	U/L	111-299
Proteínas Totales	4,0	g/L	1,8-3,2
Albúmina	1,4	g/L	1,4-2,2

Tabla 7 Tratamiento Blanco. Análisis Veterinario en sangre en Gallus gallus-Broiler.

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
Hematocrito	0,3	L/L	0,24-0,45
Hemoglobina	100,3	g/L	76-155
ALT	5,4	U/L	<12
AST	132,3	U/L	111-299
Proteínas Totales	4,6	g/L	1,8-3,2
Albúmina	1,8	g/L	1,4-2,2

Tabla 8 Tratamiento Azolla 15 %. Análisis Veterinario en sangre en *Gallus gallus*-Broiler.

Los valores de Hematocrito y Hemoglobina en *Gallus gallus*-Broiler de los tratamientos BIA0 (Blanco) y BIA15 (inclusión al 15%) se encontraron dentro de los parámetros referenciales y son indicativos que los pollos no presentan anemia. Los valores ALT y AST están dentro de los parámetros referenciales y son indicativos que los pollos no presentan daño hepático. Los valores de Proteínas Totales y Albúmina de *Gallus gallus*-Broiler se encontraron dentro de los parámetros referenciales y son indicadores del estado de Nutrición que presentaron los pollos, evidenciando que *Azolla filiculoides* es un complemento alimenticio.

## CONCLUSIONES

La harina de *Azolla filiculoides*, posee un alto contenido proteico del 16 % de buen valor biológico por los aminoácidos esenciales indispensables para la formulación de alimentos balanceados de la línea avícola de acuerdo a las necesidades nutricionales de *Gallus gallus*-Broiler.

*Azolla filiculoides* es un alimento alternativo proteico que al ser suministrado a la formulación balanceada para pollos de engorde, entre el 5 y 10%, es un complemento alimenticio.

Los pollos alimentados con *Azolla filiculoides* son aptos para consumo humano, al comprobar su buen estado de salud y nutrición, mediante análisis veterinarios: hematocrito, hemoglobina, proteínas totales, albúmina y enzimas AST, ALT., ya que éstos se encuentran en los parámetros normales.

Al valorar los indicadores productivos como: ganancia de peso, Factor de Conversión del alimento, Eficiencia alimenticia, Relación eficiencia Proteína y Mortalidad, evidencia que hasta 10% de inclusión de harina *Azolla filiculoides*, éstos presentan rendimientos más altos, convirtiéndolo en un complemento alimenticio avícola. El sector avícola ahora posee *Azolla filiculoides* como fuente de Proteína a más de la soya comercial y el trigo.

## BIOFERTILIZANTE

Con respecto a la producción de un biofertilizante a base de consorcios microalgales a escala laboratorial se está evaluando su efectividad en cultivos de *Petroselinum crispum* (Perejil) para el manejo razonable de los ecosistemas.

Como parte experimental se tomó una muestra de *Chlorella* sp., procedente de Papallacta-Napo, a diferentes densidades celulares partiendo de una concentración  $7,4 \times 10^4$  cel/ml, aislada e identificada en los laboratorios del Centro de Biología de la Universidad Central del Ecuador

Para el diseño experimental se tomó como fuente de Nitrógeno Urea CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, al 10% y tres concentraciones diferentes de microalgas con 3 repeticiones cada una, siendo evaluadas in

vitro con cultivos de *Petroselinum crispum* (Perejil), frente a un cultivo sin microalgas y 10% de Nitrógeno que será el control del experimento, estos análisis se encuentran en fase de estudio. El presente estudio tecnológico contribuirá sin duda al mantenimiento del medio rural a través de iniciativas locales y sostenibles que incentiven el uso de los recursos del territorio y que sean desarrolladas por los propios agentes locales.

## BIBLIOGRAFÍA

- AESAN. (Diciembre de 2010). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. SPAIN .
- Agropanorama, Fuente BCR. (24 de 01 de 2013). *Agropanorama.com*. Recuperado el 23 de 01 de 2013, de <http://agropanorama.com/index.asp>
- AGSO. (15 de AGOSTO de 2011). AGSO. Recuperado el MARTES de MARZO de 2012, de ASOCIACION DE GANADEROS DE LA SIERRA Y EL ORIENTE: [http://www.agsosite.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88:preocupacion-de-leche-adulterada-preocupa-a](http://www.agsosite.com/index.php?option=com_content&view=article&id=88:preocupacion-de-leche-adulterada-preocupa-a)
- Alais, C. (2003). *Ciencia de la Leche*. España: Editorial Reverte , S.A. Obtenido de [http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/174/1/INDUSTRIAS%20LACTEAS%20\(TESIS\).pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/174/1/INDUSTRIAS%20LACTEAS%20(TESIS).pdf)
- Alcántara, A. (1983). Usos e industrialización de la batata. (Boletín Informativo No. 5).
- Alcazar, C. D. (JULIO- SEPTIEMBRE de 2000). Detección de glicomacropéptido (GMP) como indicador de adulteración con suero de quesería en leche deshidratada. *Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 217-222.
- Alcazar, C. e. (2003). *Detección de glucomacropéptidos (GMP) como indicador de adulteración con suero de quesería en leche deshidratada*". Recuperado el Lunes de Septiembre de 2012, de [www.ejournal.unam.mx/rvm/vol31-03/RVM31307.pdf](http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol31-03/RVM31307.pdf)
- Alexander, R., & Zobel, H. (1992). *Developments in Carbohydrate Chemistry*. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, .
- Alzate, A. &. (2004). Proyecto Gestión ambiental en la Industria de Curtiembre en Colombia. *Centro de Produccion mas limpia*.
- American Association of Cereal Chemists. (2001). *The definition of dietary fiber. Cereals Food World*. Minnesota.
- Anzaldúa-Morales, A. (1999). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. En A. Anzaldúa-Morales, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica* (Primera ed.). Zaragoza , España: Acribia.
- Ardila, L. (2012). *Medición de la capacidad de chlorella vulgaris y scenedesmus acutus para la remoción de cromo de aguas de curtiembre*. Bogota.
- Association of Official Analytical Chemist, A. (1990). Official Methods of Analysis. En K. Helrich (Ed.).
- AVIFORTE. (2012). Guía de Manejo de Pollos de Engorde. *Balanceados Aviforte*.

- Badui, D. (2006). *Química de los Alimentos* (Cuarta ed.). México: Publicaciones Latinoamerica.
- Ballesteros, J. (2011). *Determinación de la eficacia de la azolla caroliniana como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados*. QUITO: Universidad Politecnica Salesiana.
- Barbosa, G. (2000). *Deshidratación Aliementicia en raíces y tuberculos andinos* (Primera ed.). Zaragoza, España: Acribia,S.A.
- Barbosa, L. (2004). *Diversidad y variedad de Camotes* (Primera ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Barragán, R. (2010). *Métodos estadísticos aplicados al diseño experimental*. Quito: Imprenta universitaria.
- Barrera, V. (2004). *Raíces y Tuberculos Andinos*. Quito.
- Bazari H, A. D. (2011). Proteínas Totales. *Medline Plus. Biblioteca Nacional de Medicina de EEUU*.
- Bedolla-Bernal. (2004). *Introducción a la Tecnología de Alimentos* (Segunda ed.). Madrid: Limusa.
- Belloso, C. (2012). *Desarrollo de Cepas Microbianas Autóctonas con Capacidad Degradadora de Sustancias Orgánicas Contenidas en Efluentes Industriales*. Mendoza .
- Berk PD, K. K. (2013). Albúmina. *Medline Plus. Biblioteca Nacional de Medicina EEUU*.
- Berk, P., & Korenblat, P. (2013). Aspartato aminotransferasa. *Medline Plus. Biblioteca Nacional de Medicina EEUU*.
- Bunn HF, G. L. (2012). Hematocrito. *Medline Plus*.
- Byong, L. (2000). *Fundamentos de Biotecnología de Alimentos* (Primera ed.). Zaragoza, Spain: Acribia,S.A.
- Cabezas, R. (2011). *Relación Simbiótica de Azolla Anabaena, filiculoides, Carolinaria, Mexicana para la produccion de nitrógeno en ecosistemas acuáticos*. Cayambe.
- Carver, G. (1937). *How the Farmer can save his Sweet Potatoes* (Cuarta ed.). Tunskegee,Alabama: Institute Press.
- Chavez Vela, N. A. (Enero-Abril de 2009). Desarrollo de un método inmuno blot para detectar Glicomacropéptidos (GMP) como índice de adulteracion de leche de vaca con suero de queseria. *Investigacion y Ciencia Aguas Calientes*, 16-20.
- Chica, N. (1996). Sacarificación de almidón e papa. *Trabajo final presentado como requisito para optar el título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Manizales, Colombia.
- Cobb, B. (2008). Guía de Manejo del pollo de engorde. *Cobb*, 54.
- Cruger, W. (1993). *Biotecnología: Manual de Microbiología industrial* (Segunda ed.). Zaragoza, Spain: Acribia.

- El UNIVERSO. (Viernes de Enero de 2010). La azolla, fertilizante natural para bajar costos en el arroz. *Noticias Azolla El UNiverso*.
- FAO. (2000). *El estado mundial de la Agricultura y la alimentación*. Recuperado el 5 de Enero de 2013, de <http://www.fao.org/docrep/x4400s/x4400s01.htm#TopOfPage>
- FAO. (2001). [http://www.fao.org/index\\_es.html](http://www.fao.org/index_es.html). Obtenido de FAO Base de Datos Estadísticos.
- FAO. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Roma: FAO.
- FAO. (Noviembre de 2010). FAO. Obtenido de FAOSTAT: <http://www.faostat.fao.org>
- Febrero Toussaint, I., Romero Cruz, O., Ruiz Ortiz, L., & Gonzáles Salas, R. (2005). Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) una alternativa para la alimentación de cerdos. *REDVET Revista electrónica de Veterinaria*, 12.
- GADMA. (2012). *Agenda Ambiental Ambato (AAA)*. Ambato.
- Garzón, & Vitaliano. (07 de 09 de 2010). *La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores*. Recuperado el 17 de 03 de 2013, de Engormix: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t3104/141-p0.htm>
- Gomez, R., & Ullate Rincon, A. (2009). *Scribd- Cromatografía Principios y aplicaciones*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/11642417/Cromatografia-Fundamentos-y-Aplicaciones>
- Harris, D. C. (2007). *Análisis químico cuantitativo* (3a ed.). Barcelona, España.: EDITORIAL REVERTÉ S.A. Recuperado el 23 de septiembre de 2012, de [http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/analisis-aplicado-a-la-ingenieria-quimica/contenidos/course\\_files/Tema\\_12.pdf](http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/analisis-aplicado-a-la-ingenieria-quimica/contenidos/course_files/Tema_12.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2009). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). (J. Mares, Ed.) México: Interamericana Editores SA.
- Hidalgo, D. M. (2012). Reciclaje de los efluentes de pelambre y curtido.
- Humphrey, J. (1980). Estudios de Fitoplacton y especies Fotosintéticas. Australia.
- Institute Starch International. (2001). *Sweet Potato*,. Obtenido de Science Park Aarhus, Dinamarca: <http://www.home3.inet.tele.dk/starch/isi/starch/sweetpotato.html>
- La Prefectura del Guayas. (Martes de Octubre de 2011). La Prefectura del Guayas promueve el uso de Azolla en la producción rural.
- LAB-VET. (2013). *Análisis Veterinario en sangre de Gallus gallus- Broiler a los 21 días de edad*. Quito.
- Larenas, V. (1994). *Introducción, selección y comercialización de nuevas variedades de batata (camote)*. Chile: INIA.

- Lee, B. (1996). *Fundamentos de la Biotecnología de Alimentos* (Segunda ed.). (P. J. Moreno, Trad.) Zaragoza, España: Acribia,S.A.
- Loaiza, M. (2011). Arovechamiento del suero de leche para la elaboración de una bebida funcional. *tesis para previo para la obtención de título de Ingeniero Agroindustrial y Alimentos; Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad de las Américas*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- López, P. (2011). *Los costos ambientales y el desarrollo sustentable del sector curtiembre de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- López-Mungía, A. (1993). *Biotecnología Alimentaria* (Segunda ed.). México: LIMUSA,S.A.
- Lumpkin, B. (1980). *Predictive Models for the Growth Response of Eight*. Crop Science.
- Magali, L. (2003). *New starches for the food industry: sweet potato and sweet potato zedoaria. Carbohydrate Polymers* (segunda ed.). California,USA: Acribia.
- Mijaylova, P. (2000). *Comparación de las capacidades de cepas aisladas y un consorcio microbiano en la biodegradación de compuestos orgánicos tóxicos*. Bogota.
- Mirralles, B. (2004). etección de caseinato y suero en leche y productos lácteos mediante técnicas electroforéticas, cromatográficas y espectroscópicas. Tesis Doctoral. *Tesis de la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de Nutrición y Bromatología II*. Madrid. Obtenido de BLIBLIOTECA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE: <http://eprints.ucm.es/tesis/far/ucm-t25082.pdf>
- Molina, R. (2008). Efecto de la leche concentrada por microfiltración tangencial en la calidad de queso semimaduro para sandwich, utilizando dos líquidos de lavados y diferentes tipos de grasas. *Tesis de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial;Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Técnica del Norte*. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Montaño, M. (2009). *Azolla Anabaena abono verde y alimento de ganado*. Guayaquil.
- Montaño, M. (2010). La bendicion de la azolla. *Vistazo*.
- Parez R., A. (2002). *Bioquímica de los Microorganismos*. España: REVERTE S.A.
- Pascual, M. d. (2000). *Microbiología Alimentaria*. Madrid: Diaz De Santos S.A.
- Pedroza, A. (1999). Producción de Amilasa termoestable a partir deThermus sp. *Producción de Amilasa termoestable a partir deThermus sp*. Bogotá, Colombia.
- Pellón, A. . (2005). *Eliminación de cromo y cadmio mediante scenedesmus obliquus en estado inmovilizado*. Bogota.
- Pereira, Rita, Paz, & Carrapico. (2010). *Composición química de Azolla*.
- Quezada, R. (2004). *Remediación natural para completar la depuración de cromo (VI) en efluentes de curtiembres*. Córdoba, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional. Cordoba.

- Recalde, J. (1998). *ESTUDIO PRELIMINAR COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DE LA Azolla sp. EN LA ALIMENTACIÓN DEL HÍBRIDO ROJO DE TILAPIA EN LA ETAPA DE PRECRÍA*.
- Rodríguez, W. (2007). *INDICADORES PRODUCTIVOS COMO HERRAMIENTA PARA MEDIR LA EFICIENCIA DEL POLLO DE ENGORDE*.
- Romo, V. (2009). *Microbiología de Alimentos*. Quito: Trivia.
- Suarez, I. (2012). *Gestión Ambiental en una curtiembre artesanal. Estudio de caso: Curtiembre Andaluz*. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Terosa, C., & Purog, R. (2001). *Starch Milling in Eastern Vasayas, A new source of growth* (Cuarta ed.). Bogota, Colombia: Limusa,S.A.
- Tryon G., R. S. (12 de Junio de 2013). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de Tropicos.org: <http://www.tropicos.org/Name/26602847?projectid=2>
- UCM. (2011). *Nutrición humana y salud*. Madrid: Facultad de Medicina Universidad Complutense de Madrid.
- UNA. (5 de ENERO de 2012). *UNA Universidad Nacional Agraria*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria: <http://www.una.edu.ni/>
- USDA's. (7 de Diciembre de 2011). *National Nutrient Database for Standard*. Obtenido de USDA National Nutrient Database for Standard Reference: <http://ndb.nal.usda.gov/>
- Utrilla, A. (18 de 08 de 2011). *Engormix*. Recuperado el 26 de 01 de 2013, de <file:///F:/tesis%20azolla/AZOLLA%20SPP/Formulaci%C3%B3n%20de%20alimentos%20balanceados%20para%20pollos,.htm>
- Vargas. (Diciembre de 2009). *Evaluación de líneas de pollo (Gallus gallus ) de engorde Ross 308 y Cobb 500 en operación de Cargill en Nicaragua*. Recuperado el 27 de enero de 2013, de <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/246/1/T2853.pdf>
- Vasquez, E. H. (01 de 30 de 2012). *CARACTERIZACION DE TRES PLANTAS (Rumex Crispus, Azolla Anabaen, Beta Vulgaris) CON POTENCIAL FORRAGERO PARA CONSUMO EN ALIMENTACION ANIMAL*. Obtenido de Engormix: <http://www.engormix.com/MAGanaderia-carne/nutricion/articulos/caracterizacion-tres-especies-plantas-t3927/141-p0.htm>
- Vinueza, J. (2010). *Determinación del aporte de oxígeno disuelto en ambientes acuíferos por la relación simbiótica de Azolla sp y anabaena sp*. Cayambe.
- Vullo, D. (2000). *Microbiología en práctica: Manual de técnicas de laboratorio para la enseñanza de microbiología básica aplicada*. . Buenos Aires: Atlante.
- Zambrano, A. (2005). *FORMULACION DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA POLLO DE ENGORDE*. AMEVEA, 8.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 2. MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA2-81

**Título del trabajo:** Distribución, biología y ecología de la especie invasora, caracol africano *Achatina fulica* (Férussac) (Achatinidae) en Ecuador.

**Autor (es):** Pedro Damián Ríos Guayasamín, Bartłomiej Gołdyn, Karen Aguirre Sánchez, Laura Hepting

**Ponente (s):** Pedro Damián Ríos Guayasamín

**E-mail:** [prios@uea.edu.ec](mailto:prios@uea.edu.ec)

**Institución:** Universidad Estatal Amazónica

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Se recolectaron datos de distribución de *Achatina (Lissachatina) fulica* (Férussac, 1821) (*Gastropoda: Achatinidae*), caracol gigante africano; en 1236 localidades potenciales distribuidas al azar en todas las provincias ecuatorianas, de ellas 1065 alojaban poblaciones del molusco. Se determinó que contrariamente a las predicciones realizadas anteriormente, la invasión de la especie es mucho más rápida y cubre un área que no se pensaba fuese objeto de riesgo. Los lugares de mayor infestación son las provincias de la Costa y de la Amazonía, en donde afectan con mayor frecuencia plantaciones de *Theobroma cacao* (24.8% de las localidades) *Musa paradisiaca* (11.8%) y *Musa acuminata* (11.2%); sin embargo, su presencia ha sido reportada en otras 56 plantas cultivadas. Una inspección realizada en varias localidades para identificar los requerimientos de hábitat mostró un alto grado de infestación sobre todo en condiciones urbanas o de tierras abandonadas cercanas a las ciudades, las cuales son importantes pero descuidadas en gran medida, permitiendo que se conviertan en puntos de dispersión de la plaga. Se condujeron observaciones regulares de dos poblaciones ubicadas en Puyo (Pastaza, Ecuador) que nos muestran la rapidez del crecimiento y multiplicación del molusco, determinando que probablemente son necesarias, apenas cuatro semanas para alcanzar tamaños correspondientes a ejemplares sexualmente activos.

## INTRODUCCIÓN

El caracol africano, *Achatina fulica* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Achatinidae), es considerado la plaga agrícola más importante en el mundo (Raut & Barker, 2002), listada por la UICN dentro de las 100 especies invasoras a nivel mundial (Lowe, et al. 2000). Pueden inclusive ser considerados de importancia médica pues son vectores de algunos nematodos peligrosos, como *Angiostrongylus* (Correoso, 2006; Solórzano Álava, et al. 2014) y platelmintos como *Schistosoma* (de Andrade-Porto, et al. 2012; Liboria, et al. 2003).

Mientras que en América del sur se ha reportado su presencia desde la década de los 80, estando presente hoy en: Colombia, Ecuador, Peru, Venezuela, Brasil, Argentina y Paraguay (Vogler, et al. 2013; Thiengo, et al. 2010), presumiendo que el punto de inicio para la invasión fue Brasil, relacionado a procesos de helicultura (Aquino, 2010). En Ecuador se lo registró por primera vez en el 2005 (Correoso, 2005) en la Costa, probablemente introducida desde el 2001 (Correoso 2006; Borrero et al. 2009; Correoso and Coello 2009); y desde entonces se han publicado tres modelos de distribución en los cuales se menciona que el molusco no debería superar los Andes occidentales (Borrero, et al. 2009; Correoso & Coello, 2009; Vogler et al. 2013). Sin embargo en el 2014 se reportó por primera vez su presencia en la Amazonía ecuatoriana (Gołdyn, et al. In press).

Se conoce que *A. fulica* posee una alta tasa de diseminación (Albuquerque, et al. 2009; Thiengo, et al. 2010) y se han reportado poblaciones que van desde 150 ind\*m<sup>2</sup> en La Habana, Cuba (Vázquez & Sánchez, 2014) hasta otras de apenas 0.07 ind\*m<sup>2</sup> en Isla Porchat, Brasil (Miranda, et al. 2014). Altas poblaciones del molusco se asocian a estadios iniciales de infestación (Mead, 1979), las mismas que poseen poblaciones juveniles (Gołdyn, et al. In press). Existen especímenes que pueden alcanzar 30 cm de envergadura –largo de la concha– (Albuquerque, et al. 2009); sin embargo los promedios poblacionales descritos reportan: desde 13,8 cm en Boyacá, Colombia (Avendaño & Linares, 2015) y poblaciones de 0.4 cm (de 0,5 a 12 cm) (Gołdyn, et al. In press), en la figura 1 se pueden apreciar los datos obtenidos en varios puntos del planeta en los que se ha reportado la presencia del molusco (Lake & O'Dowd, 1991; Albuquerque, et al. 2008; Miranda, et al. 2014; Vázquez & Sánchez, 2014; Herrera, 2015; Gutiérrez Gregoric, et al. 2011; Muniappan, 1987; Raut & Barker, 2002).

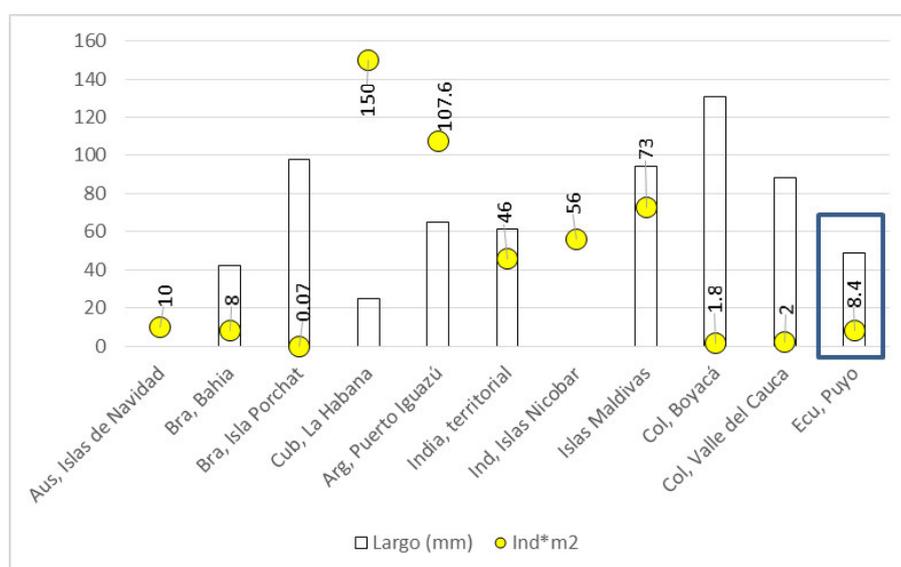


Figura 1. Densidad poblacional y longitud promedio de la concha de *Achatina fulica* en varios países que reportan su presencia.

La gran capacidad de adaptación del caracol africano (Thiengo, et al. 2010), se debe en mucho a su alimentación generalista (Albuquerque, et al. 2008; Avendaño & Linares, 2015). Existen reportes que ubican a este molusco como plaga de cultivos (Raut & Barker, 2002, (Weininger-Cohén, et al., 2012) y a pesar de que muestra una preferencia por las plantas de jardín en espacios urbanos, también se reporta coprofagia (Albuquerque, et al. 2008).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En la investigación se utilizó una extensa revisión de bases de datos gubernamentales, proporcionadas por el MAGAP, a las que se aplicó estadística descriptiva a fin de caracterizar la presencia de los individuos y sus hábitos alimenticios (puesto que los reportes son realizados por agricultores, u observación de técnicos que observan la presencia del molusco en sitios agrícolas). Posteriormente se organizaron viajes para determinar presencia y ausencia del caracol, en sitios al azar de las provincias que carecían de datos, lográndose cubrir la mayor parte del territorio ecuatoriano (Figura 2).

Los datos de biología del molusco se colectaron en la ciudad del Puyo, mediante técnicas de observación directa en sitios al azar, a fin de determinar largo y ancho de su concha, así como densidad poblacional. Su ecología fue analizada con muestreos de captura recaptura semanal en cuatro sitios establecidos dentro de la ciudad, los cuales fueron monitoreados en un lapso de un mes, lo que nos permitió determinar preferencia alimenticia, así como abundancias relativas de las poblaciones de *A. fulica* utilizando estimaciones de Capman.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los datos de campo colectados en las provincias que carecían de datos proporcionados por el MAGAP (256 localidades), muestran una aparición del molusco en el 29% de los sitios. De estos registros, se muestra una marcada tendencia de apareamiento en la Costa, con un 41% y en la Amazonía con un 59%. Lo cual refleja una similitud con los datos proporcionados por el MAGAP, donde; las provincias con mayor reporte muestran un 71% del total reportado, 1002 reportes. Del 71% correspondiente a las provincias principales: Santo Domingo de los 93 Tsáchilas, Los Ríos, Guayas, Santa Elena and El Oro son las que se encuentran más afectadas cubriendo un 38% (269 sitios), mientras las provincias más afectadas en la Amazonía son: Amazonian: Zamora-Chinchipe, Morona-Santiago, Pastaza and Napo que corresponden al 62% (446 sitios). En la figura 2 se puede observar la presencia de *A. fulica* en las provincias de la Amazonía ecuatoriana. Con ello se confirman que su presencia se encuentra limitada con respecto a la altura a nivel del mar (Borrero, et al. 2009), no existiendo reportes más allá de los 2976 msnm. Estos datos demuestran la rápida expansión que el caracol africano tiene hacia la Amazonía, en contraste con los modelos hasta ahora conocidos (Borrero, et al. 2009; Correoso & Coello, 2009; Vogler et al. 2013).

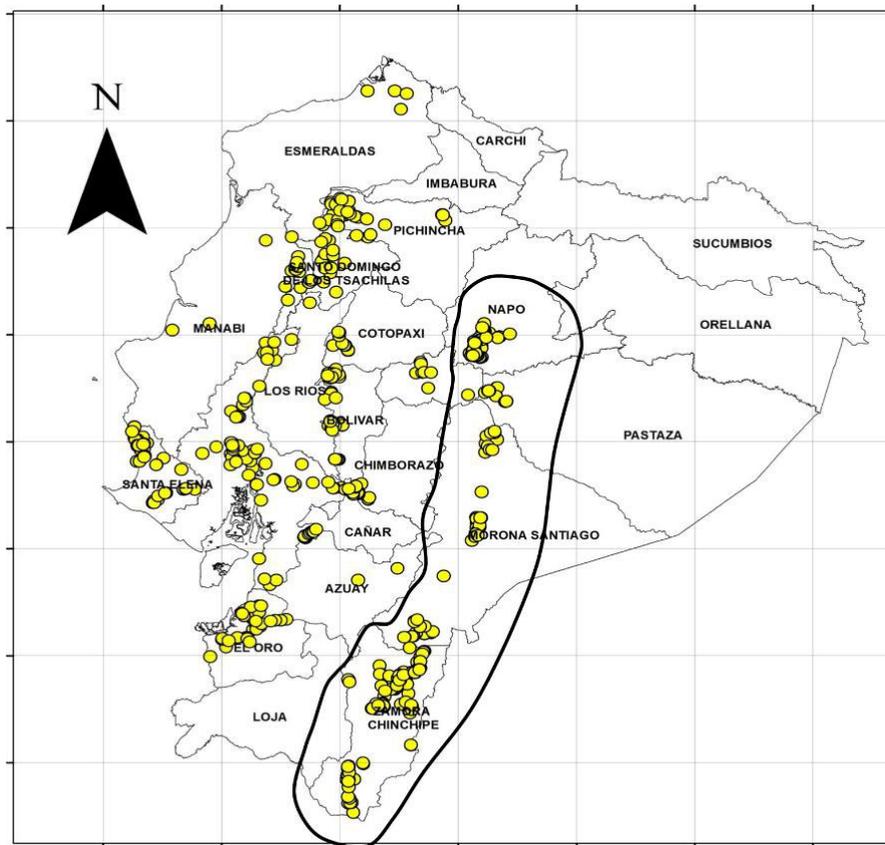


Figura 2. Presencia de *Achatina fulica* en Ecuador continental, detallando su presencia en la Amazonía. Modificado de Gołdyn, et al. In press.

En las localidades infestadas por *A. fulica*, los cultivos más apetecidos son: *Theobroma cacao* (24.8%), *Musa paradisiaca* (11.8%) y *Musa acuminata* (11.2%), tres cultivos esenciales en la producción nacional (Monteros Guerrero & Salvador Sarauz, 2015) y en el caso de *Theobroma cacao* uno de los pilares dentro del proyecto de cambio de matriz productiva de la amazonía (Pico, et al. 2012; SENPLADES, 2013).

Otros cultivos importantes que fueron usualmente infestados por *A. fulica* son: *Ananas comosus* (4.5%), *Saccharum officinarum* (4.2%), *Hylocereus undatus* (3%), *Hibiscus rosasinensis* (3%), *Carica papaya* (2.6%), *Citrus lemon* (2.3%), *Coffea arabica* (2,3%), *Citrus novilis* (2.2%), *Manihot esculenta* (2%) and *Zea mays* (2%). Un comportamiento similar en lo correspondiente a *Hibiscus spp.* y *Carica papaya* se observó en Brasil, en donde además se vieron afectados cultivos como: *Hemigraphis colorata*, *Cymbopogon citratus* y *Mentha spp.* (Albuquerque, et al. 2008).

A pesar de que los datos obtenidos por el MAGAP muestran una preferencia de *A. fulica* como plaga de cultivos, los datos obtenidos en campo, muestran que existe una marcada presencia del molusco en las zonas urbanas, prefiriendo lugares abandonados o lotes baldíos esparcidos a lo largo de los lugares muestreados. Es precisamente allí (en la ciudad de Puyo) donde se contabilizaron 269 individuos en 32 sitios muestreados, con una ocurrencia del 64%. La abundancia promedio de 8.4 individuos por metro cuadrado, que se relaciona con poblaciones elevadas del molusco (Albuquerque, et al. 2008; Lake & O'Dowd, 1991; Muniappan, 1987; Vázquez & Sánchez, 2014), con un largo de concha promedio de 48.9 mm (medido en individuos que van de 5 a 120mm), tamaños equivalentes a poblaciones relativamente jóvenes del molusco (Albuquerque, et al. 2009; Avendaño & Linares, 2015; Muniappan, 1987; Vázquez & Sánchez, 2014, Goldyn, et al. In press).

Los ensayos de captura y recaptura demuestran un promedio ligeramente mayor (58, 35 mm) al evaluado previamente en el largo de la concha del molusco, con estimaciones que van desde 22.9 a 3.7 individuos por metro cuadrado, en el mes en que se realizaron las capturas. La dinámica poblacional se muestra en la figura 3, en la cual se nota que en la segunda semana del muestreo se tiene mayoritariamente caracoles pequeños, indicando que la eclosión tuvo lugar justo antes del inicio de las capturas. En las semanas subsiguientes se puede notar un crecimiento sostenido en el largo de la concha del caracol de 3 a 5 cm, y dado que la madurez sexual del individuo se alcanza mucho antes de que *A. fulica* llegue a su mayor envergadura (Mead, 1979; Gołdyn, in pressB), podríamos asumir que en el mes de menor precipitación, en la Amazonía ecuatoriana, *A. fulica* requiere de 3 a 4 semanas para alcanzar tamaños de reproducción activa.

Finalmente, a partir de las muestras al azar colectadas en la ciudad del Puyo, se observa que existe una preferencia marcada por la agrupación de individuos. Del total de sitios analizados, el 78% de individuos se encontraron en proceso de alimentación; de ellos, en 44% de los sitios (14 sitios) y el 70% de los casos (169 individuos) el caracol gigante africano se encontró alimentándose con de eses de perro. Este dato es común debido a su hábito generalista (Avendaño & Linares, 2015), e inclusive se ha tenido reportes en Brasil de su alimentación a base de eses de bovinos (Albuquerque, et al. 2008). Sin embargo en la Amazonía representa un indicio interesante, debido a que nos da a conocer el bajo contenido de calcio en los suelos del sector (Potthast, et al. 2012), y con ello la necesidad de encontrar fuentes alternativas de calcio para el mantenimiento de su concha. Esto se hace mas notable, cuando al contacto las conchas de caracoles menores a 2 cm en la Amazonía se rompen en el proceso de marcaje, mientras en Babahoyo (costa ecuatoriana), individuos del mismo tamaño no presentan problemas al momento de realizar el registro (observacion personal).

En general, las poblaciones de *A. fulica* existentes en las zonas urbanas de la amazonía no son vistas como un peligro para la población (observacion personal), sin emabrgo son vectores de importantes enfermedades como angiostrongiliasis (Correoso & Coello, 2009; PAHO, 2003; Solórzano Álava, et al. 2014) y Esquistosomiasis (de Andrade-Porto, et al. 2012; Liboria, et al. 2003). Por lo anteriormente expuesto es muy importante continuar la investigación acerca de las posibles implicaciones de la expansión amazónica de *A. fulica* como un potencial riesgo no solo a los cultivos que frecuente, si no tambien como un vector importnate de enfermedades ue pueden menoscabar la salud de los pobladores que viven en la región Amazónica del Ecuador.

## CONCLUSIONES

La expansión de *Achatina fulica* en el Ecuador, es mucho más severa de lo considerado por modelos anteriores, con casi la totalidad de provincias amazónicas colonizadas al momento por el molusco. Se requiere una actualización de los modelos existentes acerca de la distribución de *Achatina fulica* en Ecuador. Evidentemente su presencia en la Amazonía hace necesaria la inclusión de otros parámetros que contribuyan a un monitreamineto eficaz.

*Achatina fulica* se encuentra afectando poblaciones de cultivos importantes para la economía del país (banano y cacao). Dentro de ellos, exclusivamente el cacao es de particular interés para la Amazonía (24.8%), debido a que se lo considera un cultivo promisorio en esta región.

Las poblaciones de *Achatina fulica* en la Amazonía pueden alcanzar su madurez reproductiva a partir de la cuarta semana, donde alcanzan una envergadura de concha equivalente o superior a 5 cm, tamaño con el cual se han observado individuos ya en proceso de ovoposición. Estas

poblaciones se convierten en focos de infección para una potencial expansión hacia las localidades rurales de la Amazonía.

Una limitante para la expansión de *Achatina fulica* en la Amazonía es la ausencia de fuentes de calcio, las cuales pueden sin embargo encontrarse fácilmente en las ciudades que presentan lotes baldíos o predios abandonados, debido a la acción de animales sueltos que depositan sus excrementos en estos lugares, incrementando así la población del molusco.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, F., Peso-Aguiar, M., & Assunção-Albuquerque, M. (2008). Distribution, feeding behavior and control strategies of the exotic land snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) in the northeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 837-842.
- Albuquerque, F., Peso-Aguiar, M., Assunção-Albuquerque, M., & Gálvez, L. (2009). Do climate variables and human density affect *Achatina fulica* (Bowditch) (Gastropoda: Pulmonata) shell length, total weight and condition factor? *Brazilian Journal of Biology*, 69(3), 879-885.
- Aquino, M. (2010). *Achatina fulica* no Brasil. *REDVET*, 11(9), 1-7.
- Avendaño, J. M., & Linares, E. L. (2015). Morfometría del caracol gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae) en Colombia. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(2), 287-293.
- Borrero, F., Breure, A., Christensen, C., Correoso, M., & Mogollón Avila, V. (2009). Into the Andes: three new introductions of *Lissachatina fulica* (Gastropoda, Achatinidae) and its potential distribution in South America. *Tentacle*, 17, 6-7.
- Correoso, M. (2005). Lineamientos generales de la introducción de especies. ¿Enriquecimiento de la biodiversidad o problemas ecológicos? *Geoespacial*, 2, 64-75.
- Correoso, M. (2006). Estrategia preliminar para evaluar y erradicar *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatineaceae) en Ecuador. *Boletín Técnico IASA, Serie Zoológica*, 2, 45-52.
- Correoso, M., & Coello, M. (2009). Modelación y distribución de *Lissachatina fulica* (Gastropoda, Achatinidae) en Ecuador. Potenciales impactos ambientales y sanitarios. *Geoespacial*, 6, 79-90.
- de Andrade-Porto, S., de Souza, K., Cárdenas, M., Roque, R., Pimpão, D., Araújo, C., & Malta, J. (2012). Occurrence of *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) larvae (Nematoda: Metastrongylidae) infecting *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) in the Amazon region. *Acta Amazonica*, 42(2), 245-250.
- Gołdyn, B., Kaczmarek, Ł., Roszkowska, M., Ríos Guayasamín, P., Książkiewicz, Z., & Cerda, H. (2016). First records of invasive giant African snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae) in Ecuadorian Amazonia with notes on the urban ecology of the species. *in press*.
- Gołdyn, B., Ríos Ríos Guayasamín, P., Aguirre Sanchez, K., & Hepting, L. (2016). Notes on distribution and biology of invasive African snail *Achatina fulica* (Férussac) 1 (Achatinidae) in Ecuador. *Folia Malacologica*, In press.

- Gutiérrez Gregoric, D., Núñez, V., Vogler, R., & Rumi, A. (2011). Invasion of the Argentinean Paranense rainforest by the giant African snail *Achatina fulica*. *American Malacological Bulletin*, 29(1-2), 135-137.
- Herrera, J. (2015). *Lissachatina fulica*: El Caracol Gigante Africano ahora en La Habana. *Revista digital del Museo Nacional de Historia Natural de Cuba*, 49, 4-7.
- Lake, P., & O'Dowd, D. (1991). Red crabs in rain forest, Christmas Island: biotic resistance to invasion by an exotic snail. *Oikos*, 62(1), 25-29.
- Liboria, M., Morales, G., Sierra, C. S., & Pino, L. A. (2003). Primer hallazgo en Venezuela de huevos de *Schistosoma mansoni* y de otros helmintos de interés en salud pública, presentes en heces y secreción mucosa del molusco terrestre *Achatina fulica* (Bowdich, 1822). *Zootecnia Trop*, 28(3), 383-394.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). *100 of the World's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of SSC, IUCN*. New Zealand: Hollands Printing Ltd.
- Mead, A. R. (1979). *Pulmonates volume 2B. Economic malacology with particular reference to Achatina fulica*. London: Academic press.
- Miranda, M., Heitzmann, F. J., & Pecora, I. (2014). Population structure of a native and an alien species of snail in an urban area of the Atlantic Rainforest. *Journal of Natural History*, 49(1/2), 19-35.
- Monteros Guerrero, A., & Salvador Sarauz, S. (2015). *Panorama Agroeconómico del Ecuador, uuna visión del 2015*. Quito: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, MAGAP.
- Muniappan, R. (1987). Biological control of giant African Snail, *Achatina fulica* Bowdich, in Maldives. *FAO Plant Protection Bulletin*, 35(4), 127-133.
- PAHO. (2003). *Zoonoses and communicable diseases common to man and animals*. Washington D.C.: World Health Organization.
- Pico, J., Calderón, D., Fernández, F., & Díaz, A. (2012). *Manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonía*. Joya de los Sachas, Orellana, Ecuador: INIAP.
- Potthast, K., Hamer, U., & Makeschin, F. (2012). Land-use change in a tropical mountain rainforest region of southern Ecuador affects soil microorganisms and nutrient cycling. *Biogeochemistry*, 151-167.
- Raut, S., & Barker, G. (2002). *Achatina fulica* Bodwich and other Achatinidae as pests in tropical agriculture. En G. [ Barker, *Molluscs as crop pests* (págs. 55-114). Hamilton, New Zealand: CABI Publishing,.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Ecuador.

- Solórzano Álava, L. F., Martini Robles, L., Hernández Álvarez, H., Sarracent Pérez, J., Muzzio Aroca, J., & Rojas Rivero, L. (2014). *Angiostrongylus cantonensis*: un parásito emergente en Ecuador. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, *66*(1), 20-33.
- Thiengo, S. M., Oliveira, A., Simões, R., Fernandez, M., & Lanfredi, R. (2010). The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco, northeast Brazil. *Acta Tropica*, *115*(3), 194-199.
- Vázquez, A., & Sánchez, J. (2014). First record of the invasive land snail *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Bowdich, 1822) (Gastropoda: Achatinidae), vector of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Angiostrongylidae). *Molluscan research*, 139–142.
- Vogler, R., Beltramino, A., Sede, M., Gregoric, D., Núñez, V., & Rumi, A. (2013). The giant African snail, *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae): Using bioclimatic models to identify south American areas susceptible to invasion. *American Malacological Bulletin*, *31*(1), 39-50.
- Weininger-Cohén, D., Suárez-Cedraro, D., Yáñez-González, R., Suárez-Acevedo, J., Abad-Millán, H., Suárez-Sancho, J., & Viera-Ramírez, E. (2012). *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) un posible problema de salud pública en Venezuela. *VITAE - Academia biomédica digital*, *52*, 1-9.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 2. MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA2-88

**Título del trabajo:** Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agrarios en comunidades seleccionadas en la Reserva de Biósfera Yasuní – Amazonía Ecuatoriana.

**Autor (es):** Ramiro Estuardo Camacho Núñez, Marco Gerardo Heredia Rengifo, Ximena Adelaida Rodríguez Villafuerte

**Ponente (s):** Marco Gerardo Heredia Rengifo

**E-mail:** [mheredia@uea.edu.ec](mailto:mheredia@uea.edu.ec)

**Institución:** Universidad Estatal Amazónica

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) se localiza al occidente del Bioma Amazónico, tiene una extensión de 5'500.000 km<sup>2</sup>, es considerada como un hotpost (punto caliente) por su concentración excepcional de especies endémicas. Habitan pueblos y nacionalidades indígenas, indígenas en aislamiento voluntario y mestizos colonos; su subsistencia se basa en la recolección, caza, pesca y agricultura. La superposición de los territorios en la RAE promueven una amalgama de conflictos socio-económicos, socio-ambientales y ecológicos-productivos; generando elevados índices de pobreza por la desigualdad económica y social. La sostenibilidad agraria relacionada con la dinámica de un sistema complejo promueve estrategias de adaptación al cambio climático, esta transformación se logra en función al uso sostenible de recursos naturales. Fue objetivo de este trabajo evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrarios a nivel de finca en comunidades seleccionadas de la Reserva de Biosfera Yasuní, aplicando el Marco de Respuesta a la Inducción y Evaluación de la Sustentabilidad – RISE. Es una metodología en función de dimensiones económica, social y ecológica, se presentan en 50 parámetros con valores de: 0 (problemático) a 100 (positivo), condensados en 10 indicadores. El grado de sostenibilidad se define en tres fragmentos: 1) Problemático, 2) Crítico 3) Positivo. La representación gráfica del polígono es la resultante del Software RISE 3.0 delimitado en tres definiciones: 1) Buen rendimiento, 2) Rendimiento medio, 3) Mal rendimiento y por un polígono que delimita el grado de sostenibilidad. La dinámica los sistemas agrarios evaluados permiten concluir que el promedio de los indicadores se registran en un grado de sostenibilidad medio

**Palabras claves:** RISE, sistemas complejos, agrupaciones indígenas, agricultura sostenible

**COMISIÓN NO. 3  
GESTIÓN DE RIESGOS  
AMBIENTALES Y  
CAMBIO CLIMÁTICO**



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-06

**Título del trabajo:** Escenario de riesgo climático en el contexto local del sistema urbano del municipio de Pereira-Colombia.

**Autor (es):** Tito Morales Pinzón, Manuel Tiberio Flórez, Juan David Céspedes, Jhon Edward Valencia

**Ponente (s):** Tito Morales Pinzón

**E-mail:** [tito@utp.edu.co](mailto:tito@utp.edu.co)

**Institución:** Universidad Tecnológica de Pereira

**País:** Colombia

#### RESUMEN

El objeto de la investigación responde a “Definir escenarios de riesgo climático en el contexto local del municipio de Pereira”. El alcance de la investigación está acotado por el contraste de escenarios propuestos por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y sus efectos en el territorio, con los registros históricos de eventos hidroclimatológicos para Pereira, a fin de definir escenarios aterrizados a la realidad local sobre el riesgo climático que presenta el territorio pereirano, y que permitan tomar decisiones prioritarias de inversión para la reducción del riesgo de desastre por efectos del cambio y variabilidad climática. Como procedimientos se establecieron: la revisión de escenarios predictivos del clima, establecimiento de los efectos del cambio climático sobre el sistema urbano de Pereira, el contraste de escenarios predictivos de los efectos de cambio climático versus escenarios históricos de afectaciones por eventos hidroclimatológicos en Pereira, y la definición de escenarios de riesgo local por efectos del cambio climático. En los métodos se utilizó respectivamente para los anteriores procedimientos, el análisis documental para escenarios predictivos y efectos del cambio climático, la superposición de mapas para contraste de escenarios, y finalmente un análisis situacional para contextualizar el escenario de riesgo climático local. Los principales resultados permiten evidenciar incrementos de precipitación de hasta 30% y de incremento en la temperatura de hasta 1°C a 2040, acrecentando la amenaza por eventos asociados a deslizamientos, avenidas torrenciales e inundaciones en condiciones del fenómeno de la niña. Adicionalmente, la presencia de sequías e incendios forestales asociados a periodos de fenómeno del niño con racionamientos de agua y energía.

**Palabras claves:** cambio climático, variabilidad climática, amenaza, sistema urbano, planificación territorial

## INTRODUCCIÓN

Un escenario es una descripción estimable sobre cómo puede desarrollarse el futuro (IDEAM, 2015), basado en un conjunto de variables y supuestos científicamente soportados que den seguridad de las aproximaciones a los hechos futuros, y de esta manera, anticiparse a éstos para la toma de decisiones estratégicas, al tener en cuenta proyecciones tanto positivas como negativas que permitan orientar las acciones a una proyección deseada.

En este sentido, los escenarios en el ámbito del cambio climático constituyen poderosas herramientas de planificación y gestión que permiten a los municipios la toma de decisiones en la actualidad, al orientarlas a un futuro deseado que progresivamente retroalimentará el proceso de construcción de éste. De esta manera se permite ajustar dicho proceso mediante las decisiones necesarias para encauzar las acciones en el momento en que el proceso se aleje de la ruta del escenario deseado, lo que permite prepararse ante las posibles situaciones que se puedan presentar y de alguna manera puedan tergiversar el proceso.

Complementariamente se toma en cuenta que un escenario de cambio climático es una representación del clima que se observaría bajo ciertas condiciones de concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera, que en función de los escenarios definidos para Colombia por el IDEAM (2015), se prospectan para los periodos 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100. Sin embargo, el objetivo de éstos no es predecir el comportamiento climático, sino definir un amplio espectro de posibilidades que permitan orientar decisiones que, al anticiparse a los posibles hechos del cambio climático, faciliten el definir acciones eficaces sobre cambios sociales, ambientales, económicos y políticos necesarios para evitar llegar a una proyección futura desfavorable.

Los escenarios propuestos para Colombia, responden a la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en su quinto informe de evaluación del año 2013 (AR5). Para la definición a escala regional de los escenarios de predicción del clima en el contexto nacional, el IDEAM contempla 16 modelos globales que son los que mejor representan el clima de referencia para Colombia, mediante los cuales se realiza un análisis del periodo 1976-2005 para el conocimiento del comportamiento histórico del clima, y adicionalmente, las proyecciones que estos modelos presentan hasta el año 2100.

Los escenarios actualmente propuestos por el IDEAM como insumo para la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, divergen en sus resultados a los propuestos en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Esto debido a que los escenarios propuestos para la Segunda Comunicación se basaban en el cuarto informe de la IPCC (AR4), el cual no tomaba en cuenta los posibles efectos de las políticas orientadas a limitar los efectos del cambio climático, ni los convenios internacionales pendientes a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo cual la metodología propuesta en el AR5 genera cambios considerables para el contexto nacional. Adicionalmente, el IPCC realizó cambios en la definición de escenarios de proyección climática; el AR4 tomaba en cuenta solo 3 escenarios futuros (A2, B2, y A1B), mientras que para el AR5 se retoman 4 escenarios (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5) basados en “camino representativos de concentración (RCP)” de las emisiones y su forzamiento radioactivo en vatios por metro cuadrado.

Por otro lado, el IDEAM genera unos cambios en su metodología, utilizando un mayor número de modelos de representación climática a nivel global, para obtener una menor incertidumbre, y métodos para una mayor resolución espacial para obtener mejores resultados y así apoyar la toma de decisiones a menor escala. Por esta razón se toma en cuenta para el presente proyecto, los últimos escenarios propuestos por IDEAM, debido a sus mejoras en la metodología y la actualidad en los datos utilizados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Definir las amenazas del cambio climático sobre algún sistema urbano se dificulta al momento de detallar en lo local, los efectos de un fenómeno que se estudia de una manera tan global por su gran impacto. No obstante, para el presente proyecto se define metodológicamente el acercamiento a estos impactos mediante el abordaje de los efectos del cambio climático a escala global; evidenciados por el IPCC en su quinto informe y retomado por el IDEAM (2015). Posteriormente se analizan los efectos del cambio climático a nivel nacional, tomando en cuenta los escenarios propuestos por IDEAM para 2015, que además permite acotar el nivel de detalle no solo a escala regional, sino también departamental.

Con la información suministrada por los escenarios para el departamento<sup>1</sup> de Risaralda, se procede a delimitar los efectos sobre la ciudad de Pereira, que apoyados en una revisión histórica de los desastres relacionados con el cambio climático (bases de datos Desinventar y Hemeroteca Digital de Emergencias y Desastres de Pereira) para la misma ciudad, permite proyectar las amenazas más relevantes sobre el sistema urbano a nivel de comuna para los diferentes escenarios que se proyectan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Escenarios de cambio climático

Retomando algunas conclusiones generales dadas por la IPCC en su quinto informe (AR5), se evidencia que a nivel global se han presentado incrementos promedio de temperatura de 0.85°C entre 1880 y 2012 (Fig. 1), con un incremento cada vez más alto al paso de cada década, donde la primera década del siglo XXI es la más cálida. Esto también ha generado que la temperatura del mar se haya incrementado, lo que produjo un aumento del nivel del mar por el derretimiento de los glaciares en 0,19 metros, el cual han tenido un incremento de 1.7 milímetros por año desde 1901 y de 3,2 milímetros por años desde 1993 a 2010. Por otro lado, las precipitaciones han incrementado desde 1950, principalmente hacia el hemisferio norte (Fig. 2). (IPCC, 2013)

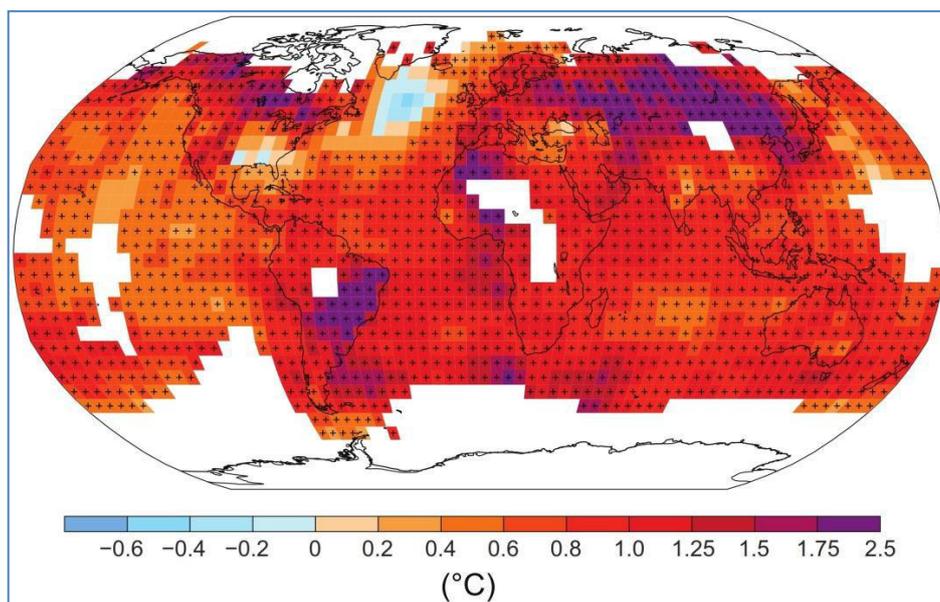


Figura 1. Cambios observados en la temperatura media anual en superficie entre 1901-2012

<sup>1</sup> División territorial político-administrativa que agrupa varios municipios y que se constituye en la unidad territorial de primer nivel en Colombia.

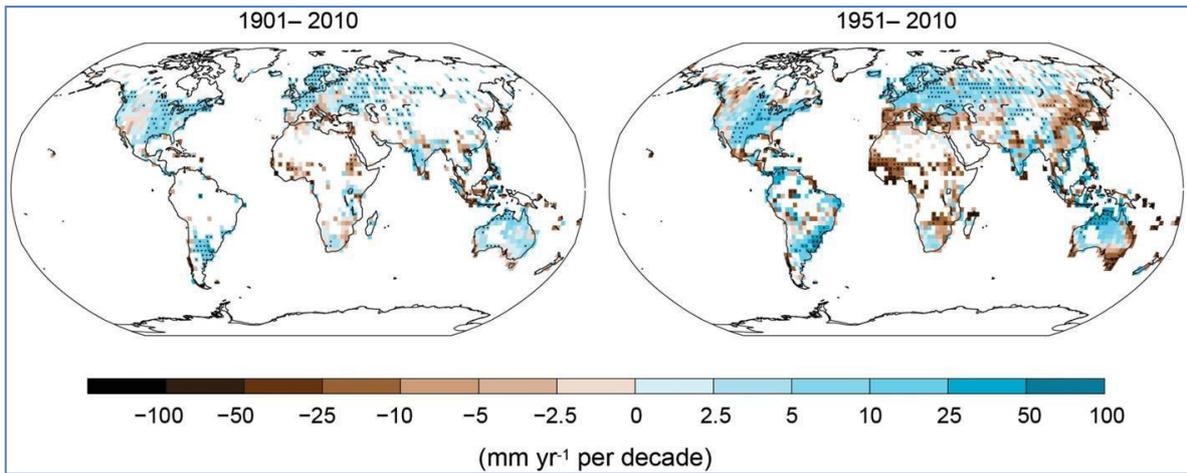


Figura 2. Cambios observados en la precipitación anual en superficie entre 1901-2010 y 1950-2010  
Fuente: IPCC, 2013

Complementario a lo anterior, el IPCC (2013) define cuatro escenarios futuros a 2100 (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5) para los efectos del cambio climático a escala global, en donde se concluye que para finales del siglo XXI, la temperatura global tendrá un incremento de 1,5°C en comparación al periodo 1850-1900, y posiblemente de 2°C para los escenarios de RCP 6.0, RCP 8.5 y probablemente también para el RCP 4.5.

Ante esto se espera que en la mayoría de las regiones se presenten eventos extremos relacionados con altas temperaturas, más que de bajas temperaturas, también olas de calor más frecuentes y de mayor duración, además de aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias en algunas regiones.

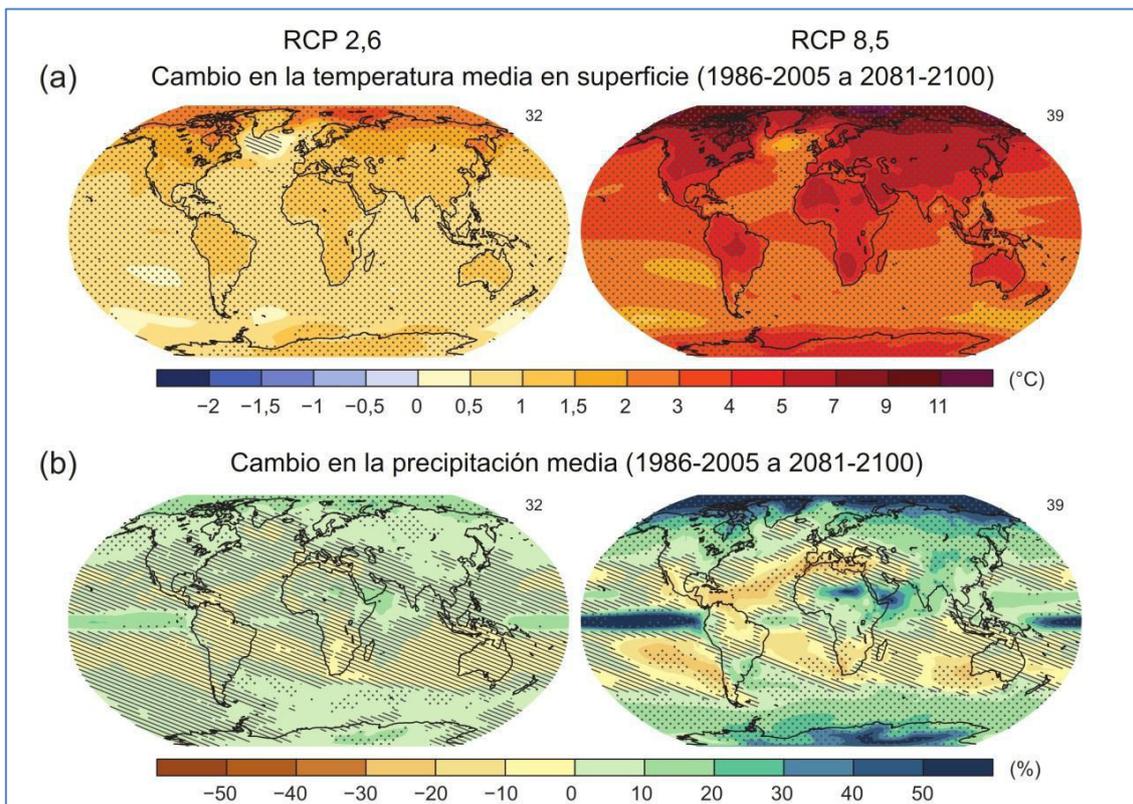


Figura 3. Cambio de temperatura media en superficie y cambio de la media porcentual de la precipitación media anual  
Fuente: IPCC, 2013

Respecto a la información global anteriormente mencionada, para Colombia se concluye que ha habido aumentos de temperatura media en superficie entre 0,4°C y 1°C para el periodo 1901-2012, mientras que la precipitación no ha tenido cambios considerables. Sin embargo al tomar en cuenta estudios nacionales (Benavides, *et al.*, 2011; Benavides y Rocha, 2012; Ruíz, *et al.*, 2012, citado por IDEAM, 2015), se evidencia que para Colombia, las variaciones de temperatura se encuentran principalmente influenciadas por los fenómenos de El Niño y La Niña, en donde los periodos más cálidos se presentaron en momentos de intensa actividad del fenómenos de El Niño y los más fríos fueron en momentos de intensa actividad del fenómeno de La Niña.

La temperatura máxima y mínima presenta un constante aumento en general para el País, al notarse un incremento entre 0,5°C y 1,3°C en el periodo 1970-2010. De igual manera se presenta un incremento general en las lluvias para el País, donde se destaca la zona occidental.

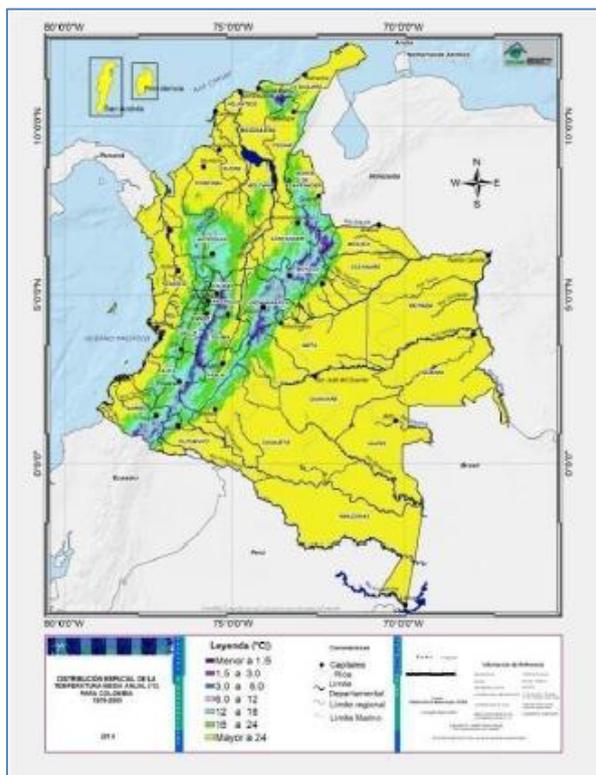


Figura 4. Distribución espacial de la temperatura para el periodo 1976-2005  
Fuente: IDEAM, 2015

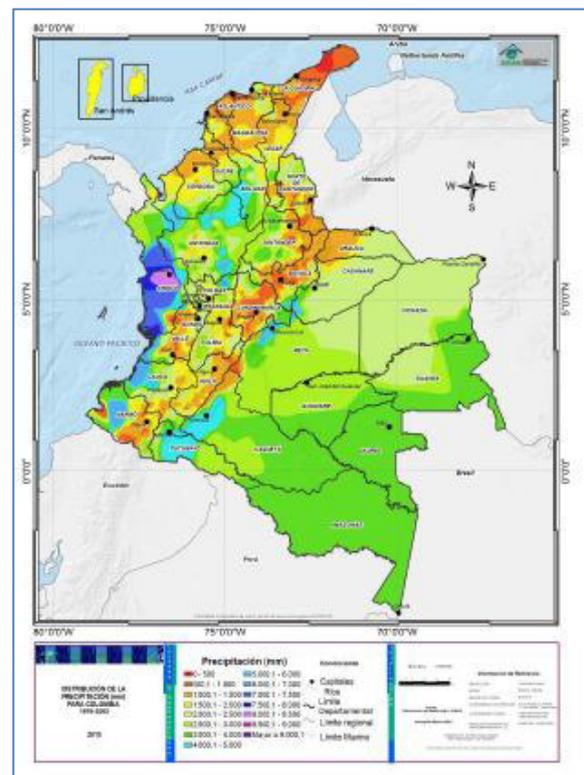


Figura 5. Distribución espacial de la precipitación para el periodo 1976-2005  
Fuente: IDEAM, 2015

En cuanto a los escenarios propuestos por la IPCC en su quinto informe, para Colombia se presentaría aumentos de la temperatura media en superficie entre 1,0°C y 1,5°C para el escenario RCP 2.6, y entre 3,0°C y 4,0°C para el escenario RCP 8.5 en comparación del periodo 2081-2100 con el periodo 1986-2005. Así mismo, para el escenario RCP 2.6, se presentaría un incremento en la precipitación entre 0 y 10% para el Pacífico y disminución del mismo valor para el resto del país, y para el escenario RCP 8.5, un incremento entre 0 y 10% para el Pacífico y el sur del país y disminución del mismo valor para el norte del mismo.

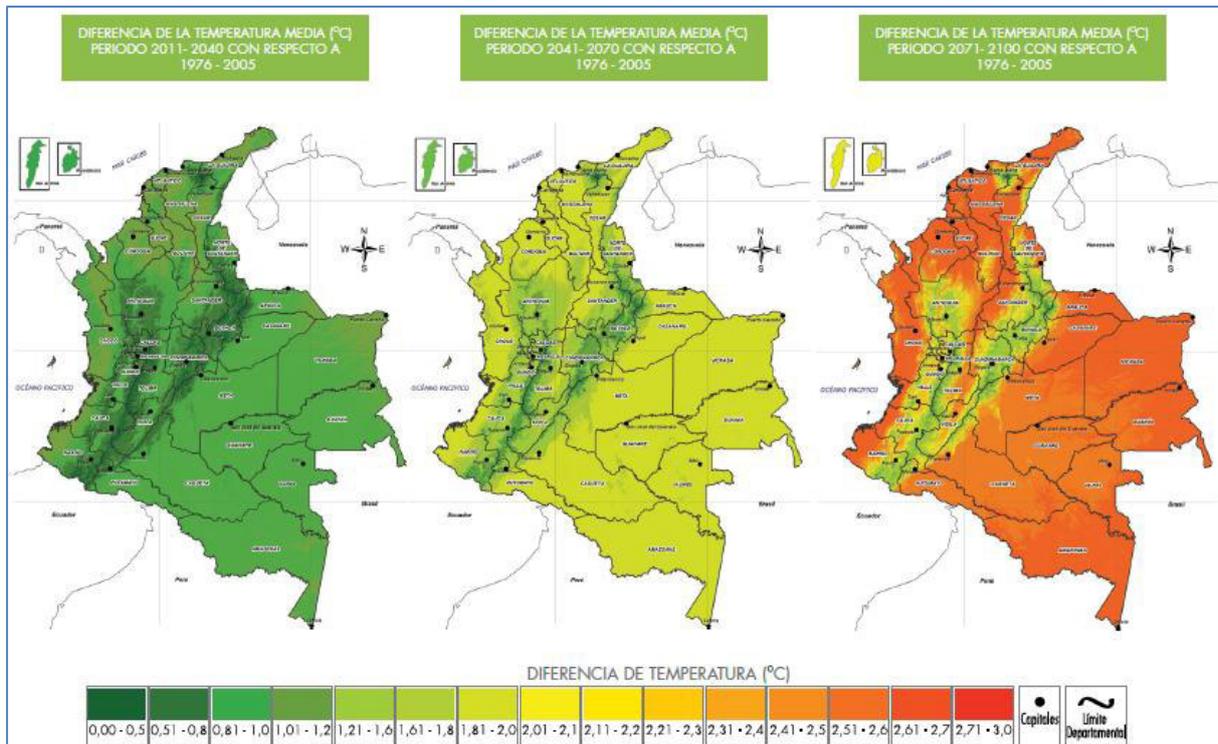


Figura 6. Diferencia de la temperatura media en el periodo 2011-2100 respecto al periodo 1976-2005  
Fuente: IDEAM, 2015

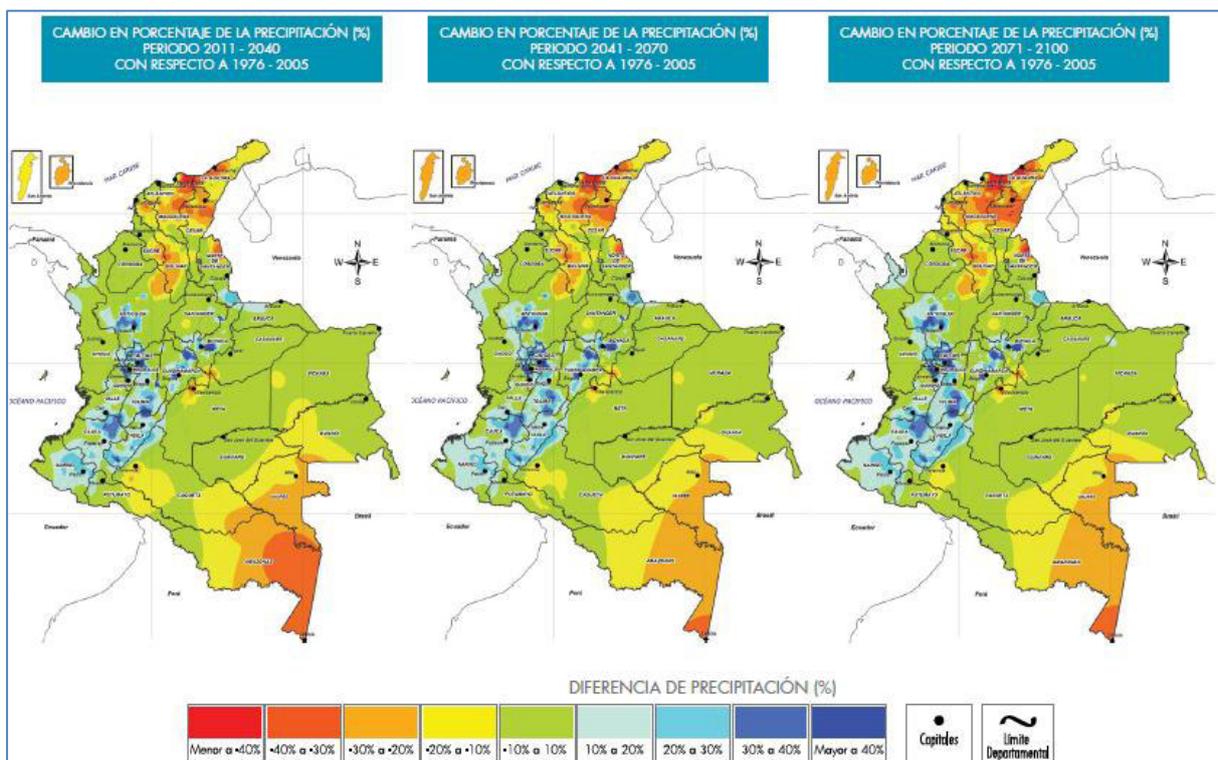


Figura 7. Diferencia de la temperatura media en el periodo 2011-2100 respecto al periodo 1976-2005  
Fuente: IDEAM, 2015

Con mayor nivel de detalle y tomando en cuenta el interés territorial del presente proyecto, para el departamento de Risaralda se espera incrementos de la temperatura de 0.8°C para el periodo 2011-2040, 1.5°C para el periodo 2041-2070 y de 2.4°C para el periodo 2071-2100, acompañados de incrementos en la precipitación de 18.26%, 20.32% y 28.36% para los mismos periodos respectivamente. Cabe resaltar, con relación a la precipitación, casos especiales para los municipios de Pereira, La Celia y Balboa, donde se espera incrementos entre 30 y 40%. (IDEAM, 2015)

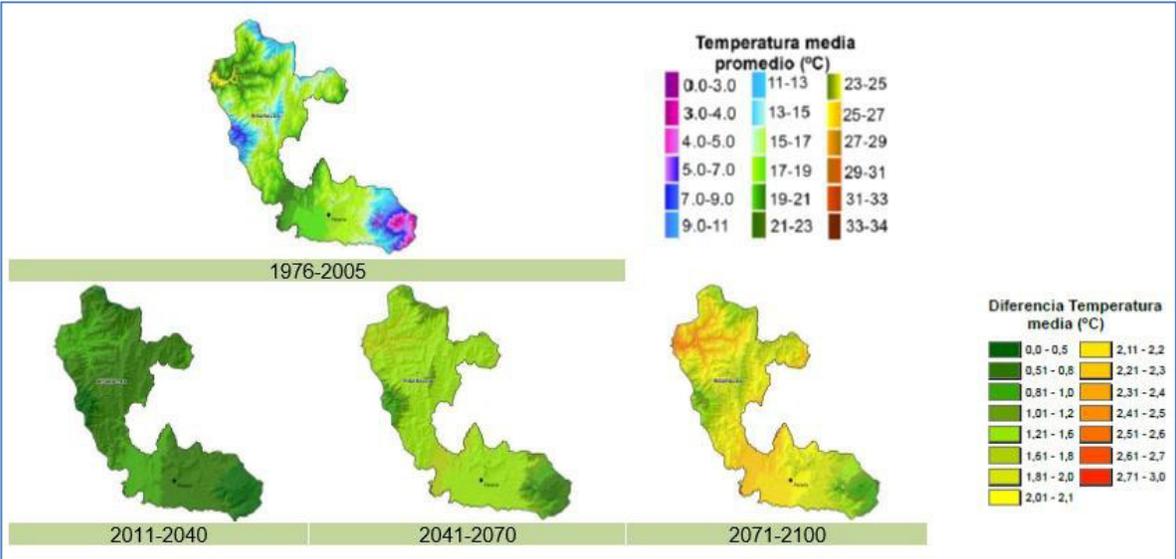


Figura 8. Diferencia de temperatura (°C) en Risaralda para los escenarios 2011-2100 con respecto al periodo 1976-2005  
Fuente: IDEAM, 2015

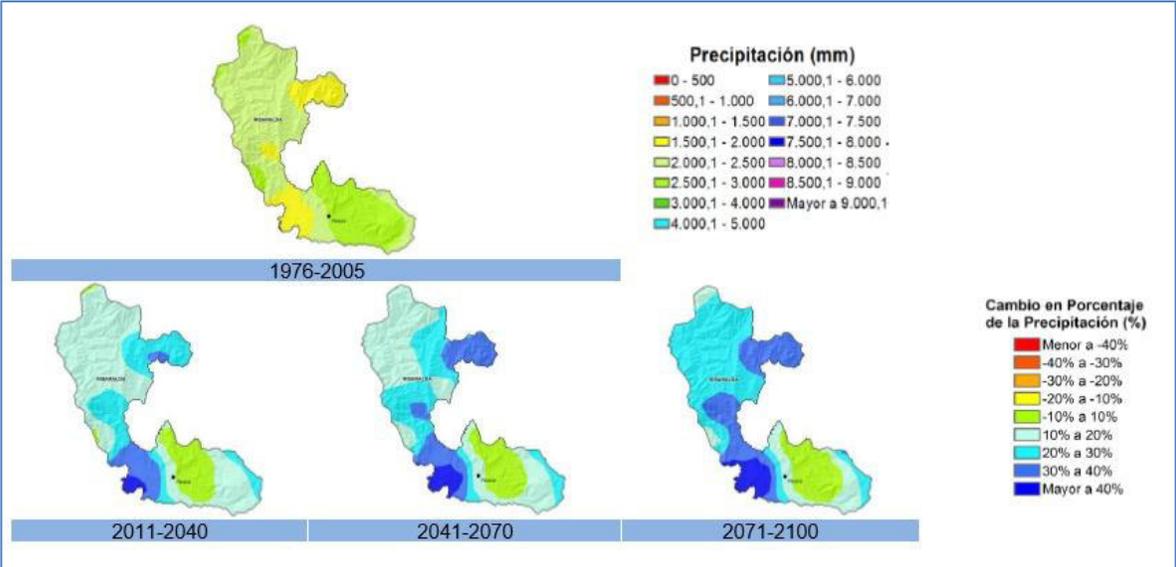


Figura 9. Diferencia de la precipitación (%) en Risaralda para los escenarios 2011-2100 con respecto al periodo 1976-2005  
Fuente: IDEAM, 2015

Respecto a la información gráfica anteriormente expuesta, es posible evidenciar los mayores incrementos de temperatura hacia el valle del Río Cauca, y el valle comprendido entre los municipios de Mistrató y Pueblo Rico, en los cuales para finales del siglo XXI se espera un incremento de hasta 2.6°C (IDEAM, 2015). Por otro lado, los mayores incrementos de precipitación se encuentran al occidente del municipio de Pereira con valores mayores al 40% y del 30 a 40% para los municipios de La Virginia, Santuario, Güática y Quinchía. Adicionalmente, la mayoría del territorio risaraldense cuenta con incrementos entre el 10 y el 30%.

Cabe resaltar la particularidad del municipio de Pereira en cuanto a los cambios de precipitación, pues éste presenta variaciones de -10 a 10% hacia el centro del mismo, y hasta mayores del 40% al occidente, lo que puede presentar problemas para el sector agrícola por las variaciones e intensidad de las lluvias.

Complementario a la información gráfica, IDEAM (2015) presenta información más detallada para los escenarios de RCP, en la cual se define toda la información de cambios de temperatura media, mínima y máxima, además de la precipitación para los escenarios RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5 en los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 con un respectivo grado de incertidumbre (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios de temperatura (°C) media, máxima, mínima y precipitación (%) en los diferentes escenarios RCP para los periodos 2011 a 2100 en Risaralda

<b>Periodo 2011-2040</b>				
<b>Cambio Climático</b>	<b>RCP 2.6</b>	<b>RCP 4.5</b>	<b>RCP 6.0</b>	<b>RCP 8.5</b>
Temperatura media	0,83±0,11	0,93±0,10	0,78±0,10	0,97±0,11
Temperatura máxima	0,86±0,13	0,91±0,12	0,78±0,15	1,05±0,13
Temperatura Mínima	0,44±0,10	0,53±0,14	0,41±0,11	0,56±0,10
Precipitación	16,31±1,00	19,42±0,86	18,26±0,88	23,60±1,57
<b>Periodo 2041-2070</b>				
<b>Cambio Climático</b>	<b>RCP 2,6</b>	<b>RCP 4,5</b>	<b>RCP 6,0</b>	<b>RCP 8,5</b>
Temperatura media	1,13±0,10	1,75±0,15	1,47±0,11	2,19±0,14
Temperatura máxima	1,18±0,16	1,76±0,13	1,50±0,16	2,21±0,15
Temperatura Mínima	0,71±0,11	1,28±0,15	1,10±0,08	1,75±0,09
Precipitación	19,11±1,00	18,61±0,84	20,32±0,90	28,24±0,89
<b>Periodo 2071-2100</b>				
<b>Cambio Climático</b>	<b>RCP 2,6</b>	<b>RCP 4,5</b>	<b>RCP 6,0</b>	<b>RCP 8,5</b>
Temperatura media	1,10±0,09	2,04±0,18	2,35±0,11	3,51±0,17
Temperatura máxima	1,08±0,14	2,14±0,23	2,41±0,20	3,63±0,16
Temperatura Mínima	0,67±0,14	1,62±0,14	1,86±0,11	3,13±0,17
Precipitación	12,43±0,99	21,38±0,89	28,36±0,95	32,30±0,42

Fuente: Elaboración propia con base en información de IDEAM, 2015

Es pertinente tanto por el interés territorial del presente proyecto, como por su comportamiento, hacer una mirada especial a los cambios climáticos esperados para el municipio de Pereira y sus efectos sobre el territorio, por lo cual se parte de la interpretación de la información gráfica departamental, la cual se acota a la influencia en el territorio específicamente Pereirano, acompañado de la información recolectada por el historial de eventos de desastre (Desinventar, Hemeroteca digital) para el mismo, asociados a eventos hidroclimatológicos.

En este sentido, el periodo de referencia 1976-2005 evidencia que para Pereira, la precipitación oscila entre 1500 a 3000 milímetros por año, frente a lo cual se espera incrementos promedio de la precipitación para el periodo 2011-2040 entre -10 a más de 40%, e igualmente para los periodos 2041-2070 y 2071-2100. El mayor porcentaje del incremento de la precipitación (mayor al 40%) se espera hacia el occidente del municipio cerca a la desembocadura del Río La Vieja en el Río Cauca, este disminuye hacia el centro del municipio, donde se presenta aumentos entre -10 a 10% para la zona oriental del casco urbano con una dinámica similar hacia el suroriente del mismo, y por último se esperan incrementos entre el 10 y 30% para la zona oriental del municipio, la cual tiene su mayor incremento (20 a 30%) en la área del parque de nevados.

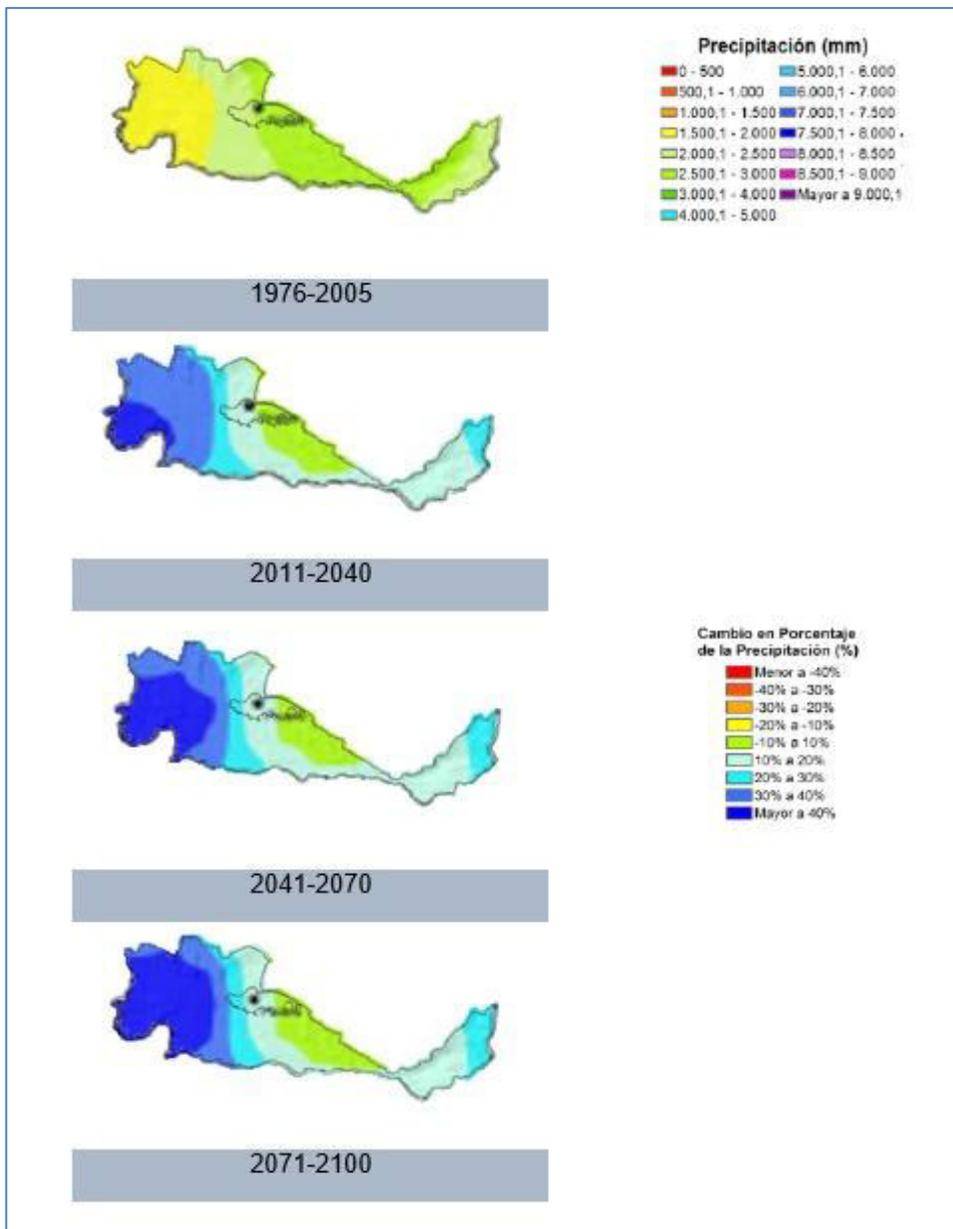


Figura 10. Diferencia de precipitación (%) en Pereira para los escenarios 2011-2100 respecto al periodo 1976-2005

Fuente: Elaboración propia con base en información de IDEAM, 2015

En cuanto a la temperatura, el periodo de referencia 1976-2005 evidencia un espectro bastante amplio entre 0 a 23°C del cual se puede definir una variación de, entre 23°C al occidente del municipio, hasta 15°C en la zona de El Cedral aproximadamente, y de éste, al oriente del municipio en el parque nevados, una variación entre 15 a 0°C. Asociado a los incrementos de temperatura, para el periodo 2011-2040 se espera incrementos de 0 a 1°C, acentuado el mayor incremento hacia el occidente del municipio. Para el periodo 2041-2070 se espera incrementos de entre 1 a 2°C acentuado, igualmente, un incremento mayor al occidente del municipio. Y por último se espera un incremento de 1.5 a 2.3°C para el periodo 2071-2100 que presenta igual distribución, con un mayor incremento hacia la zona occidental del municipio.

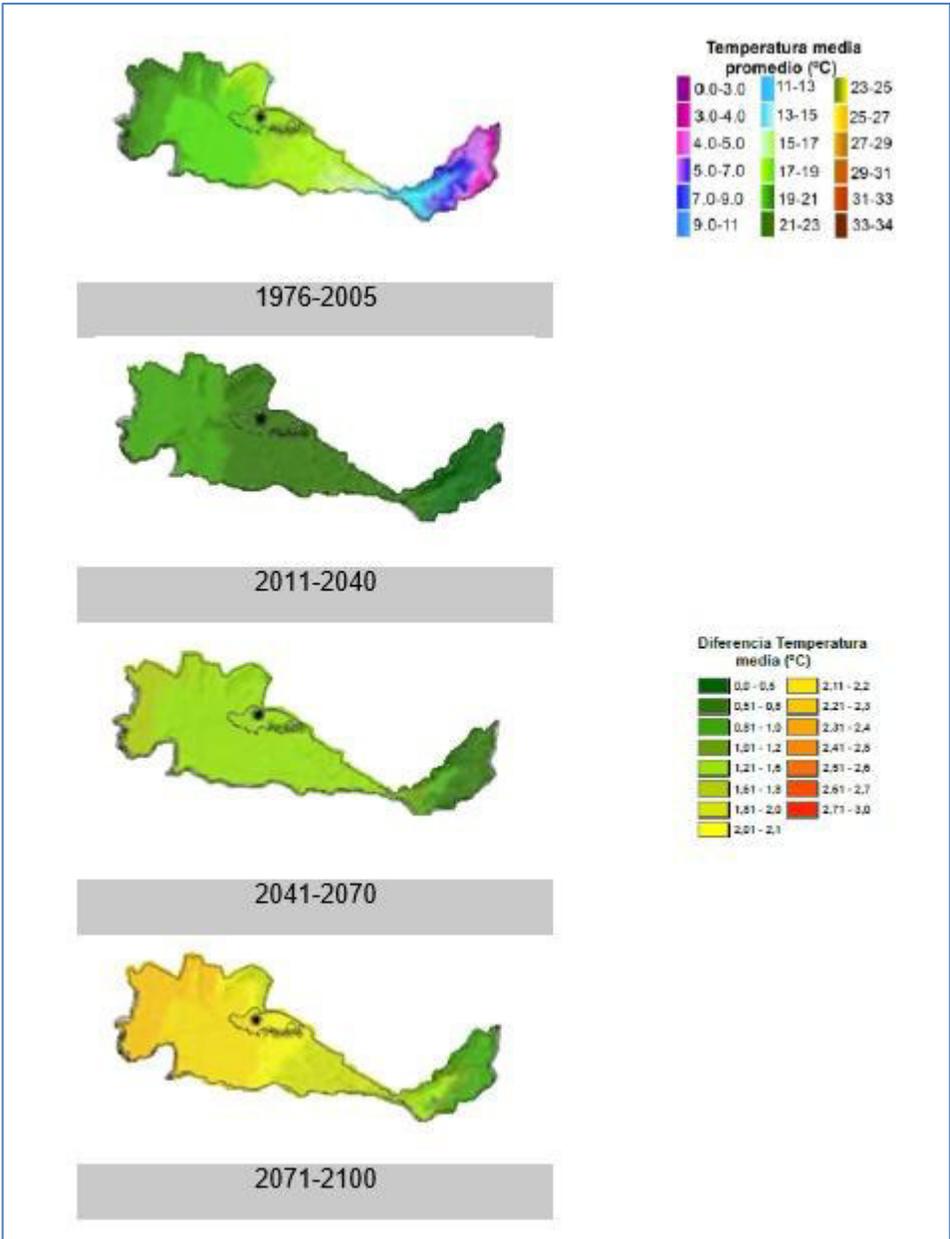


Figura 11. Diferencia de temperatura (°C) en Pereira para los escenarios 2011-2100 respecto al periodo 1976-2005

Fuente: Elaboración propia con base en información de IDEAM, 2015

De manera más detallada, para el casco urbano de Pereira se espera en general incrementos de entre -10 a 30% en la precipitación, con un incremento creciente de oriente a occidente, e incrementos de 0.5 °C (periodo 2011-2040) a 2°C (periodo 2071-2100).

### Escenarios de riesgo climático para el sistema urbano de Pereira

En la definición de los escenarios de riesgo climático para el sistema urbano de Pereira, es necesario contrastar la información de las proyecciones de escenarios de cambio climático del IDEAM (2015) sobre el territorio local, con la información de eventos de desastre en perspectiva histórica, que permite evidenciar las zonas más vulnerables frente a los eventos de desastre más relevantes para el territorio pereirano. En ese sentido, cabe resaltar el análisis de los eventos más recurrentes y de mayor magnitud en torno a los desastres que estos han generado.

Tabla 2. Inventario de Desastres de Pereira 1900-2015 (Base de datos Desinventar y Hemeroteca Digital de Emergencias y Desastres de Pereira)

Evento	Cantidad
Deslizamiento	227
Inundación	128
Vendaval	82
Avenida Torrencial	40
Incendio Forestal*	28
Tempestad	11
Lluvias Torrenciales	1
Granizada	1

\*Muchos de los incendios forestales están asociados a la contaminación de zonas naturales por residuos sólidos que provocan dichos incendios

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Desinventar y Hemeroteca Digital de Emergencias y Desastres de Pereira

Con base en la información de la Tabla 2, los eventos más recurrentes en perspectiva histórica para Pereira, pueden priorizarse en: deslizamientos, inundaciones y vendavales. Sin embargo, es necesario conocer la magnitud de las afectaciones que los eventos por variabilidad y cambio climático han generado para Pereira.

Tabla 3. Magnitud de los eventos de desastre presentados en Pereira entre 1900-2015

Evento	Afectados	Desastres	Desastres sin información de afectados	Alertas sin afectados	Proporción afectados por evento
Avenida Torrencial	7052	34	20	12	207
Inundación	4337	116	58	19	37
Vendaval	3944	42	41	8	94
Deslizamiento	3469	147	37	78	24
Tempestad	211	6	6	4	35
Granizada*	92	1	0	0	92

Lluvias Torrenciales	4	1	0	0	4
Incendio Forestal	0	0	1	48	0

\*El único desastre registrado por este evento, representa en realidad múltiples desastres en diferentes zonas de Pereira, pero al no conocerlas por su registro como una afectación a “todo Pereira” en la información hemerográfica, no se pudo conocer el número total de desastres que provocó este evento. Fuente: Elaboración propia con base en datos de Desinventar y Hemeroteca Digital de Emergencias y Desastres de Pereira.

A partir de la información de la Tabla 3, es posible evidenciar que aunque las avenidas torrenciales, no representan un evento muy recurrente en el territorio pereirano, es el evento que mayores afectados deja. En cuanto a la magnitud de los eventos encontrados para Pereira, los deslizamientos y los vendavales, son los de mayor relevancia. Sin embargo, no se puede perder de vista los eventos que tienen poca magnitud pero gran recurrencia, como lo expresa Lavell (2003), los eventos de poca magnitud y mucha recurrencia, en sumatoria, representa costos sociales y económicos más elevados, que los eventos de gran magnitud.

Así entonces, tomando en cuenta el número de afectados de la Tabla 3, es posible decir que los eventos más representativos para Pereira, son: avenidas torrenciales, inundaciones, vendavales y deslizamientos. Ante estos eventos, se analizó cuáles son los sectores que han sido vulnerables en perspectiva histórica para el municipio de Pereira, que contrastado con los efectos que puede tener la variabilidad y el cambio climático para Pereira, permite conocer los eventos que podrán verse potenciados y permitir la definición de escenarios de riesgo climático para Pereira de una manera más acercada al contexto local.

Analizando los sectores más vulnerables en perspectiva histórica para Pereira, y los efectos de la variabilidad y cambio climático esperados para Pereira en los escenarios de IDEAM (2015), es posible evidenciar los escenarios de riesgo climático que, para el sistema urbano de Pereira, se pueden presentar.

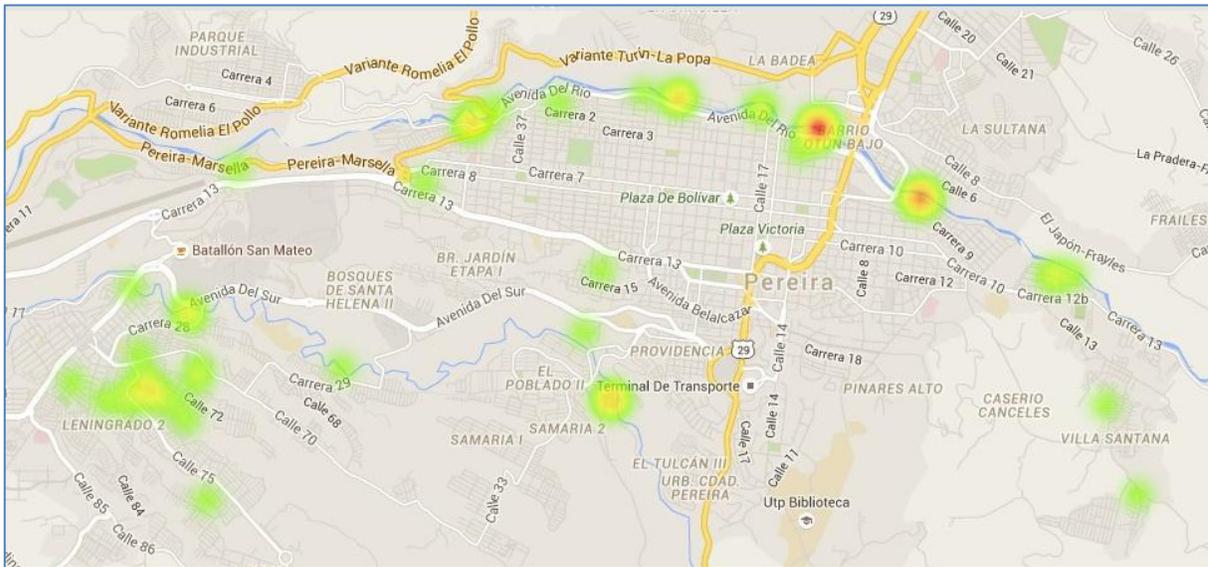


Figura 12. Sectores de Pereira afectados por avenidas torrenciales entre 1900-2015  
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta de Fusion Tables

Como se aprecia en la Figura 12, los sectores más afectados por avenidas torrenciales, se encuentran aledaños a las principales fuentes hídricas de municipio de Pereira. Los sectores aledaños al río Otún son los que han sido más vulnerables históricamente, sumado también, sectores aledaños al río Consotá, y las quebradas el Oso, Letras y Condina.

Los barrios con mayor historial de desastres por avenida torrencial, han sido: Ormaza, Rocío bajo, Santa Helena, La Esneda, Cortés, Zea y Kennedy, siendo estos los barrios con más de 1 registro de desastres por este tipo de evento.

Tomando en cuenta que, para el casco urbano de Pereira, los incrementos en las lluvias no serán considerables, solo hacia el occidente del mismo con posibilidades de incremento entre 10 y 20%, es posible conjeturar que las zonas de riesgo climático por avenidas torrenciales son las mismas que tradicionalmente han sido afectadas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta, que la zona de la cuenca alta del río Otún, presenta incrementos en la precipitación de un 20 a 30%, lo que asociado a fenómenos de la niña, podría potenciar el riesgo climático por de avenidas torrenciales en sectores aledaños al río Otún.

En épocas de fenómeno del niño, el riesgo climático por avenidas torrenciales se verá reducido por las olas de calor y el aumento de temperatura entre 1,1 y 3,5°C según el RCP 2.6 y 8.5 respectivamente, que al afectar directamente las fuentes hídricas del municipio que algunos de sus tramos no cuentan con zonas de protección forestal, reducen la probabilidad de desastres asociado a eventos por avenida torrencial.

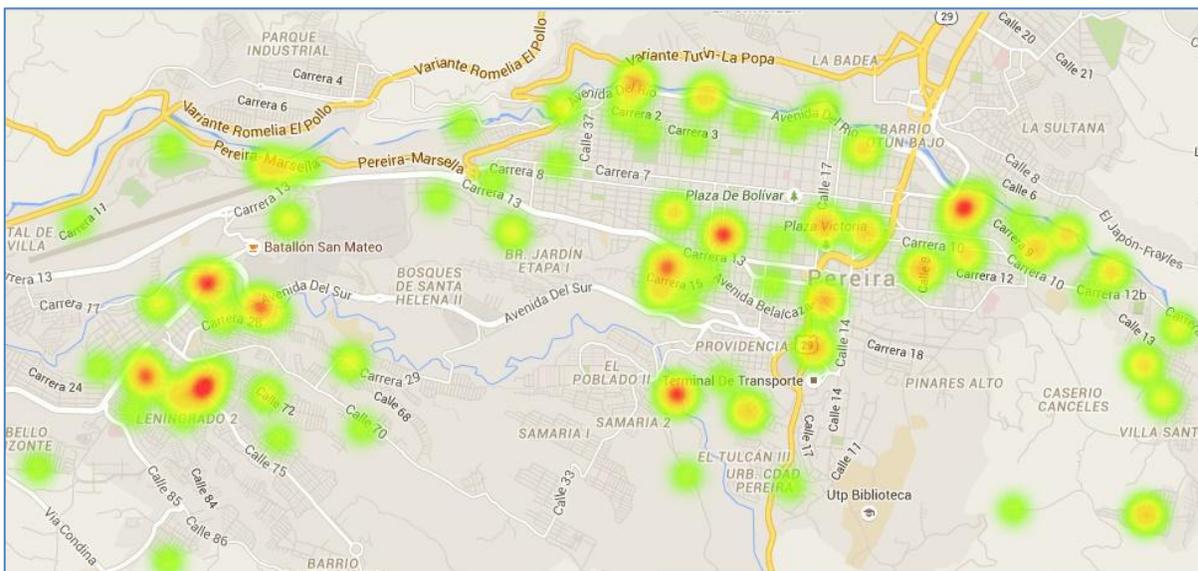


Figura 13. Sectores de Pereira afectados por inundaciones entre 1900-2015

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta de Fusion Tables

Este tipo de evento presenta una distribución que cubre gran parte del sistema urbano de Pereira (Figura 13), principalmente debido a que las inundaciones no solo están asociadas a la creciente de las principales fuentes hídricas del municipio, sino también, al colapso del sistema de alcantarillado.

Frente a este tipo de eventos, se puede encontrar que los barrios más vulnerables en perspectiva histórica responden a: Rocío Bajo, Santander, La Isla, La Playita, Corocito, Cortés, Mejía Robledo y La Churria, con más de 5 registros de desastres.

Tomando en cuenta la baja variación porcentual en las lluvias para el sistema urbano de Pereira, es posible encontrar que las inundaciones tendrán un comportamiento similar en los sectores que tradicionalmente han sido vulnerables, principalmente en temporadas de fenómeno de la niña, con posibilidad de incremento del riesgo climático por inundación, en sectores aledaños al río Otún, por el incremento de la precipitación en su cuenca alta.

En base a lo anterior, y conociendo el incremento de temperatura esperado para Pereira en 1,1 y 3,5°C, según los escenarios de RCP 2.6 y 8.5 respectivamente, el riesgo climático por inundaciones asociadas a quebradas con nacimientos en el área urbana del municipio de Pereira o cercanos, podrán verse disminuidas.

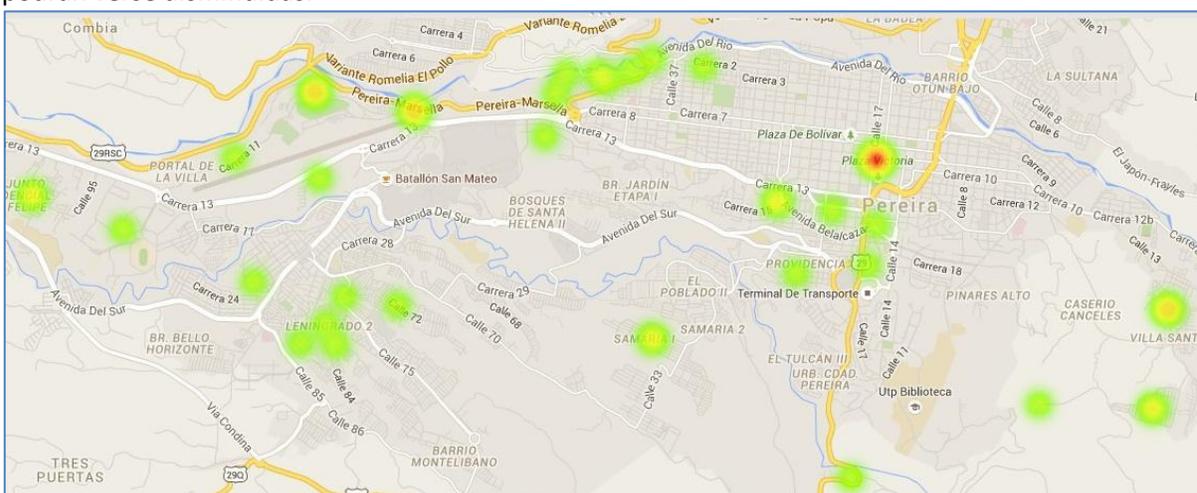


Figura 14. Sectores de Pereira afectados por vendavales entre 1900-2015  
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta de Fusion Tables

Si bien todo el territorio pereirano está expuesto a eventos de vendavales, es posible encontrar en la Figura 14, que gran parte de los sectores más vulnerables se encuentran asociados a sectores de escasos recursos, con una sensibilidad considerable en sus viviendas por el tipo de material de las mismas. Diferente a esta condición, sectores como el centro de la ciudad, que es de los que presentan mayor número de desastres, principalmente edificaciones altas, aunque presentan materiales con una sensibilidad baja ante amenazas por vendaval, presentan una alta exposición que eleva el nivel de riesgo climático por este tipo de eventos.

Aunque por efecto del cambio climático se espera un incremento en la frecuencia, intensidad y distribución de los fenómenos meteorológicos (IPCC, 2012), es complejo evidenciar con certeza, cómo la leve variación en las lluvias para el sistema urbano y el incremento de temperatura, pueden potenciar o disminuir la amenaza por vendavales para el sistema urbano de Pereira.

Históricamente los barrios y sectores más afectados son: Centro, Nacederos, Villa Santana, La Libertad, Centenario, Samaria I y Las Brisas.

Aunque los eventos de deslizamientos son los más recurrentes en el territorio pereirano, la gran cantidad de afectaciones a diferentes localidades, no permite que en la Figura 15, pueda evidenciarse de manera clara las localidades más vulnerables históricamente. Sin embargo, es posible evidenciar, aunque no en magnitud similar a los otros eventos priorizados para el presente proyecto, las localidades mayormente afectadas.

Como es posible evidenciar en la Figura 15, las manchas más opacas, representan los siguientes barrios y sectores: Villasantana, Caracol-La Curva, Boston, Danubio, San Nicolás, Matecaña, Centro, José Hilario López, La Libertad, Nacederos y Monserrate, con más de 5 desastres registrados históricamente.

Al analizar la relación de los eventos de deslizamiento con las lluvias prolongadas, es posible encontrar que la leve variación en la precipitación según los escenarios de IDEAM (2015), denotarían un comportamiento similar en este tipo de evento, por lo cual el escenario de riesgo climático por eventos de deslizamiento no verá alterado de manera considerable. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los cambios en la intensidad, frecuencia y distribución espacial de los fenómenos meteorológicos, principalmente en épocas de fenómenos de la Niña, podrá hacer incrementar los desastres por deslizamiento.

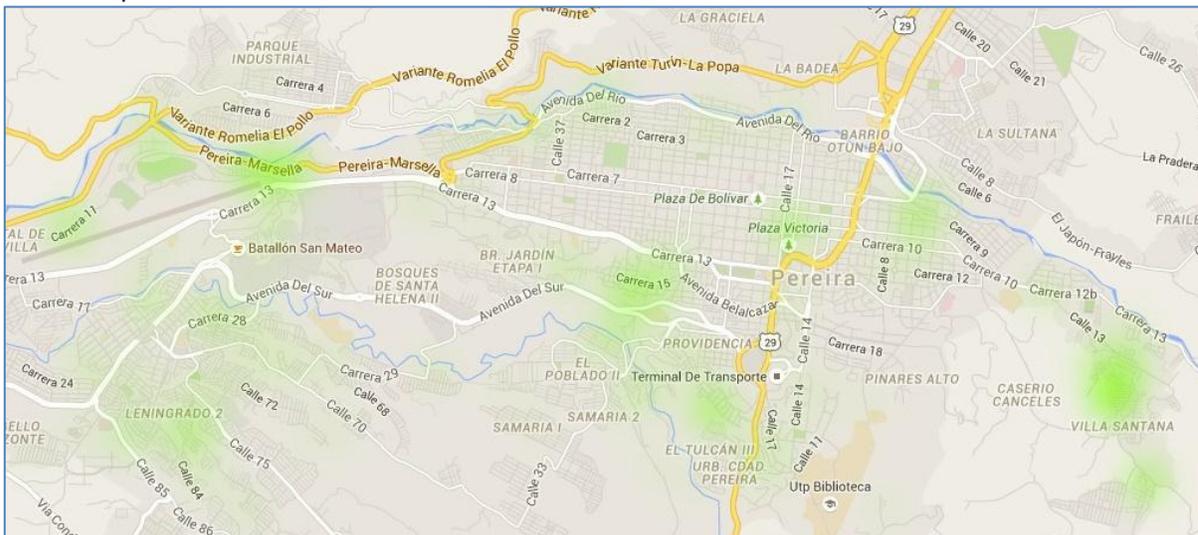


Figura 15. Sectores de Pereira afectados por deslizamientos entre 1900-2015  
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta de Fusion Tables

## CONCLUSIONES

En base a los eventos de desastre más relevantes para el territorio del municipio de Pereira, los efectos por variabilidad y cambio climático que tiene el sistema urbano se verán intensificados principalmente por el cambio en la dinámica de las lluvias.

Tomando en cuenta que los eventos más relevantes para el sistema urbano de Pereira, están asociados a la presencia de lluvias prolongadas, y los escenarios de variabilidad y cambio climático expuestos por IDEAM (2015) evidencian que el incremento de lluvias para el área urbana es entre -10 a 10%, permiten concluir que el escenario de riesgo climático para Pereira no es alto. Sin embargo, el incremento de la temperatura esperada para el sistema urbano de Pereira y asociado a periodos de

fenómeno del Niño, podrá incrementar eventos como los incendios forestales, no obstante, su afectación sea principalmente ecológica.

Si se toma en cuenta lo anterior, es posible evidenciar que el principal evento generador de amenazas para el sistema urbano de Pereira es el aumento en la precipitación. A partir de éste se derivan unas de las amenazas más concurrentes y de mayor magnitud según la base de datos de eventos de desastre en Pereira, que ha generado afectaciones a la sociedad y pérdidas económicas para el municipio; avenidas torrenciales, inundaciones, vendavales y deslizamientos.

En general para el sistema urbano de Pereira, el sector que tiene un incremento considerable en el riesgo climático asociado a diferentes amenazas, son las localidades adyacentes al río Otún por el incremento de hasta 30% en la precipitación para su cuenca alta.

En conclusión, las mayores afectaciones al sistema urbano se dan por eventos hidroclimatológicos, asociadas a asentamientos en las principales fuentes hídricas. De esta manera se denota la necesidad de la planificación urbana en torno a las áreas de alto riesgo frente a eventos naturales, las cuales necesitan de intervenciones directas e inmediatas que permitan minimizar la vulnerabilidad del sistema urbano frente a las amenazas del cambio climático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Desinventar. (2013). *Colombia – Inventario histórico de pérdidas del departamento de Risaralda*. Desinventar. Recuperado de <http://online.desinventar.org/desinventar/#COL-1260541809-colombia risaralda>

Hemeroteca Digital de Emergencias y Desastres de Pereira. (2013). *Emergencias y Desastres de Pereira durante 100 años de información periodística. 1912-2012*. Redulac Colombia. Recuperado de <http://app4.utp.edu.co/comunidadyriesgos/portal/busqueda.php>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Estudio Técnico Completo: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: Autor.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Regional: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: Autor.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: Autor.

IPCC. (2013). “Resumen para responsables de políticas”. En: *Cambio Climático (2013): Bases físicas*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

IPCC. (2012). “Resumen para responsables de políticas” En: *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido

Lavell, A. (2003). *La gestión del riesgo local. Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. CEPREDENAC, Guatemala.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-08

**Título del trabajo:** Gestión de riesgos en la industria de níquel. Una mirada desde la ciencia y la tecnología para lograr un desarrollo sostenible.

**Autor (es):** Yoannis Cano Reynosa

**Ponente (s):** Yoannis Cano Reynosa

**E-mail:** [ycano@ecg.moa.minem.cu](mailto:ycano@ecg.moa.minem.cu)

**Institución:** Productora de Níquel y Cobalto "Ernesto Che Guevara"

**País:** Cuba

#### RESUMEN

La investigación constituye un nuevo documento de referencia teórico - práctico en relación con el desarrollo sostenible en la actividad minero - metalúrgica cubana. Estos métodos se utilizan debido a la complejidad del contexto en el que se realiza el estudio de caso, en el momento que en Cuba, están en fase de elaboración las metodologías para los estudios de riesgos, por lo que constituye esto un aporte práctico de gran importancia para la industria minero - metalúrgica de producción de níquel y cobalto. Como resultado, se evidenció que la teoría general de los sistemas de gestión de riesgos laborales y la operacionalización de indicadores de sustentabilidad permiten el buen funcionamiento del sistema de gestión y responden en mayor grado a los requerimientos de la investigación realizada. La investigación se centró en identificar cómo esta actividad productiva puede aportar al desarrollo más sostenible de la región basado en los esquemas de gestión del riesgo en la industria y en la comunidad, en el mejoramiento de las condiciones de trabajo de los trabajadores, instalaciones, equipamiento, la salud ocupacional y la protección del medio ambiente.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-09

**Título del trabajo:** Simulador de riesgos asociados al cambio climático a nivel global y regional.

**Autor (es):** Antonio Torres Valle, Maritza Lau, Ulises Jauregui, Erick Martínez, Bárbara Garea, Miguel A. Llivina, Orestes Valdés

**Ponente (s):** Antonio Torres Valle

**E-mail:** [atorres@instec.cu](mailto:atorres@instec.cu)

**Institución:** Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El uso de simuladores constituye una buena práctica para la enseñanza o entrenamiento en la operación de procesos complejos. Este es el caso del cambio climático, el que tiene asociado múltiples fenómenos que no pueden ser reproducidos como prácticas aisladas de laboratorio. Los propios expertos del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático han sugerido indicadores cualitativos para medir los componentes de este riesgo (peligro, vulnerabilidad y exposición) y aun así, su complejidad es notable por la multi, inter y transdisciplinariedad de los conocimientos necesarios para su evaluación. Uno de los retos más importantes de la enseñanza de estos temas es la multiplicidad de combinaciones que pueden ocurrir por la variedad de factores tributarios al riesgo en cada zona del mundo estudiada. Por ello, la presentación de un sistema matricial interdependiente que correlaciona las variables globales y regionales, relativas al riesgo del cambio climático y un algoritmo recursivo para su evaluación, constituyen las bases del simulador propuesto en este documento. El mismo ha sido programado para escenarios globales y regionales, los cuales se han incorporado al código informático desarrollado para la preparación de ejercicios didácticos preelaborados y como recomendación para la implementación de nuevos casos de estudio. El sistema de referencia ha sido utilizado en la enseñanza de pregrado de la licenciatura de meteorología y en postgrado, como parte de la maestría en ciencias de la gestión ambiental. Ha sido propuesto para su instalación en los centros de la enseñanza primaria, secundaria y media superior del país.

**Palabras claves:** cambio climático, mitigación, riesgo, variabilidad, vulnerabilidad, simulador



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-16

**Título del trabajo:** Sensores remotos aplicados al estudio de enfermedades crónicas en el ambiente mediante análisis de contaminantes atmosféricos. Casos de estudio: Quito, Ecuador.

**Autor (es):** César Iván Álvarez Mendoza

**Ponente (s):** César Iván Álvarez Mendoza

**E-mail:** [calvarezm@ups.edu.ec](mailto:calvarezm@ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El principal objetivo de este proyecto es evaluar la aplicabilidad de los datos de sensores remotos (calibrados adecuadamente y procesados para las condiciones locales en Quito, Ecuador) en el estudio de las enfermedades respiratorias crónicas y comunes. Para ello, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de los algoritmos utilizados para recuperar varias variables que están presentes en la contaminación atmosférica de entorno relacionadas con las enfermedades prevalentes (por ejemplo, la temperatura del aire, aerosoles de concentración, concentración de PM10 y precipitación). A continuación, se llevarán a cabo varios estudios de casos y controles utilizando varias bases de datos (por ejemplo, las admisiones en los hospitales públicos, atención primaria de salud, los episodios de emergencia, medicamentos con receta y de datos de redes sociales) en Ecuador. La disponibilidad de esta información será crucial para el éxito de este trabajo. Existen varios métodos tales como la red neuronal artificial, la regresión logística, Maxent, o de promedio bayesiano Modelo (BMA) se aplicarán para evaluar la relación entre las variables ambientales y los datos de salud. Se calculan los modelos de riesgo parciales y un modelo de ensamble media calculada a partir de todos los métodos probados. Por último, se propone un modelo integrado.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-18

**Título del trabajo:** Diseño, construcción y arranque de operación de un reactor de lodos activados.

**Autor (es):** Ximena del Rocío Borja Vela

**Ponente (s):** Ximena del Rocío Borja Vela

**E-mail:** [xborja@ups.edu.ec](mailto:xborja@ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En Quito D.M. se construyen plantas de aguas residuales que operarán bajo el sistema de lodos activados, tomando esta base y conociendo experimentalmente y por bibliografía la calidad del agua residual de la ciudad, la investigación diseñará un reactor de lodos activado que permita obtener la mejor eficiencia de remoción de los contaminantes, se seleccionará si el sistema operará en condiciones aerobios, anaerobias o anaerobia – aerobia, establecido el diseño se construirá a escala el reactor y se iniciará el arranque del mismo hasta alcanzar condiciones de estabilidad. La estabilidad del reactor se realizará por determinación de valores de DQO a la entrada y salida del reactor de lodos activados durante varias semanas de medición.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-30

**Título del trabajo:** Patrones de distribución espacial de *Guaiacum sanctum* L. (Zygophyllaceae) y su diversidad genética y etnobotánica: Una especie amenazada.

**Autor (es):** Rafael Enrique Corrales Andino, Lilian Florencia Ferrufino Acosta, Thelma María Mejía Ordoñez

**Ponente (s):** Rafael Enrique Corrales Andino

**E-mail:** [rcorrales@unah.edu.hn](mailto:rcorrales@unah.edu.hn)

**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de Honduras

**País:** Honduras

#### RESUMEN

*Guaiacum sanctum* (Guayacán), especie arbórea del bosque seco, con una distribución del Centro de Sudamérica al norte de México, Florida y Antillas Mayores. Considerada una especie amenazada según Comisión Internacional de Tráfico de Especies y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, el objetivo del estudio fue conocer la distribución potencial de sus poblaciones, diversidad genética en los remanentes de bosque seco en los departamentos de Comayagua, Yoro, Olancho, El Paraíso y Choluteca, Honduras; así como los usos tradicionales. Metodológicamente se realizaron parcelas de 50x50 definiéndose tres clases de edades: adultos (DAP  $\geq$  5 cm), juveniles (DAP < de 5 cm) y plántulas (individuos altura  $\leq$  30 cm). Se georreferenciaron los individuos adultos aplicándose un análisis multivariable con técnicas de riesgo mínimo al análisis por riesgo creciente y de riesgo medio con alto nivel de compensación, por combinación lineal ponderada. Se diseñaron 18 cebadores para microsatélites para conocer la estructura genética. Los resultados indicaron que sus patrones de distribución espacial tanto en plántulas, como en adultos son agrupaciones. Adaptaciones importantes del guayacán es el desarrollo de su ciclo de vida en condiciones ambientales extremas del bosque seco, probablemente limita la abundancia de los individuos especialmente en la clase sub adultas pues se encontró solo 5 individuos, en contraste con las plántulas que resultaron muy abundantes. Los resultados de este estudio será la base para establecer una estrategia de conservación de esta especie, así como la propuesta de áreas protegidas en el bosque seco en Honduras.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-38

**Título del trabajo:** Remoción de sulfato en el tratamiento fisicoquímico de las aguas mediante un sistema por carga empleando muestras de arena.

**Autor (es):** Gilberto Colina, Edison Greco Lavayen Delgado, Carlos Vera, Carlos Andrade, José Gómez, Carlos Chinga y Abrahan Velázquez

**Ponente (s):** Edison Greco Lavayen Delgado

**E-mail:** [edison27negro@hotmail.com](mailto:edison27negro@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Muchas industrias generan aguas residuales con un alto contenido en sulfato, entre las que se encuentran empresas productoras de pasta y papel, procesamiento de pescado, entre otras. El objetivo de esta investigación fue evaluar la remoción de sulfato mediante un sistema por carga empleando muestras de arena. En el sistema de tratamiento se utilizó como material adsorbente, fracción de arena (A), fracción mineral (B) y zeolita (Z) como modelo referencial. Se preparó una solución con una concentración inicial de  $441,43 \pm 10,09$  mg de  $\text{SO}_4^{-2}$ /L. El material adsorbente fue lavado y secado a  $110^\circ\text{C}$  por 24 h. Un gramo de cada material fue agregado a 50mL de la solución preparada. El tiempo de contacto fue de 24 h a  $25^\circ\text{C}$ , con agitación constante de 200 rpm. La cuantificación se realizó por el método turbidimétrico estándar utilizando un espectrofotómetro uv-visible a 420 nm. Se obtuvo un 25,50 % de fracción mineral en la muestra de arena. Las curvas de concertación reducida sobre los tres adsorbentes, mostraron remociones promedio de 25,32; 36,57 y 30,80 % para las fracciones B, A y Z respectivamente. Los datos experimentales se ajustaron al modelo matemático de Freundlich, obteniéndose para la fracción A, una correlación lineal (r) de 0,9774, una constante de adsorción de ( $K_F$ ) = 1,058 L/g y una constante de heterogeneidad de los sitios de energía ( $n$ ) = 0,44. La utilización de estas fracciones constituyen una alternativa para remoción de sulfatos en agua como parte del material filtrante en lechos mixtos.

**Palabras claves:** sulfato, arena, tratamiento fisicoquímico, adsorción



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-55

**Título del trabajo:** Evaluación de algas psicrófilas antárticas como posible fuente de energía renovable.

**Autor (es):** Ronny Flores, Tatiana Guevara, Mónica Salas, Ana Yañez, Judith Suarez, Denisse Molina

**Ponente (s):** Ronny Flores

**E-mail:** [raflores@uce.edu.ec](mailto:raflores@uce.edu.ec)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El aumento de la actividad científica y turística en la Antártida ha provocado un incremento en el uso de combustibles fósiles que contaminan su ambiente. Una alternativa ecológica es el reemplazo por un combustible renovable como el biodiesel que no genera dióxido de azufre, produce 40% menos de CO y 84% menos de partículas que el diesel; es biodegradable y no tóxico. El aceite vegetal, que es la materia prima, puede extraerse de las algas. Las algas pueden sintetizar tres veces más aceite que la soya en un espacio similar de terreno. Pueden crecer en sitios que no son destinados a la agricultura, no utilizan agua potable por lo que su uso no consume agua fresca y no desplazan a las cosechas como ciertos tipos de plantas productoras de aceite. Pueden crecer en agua salada o en agua de plantas de tratamiento. Las algas utilizan el CO<sub>2</sub>, producto de la combustión, para generar su biomasa y pueden crecer en piscinas abiertas o en fotorreactores. El estudio de algas psicrófilas antárticas como fuente de aceite es escaso y la ventaja de utilizarlas sería su adaptación al medio antártico para producir *in situ* combustible. El proyecto está dividido en tres etapas sucesivas: la primera fase, consistió en la búsqueda, selección e identificación de algas psicrófilas antárticas productoras de aceite. La segunda parte, fue la optimización del proceso de extracción y producción de aceite de las especies seleccionadas en la primera fase. En la tercera etapa, se está realizando la síntesis del biodiesel a partir de aceite obtenido en la segunda etapa. La investigación se realiza en colaboración con el Instituto Antártico Ecuatoriano, que brindó el apoyo logístico para viajar a la Estación Pedro Vicente Maldonado en la Antártida para la toma de muestras.

**Palabras claves:** biodiesel, algas psicrófilas, Antártida.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-83

**Título del trabajo:** Recurso hídrico, Clima y Sistemas de Información Geográfica.

**Autor (es):** Silvia Valeria Cargua Proaño, Marlene Ernestina Cueva Rosillo, Jessica Joseth Escobar Freire, Susana Arciniegas Ortega

**Ponente (s):** Marlene Ernestina Cueva Rosillo

**E-mail:** [marnina.20@gmail.com](mailto:marnina.20@gmail.com)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El estudio es en el cantón Cayambe, de la provincia de Pichincha del Ecuador, que se ha identificado como clúster florícola, producción de lácteos y clúster turístico. Todas estas actividades han provocado un crecimiento poblacional que está causando un incremento en el índice de contaminación ambiental por descargas líquidas y sólidas de origen doméstico y agropecuario a los ríos sin tratamiento, lo que indica una relación directa sociedad-ambiente, a lo que se suma cambios en el clima como son las precipitaciones (fenómenos atmosféricos) y la temperatura (factor ambiental), componentes que inciden en la dinámica del recurso hídrico, estableciendo una relación directa sociedad-salud-ambiente. El proyecto tiene como finalidad, conocer la variabilidad climática de la zona en base a los datos de precipitación, temperatura, humedad relativa, así como, calcular índices de erosión, déficit hídrico e índice ombrotérmico mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica. Primeramente se realizó el cálculo de la pendiente. Luego, en base a los datos de las estaciones meteorológicas, se aplicó el modelo geoestadístico kriging ordinario de predicciones, para realizar la interpolación y así obtener un modelo de precipitación y temperatura del Cantón. Con los resultados se calculó el déficit hídrico, aplicando la herramienta “Algebra de Mapas”, para finalmente calcular la “Erosión” y el “Índice Ombrotérmico” en todo el cantón. El Índice Ombrotérmico, indicó que el Cantón Cayambe posee un clima lluvioso. Aunque, debido a muchos factores que han contribuido al cambio climático, en los últimos 20 años, la zona presenta incremento en la temperatura, al igual que se han observado ligeras variaciones en la intensidad y frecuencia de la precipitación. Es decir, las variables calculadas permiten tomar atención a la disponibilidad hídrica durante la estación cálida. Esto permitió definir una metodología que puede ser aplicada por el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) en su propuesta de ordenamiento territorial.

## INTRODUCCION

San Pedro de Cayambe es una ciudad del noreste de la provincia de Pichincha en Ecuador. Es la cabecera del cantón Cayambe; toma su nombre del volcán Cayambe, al pie de cuya ladera occidental se asienta. Por esta ciudad atraviesa la línea Ecuatorial. Su población es de 39.028 habitantes, siendo la tercera ciudad más poblada de la provincia.

El estudio que se va a realizar en el cantón Cayambe tiene como finalidad conocer el cambio climático de la zona que se ha dado en los últimos 30 años, para lo cual emplearemos datos de precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros, además mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) sabremos los índices de erosión, déficit hídrico e índice ombrotérmico de la zona, se conocerán las zonas con mayor precipitación e identificaremos zonas urbanas y rurales.

## MARCO TEÓRICO

### Déficit hídrico

Balance hídrico: “Es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera” (Francisco Jiménez Otárola 1994).

El balance hídrico permite establecer las ganancias y pérdidas de agua que se registran en un área dada, por lo tanto se puede expresar el balance hídrico en términos de: Precipitación + riego = evapotranspiración + drenaje + escurrimiento.

No toda el agua que precipita se aprovecha y no siempre la frecuencia de las lluvias es constante, entre año tras año, por lo que se debe manejar alrededor de 30 años mínimos los datos para estimar la distribución. Otra variable a tomar en cuenta es la Tasa de infiltración de acuerdo a su textura.

### Zona de Humedad en un suelo

La capa superficial freática se la conoce como zona de aireación o zona vadosa, en la cual la humedad puede distribuirse de tal manera que se distinguen tres sub zonas

- a) Sub zona de evapotranspiración: puede alcanzar desde centímetros si esta no está cubierta de vegetación hasta varios metros.
- b) Sub zona capilar: en esta capa el agua ha ascendido por capilaridad a través de la porosidad del material.
- c) Sub zona intermedia: se encuentra en medio de las dos sub zonas anteriores.

### Déficit Hídrico

Se define como la escasez o pérdida de agua en un lugar determinado, que va ligado directamente con la evaporación y transpiración.

**Evaporación:** Es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor y se produce de diferentes zonas:

- La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación
- Desde la superficie de agua (ríos, lagos, embalses)
- Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo.

**Transpiración:** Es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera.

Para el análisis es de interés medir la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera por lo que se considera el cálculo de la Evapotranspiración (ET), siendo una de las aplicaciones el conocer las necesidades hídricas en campos de cultivo o en la zona identificar las zona que mantenga mayor pérdida de agua por lo que a la ET se la conoce también como déficit de escorrentía o déficit hídrico.

**Evapotranspiración:** existen dos tipos de ET, la Evapotranspiración potencial (ETP) que es la producida si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas, y la Evapotranspiración real (ETR) que es la que se produce realmente en las condiciones de cada caso.

Si la  $ETR \leq ETP$  se refiere a un lugar desértico, pero si la  $ETR=ETP$  se refiere a que la humedad del suelo es óptima y que existe un buen desarrollo vegetal.

### Factores que influyen al déficit hídrico

Depende del poder evaporante de la atmósfera, que a su vez depende de los siguientes factores:

- Radiación solar
- Temperatura
- Humedad: menos humedad más evaporación.
- Presión atmosférica: a menor presión y mayor altitud más evaporación.
- Viento: más viento más evaporación

Existen varios métodos para el cálculo de la ETP mes a mes para datos medios de una serie de años, con la Precipitación mensual se realiza un balance hidrológico mes a mes del agua en el suelo con lo que se obtiene la ETR, entonces.

$$\text{Déficit hídrico} = ETP - ETR.$$

Para el estudio, la formula (a) se reduce a

$$\text{Déficit hídrico} = ETR$$

### Análisis de la evapotranspiración (et)

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9} + \frac{P^2}{L^2}}$$

- Donde:
- ETR=evapotranspiración real en mm/año
- P= precipitación en mm/año
- $L= 300+ 25t + 0,5t^3$
- t= temperatura anual en °C

### EROSIÓN DEL SUELO

La erosión del suelo se define como la pérdida de sus propiedades físicas y químicas, ya sea por factores antrópicos o naturales. Existen dos tipos de erosión: erosión hídrica y erosión eólica.

Este trabajo se centrará en la erosión hídrica presente en el Cantón Cayambe. La erosión hídrica o erosión del suelo por escurrimiento hídrico tiene su origen en la acción del agua sobre una superficie

desprovista de cobertura vegetal, según (Honorato et al., 2001) este proceso es quizás el más importante de degradación de suelos, dado que es irreversible y generalmente de gran magnitud.

Para determinar la erosión del suelo perteneciente al cantón Cayambe se va a emplear la Ecuación Universal de la Pérdida del Suelo; la misma que proporciona un cálculo de la media de la pérdida anual de suelo de tierras arables bajo diversas condiciones de cultivo. La aplicación de este cálculo tiene por objeto dar a los agricultores y a los técnicos en conservación de suelos la posibilidad de elegir combinaciones de usos de la tierra, prácticas de cultivo y prácticas de conservación del suelo que mantengan la pérdida de suelo a un nivel aceptable; con la terminología actual se diría que tiene por objeto lograr que el sistema agrícola sea sostenible. Como se concibió para ser usada en el campo tenía que ser "fácil de resolver e incluir sólo factores cuyo valor en un lugar particular se pueda determinar a partir de los datos disponibles. Algunos detalles y perfeccionamientos posibles se sacrificaron en aras de la utilidad" (Wischmeier 1976).

$$A = R * K * L * S * C$$

Dónde:

A es la media de la pérdida anual de suelo en toneladas por hectárea.

R es una medida de las fuerzas erosivas de las precipitaciones y la escorrentía.

K es el factor de erosionabilidad del suelo, es decir, una cifra que refleja la susceptibilidad de un tipo de suelo a la erosión o sea la recíproca de la resistencia del suelo a la erosión.

L es el factor de longitud, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo de una longitud específica de 22,6 metros.

S es el factor de manejo, relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo de pendiente específica del 9%.

C es un factor de manejo de los cultivos, relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo sometido a un tratamiento estándar de barbecho.

### **Factor R**

El factor R es el factor de lluvia en forma de un índice EI30, que es medido por el poder erosivo de la lluvia, una medida de las fuerzas erosivas de la lluvia y escurrimiento asociado.

$$R = I30 (9,28P - 8383) / 1000$$

Donde:

I30 = 75 mm/h (valor recomendado por Wischmeier).

P = Precipitación promedio anual en mm.

RAMÍREZ (2010) nos dice que, el índice EI30, se define como el producto de la energía cinética (E) de un aguacero y su máxima intensidad en un intervalo de 30 minutos (I). El factor R resulta de promediar totales anuales de E\*I para un período de por lo menos 30 años de fajas pluviográficas.

### **Factor L**

Donde, m es el exponente de la longitud de la pendiente y  $\beta$  es el ángulo de la pendiente. La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido (Foster et al., 1977, citado por BARRIOS y QUIÑONEZ, 2000)

$$m = \frac{F}{(1+F)} \quad F = \frac{\sin \beta / 0,0896}{3(\sin \beta)^{0,8} + 0,56}$$

El factor L con el área de drenaje aportadora (Desmet & Govers, 1996, citado por VELÁSQUEZ, 2008).

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot (22,13)^m}$$

Donde A (i, j) [m] es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda), D es el tamaño del pixel y x es el factor de corrección de forma.

### Factor S

El ángulo  $\beta$  se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCOOL et al., 1987,1989, citado por BARRIOS y QUINONEZ, 2000).

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10,8 \sin \beta_{(i,j)} + 0,03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0,09 \\ 16,8 \sin \beta_{(i,j)} - 0,5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0,09 \end{cases}$$

VELÁSQUEZ (2008) nos dice que, cuando se aplica esta fórmula en el Raster Calculator de ArcGIS se debe tomar en cuenta que el ángulo deberá ser convertido a radianes (1 grado sexagesimal = 0,01745 radianes), para que pueda ser multiplicado por los demás componentes de las ecuaciones.

### Factor K

Es el factor de erodabilidad del suelos, es la erosión estándar en tonelada por hectárea por unidad de erosividad R, para un suelo específico con una pendiente uniforme y una longitud de pendiente en barbecho limpio labrado, es una medida de la susceptibilidad inherente de las partículas del suelo a la erosión.

Cuadro 1: Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan 1985)

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 - 2.0	2.0 – 4.0
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Arcilla	0.013 - .029		

### Índice Ombrotérmico

Cociente de dividir el valor de la precipitación positiva anual (Pp); es decir, la del sumatorio de la precipitación mensual en milímetros de los meses de temperatura media superior a cero grados centígrados y la temperatura positiva anual (Tp); es decir, el sumatorio de la temperatura mensual en grados centígrados de los meses de temperatura media superior a cero grados centígrados. Su fórmula es  $I_o = Pp / Tp$  y su sigla  $I_o$ .

### Climodiagrama de Walter y Gausson (diagrama ombrotérmico)

La escala de precipitación debe ser el doble que la de temperatura. Cuando la precipitación es inferior a 2 veces la temperatura media en °C (zona amarilla) el mes se considera árido, si la precipitación es superior a este valor, el mes se considera semi húmedo y húmedo si la precipitación supera en tres veces a la temperatura media mensual.

### Índices ombrotérmicos según Rivas Martínez (2005)

Son un conjunto de índices que el autor usa para la clasificación de los bioclimas del mundo y que define como:

**Índice ombrotérmico anual** ( $I_o$ ), es el cociente entre la suma de la precipitación media en mm de los meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados (Pp) y la suma de las temperaturas medias mensuales superiores a cero grados centígrados en décimas de grado (Tp).

$$I_o = 10 \times Pp / Tp.$$

“Estos índices indican que a escala global existen cinco macrobioclimas: Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar [30] (Rivas-Martínez 2008)”.

El Ecuador continental está contenido solamente en el macrobioclima Tropical. Dentro de cada macrobioclima se distinguen varios bioclimas, ombrotipos y termoclimas con intervalos de variación más pequeños, los cuales permiten caracterizar el clima de maneras cada vez más precisas. En la presente propuesta de clasificación, macrobioclima, bioclima y ombrotipo son factores diagnóstico utilizados en los niveles IVC de Subclase, Formación y Ecosistema, respectivamente.

“Los análisis bioclimáticos realizados para la elaboración del Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Josse et al.2009)”;

indican que en el Ecuador continental existen cuatro bioclimas y siete ombrotipos (Tabla 1).

Tabla 1: Bioclimas y ombrotipos presentes en el Ecuador continental (Rivas-Martínez 2008)

Bioclima	Io	Iod2
Desértico	0,2-1,0	-
Xérico	1,0-3,6	-
Pluviestacional	≥ 3,6	≤ 0,7
Pluvial	≥ 3,6	> 0,7
Ombrotipo	Io	
Desértico	0-1	
Semi-árido Inferior	1-1,5	
Semi-árido superior	1,5-2	
Seco Inferior	2 – 2,8	
Seco Superior	2,8 – 3,6	
Sub-húmedo Inferior	3,6 – 4,8	
Subhúmedo Superior	4,8 – 7	
Húmedo Inferior	7 – 10,5	
Húmedo Superior	10,5 - 14	
Hiper-húmedo Inferior		
Hiper-húmedo Superior	14 – 21	
Ultra-hiperhúmedo	≥ 28	

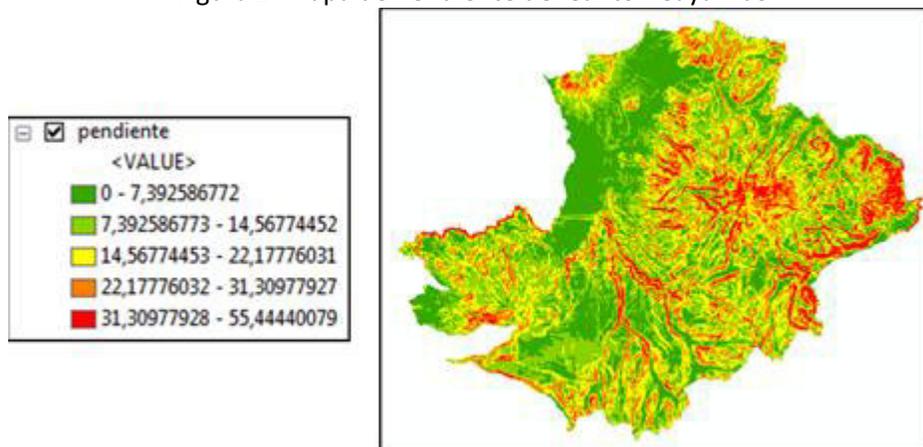
## METODOLOGÍA

El cambio climático está evidenciado por la alteración del comportamiento de las variables climáticas en un determinado lugar, por lo tanto para determinar si este fenómeno está ocurriendo en el cantón Cayambe es necesario determinar y calcular las variaciones de estas variables con datos de un determinado rango de tiempo, en este caso será de 30 años.

### Mapa de pendiente del cantón Cayambe

- Se calcula el mapa de pendiente (figura 1).
- Se creó una tabla en la cual el valor de la pendiente media será: MEAN, valor en porcentaje

Figura 1. Mapa de Pendiente del Cantón Cayambe



### Mapa de precipitación del cantón Cayambe

Para realizar el cálculo de la precipitación media se procedió con los siguientes pasos:

- Recolectar la mayor cantidad de datos de precipitaciones disponibles del INAMHI que cubran el cantón Cayambe.
- A aquellos meses de las estaciones que les falte un máximo de dos datos se pueden llenar por PROMEDIO; pero a aquellos meses que les falten más de tres datos se deben rellenar mediante correlación.
- Para el relleno de correlación se procedió a llenar los datos faltantes; utilizando la estación que tiene sus datos completos y que servirá como base, la comparamos con los datos de la estación que se desea rellenar; es decir se rellenaron mes a mes cada uno de los valores faltantes de precipitaciones para cada estación.
- Con el fin de mejorar u obtener un mejor  $r$  se aplicó estimación lineal.
- El proceso de estimación para rellenar los datos consiste en:  
Hacer uso de los datos de la estación tomada como base (eje  $x$ ) en función con la estación a ser rellenada (eje  $y$ ), se realiza la estimación lineal. No hay que tomar en cuenta los datos faltantes. Esta estimación lineal nos arroja una ecuación y un coeficiente de correlación (este coeficiente deber ser mayor o igual a 0.75). Este procedimiento se lo debe realizar para cada mes.
- Una vez completa la información y validada se procede a calcular los parámetros estadísticos de cada estación que son: suma, media, valor máximo, valor mínimo.
- Para validar la información, después del relleno de los datos faltantes se elaboró la curva de Doble Masa; la cual consiste en graficar las sumatorias anuales acumuladas de los datos de precipitación de las estaciones rellenadas, Se comprobaba si la información está bien rellenada si el gráfico generado presenta una tendencia lineal con un coeficiente  $R$  aproximadamente igual a 1.

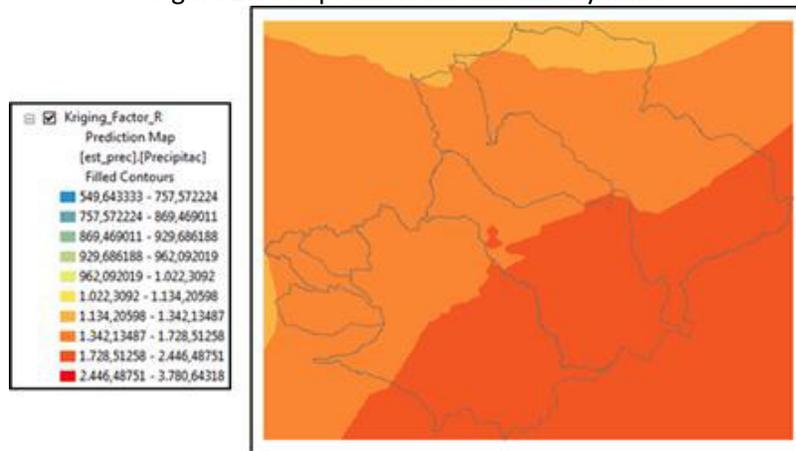
### Cálculo de la precipitación media

Para calcular la precipitación media en el mapa del Cantón Cayambe se elaboró una tabla de Excel con los siguientes elementos:

Código  
Nombre de la Estación  
Coordenada X (Long)  
Coordenada Y (Lat)  
Precipitación Media Multianual

Utilizando la herramienta de Sistemas de Información Geográfica se procedió a elaborar un plano raster de precipitación mediante la opción Kriging del Geostatistical Analyst Tools, luego se convirtió en vector y después a raster.

Figura 2. Precipitación del Cantón Cayambe



### Mapa de temperatura del cantón Cayambe

- Recopilar toda la información disponible sobre la temperatura del Cantón Cayambe, la cual fue otorgada por el INAMHI
- Rellenar los datos faltantes por promedio (máximo hasta dos datos).
- Para la estaciones de precipitación que no poseen temperatura, se las rellenó por correlación anual con las temperaturas medias de las estaciones llenas.
- Elaborar una tabla que contenga los datos de temperatura media de cada estación y exportarla a la herramienta de Sistemas de Información Geográfica.
  - Nombre
  - Temperatura media multianual
  - Elevación
  - Coordenadas geográficas.
- Crear un Raster en función de la temperatura (Kriging) como se indicó en la parte de precipitación, cabe recalcar que se requirió la creación de Puntos auxiliares y con la herramienta Zonal Statistics se calculó la Temperatura media del Cantón Cayambe. Se debe repetir el proceso que se realizó para el mapa de precipitación.

### Déficit Hídrico

$$\text{Déficit hídrico} = ETP - ETR$$

### Cálculo de la evapotranspiración real (ETR), mediante el método de TURC

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

ETR=evapotranspiración real en mm/año

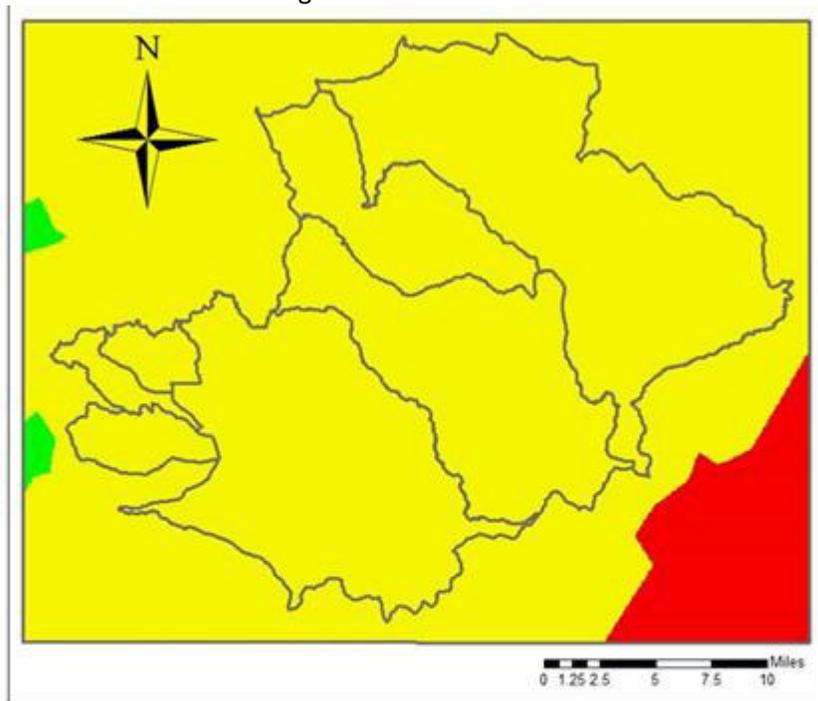
P= precipitación en mm/año

$L = 300 + 25t + 0,5t^3$

t= temperatura anual en °C

Estas estaciones están ubicadas en sectores agrícolas representativos de la zona.

Figura 3. Déficit Hídrico



#### Legend

	Canton_Cayambe	VALUE
	Déficit_Hídrico	155 - 236
		236.0000001 - 316
		316.0000001 - 756

### Erosión del Suelo

En función del modelo digital del terreno (MDT) se calculó el de pendiente, para crear un mapa con la dirección de flujo y la acumulación de flujo.

## Factor R

Una vez realizado el kriging de precipitación se procede a exportarlo como vector, geometría polígono, se lo clasifica de manera que estos valores incluyan a los mínimos (figura 4).

## Temperatura

Se realiza el mismo procedimiento descrito para la precipitación o factor R

Figura 4. Factor R



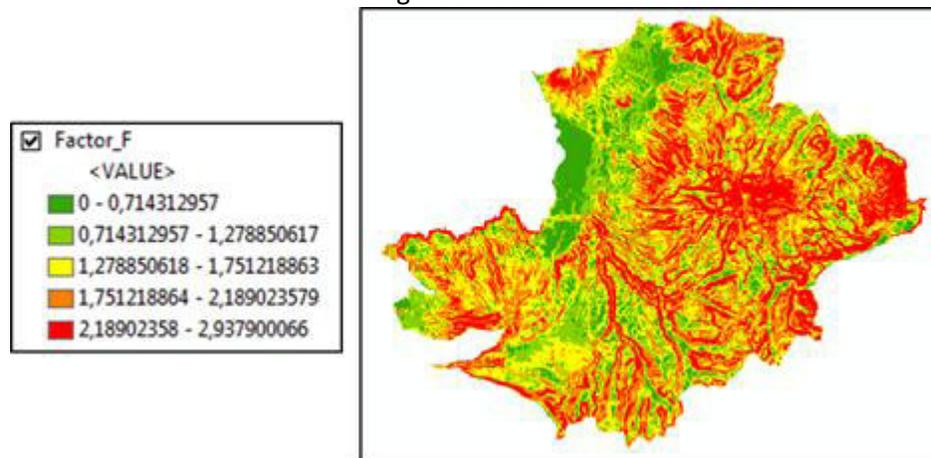
## Factor L

Para realizar el cálculo de este factor se debe emplear la herramienta Raster Calculator del menú Map Algebra (Algebra de Mapas).

Calcular el factor F con la fórmula:

$$((\text{Sin} ("Slope" * 0.01745) / 0.0896) / (3 * \text{Power}(\text{Sin} ("Slope" * 0.01745), 0.8)) + 0.56))$$

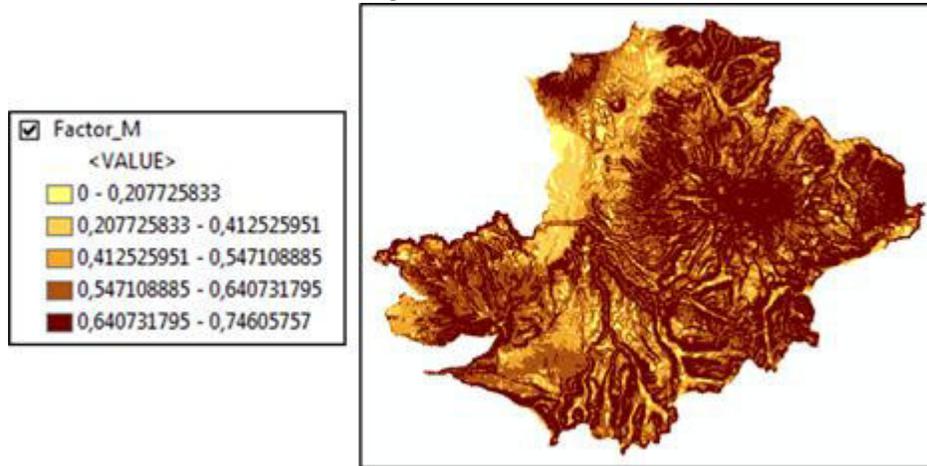
Figura 5. Factor F



Luego se calcula el factor m con la capa antes creada, con la fórmula:

$$\text{"Factor\_F"} / (1 + \text{"Factor\_F"})$$

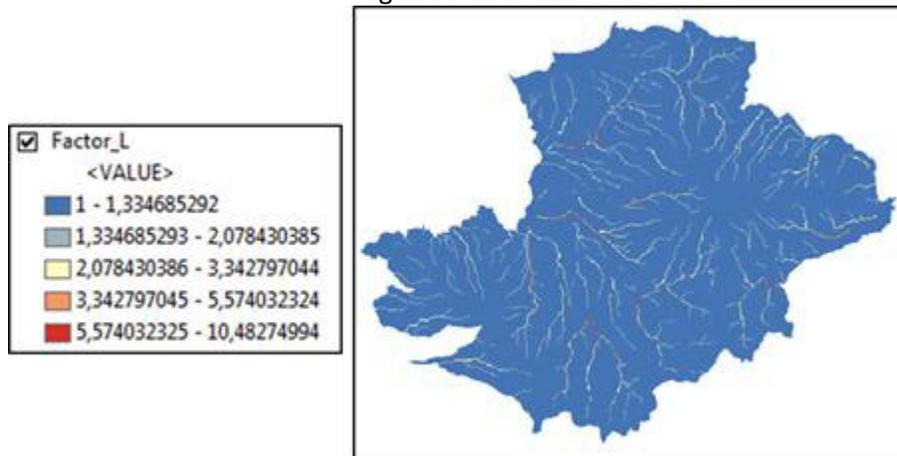
Figura 6. Factor M



El cálculo del factor L requiere de la capa m, como muestra la fórmula en la parte de arriba pero en la calculadora del Arcgis se aplica así:

$$\left( \text{Power} \left( \left( \text{"FlowAcc"} + 625 \right), \left( \text{"Factor\_M"} + 1 \right) \right) - \text{Power} \left( \text{"FlowAcc"}, \left( \text{"Factor\_M"} + 1 \right) \right) \right) / \left( \text{Power} \left( 25, \left( \text{"Factor\_M"} + 2 * \text{Power} \left( 22,13, \text{"Factor\_M"} \right) \right) \right) \right)$$

Figura 7. Factor L

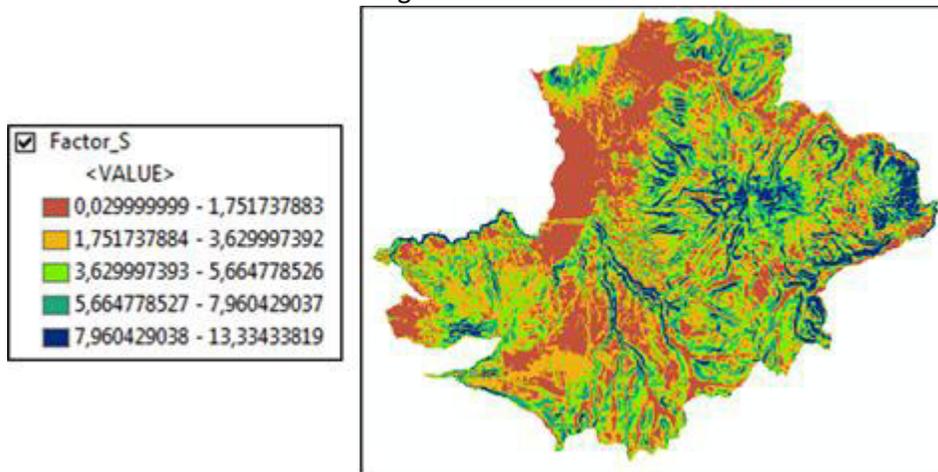


### Factor S

El factor S se calcula con la siguiente fórmula en el Raster Calculator de Arcgis:

$$\text{Con} \left( \left( \text{Tan} \left( \text{"Slope"} * 0,01745 \right) < 0,09 \right), \left( 10,08 * \text{Sin} \left( \text{"Slope"} * 0,01745 \right) + 0,03 \right), \left( 16,8 * \text{Sin} \left( \text{"Slope"} * 0,01745 \right) - 0,5 \right) \right)$$

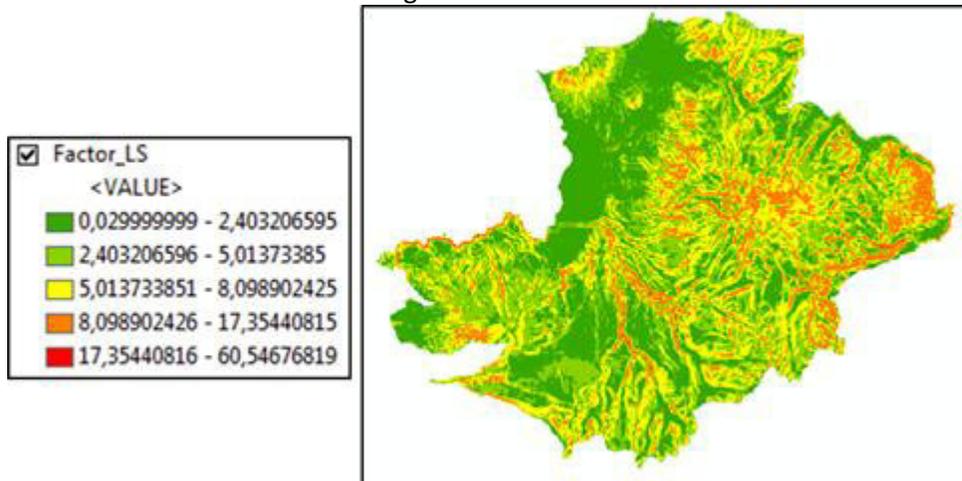
Figura 8. Factor S



### Factor LS

El factor LS se calcula con la siguiente fórmula en el Raster Calculator "Factor\_L" \* "Factor\_S"

Figura 9. Factor LS



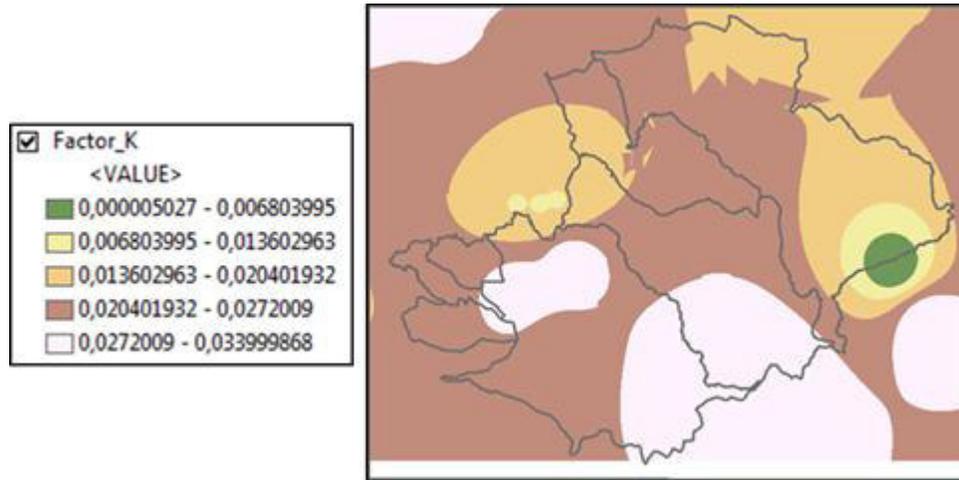
### Factor K

Para el cálculo de este factor es necesario conocer la edafología de la zona. Sin embargo para el presente estudio se empleó el mapa de Taxonomía de todo el Ecuador y se lo comparó con la clasificación de la Soil Taxonomy y la U para de esta manera encontrar la textura del suelo.

Con la textura de cada subgrupo taxonómico se procedió a buscar los valores de la erodabilidad en la tabla que se muestra en la parte teórica del documento. En esta tabla el factor K se encuentra en función de la textura y el porcentaje de materia orgánica, que para efectos de este estudio se supuso de 0,5 a 2%.

Colocarla en varios puntos y así crear otra capa con IDW, especificando un tamaño de celda de 34.

Figura 10. Factor K

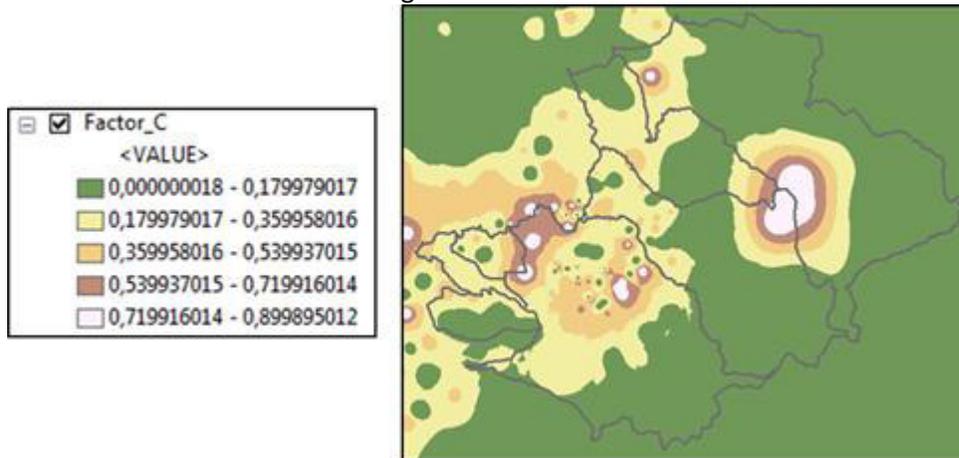


### Factor C

Para este factor se necesita el mapa de los usos del suelo de la zona en cuestión, o el mapa de la cobertura vegetal. Para este estudio se procedió con el mapa de uso de suelos y cobertura del Ecuador. Luego se rellenaron los valores de C en relación con la cobertura vegetal, para ello se tomaron en cuenta tablas de varios autores ya que presentaban diferente nivel de especificación de la cobertura vegetal.

Transformar de polígono a raster, el mapa y se consigue el Factor C.

Figura 11. Factor C



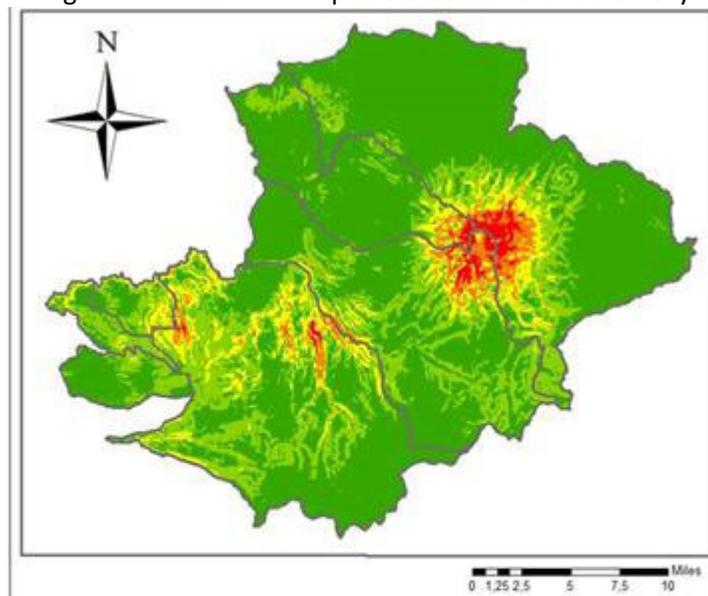
### Factor A

Finalmente para calcular la erosión del suelo se debe aplicar la siguiente fórmula en el Raster Calculator:

“Factor\_R”\*“Factor\_K”\*“Factor\_LS”\*“Factor\_C”

**Nota:** En cada capa se realiza una clasificación en las clases que se consideren necesarias, recomendable de 5 a 10, y cambiar los colores para una mejor observación.

Figura 12. Factor A – Mapa de erosión del suelo en Cayambe



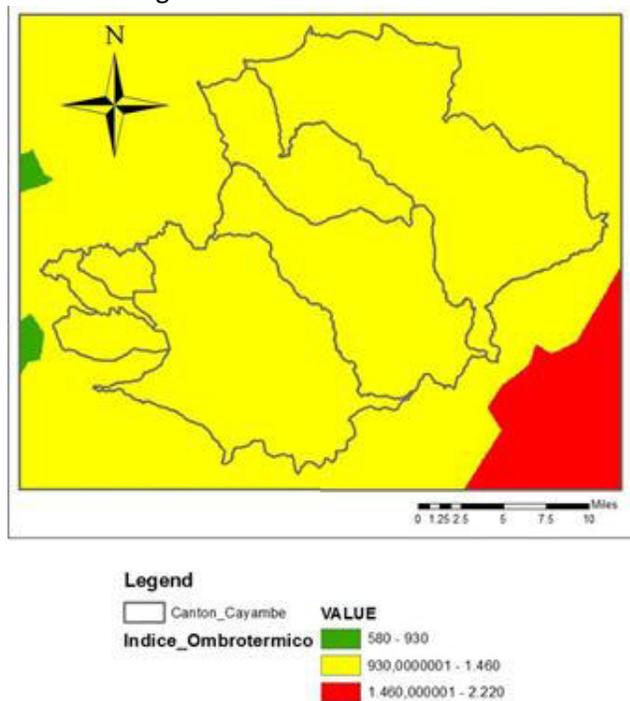
**Legend**

limite_canton	0.039819933 - 0.109504358
<b>Factor_A</b>	0.109504358 - 0.225645066
<b>&lt;VALUE&gt;</b>	0.225645066 - 0.391560364
0.000000261 - 0.039819933	0.391560364 - 0.84616828

### Índice Ombrotérmico

Se realiza una tabla de atributos con la precipitación y otra de temperatura en Excel y se la traslada al ARCGIS, posteriormente se hace el cálculo entre las dos tablas.

Figura 13. Índice Ombrotérmico

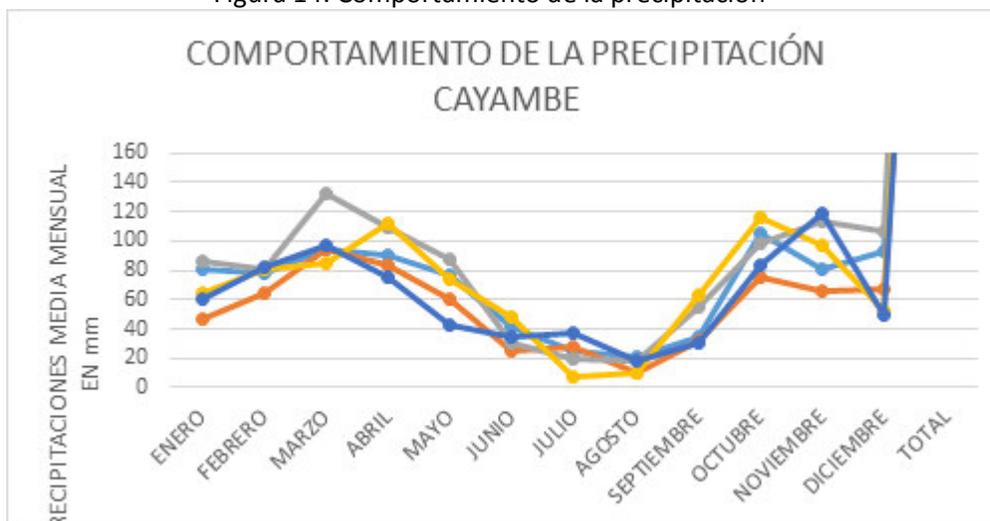


## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Déficit Hídrico

Se define los rangos de déficit hídrico entre 155-236 mm como el nivel bajo, el 236-316mm

Figura 14: Comportamiento de la precipitación



Los meses de febrero, marzo y abril son los que presentan el mayor valor de temperatura, mientras que los meses de agosto y septiembre son los que presentan valores ligeramente más bajos con respecto a la media anual. Las variaciones mensuales de las temperaturas no son significativas ya que su amplitud (diferencia entre los valores máximos y mínimos) está alrededor de 2°C.

Conociendo que la temperatura disminuye con la altura, en base a las curvas de nivel y mediante la ecuación establecida, se realizó el trazo de las isotermas que tienen valores entre 24 y 25°C a lo largo de todo el cantón, en general la variación de ETR, es desde 155mm a 756mm.

Dado que por éste método de cálculo se tomó en cuenta la temperatura media mensual, los valores de demanda atmosférica más elevados corresponden a los meses con mayor precipitación y los más bajos valores de ETR a los meses con menor humedad, acorde con los registros térmicos estacionales en el área.

***Para la evaluación de cada una de las áreas.***

<b>ESTACIONES</b>	<b>PERIODO HUMEDO</b>	<b>PERIODO SUBHÚMEDO</b>
<b>CAYAMBE</b>	<b>JULIO-OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE -SIGUIENTE AÑO MAYO</b>
	<b>AGOSTO - SEPTIEMBRE</b>	<b>CASI TODO EL AÑO</b>

Evaluación desde 316 a 756

En este tipo de zonas se considera como las zonas de flujo de lava, ubicadas en pendientes de 5% hasta 100% y en donde la agresividad pluvial no sobrepasa los 100mm, las tierras van de poco profundas a profundas con texturas arenosas y franco limosas, generalmente usadas en prácticas agrícolas, pecuarias, gran parte por pastos cultivados,

Evaluación desde 236 a 316

En este tipo de zonas se considera las formaciones geológicas Aluvial cuaternario (relieves de las cuencas interandinas de clatos subredondeados), se distribuye en alrededor del 30% del cantón en la parte central y occidental del cantón las tierras van de superficiales a profundas con texturas de franco arenosos, franco arcilloso arenosos utilizadas para prácticas agrícolas, agropecuarias mixtas, cultivos de cebollas y cereales.

Evaluación desde 155 a 236

Es este tipo de zonas considerada las formaciones geológicas Cuaternaria (relieves flancos volcánicos y piroclásticos) con pendientes desde medias a fuertes, con una agresividad pluvial hasta los 100mm, en este tipo de zona la cobertura es pino, eucalipto, arbusto seco, con {áreas en proceso de erosión y otras ya erosionadas, las tierras van desde muy superficiales hasta poco profundas con textura franco arenoso

Evaluación desde 0.391 a 0.846

En este tipo de zonas se considera las Cordilleras con formaciones geológicas Piloceno (relieves con pendientes fuertes al Noroeste) y Pleistoceno (relieves volcánicos colinados muy altos-sureste) ubicadas en su mayoría dentro de páramos con pendientes entre el 25 a 40%, que posee características de estructura tridimensional (granular estable, moderadamente profundo, alta porosidad), lo que produce una buena permeabilidad con alta irradiación ultravioleta que llega con

gran intensidad por lo que los seres vivos que lo habitan han desarrollado estrategias de defensa como hojas peludas, hojas brillantes que ayudan a disminuir la intensidad de los rayos UV por reflexión, todo esto en conjunto permite que el páramo se convierta en una esponja para la retención e agua durante la época de sequía y durante épocas de frialdad, la materia orgánica no se descomponga.

Las zonas sin erosión se encuentran distribuidas en la parte sur y oriental del cantón y son usadas con fines de conservación y protección por tratarse de paramos arbustivos y herbáceos, un ejemplo el páramo de la Virgen en la Reserva ecológica de Cayambe.

### Erosión del Suelo

Factor A, se puede observar que la erosión en la zona Figura 11. no es fuerte porque predominan valores bajos que van desde 0,000217037 a 35,95347009 (ton/ha/año) y se los representa con color verde oscuro. Mientras que los valores de erosión del suelo más altos se presentan en las zonas que tienen color rojo con un valor de 331,5691064 hasta 1,018,67 572 (ton/ha/año).

Un factor para la alta erosión del suelo en esta zona sería la práctica de técnicas agrícolas que se dan principalmente en la parroquia Olmedo, además si la técnica es deficiente y no permite al suelo el barbecho puede contribuir a la erosión. La mayor cantidad de erosión se ubica en suelos de tipo franco y franco arcilloso. En las zonas con escasez de vegetación, fuertes pendientes y elevadas precipitaciones, se produce fácilmente mayor erosión.

Factor R, la precipitación en el cantón Cayambe tiene un aumento progresivo en dirección sudeste donde la precipitación media se encuentra entre los 1241.61-1494.38 ya que se encuentra ocupando la mayor parte del área de dicho cantón.

Factor K, en cuanto a esa gráfica se puede decir que este cantón tiene una alta susceptibilidad a la erosión encontrándose casi toda el área comprendida en los valores máximos (pon los valores de esas coloraciones) en coloración rojiza y blanca.

Factor C, se puede decir que hay una poca pérdida de suelo en un área de cobertura y manejo específicos a un área similar pero en barbecho continuamente labrado ya que la mayor cantidad del área se encuentra comprendida en los valores mínimos verde y amarillo pastel.

### Índice Ombrotérmico

De acuerdo a la Figura 13. Índice Ombrotérmico, el Cantón Cayambe posee un clima lluvioso ya que la precipitación es mayor que la temperatura, esto muestra que existen las condiciones necesarias para la existencia de vegetación. Aunque debido a muchos factores que han contribuido al cambio climático, en los últimos 20 años ha incrementado la temperatura y se han observado ligeras variaciones en la intensidad y frecuencia de la precipitación.

## **CONCLUSIONES**

El cálculo de la erosión provee a los agricultores la posibilidad de tomar elección en cuanto a prácticas de cultivo y conservación del suelo, con la finalidad de que el sistema agrícola sea sostenible.

Los factores R, L, S, K, C, A son de mucha importancia para realizar los cálculos aplicando herramienta SIG (Algebra de Mapas).

El cálculo del índice ombrotérmico, calculado para periodos mensuales, ayuda con la identificación de bioclimas mediterráneos, y se puede tomar atención a la disponibilidad hídrica durante la estación cálida.

Con el cálculo del índice ombrotérmico podemos identificar si la época es lluviosa o seca, sin embargo dada la posición geográfica del Ecuador.

La principal amenaza climática frente a la cual se deben definir las prioridades de adaptación de los medios de vida rurales del Cantón Cayambe es la sequía, debido a que esta amenaza impacta el 100% (6) de las parroquias y ha sido catalogada como alta.

La segunda amenaza que impacta los medios de vida es la helada. Una de las razones por las cuales se explica que la principal amenaza climática es la sequía es la percepción generalizada de la población, quien identifica la disminución de las lluvias, que podría ser explicada, por un lado por la irregularidad en su distribución durante el año y por otro por las características del suelo y sequedad del entorno natural.

Se ha identificado que los principales cambios del clima en los últimos 20 años son el incremento de la temperatura y ligeras variaciones en la intensidad y frecuencia de la precipitación.

## **RECOMENDACIONES**

Para estudios futuros, es necesario que el GAD cuente con mapa de suelos, es decir contar con datos primarios para los cálculos, que permita incorporar la variable cambio climático en planes de ordenamiento territorial, buscando propuestas de proyectos para lograr adaptación y resiliencia de las comunidades frente al cambio climático.

Es recomendable que se generen valores del factor K de acuerdo a las características del suelo de nuestro país.

Instalar una estación meteorológica para una vigilancia a la amenaza de Déficit Hídrico.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Díaz, J. (2014). Análisis de Erosión de suelo. <https://www.youtube.com/watch?v=gFKHda0dHfo>

Métodos para el estudio de la Evapotranspiración, Sánchez, MI (1992). Sociedad Española de Geomorfología.

## **BIBLIOGRAFÍA**

WorldClim. [http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global\\_bioclimatics-2008\\_09.htm](http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics-2008_09.htm)

[http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/IndicesClima.htm#diagrama\\_ombrotermico](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/IndicesClima.htm#diagrama_ombrotermico)

Ministerio del Medio Ambiente. [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento\\_Metodolog+%C2%A1a\\_28\\_05\\_2012\\_v2\\_1.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento_Metodolog+%C2%A1a_28_05_2012_v2_1.pdf)

Sanchez E, Vinueza C. (2007). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/132/7/03%20REC%2088%20RESULTADOS.pdf>

Sistema Nacional de Información. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0360017390001/PDyOT/28062013\\_155002\\_1.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0360017390001/PDyOT/28062013_155002_1.pdf)

Sistema Nacional de Información. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA7/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/LOJA/SOZORANGA/IEE/1.%20Documentos/Figuras/2.%20Geopedolog%C3%ADa/2.2.%20Pedolog%C3%ADa/Mapas/Geopedologia\\_Reverso.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA7/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/LOJA/SOZORANGA/IEE/1.%20Documentos/Figuras/2.%20Geopedolog%C3%ADa/2.2.%20Pedolog%C3%ADa/Mapas/Geopedologia_Reverso.pdf)

Sistema Nacional de Información. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/PICHINCHA/CAYAMBE/IEE/MEMORIA\\_TECNICA/mt\\_cayambe\\_geopedologia.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/CAYAMBE/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_cayambe_geopedologia.pdf)

INEGI. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologia/doc/normedaf.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea30s/ch027.htm#TopOfPage>

Lianes, E. et.al. (2009). EVALUACIÓN DEL FACTOR C DE LA RUSLE PARA EL MANEJO DE COBERTURAS VEGETALES EN EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO BIRRÍS, COSTA RICA. Agronomía Costarricense. 33(2). [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v33n02\\_217.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n02_217.pdf)

Lianes, E. (2008). ESTUDIO DEL FACTOR DE VEGETACIÓN “C” DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELO REVISADA “RUSLE” EN LA CUENCA DEL RÍO BIRRÍS (COSTA RICA). Universidad Politécnica de Madrid. [http://oa.upm.es/1267/1/PFC\\_ELENA\\_LIANES\\_REVILLA.pdf](http://oa.upm.es/1267/1/PFC_ELENA_LIANES_REVILLA.pdf)

Estimación de la Erosión del Suelo. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/23/01.pdf>



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-93

**Título del trabajo:** Evaluación previa para introducir una microrred fotovoltaica en el ambiente urbano.

**Autor (es):** Wilber Manuel Saltos Arauz, María Rodríguez Gámez, Antonio Vázquez Pérez, Miguel Castro Fernández

**Ponente (s):** Wilber Manuel Saltos Arauz

**E-mail:** [wsaltos@utm.edu.ec](mailto:wsaltos@utm.edu.ec)

**Institución:** Universidad Técnica de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La introducción de las microrredes en el ambiente urbano mediante la instalación de tecnología fotovoltaica conectada en el modo de la generación distribuida de cara al usuario, puede generar un grupo de importantes ventajas, entre las que se encuentra la reducción de la factura eléctrica, la disminución de las pérdidas, la elevación de la eficiencia, el mejoramiento del perfil de tensión y otros beneficios asociados. En el trabajo se muestran las evaluaciones previas que se desarrollaron para la introducción de una microrred fotovoltaica en la Universidad Técnica de Manabí, donde entre otros elementos técnicos, fue evaluado el potencial solar, la disponibilidad del espacio, la influencia de las componentes climáticas y la realización del análisis de la red en el sitio de la instalación, pudiendo comprobar los resultados durante la fase de pos instalación de la tecnología.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-96

**Título del trabajo:** Gestión de riesgos ambientales en cuencas hidrográficas del Ecuador (GRACH): Amazonía, Sierra y Costa.

**Autor (es):** Carlos Alfredo Bravo Medina, Reinaldo Demesio Alemán Pérez, Carlos Eloy Balmaseda Espinosa, Luis Miguel Santillán Quiroga, Rigoberto Miguel García Batista, Yordanis Gerardo Puerta de Armas, Antonio Enrique Santillán Castillo, Sara Yaima Ulloa Bonilla

**Ponente (s):** Carlos Alfredo Bravo Medina

**E-mail:** [cbravo@uea.edu.ec](mailto:cbravo@uea.edu.ec)

**Institución:** Universidad Estatal Amazónica

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Con el objetivo de dotar a las comunidades localizadas en las cuencas hidrográficas a estudiar de herramientas necesarias para el enfrentamiento a los riesgos ambientales, se propone la caracterización de los mismos mediante distintas áreas temáticas (geología-geomorfología, edafología, hidrología, climatología, biodiversidad, ecotoxicología, socio-economía, sustentabilidad, servicios ecosistémicos y sistemas de información geográfica). Para ello, se presenta este proyecto que permitirá proponer un modelo de gestión de riesgos ambientales a nivel de cuenca y tres escalas de trabajo (paisaje, comunidad y finca) en tres regiones geográficas del Ecuador. Participan en el proyecto la Universidad Estatal Amazónica (cuenca alta del río Napo), la Universidad Estatal Península de Santa Elena (río Javita), la Universidad Técnica de Machala (río Arenilla) y la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (subcuenca del río Chambo). Como resultados de este proyecto se espera: a) caracterización y diagnóstico ambiental de cada una de las comunidades localizadas en las cuencas hidrográficas seleccionadas en el proyecto; caracterización de parámetros relacionados con el uso de la tierra a distintas escalas de trabajo para cada una de las cuencas hidrográficas seleccionadas; c) un modelo de gestión sustentable a nivel de finca; d) construcción de un sistema de gestión de riesgos a nivel comunitario elaborado de manera participativa; e) elaboración de una metodología ecuatoriana para la gestión de riesgos ambientales en cuencas hidrográficas y f) el fortalecimiento de las capacidades locales para mejorar la gestión de riesgos ambientales.

**Palabras claves:** riesgos ambientales, cuenca hidrográfica, comunidades, gestión sustentable



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-97

**Título del trabajo:** Función protectora de las geoformas y ecosistemas costeros del litoral norte de la provincia de Matanzas ante inundaciones costeras.

**Autor (es):** Maykel Morales González, Juan Alfredo Cabrera Hernández

**Ponente (s):** Maykel Morales González

**E-mail:** [cantel13@gmail.com](mailto:cantel13@gmail.com)

**Institución:** Department of Disaster Management

**País:** Islas Vírgenes Británicas

#### RESUMEN

Las geoformas y ecosistemas costeros realizan un grupo de servicios ecosistémicos relacionados con sus estructuras físicas, los que resultan esenciales en la protección de la zona costera. Un sistema costero está compuesto por varias de estas formaciones y un ejemplo más cercano son los tipos de costa que se describen en el Decreto Ley – 212. Es por esta razón que este trabajo tiene como objetivo principal evaluar la función protectora de las geoformas y ecosistemas costeros del litoral norte de la provincia de Matanzas ante inundaciones costeras. La metodología empleada en este estudio se basa en los criterios de la legislación ambiental anteriormente citada y en los métodos de Jerarquías Analíticas, Evaluación Multicriterio y de Expertos, utilizando como herramienta los SIG. Primeramente se identificaron los factores de peligrosidad y de vulnerabilidad que están presentes en los seis tipos de costas por separado: terrazas bajas, acantilado, playas, manglares, desembocadura de ríos y zonas antropizadas. Los criterios se subdividieron de acuerdo a los componentes que forman el sistema costero en generales (en su mayoría comunes para todas las costas de Cuba) y específicos (según el tipo de costa), lo que permitió diferenciarlos por variantes. Los resultados finales se expresan en los mapas con la delimitación de la zona costera norte de la provincia de Matanzas a escala 1:25000, la identificación y clasificación de los tipos de costa y sus variantes, el cálculo de la susceptibilidad y vulnerabilidad ante las inundaciones costeras y la cartografía asociada mediante el uso de los SIG.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-98

**Título del trabajo:** Análisis del riesgo de inundación costera en los programas de MIZC del litoral norte de la provincia de Matanzas.

**Autor (es):** Maykel Morales González, Juan Alfredo Cabrera Hernández

**Ponente (s):** Maykel Morales González

**E-mail:** [cantel13@gmail.com](mailto:cantel13@gmail.com)

**Institución:** Department of Disaster Management

**País:** Islas Vírgenes Británicas

#### RESUMEN

La caracterización, diagnóstico y evaluación de los riesgos litorales es hoy un componente clave del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) y constituye una sólida base del proceso de planificación y toma de decisiones antes, durante y después de la ocurrencia de un peligro, sea cual sea su origen. En la costa norte de la provincia de Matanzas se desarrollan actualmente cuatro programas de MIZC. El objetivo principal de este trabajo es insertar la reducción del riesgo de desastres como un subprograma dentro de los programas de MIZC. La metodología empleada en el estudio se basa en el Decreto Ley 212 (2002), en el método de Evaluación Multicriterio y la confeccionada por la Agencia de Medio Ambiente para realizar los Estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo (PVR). Otros aspectos no menos importantes fueron la clasificación y delimitación de las geoformas y ecosistemas costeros que componen cada programa, la identificación de las vulnerabilidades asociadas a los peligros de inundación costera y la evaluación del estado en que se encuentran cada uno de estos programas en esta temática. Los principales resultados fueron los mapas con la delimitación de los ecosistemas y geoformas costeras del litoral norte de Matanzas a escala 1:25 000, el análisis del riesgo de inundaciones costeras por tramos costeros y por programa, así como una propuesta de acciones para reducir el riesgo de desastres en cada una de las fases de los programas de MIZC.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-99

**Título del trabajo:** Lineamientos base para insertar el proceso de Reducción del Riesgo de Desastres en los Programas de MIZC.

**Autor (es):** Maykel Morales González, Juan Alfredo Cabrera Hernández

**Ponente (s):** Maykel Morales González

**E-mail:** [cantel13@gmail.com](mailto:cantel13@gmail.com)

**Institución:** Department of Disaster Management

**País:** Islas Vírgenes Británicas

#### RESUMEN

Las zonas costeras son espacios donde existe marcados intereses ambientales, socioeconómicos y políticos, fundamentado por una fuerte interrelación hombre – mar – tierra. El manejo de estos espacios está adquiriendo una importancia creciente a la hora de mantener un equilibrio entre el uso, la protección y conservación de los ecosistemas, así como la función que cumple cada uno de los sistemas costeros. Entre las funciones que realizan las geoformas y ecosistemas costeros se destaca la de protección costera ante inundaciones costeras. Como parte de toda esta preocupación mundial surgen los procesos de Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), los cuales persiguen un mismo fin: el desarrollo sostenible de las zonas costeras. El objetivo principal de este trabajo es proponer un procedimiento para insertar el proceso de Reducción del Riesgo de Desastres en los Programas de Manejo Integrado de Zonas Costeras. Como parte de este trabajo se logra además una propuesta para analizar los riesgos que existen en la zona costera desde una perspectiva holística, estableciendo un orden de prioridad y organización para la gestión integrada de riesgos y zonas costeras, logrando establecer una planificación estratégica del tema para minimizar las pérdidas materiales, de vidas humanas y financieras en un territorio.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA3-102

**Título del trabajo:** Las inundaciones pluviales y fluviales: una amenaza para el desarrollo de la sociedad y el turismo en el Paisaje Cultural de la Humanidad Valle de Viñales.

**Autor (es):** Sara Yaima Ulloa Bonilla, Yordanis Gerardo Puerta de Armas, Ricardo Seco Hernández, Roberto Novo Carbó

**Ponente (s):** Sara Yaima Ulloa Bonilla

**E-mail:** [saraulloabonilla@gmail.com](mailto:saraulloabonilla@gmail.com)

**Institución:** Red Iberoamericana de Medio Ambiente

**País:** México

#### RESUMEN

El Paisaje Cultural de la Humanidad “Valle de Viñales”, por sus características físico- geográficas, posee zonas expuestas a las inundaciones pluviales y fluviales, lo que representa un peligro latente que ocasiona graves daños. Para determinar esas áreas se hizo necesario realizar un análisis exhaustivo de los factores de peligrosidad que modifican la frecuencia e intensidad con que ocurren los mismos. Como resultado de este análisis se obtuvo una zonificación donde se encuentran reflejadas aquellas zonas expuestas a las inundaciones pluviales y fluviales. Las primeras se localizan en el interior del valle, donde existen elementos que limitan la infiltración, produciéndose el estancamiento del agua. Mientras que las fluviales se localizan en las márgenes de los ríos, debido a la existencia de determinadas características que impiden el buen drenaje, provocando la acumulación de las aguas procedente de los ríos.

**Palabras claves:** Valle de Viñales, inundaciones pluviales y fluviales

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, cerca del 75 % de la población mundial se encuentra expuesta a la ocurrencia de desastres naturales. Un gran número de asentamientos humanos se hallan en zonas de peligros por estar ubicados muy cerca de volcanes, montañas, zonas costeras, terrenos bajos con mal drenaje, corrientes fluviales, entre otros, lo que acarrea afectaciones no solo a la sociedad, sino también al medio natural.

En Cuba, las pérdidas humanas y económicas como consecuencia de desastres naturales han disminuido paulatinamente desde el triunfo de la Revolución. Ello es resultado, entre otras acciones, de la creación del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, el cual a través de un conjunto de medidas protege a la población y los bienes materiales. Decisiva ha sido también la elevada cultura que tiene hoy el pueblo sobre los fenómenos naturales que lo afectan.

En el archipiélago cubano los peligros naturales de mayor incidencia son: las lluvias intensas, ciclones tropicales, inundaciones, penetraciones del mar y la sequía; los sismos principalmente en la zona oriental y los procesos de ladera en las zonas montañosas.

El Paisaje Cultural de la Humanidad “Valle de Viñales” no se encuentra exento de la ocurrencia de peligros naturales tales como: lluvias intensas, inundaciones pluviales y fluviales, derrumbes y de forma esporádica los incendios forestales, sismos y tornados.

Dentro de los objetivos expuestos en la Declaración de Santiago de Cuba sobre los Paisajes Culturales en el Caribe, del 10 de noviembre de 2005, se pone de manifiesto la necesidad de identificar los factores y amenazas que afectan a los paisajes culturales del Caribe, lo cual justifica la realización de estudios de este tipo, es este el caso de Viñales, dada la importancia y significación que dentro de la lista de los sitios declarados como Patrimonio de la Humanidad tiene este paraje del extremo occidental de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Paisaje Cultural de la Humanidad “Valle de Viñales” es el área objeto de estudio y está ubicado en el municipio homónimo, al norte de la capital de la provincia Pinar del Río. Ocupa una superficie de 73.8 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 10.7 % del municipio (Ver figura 1) . Esta área posee riquezas biológicas, geológicas, paleontológicas y culturales que la hacen un sitio excepcional.

Los materiales consultados fueron procesados de diversas formas y nos propiciaron información valiosa para la realización de la investigación. Entre los materiales utilizados están los mapa temático de geología, suelo, uso del suelo, drenaje, vegetación, relieve, isoyético, hidrológico, entre otros, a escala 1: 250 000 en formato digital , tesis de doctorado y maestría que abordan el tema, informes elaborados por organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Centro Regional de Información sobre Desastres Naturales para América Latina y el Caribe (CRID) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Además de artículos publicados en la prensa nacional y provincial, así como informes técnicos de diferentes organismos e instituciones.

Se emplearon en la elaboración de este trabajo diversos métodos de investigación, los cuales permitieron cumplir las metas propuestas. Entre ellos está el cartográfico, que permitió el análisis y la

representación cartográfica de los objetos, fenómenos y procesos que se estudiaron, este método determina el carácter geográfico de la investigación. El trabajo de campo, de vital importancia, nos permitió la recopilación de algunos datos así como corroborar los resultados obtenidos en procesamiento cartográfico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la zonificación de las áreas expuestas a las inundaciones fue necesario determinar de forma individual los factores de peligrosidad a tener en cuenta para cada tipo de inundación, entre ellos podemos mencionar: la litología, el relieve, la permeabilidad de los suelos, y las precipitaciones, además de la tala, cultivos, pastoreo y obras construidas por el hombre.

Posteriormente se realizó la superposición de los mapas temáticos digitales a escala 1:250000 donde se encuentran representados espacialmente aquellas zonas donde se encuentran presentes los factores de peligrosidad. Al realizar la superposición de mapas analizamos aquellas zonas donde coincidían los factores de peligrosidad ya identificados por ser estas las zonas más susceptibles a las inundaciones.

Después del análisis realizado se obtuvo que existen tres áreas con peligro de inundaciones del tipo pluvial como consecuencia de la presencia de elementos desfavorables tales como la litología, el relieve, la pendiente, los suelos, las precipitaciones, la vegetación y las acciones del hombre sobre el medio lo que provoca la acumulación de agua (Ver figura 2).

El área **uno** se encuentra ubicada al Suroeste de la polja, en el valle del arroyo Novillo, en el barrio El Cuajani donde aparecen como basamento geológico los depósitos aluviales limosos, que en este caso son impermeable sobre una llanura fluvial, con una pendiente que oscila entre los 3º y 5º lo cual permite la acumulación de las precipitaciones; los suelos que se encuentran en el área son del tipo ferralítico rojo lixiviado los que son considerados medianamente permeables. Las precipitaciones están entre el orden de 1.400 mm. y los 1.600 mm. y el suelo se encuentra cubierto por cultivos de viandas, arroz y pastos naturales. Todo ello en su conjunto permiten que el agua se quede estancada en esta área por un tiempo determinando produciéndose acumulación. En este caso se pudo conocer que en tiempo de lluvia esta zona queda completamente inundada surgiendo un área lacuno-palustre, durante un buen tiempo.

El área **dos** se encuentra al centro Norte del valle, conocido como Palmarito-Guasasa, muy cerca de la base de los mogotes que conforman la Sierra de Viñales. En esta zona existen rocas del tipo calizas estratificadas, esquistos, calizas y areniscas las que hacen que la permeabilidad sea de impermeable a medianamente permeable, las que se desarrollan sobre una llanura fluvial con pendiente 3º y 5º, que impide que el agua escurra y se quede en el terreno. El suelo que predomina es de tipo ferralítico rojo lixiviado es medianamente permeable debido a su composición. Las precipitaciones oscilan entre los 1.400 mm. y los 1.600 mm. y los suelos en este caso se utilizan principalmente en viandas pastos naturales y alguna que otras pequeñas áreas de tabaco. Todo ello en su conjunto actúa impidiendo que el agua proveniente de las precipitaciones escurra o se infiltre hacia los horizontes inferiores trayendo como resultado la acumulación de estas en la superficie por un tiempo definido produciendo daños a los cultivos y al propio hombre.

En el caso del área **tres** se localiza al centro Sur, específicamente en el Valle de Viñales propiamente dicho. Con una litología de rocas calizas masivas y calcarenitas las que se consideran como

medianamente permeables, estas se desarrollan sobre una llanura fluvio – marina, la cual presenta unos valores de pendiente con rangos que van de 1º a 2º y de 3º a 5º contribuyendo a que no se produzca escurrimiento superficial y las precipitaciones quedan en la superficie puesto que los suelos que se presentan en esta zona son medianamente permeables lo que significa que el agua no se infiltra con facilidad al interior de los horizontes. Las precipitaciones al igual que en las zonas anteriores poseen valores que se encuentran entre los 1. 400 mm. y los 1. 600 mm. y el principal uso del suelo es la urbanización y carreteras, las que presentan obstáculos y provocan baja capacidad de infiltración y un deficiente escurrimiento, por lo que las precipitaciones se quedan acumuladas en el terreno inundando gran cantidad del áreas.

En el caso particular de las inundaciones fluviales (Ver figura 3), después de un análisis similar al anterior, teniendo en cuenta la cercanía a las corrientes fluviales, se obtuvo que existen tres áreas en las márgenes de los ríos que por sus condiciones físico - geográficas se encuentran constantemente expuestas a este tipo de inundaciones. Además se encontraron otras áreas que por su extensión son muy pequeñas y se encuentran representadas por puntos y coinciden con las intercepciones de las carreteras con ríos y afluentes de estos y los sumideros de los ríos. Estas se determinaron por la presencia en los lugares ya mencionados de elementos como: la litología, el relieve, las precipitaciones, los suelos, la vegetación y la modificación provocada por el hombre los que actúan de forma negativa sobre la ocurrencia de las inundaciones.

El área **A** se encuentra ubicada al Sureste del valle, en las márgenes del río Novillo en El Cuajaní, donde aparece como basamento geológico los depósitos aluviales impermeables, sobre una llanura fluvial, con una caída de pendiente por debajo de los 3º, que hace que la corriente fluvial acumule parte de su caudal producto de las precipitaciones; los suelos que se encuentran en el área son del tipo ferralítico rojo lixiviado los que son considerados medianamente permeables. Las precipitaciones están entre el orden de 1. 400 mm. y los 1.600 mm. y el suelo se encuentra cubierto por cultivos de viandas, arroz y pastos naturales. Todo ello en su conjunto permiten que el agua se quede estancada en esta área por un tiempo determinando produciéndose una acumulación de las misma. En este caso se conoció que en tiempo de lluvia esta zona queda completamente inundada como consecuencia del aumento considerable del nivel del río.

El área **B** se encuentra al centro Norte del valle del río Palmarito, muy cerca de la base de los mogotes que conforman la Sierra de Viñales. En esta zona existen rocas del tipo calizas estratificadas, esquisto, calizas y areniscas que las hacen de impermeable a medianamente permeable, desarrolladas sobre una llanura fluvial con pendiente entre 3º y 5º la que impide que el agua drene y se desborde de su cauce. El suelo que predomina en esta zona es del tipo ferralítico rojo lixiviado, medianamente permeable debido a su composición. Las precipitaciones oscilan entre los 1.400 mm. y los 1.600 mm. y los suelos en este caso se utilizan principalmente en viandas pastos naturales y áreas de tabaco. Todo ello en su conjunto actúa impidiendo que el agua proveniente de las precipitaciones escurra o se infiltre hacia los horizontes inferiores trayendo como resultado la acumulación de estas en la superficie por un tiempo indefinido produciendo daños a los cultivos y al propio hombre.

En el caso del área **C** se localiza al centro Sur específicamente en el valle de Viñales, donde convergen los principales afluentes del Palmarito (Esmeralda, El Tejar, El Duelo y Coco Solo). Con una litología de rocas calizas masivas y calcarenitas las que se consideran como medianamente permeables, estas se desarrollan sobre una llanura fluvio – marina, la cual presenta unos valores de pendiente con rangos que van de 1º a 2º y de 3º a 5º contribuyendo a que el escurrimiento sea muy lento y el producto de las precipitaciones quede en superficie, ya que los suelos son medianamente permeables, lo que

significa poca infiltración al interior de los horizontes. Las precipitaciones al igual que en las zonas anteriores poseen valores que se encuentran entre los 1.400 mm. y los 1.600 mm. y los principales usos que tiene el suelo en el valle son los pastos naturales, viandas y tabaco. Estos elementos permiten que el área presente baja capacidad de infiltración y deficiente escurrimiento, por lo que las aguas se quedan acumuladas en los cauces, sobrepasando sus bordes, inundando grandes extensiones.

También se observan puntos morados los que señalan los sumideros que se encuentran en el área y que son pequeñas áreas proclives a inundaciones fluviales, cuando el volumen de agua que llega supera el que puede ser evacuado por la oquedad.

Por su parte los puntos que aparecen de color rojo son aquellas zonas donde los arroyos pasan por debajo de la carretera normalmente y que en tiempo de lluvias cuando el volumen de estos arroyos aumenta considerablemente se ven obligados a correr por encima de las carreteras inundando una pequeña área alrededor de la carretera y haciendo que el tránsito por estas vías sea algo peligroso o imposible.

Las condiciones físico - geográficas del área objeto de estudio determinan la existencia de zonas susceptibles a la ocurrencia de inundaciones del tipo fluvial y pluvial, ocasionando pérdidas no solo socio-económicas, sino también serios impactos en el medio natural. Constituye este estudio una herramienta para los tomadores de decisiones en la planificación y gestión de los recursos naturales. Se recomienda así utilizar las áreas expuestas a las inundaciones pluviales como reservorios de agua para el riego de los cultivos o para utilizarlas como zonas de cultivos propios de estas condiciones. En las áreas de inundaciones fluviales llevar a cabo medidas para disminuir la intensidad de las mismas como la eliminación de los cultivos cercanos a los cauces y la creación de franjas hidrorreguladoras.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

El trabajo con los SIG constituyó una herramienta de gran importancia en la realización del estudio, permitiendo, mediante la técnica de superposición de capas, la identificación de aquellas zonas que por sus características físico-geográficas se encuentran expuestas a inundaciones pluviales y fluviales.

Constituyen los resultados de este trabajo una herramienta para el desarrollo económico y social del Paisaje Cultural de la Humanidad “Valle de Viñales”, especialmente para el desarrollo del turismo de naturaleza, principal fuente de ingresos de la economía local en este territorio del occidente cubano.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alfonso, H. (2005). La mitigación de los peligros y riesgos provocados por fenómenos naturales en Cuba y la planificación del desarrollo. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. X. Disponible en: [www.ub.es/geocrit/b3w-590.htm](http://www.ub.es/geocrit/b3w-590.htm).

Consejo de Defensa Nacional. (2005). Directiva No. 1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización, y preparación del país para las situaciones de desastres. La Habana, Cuba. (Inédito).

Cruz, E. (2005) (Coordinador). Inundaciones fluviales. Mapas de amenazas. Recomendaciones técnicas para su elaboración. Proyecto MET-ALARN INTER/COSUDE. Managua, Nicaragua. (Digital)

Dirección Provincial de Planificación Física. (2001) Plan de Ordenamiento Territorial. Polo Turístico de Viñales. Pinar del Río, Cuba. (Inédito).

ISDR. (2002). Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Editorial Geneva, Switzerland.

Organización de Estados Americanos. (1993). Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Washington, D.C., Estados Unidos.

Rigol, L. *et al* (2005). Viñales, un paisaje a proteger. Ediciones Pontón Caribe, S.A. La Habana, Cuba.

Seco, R. (1996). El enfoque físico – geográfico para el estudio de los peligros naturales en el ejemplo de la provincia Ciudad de la Habana. Tesis en opción al Título Académico de Máster. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba. (Inédito).

## ANEXOS

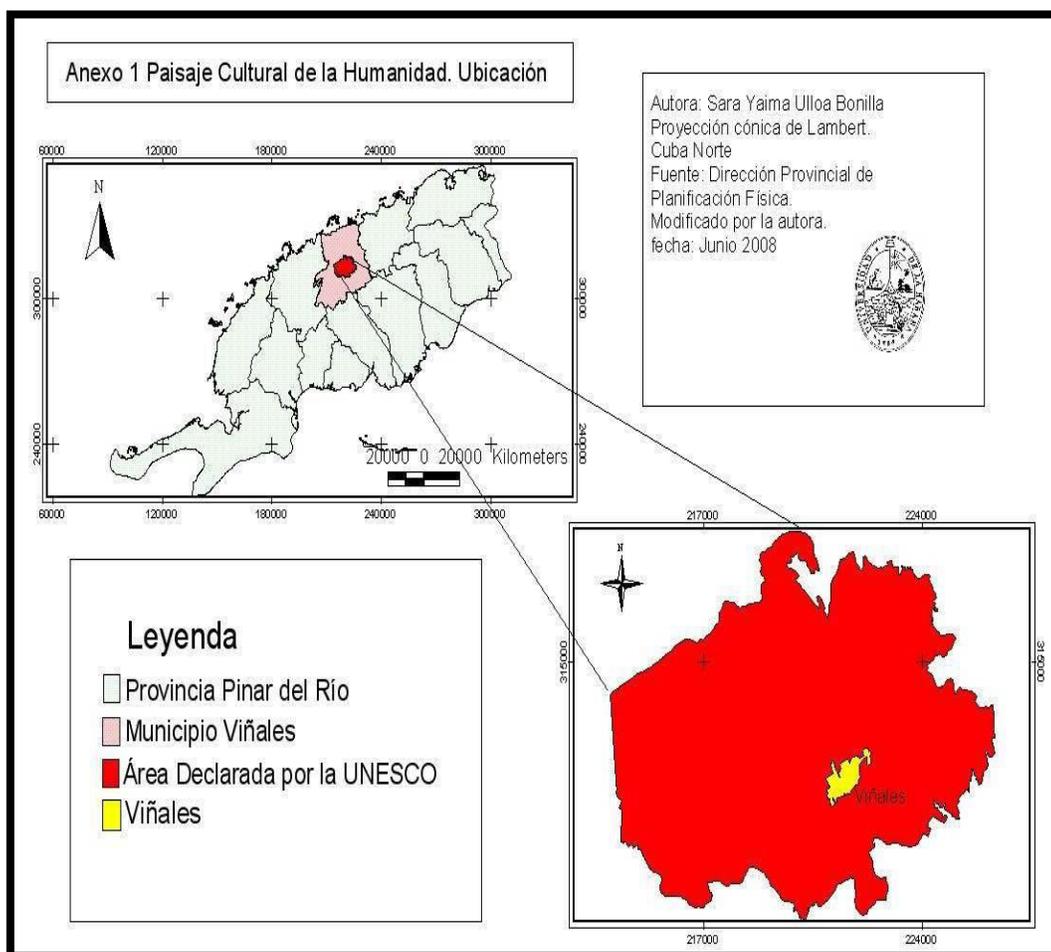


Figura 1 Localización del Paisaje Cultural de la Humanidad “Valle de Viñales”

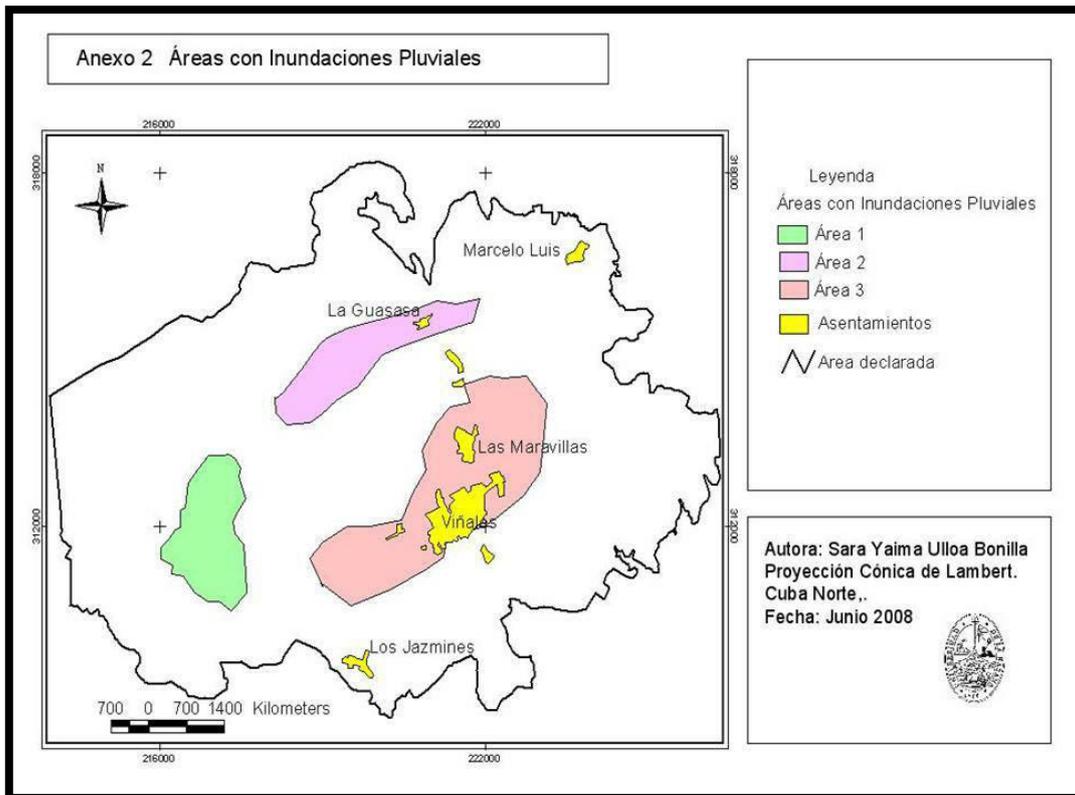


Figura 2 Zonificación de las inundaciones pluviales

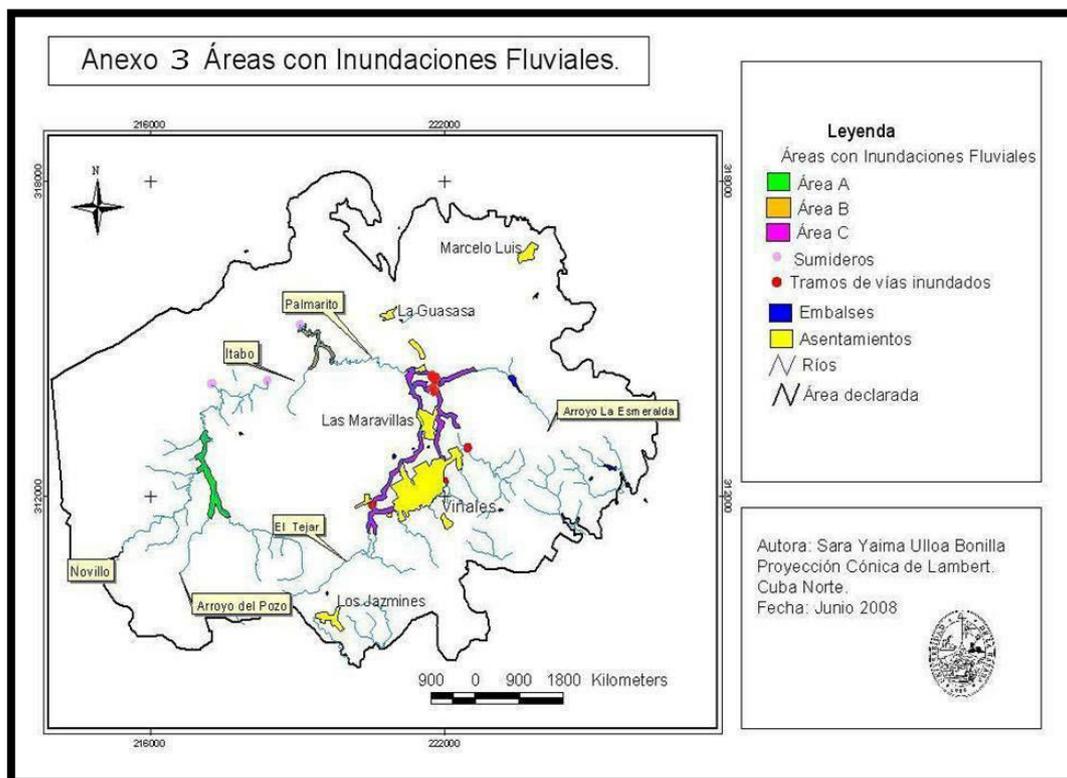


Figura 3 Zonificación de las inundaciones fluviales



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-13

**Título del trabajo:** Programa de acciones para el manejo de vegetación de costa arenosa en playas de anidación de tortugas marinas en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba.

**Autor (es):** Odismarlyn Blanco Blanco, Lázaro Márquez Govea, José Alberto Camejo Lamas, José Luis Linares Rodríguez

**Ponente (s):** Odismarlyn Blanco Blanco

**E-mail:** [lmarquez@vega.inf.cu](mailto:lmarquez@vega.inf.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

La Reserva de la Biósfera Península de Guanahacabibes se ubica en la región occidental de Cuba. Por el alto grado de conservación de su biodiversidad y por la singularidad de sus valores naturales, el área está considerada entre las más relevantes del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del país. Debido a su posición geográfica en la confluencia del Golfo de México con el Mar Caribe occidental, el área resulta particularmente vulnerable ante el embate frecuente de tormentas tropicales, huracanes y otros eventos meteorológicos extremos como resultado de las manifestaciones del cambio climático a nivel global. Estos eventos han provocado cambios en la dinámica de la vegetación de costa arenosa que se expresa en un comportamiento invasivo de algunas especies de la vegetación con efectos apreciables sobre el proceso de anidación de las tortugas marinas. El trabajo presenta la propuesta de un plan de acciones para el manejo de la vegetación de costa arenosa. Para el estudio se tomaron dos playas pilotos, en las cuales se realizó un inventario florístico para determinar la cantidad de especies por parcela. Una vez determinadas las especies más representativas (*Suriana maritima* y *Tournefortia gnaphalodes*) se procedió a aplicar un manejo para disminuir la cobertura vegetal en cada parcela mediante la creación de pequeños claros en la vegetación litoral para facilitar la anidación de tortugas y favorecer el éxito reproductivo. Se presentan los resultados preliminares que evalúan los efectos de estas acciones de manejo sobre la anidación de tortugas en las dos playas seleccionadas.

**Palabras claves:** vegetación costera, manejo, anidación, tortugas



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-14

**Título del trabajo:** Programa de acciones para el manejo de bosques litorales afectados por huracanes y otros eventos extremos en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba.

**Autor (es):** Lázaro Márquez Govea, Odismarlyn Blanco Blanco

**Ponente (s):** Lázaro Márquez Govea

**E-mail:** [lmarquez@vega.inf.cu](mailto:lmarquez@vega.inf.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

La Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes se ubica en la región occidental de Cuba y se distingue por el alto grado de conservación de su biodiversidad y en particular de sus formaciones boscosas. Debido a su posición geográfica en la confluencia del Golfo de México con el Mar Caribe occidental, el área resulta particularmente vulnerable ante el embate frecuente de tormentas tropicales, huracanes y otros eventos asociados a las manifestaciones del cambio climático a nivel global. El trabajo tiene como objetivo presentar los principales elementos que conforman el Programa de Acciones diseñado para la gestión de los bosques litorales afectados por huracanes. Para su elaboración se tomaron como base las evaluaciones realizadas tras las afectaciones de cuatro huracanes intensos que impactaron el territorio en los últimos 15 años. Se evaluó la efectividad de los trabajos técnicos silvícolas demostrativos realizados a dichos bosques como respuesta a los disturbios causados por los huracanes. Se determina que las mayores afectaciones por efectos de los huracanes se concentran en los complejos de vegetación de costa arenosa y costa rocosa. El Programa propuesto comprende un compendio de medidas contra incendios forestales y establece regulaciones para la conservación de la fauna silvestre asociada a los bosques. Se muestran los efectos de su aplicación para el manejo de ecosistemas costeros. Como conclusión se demuestra que el Programa resulta una herramienta efectiva para sustentar las prácticas de manejo sobre los bosques litorales afectados, como parte de las medidas de mitigación ante los efectos del cambio climático.

**Palabras claves:** manejo silvícola, bosques, huracanes, reserva de biosfera



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-19

**Título del trabajo:** Obtención de una metodología de cálculo para absorción de carbono en 11 sumideros del D.M. de Quito.

**Autor (es):** Iván Albiño, Xavier Cumbanguin, Henry Mejía, Richard Jackson Vilches Moreno

**Ponente (s):** Iván Albiño, Xavier Cumbanguin, Henry Mejía

**E-mail:** [crisro\\_433@hotmail.com](mailto:crisro_433@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Cuantificar carbono en sumideros urbanos resulta una tarea compleja debido a la dinámica desarrollada dentro de estos, el estudio prevé obtener una metodología no destructiva que evite causar impactos adversos y que permita en futuras mediciones evaluar el cambio ocurrido en lo referente a la absorción de carbono. En el estudio se trabaja con PPM ( Parcelas permanentes de muestreo), mismas que permiten evaluar el cambio a través del tiempo, para la selección de la PPM previamente se delimitó cada uno de los sumideros en estudio, se georreferenció con la ayuda de un Dron Phantom Professional el cual captura imágenes georreferenciadas para posteriormente procesar las imágenes en el software Agisoft PhotoScan Professional para la obtención de la ortofoto, la misma que a continuación se carga en el programa ArcGiss para realizar un mallado, esto nos permitirá seleccionar la PPM y conocer la dimensión real del sumidero en estudio. Con respecto a la absorción de carbono, se consideró los 5 reservorios reconocidos por la IPCC (Biomasa aérea y subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono del suelo) considerando el método de cambio de existencias de la IPCC, el cual realiza mediciones en dos intervalos de tiempo, para mediciones en campo se utilizó el manual de campo del Sistema Nacional Forestal del Ministerio del Ambiente del Ecuador, la cual orientó acerca de las mediciones de los parámetros en campo. Se realizaron mediciones de los reservorios mencionados y además en laboratorio se analizó las muestras para obtener el contenido de carbono orgánico del suelo.

**Palabras claves:** georreferenciación, sumidero, reservorio de carbono, absorción, PPM

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, un grave problema que capta la atención de la población mundial es el cambio climático asociado al incremento de los gases de efecto invernadero (GEI), el cual no solo se atribuye a las variaciones de temperatura sino también a todos los sistemas biológicos los cuales se están viendo afectados por este fenómeno.

La necesidad de realizar predicciones sobre los posibles efectos del cambio climático actual ha puesto de manifiesto las importantes lagunas de conocimiento aún existentes, y ha constatado la utilidad de los análisis retrospectivos, que examinan las respuestas de las especies a los cambios climáticos del pasado (Rodríguez Sánchez, 2011).

“El aumento de las acciones antropogénicas en las ciudades ha llevado a un incremento de la contaminación, por consiguiente se hace necesario buscar alternativas costo-efectivas de disminución de estas” (Guarín, y otros, 2013, pág. 58).

El Ecuador forma parte de algunos convenios y acuerdos internacionales con el objeto de garantizar la protección al ambiente, de los cuales se puede destacar el Protocolo de Kioto, enfocado en la disminución de seis gases de efecto invernadero, los mismos que son responsables directos de calentamiento global.

La dinámica urbana del DMQ es compleja debido a factores como la geografía, topografía y la gran concentración demográfica por superficie; esto hace que se necesite mayores cantidades de energía para impulsar las actividades diarias.

El DMQ al igual que la mayoría de economías mundiales, “posee un sistema de energía que proviene de la combustión de los combustibles de origen fósil, el mismo que durante la combustión generan dióxido de carbono y agua” (IPCC, 2006, pág. 1.5).

Una manera de disminuir el problema al cual nos estamos enfrentando es la íntima relación que se establece entre la emisión de CO<sub>2</sub> y la fijación de carbono por parte de los sumideros debido a que los sumideros por proceso de fotosíntesis absorben parte del carbono metabolizando en sus tejidos para luego devolver parte del dióxido de carbono consumido por medio de la respiración a la atmósfera en forma de O<sub>2</sub>.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático, “para las estimaciones de emisión/absorción puede incluir a los cinco depósitos de carbono para el sector AFOLU y son biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo” (IPCC, 2006, pág. 1.9).

Por ello la obtención de una metodología adecuada para el cálculo de absorción de carbono es importante ya que, permitirá calcular la absorción de carbono en el transcurso del tiempo.

Encontrar una metodología idónea para cuantificar la absorción de carbono en los 11 sumideros del DMQ resulta una tarea compleja, debido a que el estudio se desarrolla en el sector urbano por lo cual es de principal prioridad utilizar un método no destructivo y adaptar la metodología base con relación a la dinámica urbana y a las necesidades que la investigación presente.

El conocimiento de la absorción de carbono en los 11 sumideros posee un gran valor ya que se puede conocer la cantidad de carbono que está siendo almacenado en los mismos, para así

poder establecer y resaltar la importancia de la preservación de los bosques dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Para el desarrollo del estudio se hace necesaria la utilización de materiales y equipos en las fases de campo y laboratorio, a continuación se detallan.

Tabla 1. Materiales de campo y laboratorio

Fase de campo		Fase de laboratorio	
	Materiales	Equipos	Reactivos
Drone Phantom Professional	Vasos de precipitación	Cámara de vapores	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado
Laptop Procesador I5	Matraz Erlenmeyer	Desecador	Sulfato ferroso de amonio
Balanza			
Cámara digital			
GPS-Garmin	Soporte universal	Balanza	Dicromato de amonio
Clinómetro	buretas		Indicador de Ferroína
Hipsómetro	pipetas		Agua destilada
Cinta diamétrica	Pisetas		
Brújula	Libreta de apuntes		
Pala de punta	Cámara digital		
Barreno	Crisol		
Machete	Espátula		
Fundas ciplóc			
Tamiz			
Guantes			
Spray fosforescente			

Elaborado por: Los autores

### Método

#### Absorción de carbono en los 11 sumideros del DMQ

Para conocer la absorción de carbono en los 11 sumideros del DMQ es importante precisar el intervalo de tiempo para el cual se quiere calcular esta absorción, inicialmente se parte del cálculo de un stock de carbono y con futuras mediciones se va determinando la absorción en base al método de cambio de existencias del IPCC. Se ha utilizado especies arbóreas únicamente debido a que las especies arbustivas y herbáceas no representan una categoría principal dentro de los sumideros en estudio.

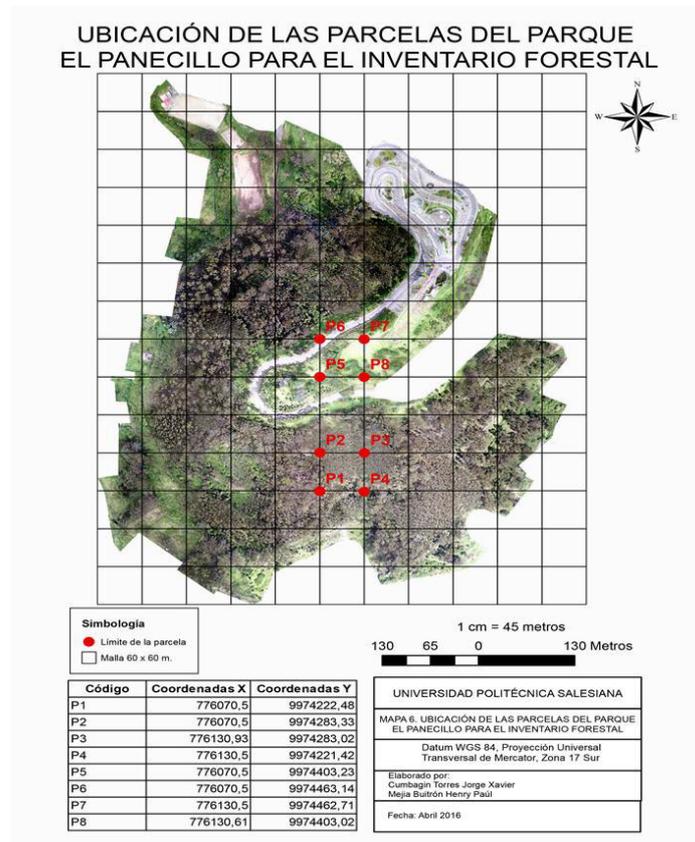
Para trabajo en campo se utilizó el manual de campo de la Evaluación Nacional Forestal del Ministerio del Ambiente del Ecuador. Es importante acotar que dentro de cada sumidero en estudio, se trabajó con parcelas permanentes de muestreo (PPM) y previamente se realizó un inventario forestal de especies arbóreas en cada PPM. El desarrollo metodológico del estudio en mención consta de cinco fases:

## Fase 1: Revisión bibliográfica

Para cuantificar la absorción de carbono en los sumideros, se seleccionó el método de cambio de existencias del IPCC, y la metodología de campo de la Evaluación Nacional Forestal del Ministerio del Ambiente del Ecuador, tanto porque las PPM representan una muestra considerable de extensión, es aplicable a las condiciones geográficas y analizan los cinco reservorios de carbono citados en el IPCC (biomasa aérea, biomasa subterránea, hojarasca, madera muerta, materia orgánica del suelo).

## Fase 2: Elaboración de mapas y fichas de campo

- Se realizó el levantamiento de mapas georreferenciados con la ayuda de un Dron Phantom Profesional.
- En el programa Arc-Giss se cargó los mapas georreferenciados y se creó un mallado de 60mx60m para cada sumidero (Ver ilustración 1).
- Se seleccionó una PPM representativa en el interior de cada sumidero, así se estará eliminando el sesgo de error que tienen los bordes del sumidero.
- Para pequeños sumideros se seleccionó 1 PPM, para sumideros que presenten estratos 1 PPM por estrato y para sumideros con gran extensión 2 PPM.
- Se realizaron 2 fichas de campo que incluyen los parámetros para reservorios de carbono e información general del sumidero y la PPM.



### Fase 3: Recolección de datos en campo

En campo se ubicó los puntos extremos de la PPM de 60mx60m con ayuda de un GPS y una brújula.

Dentro de la PPM de 60x60 se realiza lo siguiente:

1. Se denominó P4 al extremo Sureste de la parcela permanente de muestreo.
2. A la PPM se la dividió horizontalmente en 3 secciones de 20 metros y se trazó verticalmente para tener 3 hileras de 20mx60m. Denominándolas Hilera 1 (Este), Hilera 2 (Centro) e Hilera 3 (Oeste) (Ver figura 1).

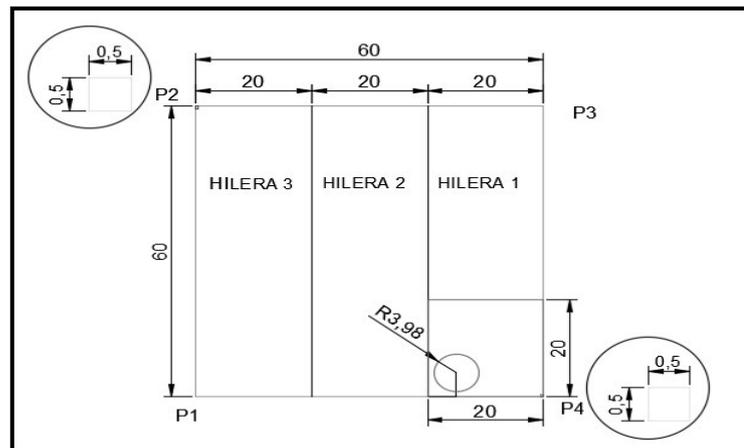


Figura 1. Forma de la PPM en campo y puntos de muestreo. Fuente. Ministerio del Ambiente del Ecuador; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el cambio climático (Proyecto FAO Finlandia Ecuador), 2013, pág. 42.

#### Para biomasa aérea

Se elaboró un inventario forestal, lo cual incluyó medición de Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de fuste y altura total a

1. Especies mayores a 10cm de DAP en los primeros 20 metros de avance de la hilera 1.
2. En el restante de la hilera 1, hilera 2 e hilera 3 se miden las especies con DAP  $\geq$  20 cm.
3. Para regeneración arbórea se miden las especies con DAP < 10 cm en una Parcela circular de 3,98m de radio.

#### Para biomasa subterránea

El cálculo se realiza mediante ecuaciones alométricas, en el estudio se realizó mediciones a 10 cm de profundidad de 5 puntos para determinar la distribución de pequeñas raíces.

#### Madera muerta

1. Se midió toda la madera muerta con DAP  $\geq$  10cm en toda la PPM de 60mx60m, ya que, se tendrá valores más apegados a la realidad utilizando el método de cambio de existencias en futuras mediciones.
2. Se registró altura y diámetro de la madera muerta
3. Se registró el punto de medición

## **Hojarasca**

1. *Se realizó 2 subparcelas de 50cmx50cm en el P2 y P4 de la PPM.*
2. *Se recogió todo el detritus y hojarasca presente y se registró el peso en campo.*
3. *Se etiquetó la muestra para su posterior registro de peso en seco.*

## **Carbono orgánico del suelo**

1. *Dentro de la Subparcela de 20x20m se tomó 5 muestras de suelo a 30 cm de profundidad (carbono orgánico) de las 4 esquinas y del centro, se registró el peso en campo y se etiquetó para su posterior análisis en laboratorio.*

## **Fase 4: Trabajo de laboratorio**

Para el análisis se utilizó el método de Walkley- Black en la cual se realizó 3 repeticiones por muestra de suelo; el procedimiento aplicado se detalla a continuación.

### **Procedimiento**

1. *Para cada PPM, de las 5 muestras de 30cm se formó una muestra compuesta.*
2. *En un vaso de precipitación se pesó 50 gr de muestra compuesta de cada PPM, se etiquetó y colocó en la estufa durante 48 horas.*
3. *Pasado el tiempo de 48 horas, se retiró de la estufa las muestras de suelo y se colocó en el desecador durante 30 minutos.*
4. *Se retiró las muestras del desecador y se registró el peso en seco de las muestras de suelo para obtener la humedad de la muestra.*
5. *Se pesaron de 0,1 gr a 0,5 gr de suelo seco en un vaso de precipitación (0,1 gr para suelos ricos en materia orgánica y 0,5 suelos pobres en materia orgánica).*
6. *Se llevó el trabajo a la cámara de gases para evitar accidentes.*
7. *Se colocó 10 ml de dicromato de potasio al vaso de precipitación con la muestra de suelo seco y se agitó durante 1 minuto (Radojevic & Bashkin, 2010).*
8. *Se colocó 10 ml de ácido sulfúrico concentrado en la reacción y se agitó durante 1 minuto (Radojevic & Bashkin, 2010).*
9. *Se dejó reposar la reacción durante 2 horas.*
10. *Se añadió 100ml de agua destilada y 5 gotas de indicador de ferroina a la reacción (Radojevic & Bashkin, 2010).*
11. *Se tituló con sulfato ferroso de amonio hasta que el color cambió de azul verdoso a violeta rojizo (Radojevic & Bashkin, 2010).*
12. *Se registró la cantidad de titulante consumido en la reacción.*
13. *Se realizó el mismo procedimiento para un blanco de prueba pero sin muestra de suelo, esto permitió obtener el valor de la concentración del titulante (Radojevic & Bashkin, 2010).*
14. *Se repitió 2 veces más el procedimiento para cada muestra de suelo.*

## **Fase 5: Análisis de datos**

Obtenido los valores de titulante consumido en las reacciones de titulación, se procedió a calcular la cantidad de materia orgánica contenida en las muestras de suelo.

1. *Para calcular el contenido de carbono orgánico de la muestra de suelo.*

$$\text{Carbono orgánico } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right) = \frac{18 * C * V * \left(1 - \frac{V1}{V2}\right)}{M}$$

Donde:

C= concentración en moles/litro de la solución del dicromato de potasio (0,166M)

V= Volumen de solución de dicromato utilizada (10ml)

V1= Volumen de titulante consumido en la reacción de la muestra de suelo (ml)

V2= Volumen de titulante consumido en el blanco de determinación (ml)

M= peso de suelo usado en la reacción

(Radojevic & Bashkin, 2010).

2. Se calculó el porcentaje de carbono orgánico en la muestra

$$\text{Carbono orgánico } (\%) = \frac{\text{Carbono orgánico } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}{10}$$

(Radojevic & Bashkin, 2010).

3. La materia orgánica se calculó como

$$\text{Materia orgánica } (\%) = 1,72 * \text{Carbono orgánico } (\%)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Reservorio 1: Biomasa aérea

Tabla 2. Volumen de biomasa aérea

Número	Sumidero	Núm. PPM	Volumen de biomasa
1	Las Cuadras	1	177,98
2	Huayrapungo	2	80,51
3	La Armenia	1	210,27
4	Itchimbia	1	5,10
5	Metrosur	2	48,75
6	Guangüiltagua	2	258,87
7	El Panecillo	2	108,71
8	La Carolina	1	63,32
9	El Ejido	1	195,65
10	Equinoccial	1	104,27
11	Bicentenario	1	50,91

Nota: Adaptado de Cumbanguin & Mejía 2016

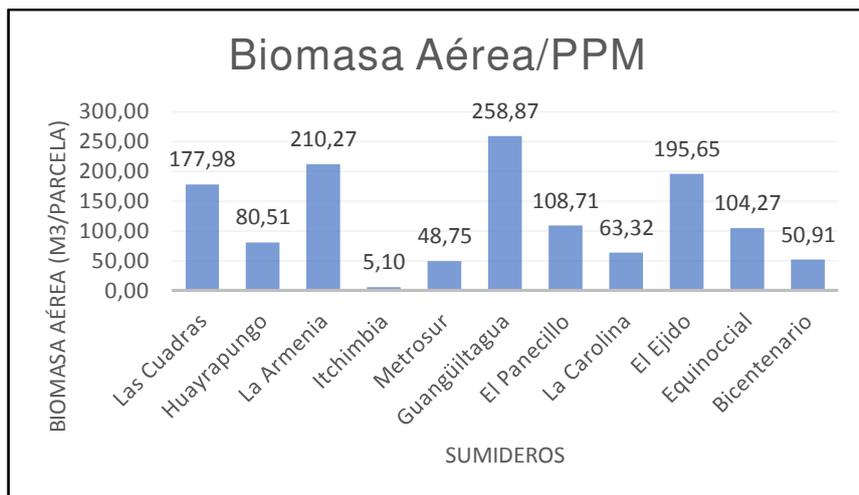


Figura 4. Presenta los resultados de volumen de biomasa aérea obtenida del inventario forestal. Fuente: Adaptado de Cumbanguin & Mejía, 2016.

## Reservorio 2: Raíces

Tabla 3. Densidad y peso de raíces a 10cm

Núm.	Sumidero	Densidad del suelo (gr/ml)	Peso (gramos)
1	Las Cuadras	0,81	2
2	Huayrapungo PPM-1	0,80	43,23
	Huayrapungo PPM-2	0,67	11,96
3	La Armenia	0,72	11,21
4	Itchimbia	0,89	7
5	Metrosur PPM-1	0,76	35,55
	Metrosur PPM-2	0,78	14,55
6	Guangüiltagua PPM-1	1,10	67,4
	Guangüiltagua PPM-2	0,76	38,33
7	El Panecillo PPM-1	0,82	23,89
	El Panecillo PPM-2	0,80	28,4
8	La Carolina	1,11	9,57
9	El Ejido	0,63	21,56
10	Equinoccial	0,86	35,6
11	Bicentenario	0,83	7,8

Elaborado por: I. Albiño



Figura 5. Muestras extraídas a 10 cm de profundidad, con iguales puntos de muestreo y similitud de procesamiento de datos  
Elaborado por: I. Albiño

### Reservorio 3: madera muerta

Tabla 4. Madera muerta por PPM de estudio

Número	Sumidero	Parcela	Frecuencia
1	Las Cuadras	PPM-LCU-1	1
2	Huayrapungo PPM-1	PPM-CH-1	0
	Huayrapungo PPM-2	PPM-CH-2	0
3	La Armenia	PPM-AR-1	5
4	Itchimbia	PPM-IT-1	0
5	Metrosur PPM-1	PPM-MS-1	0
	Metrosur PPM-2	PPM-MS-2	0
6	Guangüiltagua PPM-1	PPM-MN-1	0
	Guangüiltagua PPM-2	PPM.MN-2	0
7	El Panecillo PPM-1	PPM-PA-1	0
	El Panecillo PPM-2	PPM-PA-2	0
8	La Carolina	PPM-CA-1	0
9	El Ejido	PPM-EJ-1	0
10	Equinoccial	PPM-EQ-1	0
11	Bicentenario	PPM-BI-1	1

Elaborado por: I. Albiño

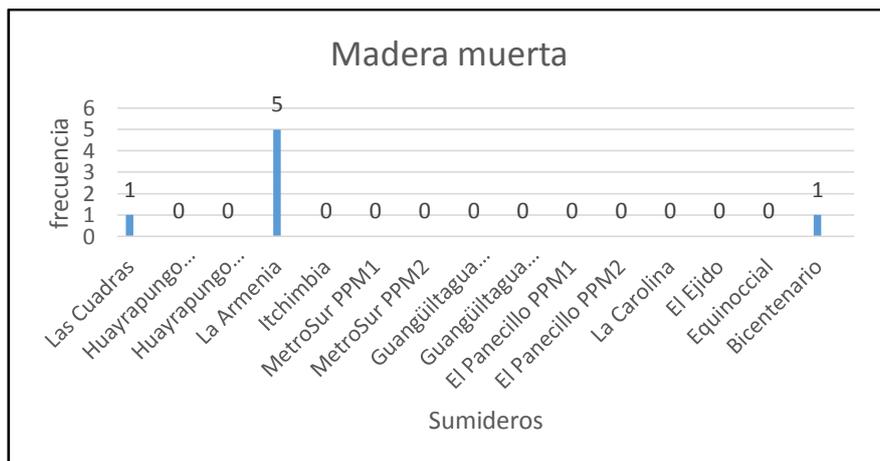


Figura 6. Número de individuos de madera muerta con diámetro mayor a 10  
Elaborado por: I. Albiño

#### Reservorio 4: hojarasca + detritus recolectados en campo

Tabla 5. Peso de hojarasca y detritus

Número	Sumidero	Parcela	Peso (gramos)
1	Las Cuadras	PPM-LCU-1	26,8
2	Huayrapungo PPM-1	PPM-CH-1	77,18
	Huayrapungo PPM-2	PPM-CH-2	194,6
3	La Armenia	PPM-AR-1	336
4	Itchimbia	PPM-IT-1	62,46
5	Metrosur PPM-1	PPM-MS-1	50,08
	Metrosur PPM-2	PPM-MS-2	318,1
6	Guangüiltagua PPM-1	PPM-MN-1	353,25
	Guangüiltagua PPM-2	PPM.MN-2	103,06
7	El Panecillo PPM-1	PPM-PA-1	17,97
	El Panecillo PPM-2	PPM-PA-2	277,15
8	La Carolina	PPM-CA-1	37,16
9	El Ejido	PPM-EJ-1	36,03
10	Equinoccial	PPM-EQ-1	9,69
11	Bicentenario	PPM-BI-1	42,5

Elaborado por: I. Albiño

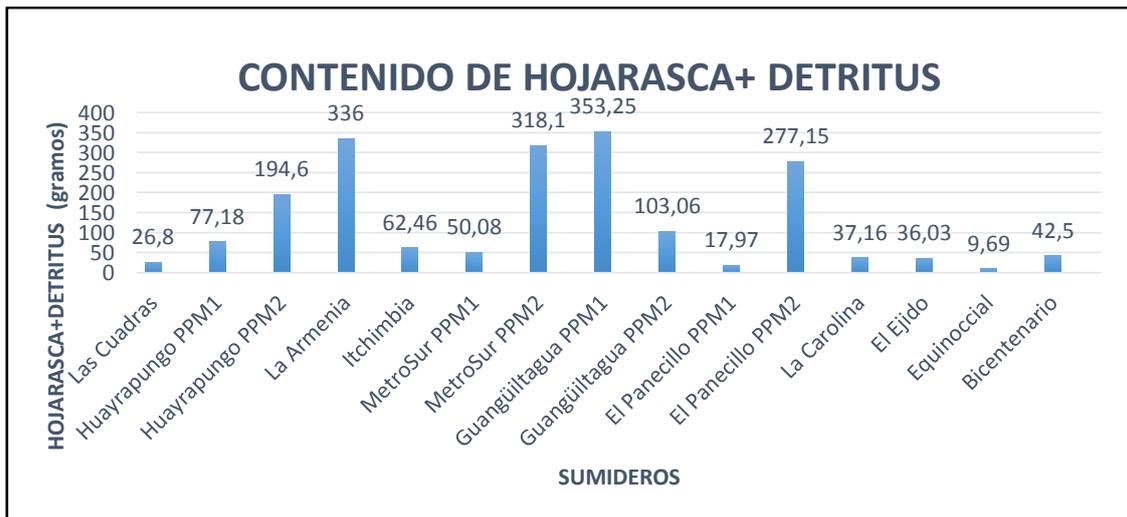


Figura 7. Hojarasca y detritus recolectados de los puntos P2 y P4 de cada PPM en estudio  
Elaborado por: I. Albiño

### Reservorio 5: Contenido de carbono en las muestras de suelo

Tabla 6. Contenido de carbono en muestras de suelo

Núm.	Sumidero	Parcela	Carbono orgánico (mg/g)	C.O (%)	M.O: Materia orgánica (%)
1	Las Cuadras	PPM-LCU-1	22,83	2,28	3,93
2	Huayrapungo PPM-1	PPM-CH-1	50,84	5,08	8,74
	Huayrapungo PPM-2	PPM-CH-2	36,14	3,61	6,22
3	La Armenia	PPM-AR-1	28,70	2,87	4,94
4	Itchimbia	PPM-IT-1	19,48	1,95	3,35
5	Metrosur PPM-1	PPM-MS-1	28,93	2,89	4,98
	Metrosur PPM-2	PPM-MS-2	22,59	2,26	3,89
6	Guangüiltagua PPM-1	PPM-MN-1	18,33	1,83	3,15
	Guangüiltagua PPM-2	PPM.MN-2	13,72	1,37	2,36
7	El Panecillo PPM-1	PPM-PA-1	13,72	1,37	2,36
	El Panecillo PPM-2	PPM-PA-2	14,80	1,48	2,55
8	La Carolina	PPM-CA-1	16,39	1,64	2,82
9	El Ejido	PPM-EJ-1	9,8	0,98	1,69
10	Equinoccial	PPM-EQ-1	8,23	0,82	1,42
11	Bicentenario	PPM-BI-1	17,6	1,76	3,03

Elaborado por: I. Albiño

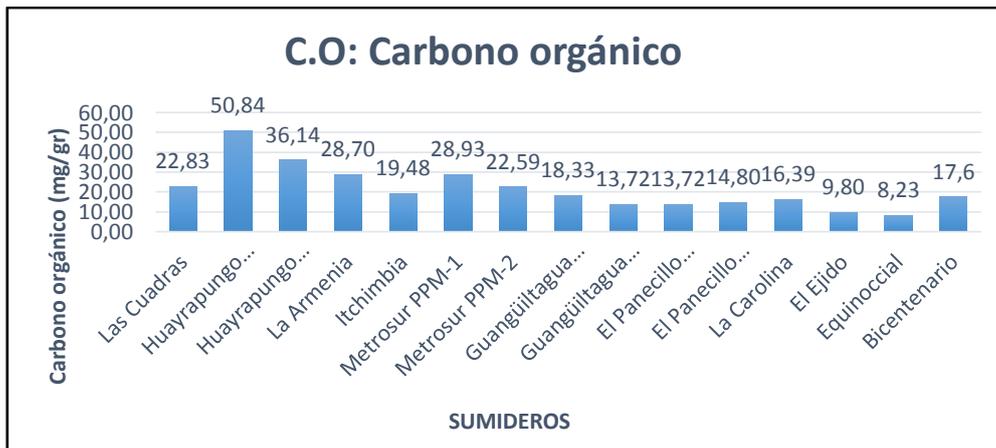


Figura 8. Contenido de carbono orgánico en las muestras de suelo  
Elaborado por: I. Albiño

## DISCUSIÓN

### Metodología para absorción de carbono en los 11 sumideros del DMQ

El método más acorde a la dinámica urbana es el método de cambio de existencias, se eligió este método ya que, no considera necesario llevar registro de los productos retirados del sumidero, simplemente se debe realizar una segunda medición en un tiempo estimado ya sea de 1 año o más y se evalúan los cambios suscitados en la PPM; otro aspecto para considerar este método es debido a la limpieza permanente que llevan algunos sumideros como La Carolina, El Ejido, Bicentenario, Equinoccial; el material removido puede ser incorporado como abono en el mismo sumidero o a su vez quemado y el carbono reintegrado como CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por ello se puede asumir que el carbono absorbido por el reservorio vuelve a la atmósfera siendo aún motivo de preocupación, no se puede realizar un seguimiento por la complejidad del proceso y por el gasto de recursos que implicaría, es por ello que el método de cambio de existencias es idóneo para evitar estos inconvenientes.

Con el método de cambio de existencias, en la segunda medición siguiendo la misma metodología se evaluarán los mismos parámetros: biomasa aérea y subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo. Existen sumideros que han implementado programas de forestación y otros que se encuentran en pleno estado de desarrollo, así que realizar una segunda medición en la misma PPM será vital para evaluar cambios referentes a la absorción de carbono en estos sumideros del DMQ.

La biomasa es el reservorio que mayor carbono almacena, existen importantes extensiones de arboleda en los Parques Metrosur, Guangüiltagua, Huayrapungo; los parques Metrosur y Guangüiltagua tienen gran potencial de captación de carbono debido a que las especies son jóvenes y aún tienen muchos años para realizar la absorción de carbono del DMQ.

En lo que refiere a la necromasa (madera muerta, hojarasca), como ya se ha manifestado, los sumideros con mayor contenido son los sumideros alejados de la urbe como la Armenia, Huayrapungo, Metrosur, en ellos se registró importantes cantidades de necromasa, dinamizando constantemente los procesos de descomposición y aporte de carbono al suelo.

Existe una marcada tendencia respecto al contenido de carbono del suelo, los sumideros ubicados al Sur del DMQ son ricos en contenido de materia orgánica no así los sumideros del Norte los cuales son pobres en materia orgánica. El aporte de carbono a los suelos se da por la

descomposición de la necromasa (madera muerta, hojarasca, detritus, frutos, flores), los sumideros muy transitados y con remoción constante de necromasa tienen escaso aporte de materia orgánica a los suelos y aquellos sumideros gestionados donde el transitar de las personas y la remoción de necromasa es mínima presentan gran aporte de materia orgánica haciendo de estos suelos, fértiles y con gran contenido de carbono.

## CONCLUSIONES

El método de datos sustitutos se considera útil para proyección de la huella de carbono ya que relaciona variables íntimamente ligadas al incremento de emisiones en función del tiempo como son población o Producto interno bruto.

Los sumideros urbanos ubicados al Sur del DMQ presentan mayor contenido de materia orgánica, no así los sumideros del Norte, esto se debe principalmente a intervenciones antropogénicas, remoción y limpieza, se evita que el parque este descuidado visualmente pero se interrumpe el ciclo de aporte de carbono de necromasa a suelo.

La principal razón para considerar únicamente especies arbóreas en el trabajo experimental se debe a que son tierras gestionadas, por lo tanto hay limpieza y desbroce continuo quedando únicamente los grandes árboles los mismos que son motivo de estudio en la presente investigación.

La metodología de la Evaluación Nacional Forestal (ENF) del Ministerio del Ambiente es aplicable a sumideros urbanos, sin embargo se requiere realizar modificaciones de acuerdo a las necesidades requeridas en el estudio.

El método de cambio de existencias es ideal para periodos largos de absorción de carbono, la principal razón se debe a optimización de recursos, ya que, el método solo exige medir parámetros en una segunda medición sin considerar necesario llevar registro del material forestal removido del sumidero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Figuerola Clemente, M. E. (2007). *Los sumideros naturales de CO<sub>2</sub>: Una estrategia sostenible entre el cambio climático y el Protocolo de Kyoto desde las perspectivas urbana y territorial* (Primera ed.). Sevilla: Universidad de Sevilla & Muñoz Moya.

Gómez, C. (2010). Instalación de parcelas permanentes de muestreo PPM, en los bosques tropicales del Darién en Panamá. 2.

Guarín, O. D., Delgado, J. A., Suanch, O. E., Mantilla, N. F., Gualdrón, S. P., & Moreno, M. C. (2013). Determinación de dióxido de carbono en parques de la ciudad de Bucaramanga. *TEORÍA Y PRAXIS INVESTIGATIVA*, 58.

IPCC . (2001). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Obtenido de Tercer Informe de Evaluación. Cambio climático 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

IPCC. (2006). Introducción a las directrices de 2006: Volumen 1: Orientación general y generación de informes. *Directrices para elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 1.5). Cambridge.

- IPCC. (2006). Introducción: Volúmen 2: Energía. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 1.5). Cambridge.
- IPCC. (2006). Introducción: Volúmen 4-. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 1.9). Cambridge.
- IPCC. (2006). Introducción: Volúmen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 1.5). Cambridge.
- IPCC. (2006). Introducción: Volúmen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 1.10). Cambridge.
- IPCC. (2006). Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra: Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de efecto invernadero*, (pág. 2.37). Cambridge.
- IPCC. (2006). Metodologías Genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierras: Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 2.13). Cambridge.
- IPCC. (2006). Tierras Forestales: Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 4.14). Cambridge.
- IPCC. (2006). Tierras Forestales: Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (pág. 4.24). Cambridge.
- IPCC. (2006). Tierras Forestales: Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Cambridge.
- IPCC. (2013). Resumen para responsables de políticas, resúmen técnico y preguntas frecuentes. *Cambio climático 2013, bases físicas*. Cambridge.
- MAGRAMA. (Abril de 2015). *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Obtenido de Guía para la estimacion de absorciones de carbono : [http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_pa\\_v2\\_tcm7-379900.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_pa_v2_tcm7-379900.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el cambio climático (Proyecto FAO Finlandia Ecuador). (2013). Evaluación Nacional Forestal: Sistematización de la experiencia. *Proyecto Evaluación Nacional Forestal (ENF)*; FAO; *Proyecto Manejo forestal sostenible ante el cambio climático (MFSCC)*. Quito.
- Radojevic, M., & Bashkin, V. N. (2010). *Practical Enviromental Analysis*. Cambridge UK: Royal Society of Chemistry.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-20

**Título del trabajo:** Generación y análisis de información sobre vulnerabilidades del sistema de agua potable desde los ámbitos ambientales, económicos y sociales en el área del proyecto de agua potable Pesillo – Imbabura.

**Autor (es):** Ronnie Javier Lizano Acevedo, Jenny Paola Chávez Caiza

**Ponente (s):** Jenny Paola Chávez Caiza

**E-mail:** [pao\\_jenn17@hotmail.com](mailto:pao_jenn17@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El cambio climático es un aumento de las temperaturas a nivel global, que incide en veranos más largos y secos e inviernos más cortos y lluviosos. Esto parece incidir directamente en el acceso presente y futuro al recurso hídrico para consumo humano. Esta investigación hace un análisis de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable del Proyecto Pesillo – Imbabura dentro de los ámbitos social, económico y ambiental, para lo cual se realizó en tres etapas: levantamiento de información secundaria, (utilización de estudios anteriores), levantamiento de información en campo (verificación y validación), y finalmente el procesamiento de la información, donde se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo con el fin de conocer el nivel de vulnerabilidad de la zona de estudio, la herramienta manejada para esta ponderación es una matriz de doble entrada, donde se ingresaron los parámetros a ser evaluados en conjunto con las juntas regionales de agua potable escogidas dentro del proyecto antes mencionado. Con dichos resultados se recomienda qué aspectos de la gestión hídrica dentro de cada junta de agua potable se tienen que tomar en cuenta para generar la adaptación y resiliencia del territorio que se encuentra dentro del proyecto Pesillo-Imbabura.

**Palabras claves:** cambio climático, gestión hídrica, vulnerabilidad, adaptación, resiliencia

## INTRODUCCIÓN

La escasez de agua, se define como el punto en el que el impacto agregado de todos los usuarios bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha (Departamento de Asuntos Economicos y Sociales de las Naciones Unidas ONU- DAES, 2014).

El cambio climático está aumentando la competencia por agua dulce en regiones donde la disponibilidad es reducida. El efecto varía según las regiones y los escenarios que concuerda con los cambios proyectados en la precipitación por el (IPCC, 2001) que sostiene que la magnitud y la frecuencia de las inundaciones podrían aumentar en muchas regiones y los cambios en los caudales pueden alterar los medios de subsistencia aguas abajo, lo cual intensificará los conflictos por el uso del agua, especialmente durante períodos secos y de gran demanda de agua.

En las áreas rurales del Ecuador, muchos carecen de acceso al agua en sus hogares y experimentan una limitación en su calidad de vida. Ante la escasez de este recurso, se puede ejercitar solo una higiene básica y la falta de agua potable tiene un impacto negativo en la salud. Además, el uso del tiempo para obtener el agua y llevarla a los hogares limita la realización de otras actividades (PNUD, 2013).

En la zona del proyecto de agua potable Pesillo – Imbabura, también ha tenido grandes impactos con la problemática antes mencionada, con efectos como reducción del número de fuentes de abastecimiento, disminución de caudales hasta llegar a racionamientos por periodos de tiempo prolongados en algunas comunidades, sumándose a la infraestructura deteriorada del sistema de agua potable, la cual incide en la calidad del agua de consumo; por otro lado la gestión administrativa que se lleva en cada una de las juntas regionales deriva en la eficacia del servicio, evidencias que son resultante de estudios anteriores.

En consecuencia, todos estos factores hacen de los sistemas comunitarios de agua potable más o menos vulnerables al paso del tiempo.

De acuerdo con el (IPCC, 2001a), la vulnerabilidad es mayor en sistemas hídricos mal administrados, cuya ordenación es deficiente e insostenible, debido a políticas que desalientan el uso eficaz del recurso, la protección de la calidad del agua, o la inadecuada ordenación de las cuencas hidrográficas. El enfoque sectorial de la gestión tradicional agudiza la crisis del agua y aumenta el riesgo social asociado con la distribución de la misma; lo cual hace urgente la necesidad de construir una nueva visión de gestión multipropósito que se base en acciones conducentes a la planificación, a la gestión integrada de cuencas, a los usos múltiples, y al uso equilibrado de los recursos inter-jurisdiccionales, en las cuales se sustenta la Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) de acuerdo con el Global Water Partnership (GWP, 2002).

La gestión de los recursos hídricos en Ecuador, se ha caracterizado también por una compleja coordinación entre las instituciones y los actores sociales involucrados, la falta de políticas nacionales para el agua, y una baja participación de la ciudadanía (PNUD, 2013).

La participación real, se logra solo cuando los interesados forman parte del proceso de toma de decisiones. Esto puede ocurrir directamente cuando las comunidades locales se juntan para llevar a cabo la elección de un sistema de distribución, la administración y el uso del agua (Asociación Mundial para el Agua - GWP & Comité de Consejo Técnico - TAC, 2000).

Ecuador es uno de los países más ricos en recursos hídricos de Sudamérica: dispone de 43.500 m<sup>3</sup> por persona al año (2.5 veces superior al promedio mundial). Sin embargo, es el país con más retraso en la región andina en cuanto a cobertura de servicios de agua y alcantarillado (Cabrera & Paredes, 2012).

A nivel regional, en América Latina y el Caribe hay un total, de 124 millones de personas que viven en áreas rurales. De estas, cerca de 102 millones (82%) cuentan con provisión de agua segura, tanto por red intra-domiciliaria (79 millones o 64% del total rural), mientras que otros 23 millones (18%) cuentan con servicio mejorado (pilas públicas, pozos individuales y otros). Un total de 22.5 millones de personas (18%) no cuentan con acceso a agua segura, obteniéndola normalmente de fuentes superficiales o subterráneas no protegidas, o sea, probablemente contaminadas (Ducci & Cotón, 2014).

Las organizaciones de base comunitaria son las encargadas de la gestión del sistema de agua potable. La gestión implica la operación y mantenimiento del sistema (limpiado de filtros, cloración, etc.) así como la gestión administrativa del servicio (facturación, cobro de tarifas, contabilidad, etc.). Se estima que estas organizaciones de base comunitaria prestan servicios a aproximadamente 25 millones en los países andinos y a 15 millones en Centroamérica (30% de la población) (Aguilar, 2011).

Un claro ejemplo de este tipo de organización, es la que ha venido fortaleciendo las comunidades que forman parte del proyecto Pesillo – Imbabura, puesto que desde la población ha nacido la iniciativa de mejorar el servicio de agua potable en respuesta al olvido de los gobiernos seccionales, con lo cual surge el Consejo de Juntas de Agua Potable, el mismo que ha sido reconocido como una figura legal, se forma de la unión de todas las juntas regionales de agua potable, que a su vez tiene bajo su mando a varios sistemas.

Por lo tanto, este estudio plantea realizar un análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos de los sistemas comunitarios de agua potable, en sus diferentes ópticas, de los cuales se puede mencionar la vulnerabilidad operativa, física y social. De este modo, determinar si el recurso puede llegar a ser sostenible con el paso del tiempo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materiales**

Para la ejecución de la presente investigación, fue necesaria la utilización de distintos tipos de materiales distribuidos de la siguiente forma:

- a) Recursos Humanos**
  - Miembros de las Juntas Regionales de agua potable.
  - Analistas del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfico (Cayambe)
- b) Recursos materiales**
  - Equipo GPS
  - Cámara fotográfica
- c) Insumos**
  - Cronograma de campo
  - Software Informático: ArcGis 10.2
  - Orto fotos escala 1:50000
  - Material bibliográfico
  - Computador

## Métodos

La metodología utilizada para la realización de este proyecto se dividió en tres etapas: investigaciones de campo y de gabinete, digitalización de la información obtenida y elaboración de matrices de vulnerabilidad operativa, física, y social.

En la primera etapa, se realizó una revisión bibliográfica de estudios anteriores en la zona de estudio, además de las distintas metodologías para el análisis de vulnerabilidad en los sistemas de agua potable usadas a nivel internacional.

Para cada vulnerabilidad se ajustó una metodología, como se indica a continuación:

- Vulnerabilidad operativa: para su análisis se tomó en cuenta el *“Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable”* (Organización Panamericana de la Salud, 1998), el cual cubrió de manera más amplia la problemática de estudio con indicadores adaptables a las condiciones existentes en la zona, además de los resultados obtenidos en *“Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo – Imbabura”* (Guayasamin & Chamba, 2015), a partir de dicha información se diseñaron los formatos para la recolección de datos.
- Vulnerabilidad física: para su análisis se realizó un ajuste entre los indicadores planteados por Proaño J. (2011) y por el *“Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable”* (Organización Panamericana de la Salud, 1998), además se incorporó indicadores que los autores antes mencionados no tomaron en cuenta en sus estudios, paralelamente se utilizó los resultados obtenidos en *“Estudio de los sistemas comunitarios de agua potable existentes en la zona Pesillo-Imbabura.- análisis de las fuentes hídricas, medidas de protección e infraestructura utilizada en el tratamiento de agua para consumo humano”* (Chamba & Toapanta, 2015).
- Vulnerabilidad social: para su análisis se incorporó indicadores planteados en *“Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial”*, (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014) además de otros indicadores que no se tomaron en cuenta en esta metodología pero fue necesaria su evaluación para la zona de estudio. Los resultados obtenidos en *“Análisis de la gestión de los recursos hídricos en los sistemas comunitarios de agua potable en el área de influencia del proyecto Pesillo – Imbabura”* (Espinoza, 2014), tomados como base para la estimación de dicha vulnerabilidad.

En la segunda etapa, se formalizaron entrevistas con los responsables del sistema de abastecimiento de agua potable, es decir con los operadores de las juntas regionales, con el objetivo de conocer el funcionamiento técnico y administrativo del mismo, la digitalización de dicha información se plasmó en un mapa de información geográfica de la zona de estudio, con la herramienta informática ArcGIS 10.2, el cual procesa información georreferenciada y a la par se validó con los datos de un estudio anterior.

Resultado de este análisis, se determinó el estado actual de cada sistema de agua potable, entendiéndose tanto las redes de distribución, conducción y los componentes, debilidades de funcionamiento y el impacto de las amenazas a los que se encuentran expuestos.

En la última etapa, se construyó las matrices con las que se evaluó a las vulnerabilidades antes mencionadas.

## Unidad de estudio

La unidad de estudio, comprenden las 9 Juntas Regionales de agua potable tomadas en consideración, que son pertenecientes a las comunidades rurales del proyecto Pesillo-Imbabura, tal como muestra la siguiente tabla:

Tabla 7. Juntas Regionales de Agua Potable

<b>JUNTA REGIONAL DE AGUA POTABLE</b>	<b>SISTEMA (ScAP)</b>
	COCHALOMA
<b>ANGLA</b>	EL TOPO UGSHA
<b>ANTONIO ANTE</b>	ANTONIO ANTE
<b>EUGENIO ESPEJO</b>	EUGENIO ESPEJO
<b>ILUMÁN</b>	ILUMÁN
<b>KARABUELA</b>	KARABUELA
<b>LA BOLSA</b>	LA BOLSA
<b>MOJANDA YANAHURCO</b>	CALUQUI
<b>SUMAK YAKU</b>	SUMAK YAKU
<b>TABACUNDO</b>	SAN JOSE ALTO

Fuente: Los autores

## Indicadores

Para el presente estudio se tomó en cuenta los siguientes indicadores como fuente de análisis de las vulnerabilidades suscritas:

Vulnerabilidad Operativa:

- Continuidad del servicio
- Calidad de agua

Vulnerabilidad Física:

- Vulnerabilidad intrínseca:
  - Caudal de concesión
  - Caudal anual total
  - Caudal necesario por habitante
  - Antigüedad del sistema
  - Frecuencia de mantenimiento
- Exposición de amenazas naturales/antrópicas
  - Volcánicas
  - Sísmicas
  - Deslizamientos
  - Erosión y sequías
- Funcionamiento
  - Dependencia a elementos
  - Alternativas de funcionamiento

- Infraestructura
    - Fuentes
    - Tipo de infraestructura
    - Unidades de tratamiento
- Vulnerabilidad social:
- Población
    - Demanda de agua potable
    - Abastecimiento hídrico
    - Población expuesta
    - Densidad poblacional
  - Organización
    - Participación de la población en trabajos comunales
    - Reglamento interno
    - Conflictos internos
    - Periodicidad de asambleas
  - Dirigencia
    - Nivel de instrucción educativa de la directiva
    - Evaluación del desempeño
    - Bonificación de la directiva

Para la caracterización cada uno de los indicadores como primer paso se realizó un análisis cuantitativo, posterior a este paso está el análisis cualitativo, donde se tomó como referencia a la “Metodología para el análisis de vulnerabilidad”, (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012)

Donde la calificación se realizó con un rango de valores entre 0,0 y 1,0, donde 0 es el valor más bajo, es decir, la junta regional de agua potable no es vulnerable y 1 el valor más alto, que indica su vulnerabilidad muy alta, como se indica a continuación:

Tabla 8. Criterios de puntuación

<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>PUNTAJE</b>
<b>MUY ALTA</b>	1
<b>ALTA</b>	0,75
<b>MEDIA</b>	0,5
<b>BAJA</b>	0,25
<b>MUY BAJA</b>	0

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012)

Después de asignar una puntuación a cada indicador se realizó la valoración final, la cual consiste en calcular un promedio de los valores obtenidos, y determinar el nivel de vulnerabilidad, como se presenta en la siguiente tabla:

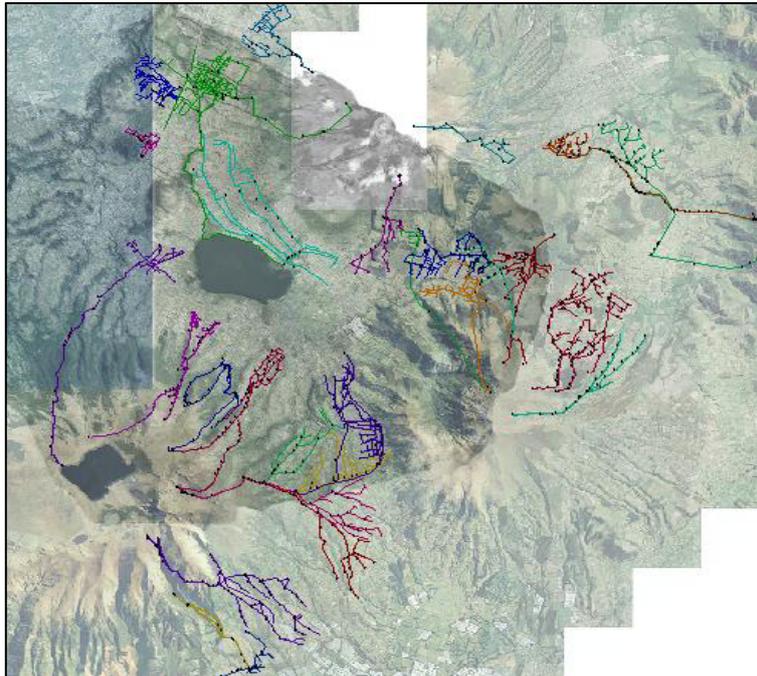
Tabla 9. Nivel de Vulnerabilidad

VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>MUY ALTA</b>	Son sistemas que se muestran muy vulnerables, donde los indicadores analizados poseen tendencia negativa, lo cual indica que el sistema está abandonado y no presta servicio.
<b>ALTA</b>	Son sistemas vulnerables, donde los indicadores muestran la falta de organización comunitaria en tareas de operación y mantenimiento, además de graves daños en la infraestructura y mala calidad de agua de consumo.
<b>MEDIA</b>	Son sistemas medianamente vulnerables, donde los indicadores muestran un tanto de organización, racionamientos cortos de agua potable, calidad de agua de consumo aceptable.
<b>BAJA</b>	Son sistemas donde la vulnerabilidad es mínima, que según los indicadores puede ser solventada.
<b>MUY BAJA</b>	Son sistemas sin ningún tipo de vulnerabilidad.

Fuente: Los autores

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los principales resultados fue la generación del siguiente mapa donde se visualiza las redes de conducción y distribución además de los componentes de cada uno de los sistemas de agua potable que componen las Juntas Regionales, a causa de la validación de esta información se pudo conocer el estado de las mismas, en el mismo se puede conocer el estado de cada una mediante la consulta de la tabla de atributos, esta información ayudo para el análisis de vulnerabilidad posterior.



Mapa 1. Sistemas de agua potable proyecto Pesillo – Imbabura  
Fuente principal (ortofotos): Sistema Nacional de información  
Fuente secundaria: La investigación

## VULNERABILIDAD OPERATIVA

En el presente estudio para el análisis de vulnerabilidad operativa se tomó en consideración la continuidad del servicio tanto para verano como invierno y calidad de agua según establece la Norma Técnica INEN 1108, en las 9 Juntas Regionales de agua potable estudiadas del proyecto Pesillo – Imbabura, como indica la siguiente tabla:

Tabla 10. Criterios evaluados para vulnerabilidad operativa

REGIONAL	No. USUARIOS	CRITERIOS			VULNERABILIDAD				
		CONTINUIDAD DEL SERVICIO		CALIDAD DEL AGUA	CONTINUIDAD DEL SERVICIO		CALIDAD DEL AGUA	SUMATORIA	PORCENTAJE
		INVIERNO	VERANO		INVIERNO	VERANO			
ANGLA	775	24 horas (todos los días)	12 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 58,33%, en el primer monitoreo realizado.	0	0,5	0,5	1	33%
ANTONIO ANTE	1055	4 horas (todos los días)	24 horas (Pasando una semana)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 50,0%, en el primer monitoreo realizado.	0	0,5	0,5	1	33%
EUGENIO ESPEJO	129	4 horas (todos los días)	24 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 50,0%, en el primer monitoreo realizado.	0	0	0,5	0,5	17%
ILUMÁN	1050	4 horas (todos los días)	24 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 75,0%, en el primer monitoreo realizado.	0	0	0,5	0,5	17%
KARABUELA	743	4 horas (todos los días)	24 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 66,67%, en el primer monitoreo realizado.	0	0	0,5	0,5	17%
LA BOLSA	306	4 horas (todos los días)	24 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 58,33%, en el primer monitoreo realizado.	0	0	0,5	0,5	17%
MOJANDA YANAHURCO	325	4 horas (todos los días)	8 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 33,33%, en el primer monitoreo realizado.	0	0,25	1	1,25	42%
SUMAK YAKU	2592	6 horas (todos los días)	6 horas (Todos los días)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 83,33%, en el primer monitoreo realizado.	0,5	0,5	0,5	1,5	50%
TABACUNDO	272	9 horas (todos los días)	4 horas (pasando un día)	La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 58,33%, en el primer monitoreo realizado.	0,75	1	0,5	2,25	75%

Fuente: La investigación

Se determinó que el 22% de las Juntas estudiadas poseen una vulnerabilidad operativa media como se indica en el grafico 2, dentro de las cuales están las Juntas Regionales Mojanda Yanahurco y Sumak Yaku que destacan un porcentaje de vulnerabilidad de 42% y 50% respectivamente (grafico 1), el indicador que eleva el porcentaje es el de calidad de agua, donde hace denotar que tiene falencias respecto a su forma de tratamiento.

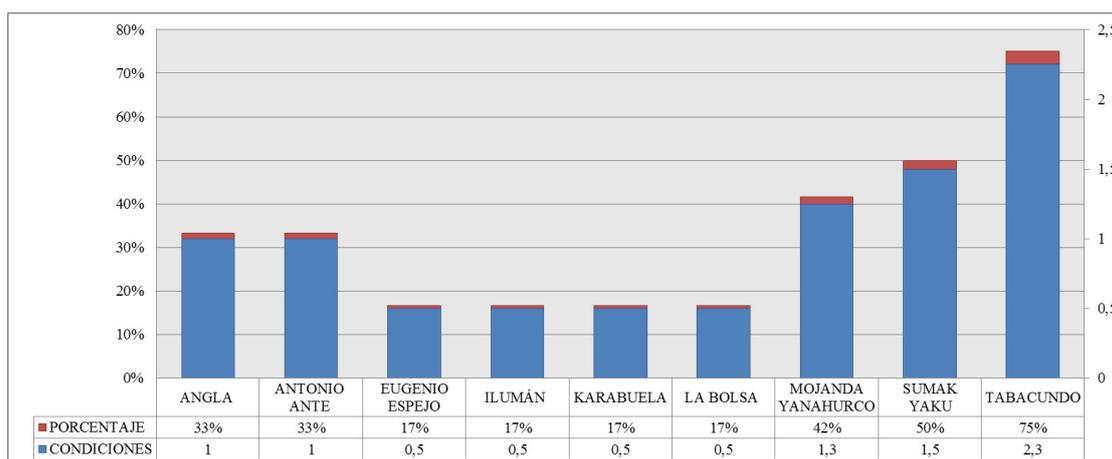


Gráfico 1. Vulnerabilidad operativa total por Junta Regional de agua potable Pesillo-Imbabura  
Fuente: La investigación

De la misma forma, la Junta Regional Tabacundo presenta una vulnerabilidad alta, como se indica en el grafico 1, debido a que la continuidad del servicio para invierno y verano es escasa de tan solo 9 y 4 horas diarias respectivamente, para los habitantes de esta comunidad, por otra parte la calidad de agua resultante de los análisis realizados reporta una vulnerabilidad media lo que indica que aún tiene que mejorar en su proceso de tratamiento.

En cuanto a los porcentajes de vulnerabilidad operativa total, el 11% de las Juntas analizadas, es decir 272 usuarios se ven afectados por esta vulnerabilidad alta.

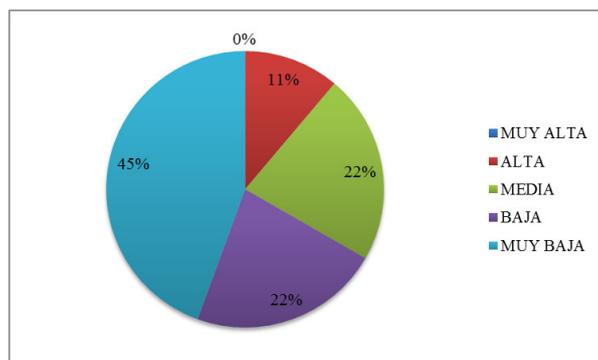


Gráfico 2. Vulnerabilidad operativa de las Juntas Regionales de agua potable Pesillo-Imbabura  
Fuente: La investigación

## VULNERABILIDAD FÍSICA

Para la determinación de la vulnerabilidad física se tomaron en cuenta criterios como caudal de concesión, caudal necesario por habitante, antigüedad y frecuencia de mantenimiento que forman parte de la vulnerabilidad intrínseca de los sistemas de agua potable; para la vulnerabilidad ante la exposición de amenazas naturales / antrópicas los criterios estudiados son volcánicas, sísmicas, deslizamientos, erosión y sequias, debido a que estos fenómenos guardan relación con el área de estudio; para establecer la vulnerabilidad por funcionamiento los criterios son alternativas de funcionamiento y dependencia a elementos externos; y finalmente fuentes, tipo de infraestructura y unidades de tratamiento que son los criterios establecidos para calcular la vulnerabilidad por infraestructura. La suma de las antes mencionadas vulnerabilidades da como resultado la vulnerabilidad física total, como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 11. Criterios evaluados para vulnerabilidad física

SISTEMA (ScAP)	VULNERABILIDAD INTRINSECA			VULNERABILIDAD ANTE LA EXPOSICIÓN DE AMENAZAS NATURALES/ANTROPICAS			VULNERABILIDAD POR FUNCIONAMIENTO			VULNERABILIDAD POR INFRAESTRUCTURA			VULNERABILIDAD FISICA		
	SUMA (1)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA (2)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA (3)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA (4)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA TOTAL(1+2+3+4)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD
COCHALOMA	3	60%	ALTA	1,5	38%	BAJA	1,5	75%	ALTA	0,5	17%	MUYBAJA	6,5	46%	MEDIA
EL TOPO	2,75	55%	MEDIA	1,5	38%	BAJA	1,5	75%	ALTA	1	33%	BAJA	6,8	48%	MEDIA
UGSHA	1	20%	BAJA	1,5	38%	BAJA	1,5	75%	ALTA	0,5	17%	MUYBAJA	4,5	32%	BAJA
ANTONIO ANTE	1	20%	BAJA	1,5	38%	BAJA	1	50%	MEDIA	0,5	17%	MUYBAJA	4,0	29%	BAJA
EUGENIO ESPEJO	1,25	25%	BAJA	1,5	38%	BAJA	1	50%	MEDIA	0	0%	MUYBAJA	3,8	27%	BAJA
LUMAN	1,25	31%	BAJA	1,5	38%	BAJA	2	100%	MUYALTA	0,5	17%	MUYBAJA	5,3	38%	BAJA
KARABUELA	3	60%	ALTA	1,5	38%	BAJA	0,5	25%	BAJA	0	0%	MUYBAJA	5,0	36%	BAJA
LA BOLSA	1,25	25%	BAJA	1,5	38%	BAJA	1	50%	MEDIA	0	0%	MUYBAJA	3,8	27%	BAJA
CALUQUI	2,75	55%	MEDIA	1,5	38%	BAJA	1,5	75%	ALTA	0,5	17%	MUYBAJA	6,3	45%	MEDIA

Fuente: La investigación

Las Juntas regionales Angla, Antonio Ante y Tabacundo presentan una vulnerabilidad media total como se aprecia en el gráfico 4, debido a que en el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca de los sistemas de agua potable es alta como refleja el gráfico 3.

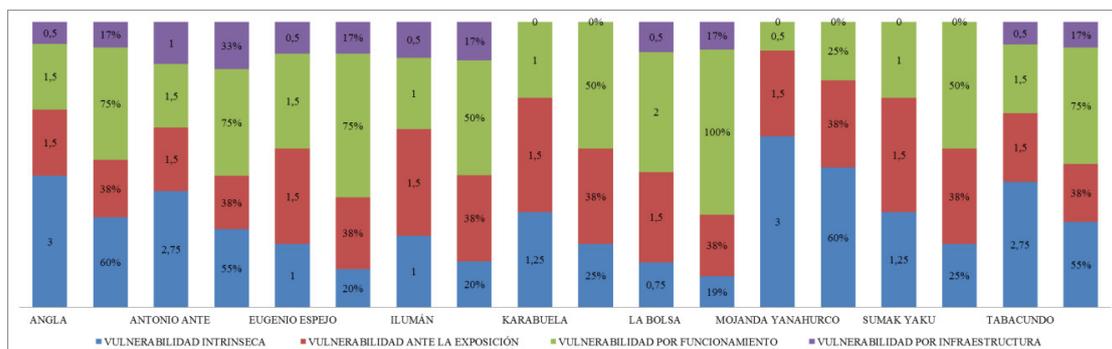


Gráfico 3. Vulnerabilidad física por Junta Regional de agua potable Pesillo-Imbabura

Fuente: La investigación

Dentro de la vulnerabilidad física total revela que la mayoría de juntas analizadas poseen una vulnerabilidad baja (gráfico 5); sin embargo dentro de los criterios de análisis para el cálculo de vulnerabilidad de exposición ante amenazas externas/ antrópicas sus valores son los mismos debido a que la Juntas Regionales estudiadas están dentro de la zona de influencia de los mismos.

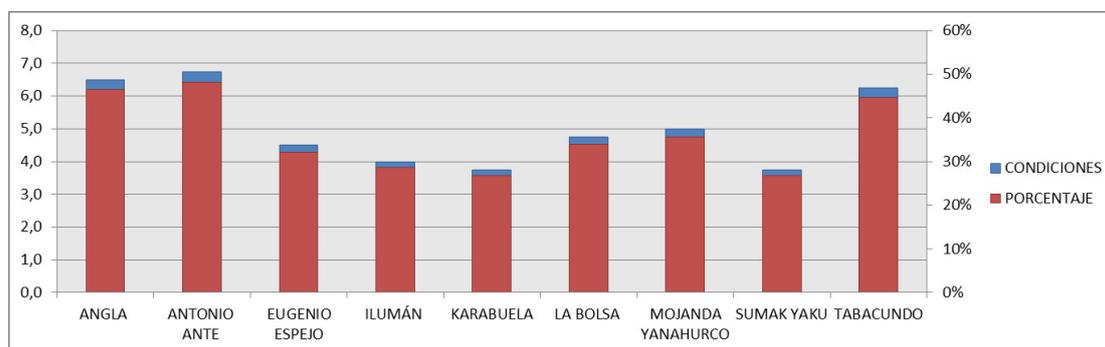


Gráfico 4. Vulnerabilidad Física Total por Junta Regional de agua potable\_Pesillo-Imbabura

Fuente: La investigación

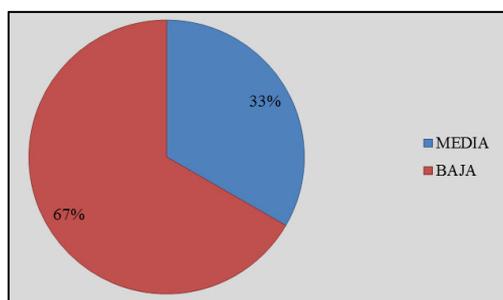


Gráfico 5. Vulnerabilidad física de las Juntas Regionales de agua potable Pesillo-Imbabura

Fuente: La investigación

## VULNERABILIDAD SOCIAL

Dentro del análisis de vulnerabilidad social se tomaron en cuenta variables como población, organización como Junta Regional y dirigencia, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 12. Criterios evaluados para vulnerabilidad social

REGIONAL	SISTEMA (ScAP)	POBLACION			ORGANIZACION			DIRIGENCIA			VULNERABILIDAD SOCIAL		
		SUMA (1)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA (2)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA (3)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD	SUMA TOTAL(1+2+3)	PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD
ANGLA	COCHALOMA	1,25	25%	BAJA	2,25	56%	MEDIA	1,25	42%	MEDIA	4,8	40%	MEDIA
	EL TOPO												
	UGSHIA												
ANTONIO ANTE	ANTONIO ANTE	1,25	31%	BAJA	1,25	31%	BAJA	2,25	75%	ALTA	4,8	40%	MEDIA
EUGENIO ESPEJO	EUGENIO ESPEJO	1	20%	BAJA	2,25	56%	MEDIA	2,5	83%	MUY ALTA	5,8	48%	MEDIA
ILUMAN	ILUMAN	2,25	45%	MEDIA	1,25	31%	BAJA	1,25	42%	MEDIA	4,8	40%	MEDIA
KARABUELA	KARABUELA	1,25	25%	BAJA	1,75	44%	MEDIA	1,5	50%	MEDIA	4,5	38%	BAJA
LA BOLSA	LA BOLSA	1,25	25%	BAJA	1,5	38%	BAJA	2,5	83%	MUY ALTA	5,3	44%	MEDIA
MOJANDA YANAHURCO	CALUQUI	0,25	5%	MUY BAJA	1,5	38%	BAJA	2,5	83%	MUY ALTA	4,3	35%	BAJA
SUMAK YAKU	SUMAK YAKU	3,5	70%	ALTA	1	25%	BAJA	1,25	42%	MEDIA	5,8	48%	MEDIA
TABACUNDO	SAN JOSE ALTO	2,75	55%	MEDIA	2,5	63%	ALTA	2,5	83%	MUY ALTA	7,8	65%	ALTA

Fuente: La investigación

La Junta Regional Tabacundo, presenta una condición de vulnerabilidad alta, y el indicador con mayor debilidad es el de la dirigencia como indica el gráfico 6.



Gráfico 6. Vulnerabilidad social por Junta Regional de agua potable Pesillo-Imbabura

Fuente: La investigación

Por otro lado, las Juntas Regionales Mojanda Yanahurco y Karabuela presentan una condición de vulnerabilidad baja (grafico 6 y 7), es decir que la densidad poblacional y la demanda de agua potable está cubierta para la población existente en ambas épocas del año; además tienen una buena organización con asambleas periódicas, no obstante, hay falencias en la dirigencia en cuanto a la instrucción educativa y a la evaluación del desempeño en la dirigencia, pero se destaca que no ha influido para que aumente su condición de vulnerabilidad social.

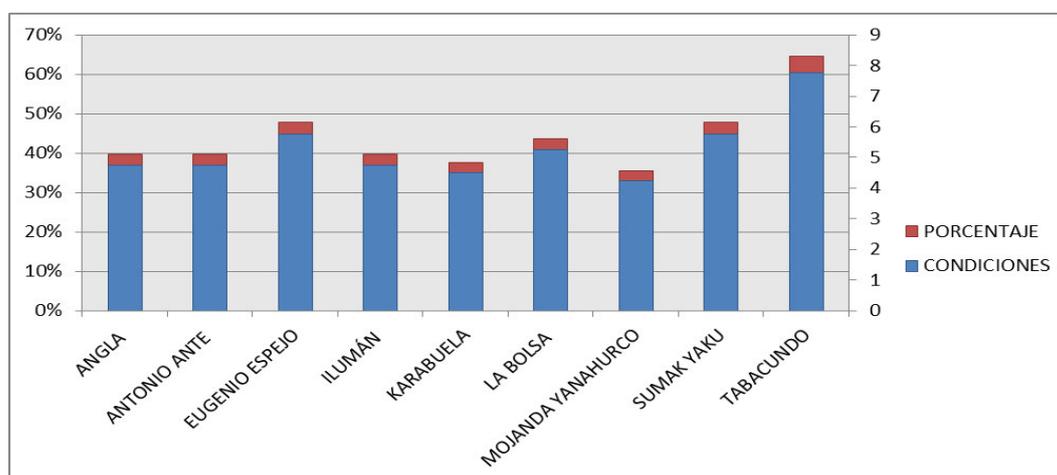


Gráfico 7. Vulnerabilidad social total por Junta Regional de agua potable Pesillo-Imbabura

Fuente: La investigación

De las juntas regionales analizadas, la condición predominante de vulnerabilidad social es la media con un 67% seguida de la baja con un 22%, como lo indica el gráfico 8, por lo tanto se determina que a nivel social en cuanto a organización y dirigencia se refiere son la base para que las personas puedan participar dentro de su comunidad y sean ente activo para lograr intereses en común.

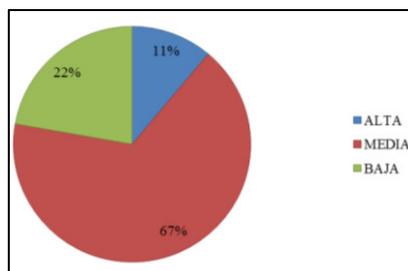


Gráfico 8. Vulnerabilidad social de las Juntas Regionales de agua potable Pesillo-Imbabura

Fuente: La investigación

## CONCLUSIONES

La visualización del mapa con las redes de conducción y distribución además de sus componentes ayuda a identificar las zonas donde es prioritaria la atención, es decir donde existen daños de infraestructura o necesita mantenimiento, que más adelante puede debilitar al sistema; en otras palabras, volverlo más o menos vulnerable.

De los datos analizados para las juntas regionales de agua potable, la vulnerabilidad operativa alta representa un 11%, lo que significa que son sistemas vulnerables, donde los indicadores muestran la falta de organización comunitaria en tareas de operación y mantenimiento, además de graves daños en la infraestructura, mala calidad de agua de consumo y racionamientos prolongados; este es el caso de Tabacundo donde el abastecimiento de agua en época de invierno y verano es de tan solo 9 y 4 horas diarias respectivamente, tiempo insuficiente para suministrar al total de la población.

Por lo que se requiere una inversión de los gobiernos autónomos cantonales para incluir planes, programas y proyectos que busquen la mejora de infraestructuras, con los mismos se estaría trabajando en medidas de adaptación en la implementación de mejoras en la infraestructura de conducción, distribución y tratamiento del sistema de agua potable, de las Juntas regionales estudiadas. El objetivo de esta medida será el aumentar las eficiencias de conducción, distribución y tratamiento del recurso agua, de tal forma que tanto las pérdidas en el sistema como los parámetros de análisis de calidad (Norma INEN 1108) se minimicen, dando como resultado un mayor volumen disponible y de buena calidad para satisfacer las demandas de abastecimiento actual y futura.

Para el análisis de vulnerabilidad física, las juntas regionales Angla, Antonio Ante y Tabacundo, presentan una vulnerabilidad media con el 33% del total, lo que significa que los indicadores muestran un tanto de organización, racionamientos cortos de agua potable, calidad de agua de consumo aceptable; sin embargo encontrarse en este nivel denota que hay aspectos en los cuales mejorar, y por el contrario si la junta no revierte los aspectos vulnerables encontrados por los indicadores su condición puede empeorar y no ser sustentable cuando la población se incremente.

De las juntas regionales analizadas la condición predominante de vulnerabilidad social es la media con un 67% seguida de la baja con un 22%, por lo tanto se determina que a nivel social

en cuanto a organización y dirigencia se refiere son la base para que las personas puedan participar dentro de su comunidad y sean ente activo para lograr intereses en común.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E. (2011). *Gestión Comunitaria De Los Servicios De Agua Y Saneamiento :Su posible aplicación en México*, 72.
- Asociacion Mundial para el Agua - GWP, & Comité de Consejo Tecnico - TAC. (2000). *MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HIDRICOS. TAC BACKGROUND PAPERS, N° 4*.
- Cabrera, H., & Paredes, M. G. P. (2012). *Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura ( FAO , WHO , UNEP , UNU-INWEH , UNW-DPC , IWMI e ICID ) Producción de Aguas Servidas , Tratamiento y Uso en el Ecuador*, 1–9.
- Chamba, C., & Toapanta, V. (2015). *Estudio de los sistemas comunitarios de agua potable existentes en la zona Pesillo-Imbabura.- análisis de las fuentes hídricas, medidas de protección e infraestructura utilizada en el tratamiento de agua para consumo humano*. Universidad Politecnica Salesiana.
- Departamento de Asuntos Economicos y Sociales de las Naciones Unidas (ONU- DAES). (2014). *Decenio Internacional para la acción “El agua fuente de vida” 2005- 2015*. Retrieved from [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_sustainable\\_development.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml)
- Ducci, J., & Cotón, X. (2014). *Marco sectorial para actuación del BID en agua potable y saneamiento rural*.
- Espinoza, F. (2014). *Análisis de la gestión de los recursos hídricos en los sistemas comunitarios de agua potable en el área de influencia del proyecto Pesillo - Imbabura*. Universidad Politecnica Salesiana.
- Guayasamin, S., & Chamba, K. (2015). *Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo – Imbabura*. Universidad Politecnica Salesiana.
- GWP (Global Water Partnership). (2002). *Agua para el siglo XXI: de la visión a la acción*. Estocolmo, Suecia; Buenos Aires, Argentina.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001). *Climate change 2001: mitigation. contribution of Working Group III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. United Kingdom.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001a). *Climate change 2001: mitigation. contribution of Working Group III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. United Kingdom.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Metodología para el análisis de la vulnerabilidad*, 1– 42. Retrieved from <http://www.marn.sv/documentos/ordenamiento-territorial/metodologia-analisis-vulnerabilidad.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (1998). *Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable (OPS/OMS)*. Quito - Ecuador. Retrieved from

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/Mitigaagua/Cd/e/publicaciones/MitSrural/index.html>

PNUD. (2013). El agua devuelve la alegría a comunidades en Ecuador. Retrieved from <http://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/ourwork/democraticgovernance/successstories/el-agua-devuelve-la-alegria-a-comunidades-en-ecuador-.html>

Proaño, J. (2011). *Análisis de Vulnerabilidad del sistema de captación y conducción de agua potable Papallacta del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad Católica del Ecuador.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial*. (J. Serrano, I. Pedroso, O. Pérez, S. Chang, R. Pérez, E. Fonseca, & A. Santiago, Eds.). Cuba.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-21

**Título del trabajo:** Evaluación in vitro de la capacidad bacteriana para remover plomo en aguas residuales sintéticas.

**Autor (es):** Lenin Javier Ramírez Cando, Santiago Paúl Guerra Guevara, Gabriela Alejandra Reinoso Molina

**Ponente (s):** Gabriela Alejandra Reinoso Molina, Santiago Paúl Guerra Guevara

**E-mail:** [gb\\_aj02@hotmail.com](mailto:gb_aj02@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Con la finalidad de mitigar los impactos ambientales ocasionados por diferentes actividades industriales relacionadas con el sector minero, petroquímico, metalúrgico, entre otros, se ha realizado una caracterización *in vitro* de 152 microorganismos entre cepas y consorcios bacterianos. En la fase de aislamiento y bioestimulación las bacterias fueron sometidas a selección en medio de cultivo modificado, en el cual se adicionó concentraciones de 20 y 100 ppm de Pb, obteniendo finalmente cinco cepas que mostraron ser resistentes y/o tolerantes al Pb. La determinación de la capacidad bacteriana de remoción de Pb se experimentó a dos condiciones: incubación a temperatura controlada de 25°C e incubación a temperatura ambiente (entre 5°C y 23°C para la zona sur de Quito en los meses de estudio). La caracterización bioquímica se realizó mediante el Kit Microgen GN-ID A+B, identificándose los siguientes géneros: *Acinetobacter*, *Pseudomona*, *Aeromona* y las especies: *Aeromona hydrophila* y *Photobacterium damsela*, la misma que obtuvo el 99,8% de certeza. En la elaboración de las curvas de cinética de crecimiento bacteriano y remoción de Pb, se utilizó técnicas de turbidimetría y absorción atómica, en donde *Aeromona hydrophila* presentó mayor facilidad de crecimiento a 20 ppm en incubación a temperatura ambiente, mientras que *Pseudomona sp* registró un porcentaje de remoción total de Pb del 96,30% a 100 ppm e incubación a temperatura ambiente. La investigación pretende servir de guía para futuros estudios de manera que pueda ser empleada como una alternativa de remediación más eficiente y económica en relación a las tecnologías de remediación convencionales.

## INTRODUCCIÓN

Los adelantos industriales y tecnológicos de las últimas décadas han ocasionado graves problemas de contaminación ambiental. Según Eróstegui (2009) las principales industrias responsables de la emisión de metales pesados al ambiente son las industrias minera, petroquímica y metalúrgica.

El suelo y el agua se ven afectados principalmente por la industria minera debido a las altas concentraciones de metales como arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, plomo y selenio generados a lo largo de sus actividades (Turcios & García, 2010). La utilización de bacterias para remediar estos ambientes contaminados y la búsqueda de una mejora continua en cada uno de los procesos mineros, son alternativas que reducirían de manera significativa los impactos ocasionados por esta industria.

Por otra parte García, Castells, & Gaya (2012) señalan que la industria petroquímica ha sido considerada como potencialmente peligrosa, debido a los graves riesgos asociados a sus actividades, accidentes de barcos petroleros de gran tonelaje y a los vertidos ocasionados por la limpieza y mantenimiento de sentinas. Entre las consecuencias directas podemos mencionar los daños a la vida marina y a los ecosistemas terrestres, los mismos que repercuten de manera negativa en las actividades económicas de las zonas afectadas (Greenpeace, 2008). En algunos casos los daños ocasionados al ambiente se pueden considerar irreversibles, es decir, cuando el daño cubre grandes extensiones de terreno y la remediación es muy complicada o costosa y afecta de manera considerable a las especies animales y vegetales, llegando inclusive a poner en riesgo su existencia.

Como lo mencionan Bustos, Garzón, & Tamayo (2015) el sector metalúrgico tiene cuatro tipos de contaminación ambiental: emisiones atmosféricas, residuos sólidos, emisiones líquidas y ruidos. La generación de residuos sólidos para Ambuludi & Hoyos (2013) es considerada como la que mayor contaminación produce, debido a que en los diferentes procesos metalúrgicos se generan residuos de metales pesados como plomo, níquel, cobre, zinc, mercurio, arsénico y cadmio, los cuales pueden acumularse en los organismos de seres vivos.

Para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las diferentes actividades industriales se han empleado varias técnicas de biorremediación como: la fitorremediación, que utiliza plantas para concentrar, transferir o destruir contaminantes (Volke & Velasco, 2002), tal es el caso de *Eichhornia crassipes*, una planta acuática perenne ampliamente estudiada para ser empleada en fitorremediación ex situ, principalmente como herramienta para la limpieza efectiva de efluentes contaminados con metales pesados, plaguicidas y colorantes vertidos por varias industrias (Guevara & Ramírez, 2015); otra de las técnicas empleadas para recuperar y limpiar estos ambientes contaminados es la remediación con bacterias, la misma que según Sánchez & Rodríguez (2010) es considerada como una tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos, específicamente su capacidad para degradar total o parcialmente una amplia gama de compuestos.

Algunos géneros de bacterias como *Pseudomona*, *Xanthomonas*, *Ferroxidans*, *Ralstonia*, *Acidobacillus* presentan capacidad como agentes biorremediantes, ya que éstas son capaces de extraer metales de sustratos sólidos, ser utilizadas como bioabsorbentes para la recuperación de metales y para el tratamiento de efluentes industriales (Suárez & Reyes, 2002; Torres, 2003). La capacidad del género *Pseudomona* para degradar compuestos tóxicos según Torres (2003) depende del tiempo de contacto con el compuesto, las condiciones ambientales y su versatilidad fisiológica, siendo considerado como uno de los géneros más eficientes al momento de degradar contaminantes.

Las características que debe tener un microorganismo para ser considerado útil a nivel industrial son producir la sustancia de interés, estar disponible en cultivo puro, debe ser genéticamente estable, crecer en cultivos a gran escala, crecer rápidamente y producir el producto deseado en cortos periodos de tiempo, crecer en un medio de cultivo barato y disponible en grandes cantidades y no debe ser patógeno (Morales, 2012).

Existen múltiples aplicaciones industriales de las bacterias, como explican Castillo & Barragán (2011) en la industria alimentaria algunas bacterias lácticas: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Pediococcus*, *Streptococcus* y *Leuconostoc*, pueden preservar y conservar las características organolépticas de los alimentos (Ramírez, Ulloa, Velázquez, Ulloa, & Arce, 2011); en el caso de la industria farmacéutica los géneros: *Streptomyces*, *Bacillus*, *Streptomyces*, se puede incorporar a principios activos para originar nuevos medicamentos y antibióticos; en la industria de plásticos y papel se desea mejorar los productos, procesos y crear nuevas tecnologías amigables con el ambiente, por ejemplo *Alcaligenes* puede ser utilizada en la fabricación de bioplásticos; en la depuración de aguas residuales en fangos activados son de gran utilidad las bacterias aerobias y finalmente en la biodegradación de xenobióticos las *Pseudomonas* son empleadas en la biodegradación de hidrocarburos y algunos metales pesados.

Una de las principales ventajas de la biorremediación como lo explican Sánchez & Rodríguez (2010, pág. 12) se debe a que “esta tecnología utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples y poco o nada contaminantes”, adicionalmente González (2011) explica que la biorremediación también se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas con el uso de recursos económicos más bajos que otras técnicas convencionales.

Como lo describe Safont (2012, pág. 7) otra de las ventajas de la biorremediación “es que es una tecnología poco intrusiva en el medio ambiente y generalmente no requiere componentes estructurales o mecánicos dignos de destacar”.

“Los costos de biorremediación se encuentran entre 100 y 250 USD/m<sup>3</sup>, mientras que las tecnologías convencionales, como la incineración o rellenos sanitarios seguros pueden costar entre 250 y 1000 USD/m<sup>3</sup>” (Volke, 2012). Debido a esto la biorremediación se convierte en una alternativa muy viable y eficaz, ya que algunos microorganismos son capaces de tolerar y degradar compuestos de gran toxicidad a bajo costo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Aislamiento y bioestimulación de bacterias**

Las muestras de agua residual fueron obtenidas de los diferentes efluentes de las industrias mineras, petroquímicas y metalúrgicas ubicadas en la región costa del Ecuador utilizando el método de muestreo aleatorio simple.

Para la bioestimulación se preparó medio de cultivo Agar Cetrimida DIFCO™ y se añadió 15 ml de estándar de plomo de 1000 ppm equivalente a 20 ppm de plomo; posteriormente se inoculó 0,1 y 1 ml de cada muestra en cajas petri previamente esterilizadas utilizando la técnica de siembra por inmersión y se incubaron por 48 horas a 25° C en incubadora Memmert SNB-400. A continuación se revisó y contabilizó las unidades formadoras de colonias (UFC) y se separó las colonias que presentaron diferentes morfologías, el aislamiento bacteriano se

realizó mediante siembra repetitiva de colonias obtenidas con la técnica de agotamiento por estrías en placa de agar Cetrimida hasta llegar a obtener cajas con morfología uniforme.

### **Caracterización bioquímica de bacterias**

El inóculo se preparó con el kit de caracterización bioquímica The Microgen GN-ID A + B System y se procedió según el manual del usuario.

### **Selección de las cepas bacterianas resistentes a altas concentraciones de Plomo**

Para la selección de las cepas bacterianas se preparó medio de cultivo basado en el procedimiento establecido por Ramírez & Coba (2012), como se detalla a continuación: 1 g de sulfato de sodio, 4 g de extracto de levadura, 5 g de sacarosa y 20 ppm de Pb aforados a 1 litro y se dispensó 300 ml en cada matraz. El mismo procedimiento se lo realizó para la concentración de 100 ppm de Pb. Posteriormente se inoculó cada cepa bacteriana en el medio de cultivo y se incubó a 22 °C durante 72 horas.

### **Análisis de la cinética de crecimiento bacteriano**

Se consideró como factores ambientales: viabilidad de crecimiento, temperatura, pH y como factor independiente la concentración de plomo. El inóculo se preparó con las bacterias aisladas presentes en las muestras obtenidas en los efluentes de agua residual, sin embargo, el experimento se realizó con aquellas bacterias que lograron adaptarse a concentraciones de 20 y 100 ppm de Pb.

Se preparó el medio de cultivo líquido establecido por Ramírez & Coba (2012), se añadió 15 ml de estándar de plomo de 1000 ppm que equivalen a 20 ppm de Pb, para la segunda concentración se añadió 0,184 g de acetato de plomo que equivalen a 100 ppm de Pb. A continuación, se dispensó 300 ml de medio líquido en cada uno de los matraces con las cepas seleccionadas anteriormente.

### **Elaboración de la curva de calibración**

Para la elaboración de la curva de calibración se preparó los estándares McFarland del modo que se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Preparación de estándares McFarland

Estándar No.	Curva de calibración		
	Ac. Sulfúrico (0.1%) (ml)	Cloruro de Bario (ml)	Equivalente en UFC/ml ( $\times 10^8$ )
1	9.9	0.1	3
2	9.7	0.3	9
3	9.5	0.5	15
4	9.3	0.7	21
5	9	1	30

Nota: Adaptado de Servicios Antimicrobianos por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

Una vez preparados los estándares McFarland se tomaron las lecturas por triplicado de cada uno de los estándares y el blanco (agua destilada) con el turbidímetro Lovibond Water Testing TB 210 IR. Con esos datos se pudo obtener la ecuación que define el crecimiento bacteriano.

## Determinación de la curva de crecimiento

Para determinar la curva de crecimiento se inoculó las cepas bacterianas en los matraces, homogenizándolas con una agitación moderada, para luego ser incubados en dos bloques, incubación a temperatura ambiente e incubación a temperatura controlada (25 °C), la primera medición se realizó luego de 4 horas de iniciada la incubación. Para realizar la medición se tomó una alícuota del medio de cultivo previamente agitado, y se tomaron las lecturas con el turbidímetro ajustado a 860 nm.

Luego se midió consecutivamente la absorbancia de cada medio de cultivo inoculado en intervalos de 2 horas, hasta obtener lecturas constantes de absorbancia en los medios de cultivo.

## Determinación de la curva de remoción

Para determinar la curva de remoción se preparó medio de cultivo a 20 ppm y a 100 ppm de Pb como se indica en el apartado 2.4, se sembró las cepas seleccionadas con anterioridad en matraces por duplicado, y se tomaron mediciones de pH, temperatura y turbidez cada dos horas durante 4 días.

## Tratamiento estadístico de datos

En el análisis de los resultados se utilizó diferentes pruebas estadísticas, entre ellas, el coeficiente de correlación de Pearson, que permitió determinar el grado de relación existente entre la linealización de la curva de crecimiento y las variables: tiempo, temperatura interna del cultivo (TEMP), pH y concentraciones de plomo.

Para conocer si los datos siguieron una distribución normal (datos de pH y temperatura interna del cultivo) se utilizó la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, si el resultado de esta prueba era normal se aplicó la prueba estadística t-Student (varianzas iguales), la misma que nos permitió determinar si existe o no una diferencia en promedio de los datos analizados; y si el resultado no era normal se aplicó la prueba U de Mann Whitney para comprobar si el comportamiento de las dos variables era diferente.

## Diagrama de flujo

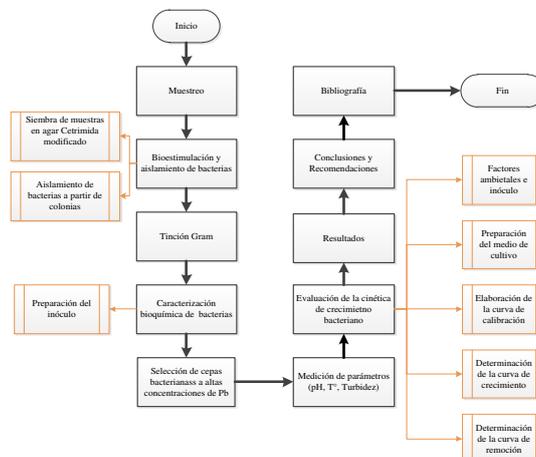


Figura 1. Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizó un total de 152 microorganismos entre cepas y consorcios bacterianos; como se indica en la Tabla 2, seis cepas resultaron resistentes y/o tolerantes a las concentraciones de Pb ensayadas y seis cepas resultaron sensibles, es decir, que la proporción de bacterias aisladas resistentes es de un 50% y un 3.9% de bacterias resistentes con respecto al total de las colonias analizadas. Para realizar el experimento se seleccionaron cuatro cepas (2.63%) en función de su desempeño y de las características macro y microscópicas.

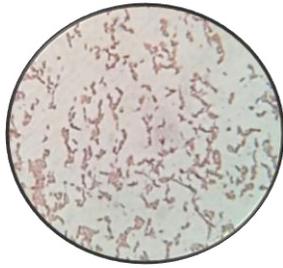
Tabla 2. Aislamiento y bioestimulación de bacterias

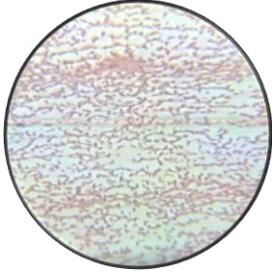
Microorganismos	Cantidad	Resistentes	Sensibles	Proporción	Resis. Total
Bacterias aisladas	12	6	6	50,0%	3,9%
Consortios	140	37	103	26,4%	24,3%
Total	152	43	109		

Nota: Elaborado por S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

En la Tabla 3 se muestra la identificación de las bacterias tras los análisis de las pruebas bioquímicas, si el resultado en el porcentaje de certeza es 95% o superior quiere decir que existe una buena aproximación a la especie, caso contrario, existe una aproximación al género. Los resultados indicaron que únicamente *Photobacterium damsela* tuvo el 99.8% de certeza, es decir, existe gran aproximación a la especie, mientras que las otras tres cepas analizadas mostraron porcentajes inferiores al 95%, mostrando una buena aproximación al género.

Tabla 3. Identificación de las cepas bacterianas

Cepas	Identificación	Porcentaje de certeza	Fotografía microscópica	Aplicación en Biorremediación
CdM201	<i>Acinetobacter sp</i>	50,70%		Degradan hidrocarburos y fracciones de alcanos
Re04Pb2(1)A	<i>Photobacterium damsela</i>	99,80%		No se encontraron aplicaciones en biorremediación

LPS01Cr1	<i>Pseudomona sp</i>	64,50%		Degradan n-hexadecano, hidrocarburos aromáticos y pireno y mineraliza compuestos alifáticos
LPS01Pb1(2)A	<i>Aeromona sp</i>	64,50%		No se encontraron aplicaciones en biorremediación

Nota: Las aplicaciones en biorremediación han sido obtenidas de la investigación: Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo (Soto, Gutiérrez, Rey León, & González, 2010) y Potential of *Pseudomonas sp.* JH 51-2 to stabilize lead in mining site soil (Jaehong, Patrick, Ik-Boo, Byung, & Min, 2015).  
Elaborado por S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

### Análisis de la cinética de crecimiento bacteriano

En la figura 2 se muestra las curvas de crecimiento bacteriano de las cuatro cepas experimentadas en incubación a temperatura controlada (25°C) e incubación a temperatura ambiente con una concentración de 20 ppm de Pb, en la figura 3 se muestra el crecimiento bacteriano a 100 ppm bajo las mismas condiciones de temperatura de incubación. Al realizar un análisis comparativo entre las cuatro cepas se determinó que *Pseudomona sp* presentó los valores más altos respecto a la capacidad de crecimiento a una concentración de 20 ppm a temperatura de incubación ambiente.

### Crecimiento bacteriano a 20 ppm de Pb

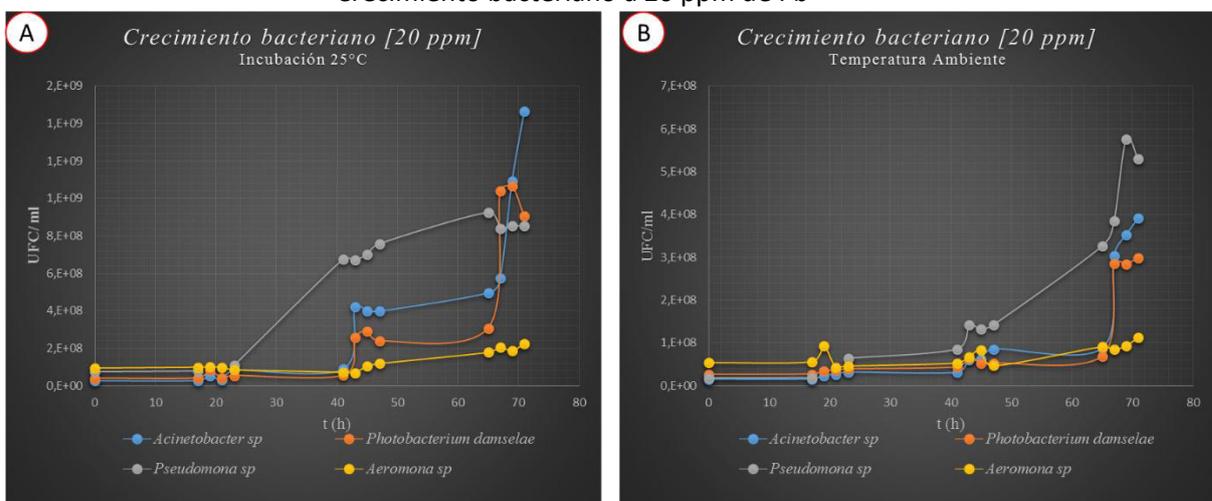


Figura 2. A indica el crecimiento bacteriano a 20 ppm de Pb en incubación a temperatura controlada de 25°C, B indica el crecimiento bacteriano a 20 ppm de Pb en incubación a temperatura ambiente. Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016.

### Crecimiento bacteriano a 100 ppm de Pb

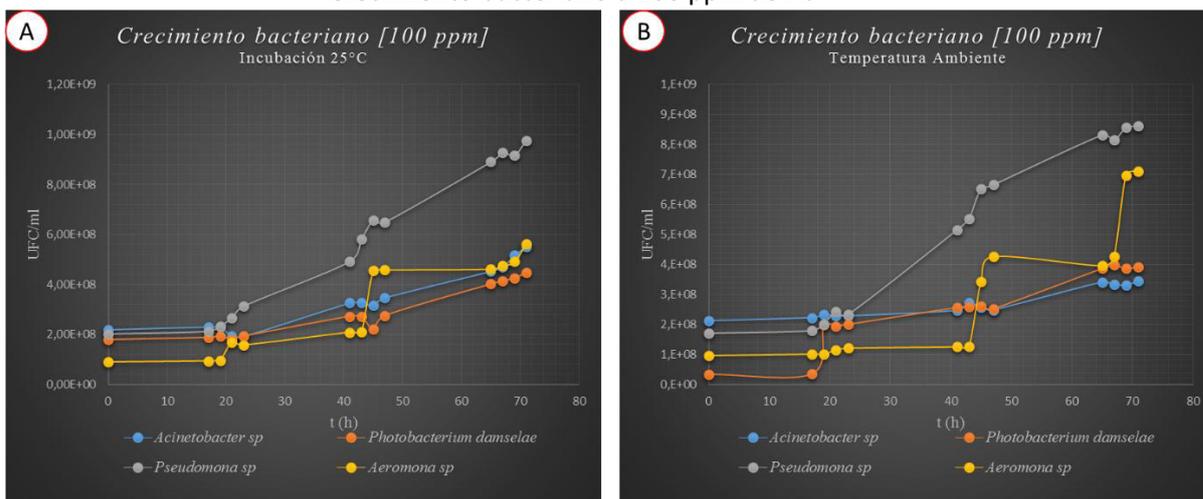


Figura 3. A indica el crecimiento bacteriano a 100 ppm de Pb en incubación a temperatura controlada de 25°C, B indica el crecimiento bacteriano a 100 ppm de Pb en incubación a temperatura ambiente. Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016.

Como se muestra en la Tabla 4, la cepa bacteriana *Pseudomona sp* obtuvo la mayor velocidad de crecimiento ( $K = 6,60E-2$ ) en un menor tiempo de generación ( $g=1,52E+01$ ) y el segundo número de generaciones ( $n = 4,68$ ) más alto, después de *Acinetobacter sp*. Este resultado corrobora lo expresado por Jaehong y colaboradores (2015), quienes afirman que *Pseudomona sp* muestra una alta tolerancia y facilidad de crecimiento a 200 ppm de Pb.

Tabla 4. Cinética de crecimiento bacteriano a 20 y 100 ppm

Resumen de crecimiento bacteriano						
Cepa		<i>Acinetobacter sp</i>	<i>Photobacterium damsela</i>	<i>Pseudomona sp</i>	<i>Aeromona sp</i>	
20 ppm	25°C	K	6,06E-02	4,86E-02	4,87E-02	3,29E-02
		g	1,65F+01	2,06E+01	2,05E+01	3,04E+01
		n	5,46	4,37	3,46	2,99
	Ambiente	K	5,64E-02	4,06E-02	6,60E-02	1,64E-02
		g	1,77+01	2,46E+01	1,52E+01	6,11E+01
		n	5,08	3,66	4,68	1,49
100 ppm	25°C	K	2,19E-02	4,78E-02	3,57E-02	2,92E-02
		g	4,57E+01	2,09E+01	2,80E+01	3,42E+01
		n	1,95	4,25	2,53	2,66
	Ambiente	K	1,55E-02	4,71E-02	2,29E-02	3,17E-02
		g	6,46E+01	2,13E+01	4,37E+01	3,16E+01
		n	1,38	4,19	1,63	2,88

Nota: Los círculos en azul indican los valores máximos del número de generaciones (n), la mayor velocidad de crecimiento (k) y el tiempo de generación más bajo (g).

Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

En la Figura 4 se muestra las curvas de remoción de Pb de las cepas experimentadas en incubación a temperatura controlada (25°C) e incubación a temperatura ambiente con una concentración de 20 ppm de Pb, del mismo modo en la Figura 5 se muestra la remoción de Pb a 100 ppm bajo las mismas condiciones de temperatura de incubación.

### Remoción de Plomo a 20 ppm

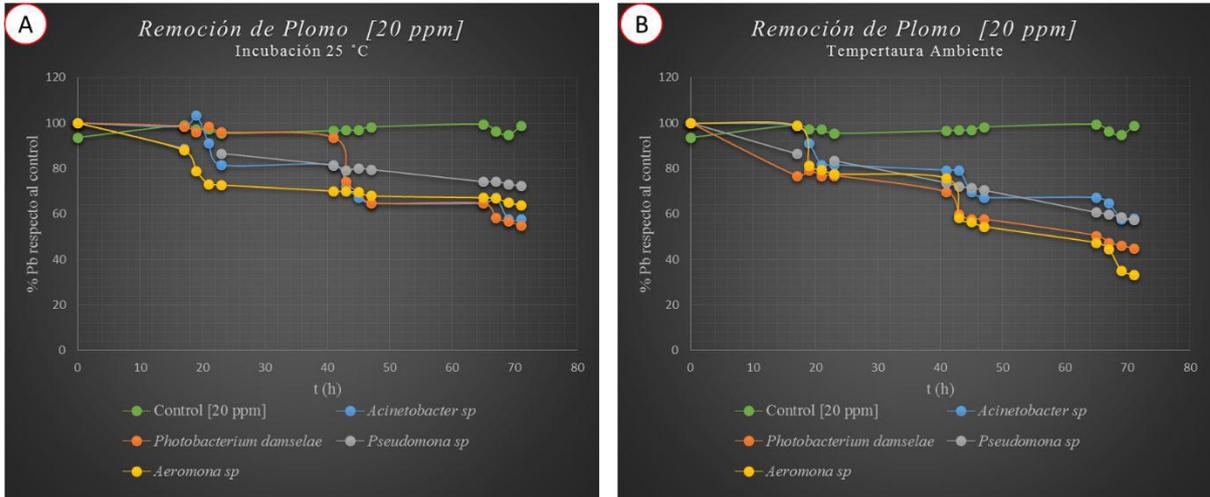


Figura 4. A indica la remoción de Pb a 20 ppm en incubación a temperatura controlada de 25°C, B indica la remoción de Pb a 20 ppm en incubación a temperatura ambiente. Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

### Remoción de Plomo a 100 ppm

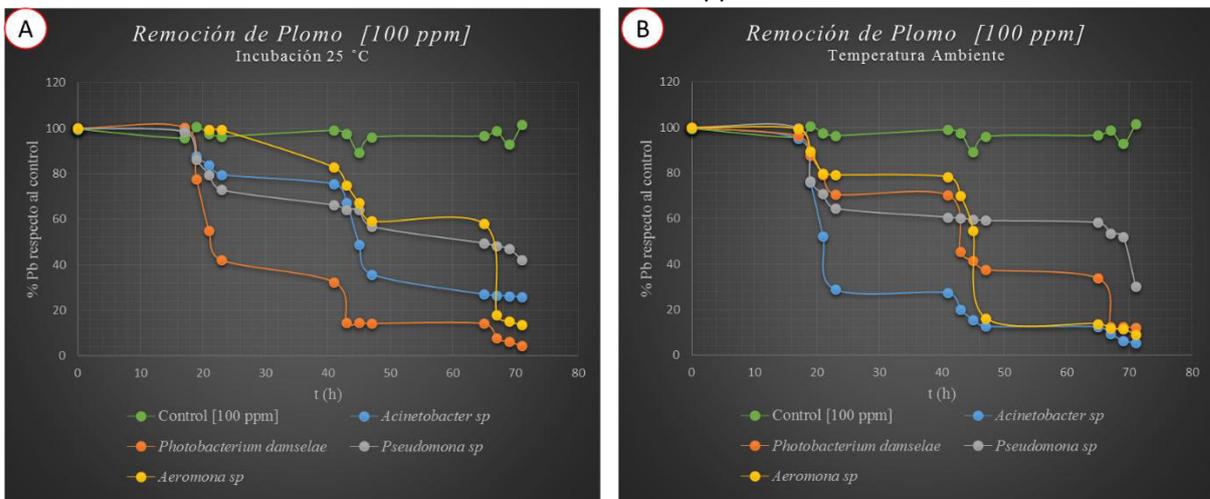


Figura 5. A indica la remoción de Pb a 20 ppm en incubación a temperatura controlada de 25°C, B indica la remoción de Pb a 20 ppm en incubación a temperatura ambiente. Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

Los resultados obtenidos al evaluar la capacidad bacteriana de remoción mostrados en la Tabla 5, indicaron que *Pseudomona sp* presentó el porcentaje de remoción de Pb más alto (96.30%) a 100 ppm e incubación a temperatura ambiente. En su estudio Jaehong y colaboradores (2015), determinaron que las bacterias del género *Pseudomona sp* lograron remover hasta un 87% de Pb a una concentración de 100 ppm, y además mostró una tolerancia de hasta 400 ppm alcanzando un 61% de remoción. Con los resultados precedentes se pudo comprobar lo mencionado por Torres (2003), quien afirma que el género *Pseudomona* es considerado como una de las bacterias más eficientes en la degradación de compuestos tóxicos y la remoción de metales pesados.

Tabla 5. Capacidad de remoción de Pb a 20 y 100 ppm

Cepa	Resumen de remoción de Pb							
	20 ppm				100 ppm			
	% Remoción		Concentración		% Remoción		Concentración	
	25°C	Ambiente	25°C	Ambiente	25°C	Ambiente	25°C	Ambiente
<i>Acinetobacter sp</i>	42,40%	41,90%	12,00	12,10	74,09%	94,57%	26,45	5,54
<i>Photobacterium damsela</i>	44,90%	88,50%	44,80	9,32	95,45%	87,82%	4,65	12,44
<i>Pseudomona sp</i>	52,00%	52,00%	10,00	10,00	44,47%	96,30%	56,70	4,05
<i>Aeromona sp</i>	35,00%	64,90%	13,50	7,31	86,29%	88,29%	14,00	11,96

Nota: El círculo en amarillo muestra el mayor porcentaje de remoción de las cinco bacterias ensayadas. Elaborado por: S. Guerra, L. Ramírez y G. Reinoso, 2016

El valor más alto de remoción de Pb para el caso de *Pseudomona sp* se obtuvo en un rango de pH que varió de fuertemente ácido a ligeramente ácido (4,2-6,1), el mismo que fue registrado a 100 ppm en incubación a temperatura ambiente que varió de 18 a 23 °C, esto concuerda con los resultados obtenidos en su estudio por Tur y colaboradores (2013), quienes lograron determinar que el mayor porcentaje eficiencia de remoción de Pb fue del 97,4% a pH 5,2 a una temperatura ambiente de 32°C.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se analizó un total de 152 colonias bacterianas, en la fase de aislamiento y bioestimulación se seleccionaron 12 cepas morfológicamente diferentes, de las cuales seis cepas lograron adaptarse al medio de cultivo con Pb, presentando resistencia y/o tolerancia a las diferentes concentraciones experimentadas.

En los resultados de las pruebas bioquímicas del Kit Microgen GN-ID A+B para la identificación de bacterias resistentes al Pb, se pudo identificar los géneros: *Acinetobacter*, *Pseudomona*, *Aeromona* y la especie *Photobacterium damsela*, que obtuvo el 99,8% de certeza, es decir, que presenta una gran aproximación a la especie, mientras que las otras tres cepas analizadas muestran una buena aproximación al género.

En el análisis de la cinética de crecimiento bacteriano se determinó que *Pseudomona sp* presentó una mayor facilidad de crecimiento a una concentración de 20 ppm a temperatura de incubación ambiente, debido a su mayor velocidad de crecimiento en un tiempo de generación menor.

En el análisis de la curva de remoción de Pb, *Pseudomona sp* registró un porcentaje de remoción del 96,30% a una concentración de 100 ppm e incubación a temperatura ambiente, siendo este valor el más alto de las cuatro cepas experimentadas, es por esta razón que este género ha sido considerado como uno de los más eficientes en la degradación de compuestos tóxicos y metales pesados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ambuludi, A., & Hoyos, A. (2013). *Necesidad de reformar el Art. 11 de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental acerca de la responsabilidad por daños ambientales*. Universidad Nacional de Loja. Retrieved from [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/808/1/TESIS\\_FINAL.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/808/1/TESIS_FINAL.pdf)
- Bustos, A., & Garzón, K. (2015). *Aplicación de Indicadores de Gestión Ambiental para medir la contaminación por emisiones a la atmósfera y residuos sólidos generados por las empresas del sector de la industria metalúrgica en el DMQ en el periodo 2012-2013*. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9814/1/QT07773.pdf>
- Castillo, L., & Barragán, B. (2011). Aplicaciones biotecnológicas de microorganismos halófilos. *Revista Sistemas Ambientales*, 4(2), 45–54. Retrieved from <http://servicios.encb.ipn.mx/revistaaisa/Vol. 4 No. 2/Aplicaciones Biotecnológicas de Microorganismos Halófilos.pdf>
- Eróstegui Revilla, C. P. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45–46.
- García, J., Castells, X. E., & Gaya, J. (2012). *Impactos Ambientales y Energía* (Días de Sa). Madrid.
- González, E. (2011). Concepto y estrategias de biorremediación, 20–29. Retrieved from [csifesvr.uan.edu.co/index.php/ingean/article/download/96/PDF](http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/ingean/article/download/96/PDF)
- Greenpeace. (2008). *Informe de Contaminación en España*. Barcelona. Retrieved from <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/contaminacion-en-espa-a.pdf>
- Guevara, M. F., & Ramírez, L. J. (2015). *Eichhornia crassipes*, su invasividad y potencial fitorremediador. *Revista de Ciencias de La Vida: La Granja*, 22(2), 5–11. Retrieved from <http://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.01>
- Jaehong, S., Patrick, J. S., Ik-Boo, J., Byung, T. O., & Min, C. (2015). Potential of *Pseudomonas* sp. JH 51-2 to stabilize lead in mining site soil, 36(May), 537–542.
- Morales, B. (2012). Microorganismos en la Industria.
- Ramírez, J. C., Ulloa, P., Velázquez, M., Ulloa, J., & Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, Año 2(7), 16. Retrieved from [http://www.hablemosclaro.org/repositorio/biblioteca/b\\_305\\_bacterias\\_lacticas\\_importancia\\_en\\_alimentos.pdf](http://www.hablemosclaro.org/repositorio/biblioteca/b_305_bacterias_lacticas_importancia_en_alimentos.pdf)
- Ramírez, L., & Coba, P. (2012). *Aislamiento, caracterización y conservación de bacterias no entéricas con capacidad de adaptación en altas concentraciones de plata, presentes en una laguna de sedimentación de la planta minera del sector el Pache-Portovelo-El Oro*. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6630/1/UPS-QT04656.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6630/1/UPS-QT04656.pdf)
- Safont, B. (2012). Biodegradación de fenol en un reactor en régimen de spouted bed con

partículas de  $\beta$ -ciclodextrina, 362.

- Sánchez, J., & Rodríguez, J. (2010). Fundamentos y Aspectos Microbiológicos: Biorremediación. *Universidad de Oviedo, 1*, 12–16.
- Soto, C., Gutiérrez, S., Rey León, A., & González, E. (2010). Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo. *Nova*, 195–205. Retrieved from [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/NOVA14\\_ARTORIG6.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA14_ARTORIG6.pdf)
- Suárez, P., & Reyes, R. (2002). LA INCORPORACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS BACTERIAS Y SU IMPORTANCIA PARA EL AMBIENTE. *Interciencia, 27*, 160–164. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33906702>
- Torres, D. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. *Ecosistemas Revista Científica Y Técnica de Ecología Y Medio Ambiente, XII(2)*, 1–5. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/540/54012219.pdf>
- Turcios, J., & García, G. (2010). *Determinación cuantitativa de arsénico, cobre, plomo y cadmio en (Brasica oleracea) brócoli que se cultiva en la parcela de San José. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2876.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2876.pdf)
- Tur, E., Orbera, T., Álvarez, Y., & Pérez, R. (2013). Bioadsorción de plomo (II) por biomasa microbiana seca: Efectos del pH. *Revista Cubana de Química, XXV(li)*, 75–81. Retrieved from [https://www.researchgate.net/.../278028590\\_Bioadsorcion\\_de\\_plomo\\_II\\_p...](https://www.researchgate.net/.../278028590_Bioadsorcion_de_plomo_II_p...)
- Volke, T. (2002). Biorremediación de suelos contaminados. *Centro Nacional De Investigación Y Capacitación Ambiental, 25–39*. Retrieved from [http://www.smbb.com.mx/revista/Revista\\_2002\\_1/biorremediacion.pdf](http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2002_1/biorremediacion.pdf)



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-22

**Título del trabajo:** Riesgo a inundaciones por efecto del cambio climático y fenómeno de El Niño en Machala.

**Autor (es):** Roberto Andrés Reisancho Puetate, Sheila Serrano Vincenti

**Ponente (s):** Roberto Andrés Reisancho Puetate

**E-mail:** [andx\\_uio\\_90@ups.edu.ec](mailto:andx_uio_90@ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El presente trabajo busca estimar los riesgos climáticos relacionados a inundaciones debido a los efectos del cambio climático y el Fenómeno del Niño ENSO sobre la ciudad de Machala y sus alrededores. Para el efecto se han estudiado 7 estaciones meteorológicas del INAMHI en los alrededores de la ciudad, dos de las cuales tenían datos diarios con series temporales con más de 30 años. Las variables estudiadas corresponden a datos de precipitación y temperaturas máximas y mínimas analizadas con el programa R-climdex, conjugadas con los datos de los reportes de inundaciones de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos SNGR y el Índice del Fenómeno del Niño ONI. Los resultados muestran que Machala es una ciudad en riesgo ante inundaciones en la que los eventos extremos de precipitación están en aumento, tanto en intensidad como en frecuencia, lo cual es congruente con el fenómeno de cambio climático. Además se encontró que los eventos de inundación están directamente relacionados con la aparición de ENSO. En lo que se refiera a la temperatura, se encontró que tanto los valores extremos de temperaturas máximas y mínimas están en aumento, una evidencia más de que el cambio climático afecta la mencionada ciudad.

**Palabras claves:** Machala, cambio climático, R-climdex, ENSO, inundaciones

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización Meteorológica Mundial OMM (2012), un proceso de inundación se refiere al desbordamiento del agua fuera de los confines normales de una masa de agua o a la acumulación de agua que normalmente no se encuentra anegadas o en un encharcamiento controlado para riego. Generalmente es ocasionada por la precipitación (lluvia, nieve o granizo), oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica (CENAPRED, 2009). En la zona costera de Ecuador, las inundaciones se originan principalmente por precipitaciones (SNGR, 2012), aunque se suma el efecto de las mareas altas e incremento de caudales (generalmente ocasionado por lluvias en las zonas altas); aunque también existen causas antrópicas como: roturas de cañerías u otros problemas de infraestructura.

Generalmente las inundaciones afectan a las comunidades ubicadas en zonas bajas, y con falta de cobertura vegetal, suelos con cobertura asfáltica lo que impide la infiltración de agua en el suelo, la tala de bosques, fallas en obras hidráulicas y la ubicación de centros poblados en las orillas de ríos. Éste es justamente el caso de varias ciudades de la costa ecuatoriana como Guayaquil, Machala y Babahoyo, donde la topografía plana de estas ciudades ocasiona que toda actividad de desagüe sea lenta y poco eficiente (CEPAL-BID, 2000).

En esta investigación se presenta una investigación de la relación entre las precipitaciones lluviosas intensas y cómo afectan a los procesos de inundación. Por otro lado, cabe indicar que existen dos fuentes naturales que propician las precipitaciones intensas Cambio Climático y el Fenómeno del Niño, también conocido como ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*)

### Precipitaciones intensas y cambio climático

Según el Panel Intergubernamental de Expertos frente al Cambio Climático (IPCC, 1996), el Cambio Climático ocasiona un incremento en frecuencia e intensidad de eventos extremos tanto de precipitación (inundaciones, deslizamientos, huracanes y ciclones), como de temperatura (olas de frío y calor), tal como se muestra en la Tabla 13.

Al parecer, el incremento de temperatura generalizado debido a la acumulación de gases de efecto invernadero hace que exista más vapor de agua disponible en la atmósfera, al ser éste el combustible de las precipitaciones y tormentas, existe más posibilidad de que su acumulación se libere abruptamente a través de eventos extremos de precipitaciones (Serrano Vinenti, Vásquez, Jácome, & Basile, 2014). De esta manera, se evidencia que el cambio climático actúa como una especie de “disparador de eventos extremos” sobre todo de lluvia, que son la principal causa de inundaciones reportadas y el objetivo de este estudio.

Fuente	INSTITUCION	DESCRIPCION
Análisis estadístico con f-climdex para ecuador informe final (Muñoz, y otros, 2010)	NAMHI-MAE	Se espera que el aumento de temperatura, sequías e inundaciones recurrentes, derretimiento de glaciares y una intensificación y variación de los patrones de precipitación.
The Rising Cost of Natural Hazards (Riebeek, 2005)	NASA EARTH OBSERVATORY	El cambio climático puede provocar un aumento en la frecuencia y/o intensidad de eventos climáticos extremos como son las sequías

		severas y precipitaciones intensas
Climate Change 1995 The Science of Climate Change (IPCC, 1996).	IPCC	El calentamiento acelera el secado de la superficie del suelo y se incrementa la posibilidad y severidad de las sequías, afectando con ello a las fuentes de agua y creando condiciones propicias para incendios forestales
Cambio climático: impactos regionales (UCAR, 2012)	University Corporation for Atmospheric Research (UCAR)	Los cambios de ecosistemas marinos afectaran a la industria pesquera comercial, olas de calor que afectarán a la salud pública, aumento en la erosión costera y pérdida de litorales debido al aumento en el nivel del mar, disminución de las fuentes de agua dulce

Tabla 13. Descripción de los efectos de cambio climático

En cuanto al manejo de los datos, debido a que se estudian eventos extremos que están localizados en lapsos cortos de tiempo (horas o minutos) y de espacio (decenas de kilómetros cuadrados), se utilizan sobretodo datos de eventos extremos que puedan afectar a las áreas de estudio; así, se requieren datos diarios ya que al obtener información con menor resolución, se perdería la verdadera magnitud y ubicación temporal del fenómeno.

### **El fenómeno de El Niño y las precipitaciones intensas**

El fenómeno de El Niño o ENSO (por sus siglas en inglés, *El Niño Southern Oscillation*) ha sido monitoreado desde tiempos remotos, lleva este nombre ya que sus efectos por lo general comienzan a manifestarse en las festividades de Navidad. En 1923, Sir Gilbert Thomas Walker describió por primera vez la circulación a gran escala que bautizó como ENSO (NOAA, 2015).

El término El Niño se refiere al fenómeno océano atmosférico climático a gran escala vinculado a los cambios periódicos en los patrones de viento, y a un calentamiento cuasi-periódico de las temperaturas de la superficie marina a través del Océano Pacífico ecuatorial central y Este central (conocida como zona 3.4). El niño representa la fase de calentamiento el mismo que se refiere como un episodio cálido del Pacífico (Ver Figura 1). Al existir una pequeña variación de temperatura de + 0,5°C grados en la temperatura superficial del mar en la zona 3.4, sobre una media móvil trimestral. La gran cantidad de vapor disponible por el incremento de temperatura, genera las condiciones propicias para un incremento de precipitaciones en las costas de América, especialmente en la zona ecuatorial.

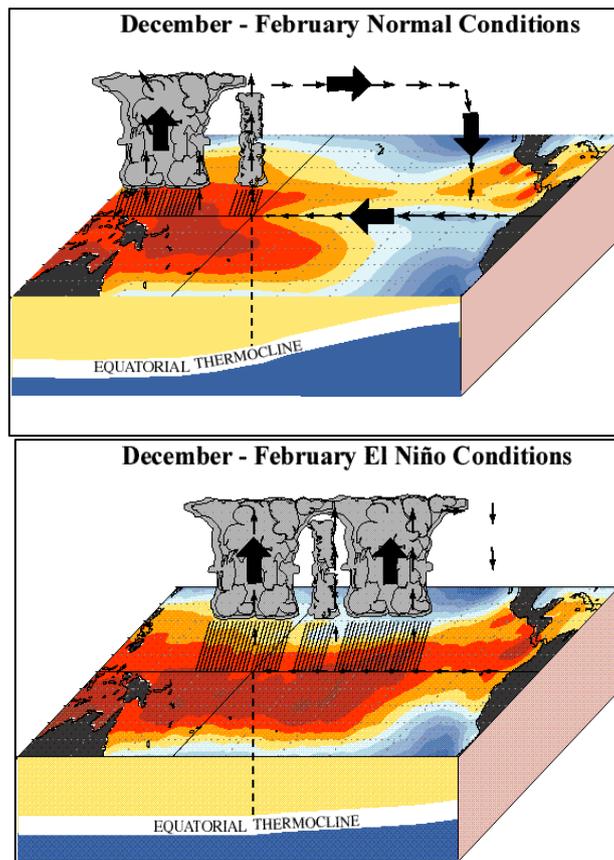


Figura 1. Comportamiento del viento y del mar en condiciones normales (izq.) y en presencia de El Niño (der.)  
Fuente: NOAA (2015)

Sin embargo, cabe indicar, que ENSO comprende también una fase de enfriamiento de la superficie del mar, conocido como La Niña en la cual se experimenta un descenso en la temperatura de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  sobre la media móvil. Estas temperaturas bajas, se asocian con un descenso de las precipitaciones, que ocurren inmediatamente después de El Niño, ubicadas en las mismas costas americanas ecuatoriales.

### El índice del Fenómeno del Niño ONI

El *Oceanic Niño Index* (ONI) disponible a través de la web de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), es un indicador de la presencia del Fenómeno del Niño y La Niña. Se calcula tomando como base para el estudio 30 años calculando las anomalías de temperatura por períodos sucesivos de 5 años en el registro histórico los mismos que se toman como datos base para calcular la desviación de la media móvil que es recalculada cada tres meses. El cálculo de estas desviaciones medias permite clasificar los eventos de El Niño (cuando las anomalías de temperatura superan los  $+0.5^{\circ}\text{C}$ ) o de La Niña (cuando las anomalías están por debajo de los  $-0.5^{\circ}\text{C}$ ) (NOAA, 2015), como se muestra en la Figura 2.

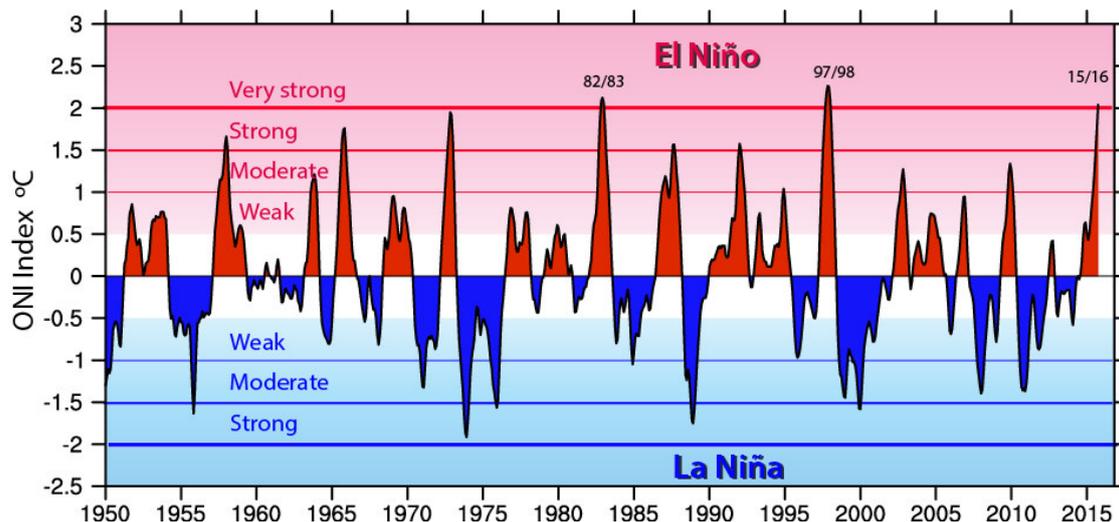


Figura 2. El Índice Oceánico del Niño (ONI) muestra en rojo las anomalías calientes y en azul las anomalías frías, de temperaturas en la superficie del mar en el Océano Pacífico tropical central. Fuente: UCAR (2016)

### El Niño en Machala

La presencia del fenómeno El Niño en los años de 1997-1998 fue la más alta registrada siendo de este periodo en la que se ha recopilado mayor cantidad de información y al tener una duración aproximada de 19 meses sus consecuencias fueron más fuertes. En relación a la temperatura del año mencionado se dio un incremento progresivo alcanzando 1°C en la mayoría de estaciones de la costa y 2°C en Machala hasta alcanzar una temperatura máxima en el mes de julio de 4,72°C (CAF, 2000). En cuanto a precipitaciones, los datos tomados del INAMHI para el periodo de enero a diciembre de 1997 y de enero a julio 1998, en los 19 meses de la presencia del Fenómeno de El Niño los valores de la precipitación acumulada representan un 148 % más de la precipitación normal en el periodo de 1964 a 1998, con valores para Machala de precipitación acumulada de 2991.90 mm cuando la precipitación acumulada en el periodo de 1964 a 1998 fue de 2020 mm. En otras palabras, en 19 meses llovió más que en 34 años.

Según Subía (2002), se registró una interrupción casi total de las vías de comunicación, aislamiento de poblaciones por semanas seguidas, aplazamiento temporal o definitivo de planes y programas del sector público y privado, siendo la costa ecuatoriana la más afectada. En la presencia de El Niño se perdieron vidas humanas y miles de hectáreas de sembríos, puentes y caminos vecinales, los centros poblados se inundaron afectando en general a los negocios y a la pequeña industria, deteriorando calles y servicios básicos por la presencia excesiva de agua, consecuentemente la proliferación de enfermedades como la malaria, paludismo, dengue, afecciones a la piel, etc., causadas por la falta de evacuación del el agua concentrada en los centros poblados.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Reportes de inundaciones de la SNGR

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador (SNGR) ha generado un reporte de inundaciones tomado desde el año 2007 hasta el 2012. En este tipo de reporte se indica la fecha en la que se generó la inundación y detalles de las causas de este fenómeno, tal como se

presenta en la Tabla 14. De los 29 eventos de inundación solo 2 no fueron causados por lluvias, estos fueron causados por rotura de cañería en la parroquia de Puerto Bolívar y la segunda se presentó en la parroquia El Retiro la cual no es de origen meteorológico.

PARROQUIA	FECHA	HORA	CAUSAS
MACHALA	05/01/2007	0:00:00	Lluvia pertinaz
EL RETIRO	08/01/2007	8:00:00	Lluvia
PUERTO BOLIVAR	06/07/2007	5:00:00	Rotura tubería
MACHALA	29/02/2008	23:00:00	Lluvia intensa y colapso de alcantarillado
MACHALA	07/03/2008	19:30:00	Lluvia intensa y colapso de alcantarillado
LA PROVIDENCIA	07/03/2008	19:30:00	Fuertes lluvias y desbordamiento de canales
MACHALA	07/03/2008	19:30:00	Fuerte lluvia y drenaje tapado
LA PROVIDENCIA	07/03/2008	19:30:00	Fuertes lluvias y desbordamiento de canales
MACHALA Y LA PROVIDENCIA	07/03/2008	19:30:00	Lluvia intensa y colapso de alcantarillado
MACHALA	07/03/2008	19:30:00	Fuerte lluvia y drenaje tapado
LA PROVIDENCIA	07/03/2008	19:30:00	Fuertes lluvias y desbordamiento de canales
MACHALA	03/07/2008	19:30:00	Fuerte lluvia y colapso de alcantarilla
LA PROVIDENCIA	03/07/2008	19:30:00	Fuertes lluvias y desbordamiento de canales
MACHALA	03/07/2008	19:30:00	Fuerte lluvia y drenaje tapado
LA PROVIDENCIA	03/07/2008	19:30:00	Fuertes lluvias y desbordamiento de canales
EL RETIRO	12/01/2009	2:30:00	colapso de alcantarillado
EL RETIRO	12/01/2009	2:30:00	colapso de alcantarillado
MACHALA	05/02/2009	17:35:00	Fuertes lluvias y desbordamiento de canales
EL RETIRO	01/12/2009	2:30:00	Causa no fue de origen meteorológico
MACHALA	21/01/2011	9:40:00	Lluvia pertinaz
MACHALA	27/01/2011	5:00:00	Fuerte lluvia
MACHALA	13/02/2011	10:30:00	Lluvia de mediana intensidad
NUEVE DE MAYO	19/04/2012	6:00:00	Intensa lluvia
MACHALA	19/04/2012	6:00:00	Intensa lluvia

Tabla 14. Reportes de inundación de la SNGR ocurridos en Machala del 2007 al 2012

### Estaciones meteorológicas utilizadas

Los datos meteorológicos pertenecen al INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador) y a la Universidad Estatal de Machala UEM (estación Granja Santa Inés) y corresponden a datos diarios de precipitación y temperaturas en los alrededores de Machala con un rango temporal superior a los 30 años, las estaciones disponibles en la zona se presentan en la Tabla 3.

A través de entrevistas y reuniones con los grupos focales, se ha mencionado el saber vernáculo de la zona el dicho de que “cuando llueve en Cuenca, se inunda Machala”, es decir que las lluvias que ocurren en la zona andina aledaña, cercana a la ciudad de Cuenca, afectan finalmente a los procesos de inundación en la zona costera de Machala, y es por esto que se incluyen en el estudio estaciones meteorológicas que están alejadas de la ciudad, tal como se aprecia en la Figura 3.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar que, a pesar de que Machala está a nivel del mar y tres de las siete estaciones meteorológicas estudiadas se encuentran en la zona andina, con una altitud superior a los 2000 msnm. La estación de Santa Isabel, del INAMHI, está en una zona subtropical a 1450 msnm, mientras que en la zona costera, se tienen tres estaciones: Pasaje, Ushcurrumi y Granja Santa Inés mismas que serán las más representativas de Machala. Los datos de la estación de ONNA no se utilizaron por ser insuficientes.

Cabe resaltar, como una limitación de este estudio, la poca cantidad de estaciones con datos meteorológicos diarios en los alrededores de la ciudad de Machala. Pero en Ecuador ésta es la información oficial disponible y entregada por el INAMHI.

NOMBRE	CÓDIGO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m.s.n.m)	PERÍODO
PASAJE	M0040	3G 19' 19" S	79G 46' 8" W	40	1980-2013
USHCURRUMI	M0481	3G 19' 16" S	79G 35' 0" W	290	1980-2013
STA. ISABEL INAMHI	M0032	3G 14' 51" S	79G 16' 36" W	1450	1980-2013
GIRON	M0419	3G 9' 14" S	79G 8' 58" W	2130	1980-2013
SARAGURO	M0142	3G 36' 43" S	79G 14' 2" W	2525	1980-2013
NABON- INAMHI	M0420	3G 20' 2" S	79G 3' 58" W	2750	1980-2013
GRANJA STA. INÉS	-----	03° 17'16" S	79° 54'05" W	14	1980-2013

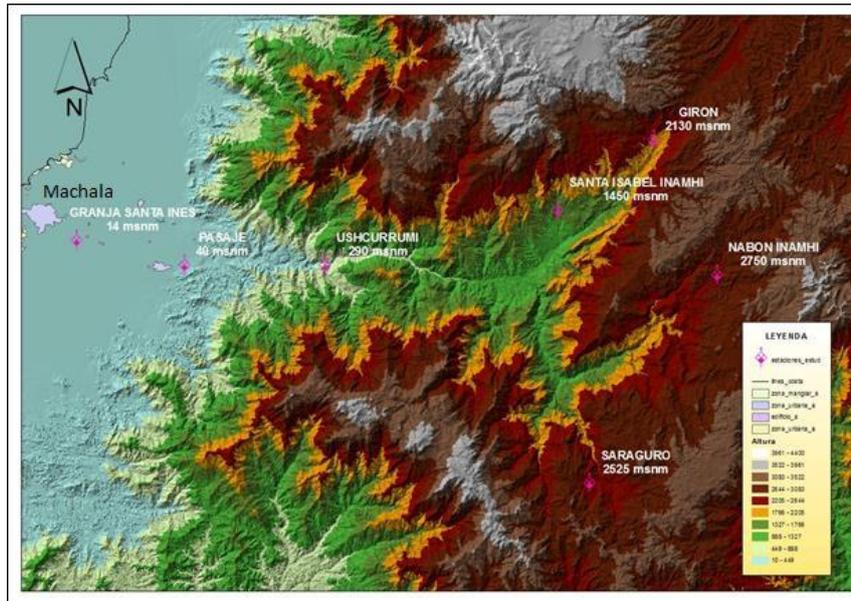


Figura 3. Ubicación geográfica de estaciones meteorológicas, la ciudad de Machala está resaltada en color violeta.

Adaptado de: Instituto Geográfico Militar.

### R-Climdex e Índices de cambio climático

Se estudian los índices de cambio climático recomendados por el IPCC (1996), los cuales requieren datos tanto de temperatura como de precipitación con un rango superior a 30 años. Las dos únicas estaciones que contaban con estos datos diarios fueron Saraguro (INAMHI) y Santa Inés (UEM), para obtener los indicadores de temperatura sólo se pudo utilizar los datos de la estación de Santa Inés ya que Saraguro tenía demasiados datos incompletos. El análisis se llevó a cabo con la herramienta computacional R-Climdex, (en lenguaje R). Desarrollado por Byron Gleason del *National Climate Data Center* (NCDC) de la NOAA y programa recomendado por el IPCC desde el 2001. Este es un programa de código abierto que no depende de un sistema operativo determinado (Serrano, 2012).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Influencia de las lluvias sobre los procesos de inundación

Al analizar la cantidad de lluvia que se ha generado en cada estación meteorológica incluyendo los procesos de inundación se obtienen la siguiente figura (Ver Figura 4).

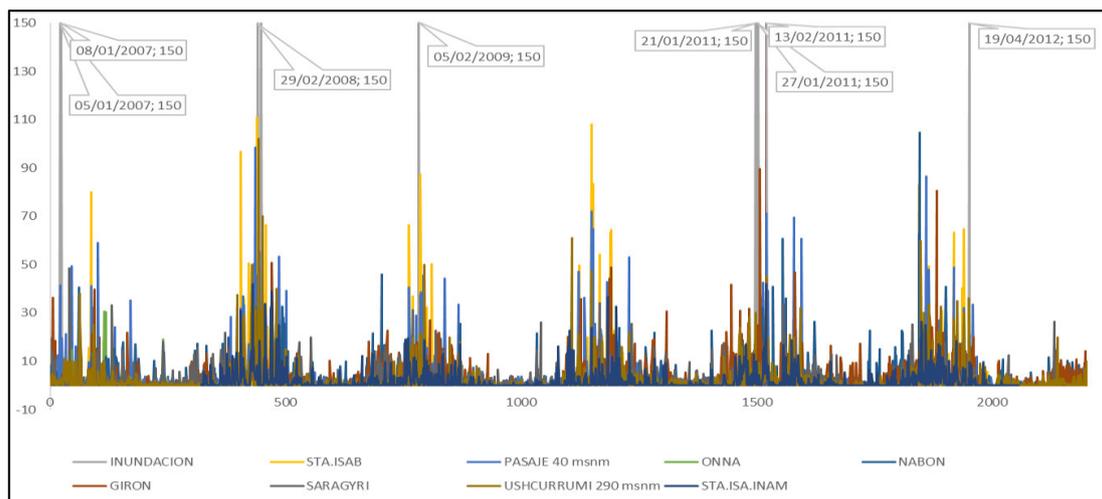


Figura 4. Eventos de inundación reportados por la SNGR y eventos de precipitación diaria para todas las estaciones estudiadas

En la Figura 4, se aprecia la gran influencia de los eventos extremos de precipitación sobre los procesos de inundaciones. Mismos que se dan periódicamente, con alrededor de 300 y 400 días, es decir que prácticamente las inundaciones se dan de manera anual, de preferencia en los meses de enero, febrero, con ligeros desfases hacia diciembre y marzo, y escasamente, abril.

#### Influencia de la precipitación en los procesos de inundación bajo la influencia de ENSO por zona de estudio

En la Figura 5, que se muestra a continuación se logra visualizar la relación que existe entre los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas ubicados en la región costa, el ONI con los datos recopilados de inundación.

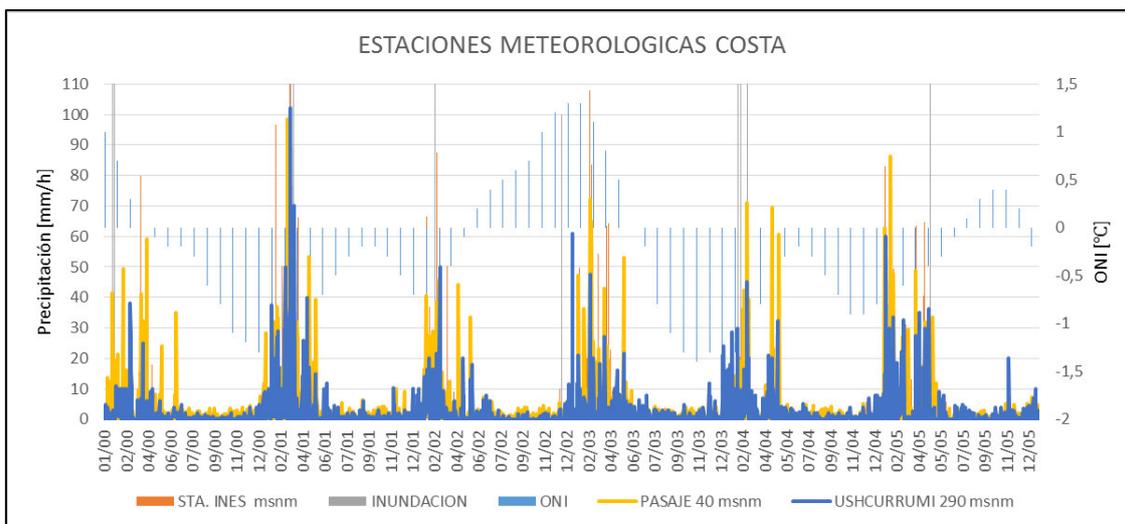


Figura 5: Valores de precipitaciones vs. ONI de las estaciones Granja Santa Ines, Pasaje y Ushcurrumi; pertenecientes a la zona costa del área de estudio

A continuación observamos la relación existente entre las estaciones de la región Sierra con los datos tomadas de la NOAA en referencia a ONI con la presencia del fenómeno de El Niño o la Niña. Ver Figura 6.

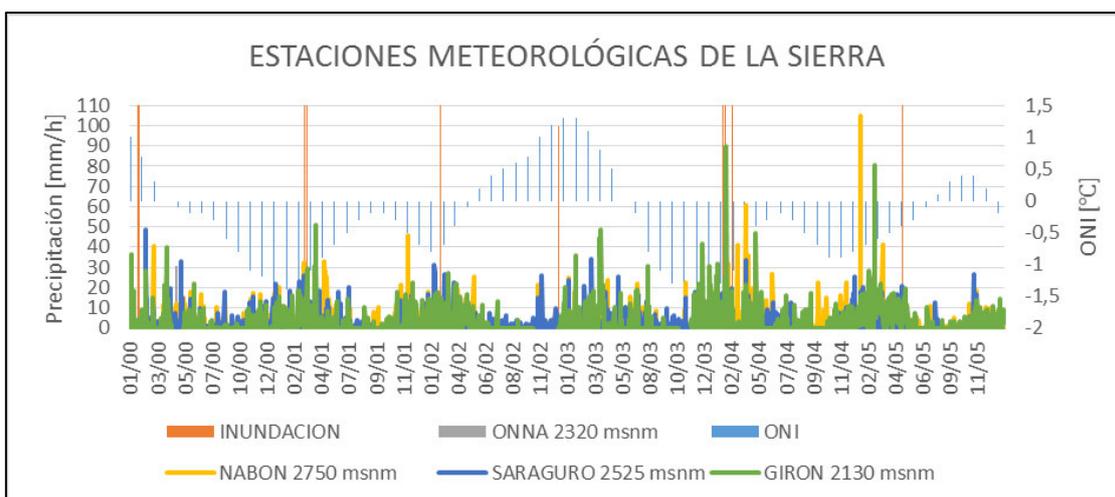


Figura 6. Valores de precipitaciones vs. ONI de las estaciones Girón, Onna, Saraguro, y Nabon; pertenecientes a la zona sierra del área de estudio

Es claro que las Figura 5 y Figura 6 muestran una correspondencia entre los procesos de inundación y la presencia de ENSO. Lo interesante es que no solo se da en presencia de El Niño, sino también de La Niña.

De la misma manera, las diferencias climáticas entre las estaciones se presentan al analizar el número de días lluviosos, máximos y mínimos presentados así como los correspondientes percentiles, tal como se muestra en la Tabla 15.

PERCENTILES	PASAJE 40 msnm	USHCURRUMI 290 msnm	STA.ISABEL 1450 msnm	GIRON 2130 msnm	SARAGURO 2525 msnm	NABON 2750 msnm
P90 [mm]	5,1	5,2	6,1	10,6	7,28	8,13
P95 [mm]	11,6	10	10,2	14,2	11,89	11,815
P99 [mm]	44,164	30	19,13	25,992	20,98	22,6
Valor Máx [mm]	98,4	102	42	89,6	48,6	104,8
% Días Lluvia	68%	49%	45%	39%	57%	40%

Tabla 15 Estadísticos principales de las estaciones estudiadas

En la Tabla 15, se aprecia que el porcentaje de días lluviosos y intensidad de lluvias intensas mientras se aproxima a la Costa, y después descende, hasta que al cambiar de zona climática descende moderadamente. Así como ocurre con los valores máximos detectados en cada estación. Es evidente tanto de la Tabla 15, como de la Figura 5 y Figura 6 que los procesos lluviosos son más intensos en la costa.

### Índices de Cambio Climático

Después de trabajar con R-Climdex, se generan los índices de cambio climático recomendados por el IPCC.

### Índices de lluvia e inundaciones

En la Figura 7, se presenta el Número de Días Húmedos Consecutivos (CWD por sus siglas en inglés *Consecutive Wet Days*). La estación Santa Inés presentó un valor de pendiente poco significativa (valor-p de 0.746), ya que se tienen dos picos, cuyos valores máximos se presentaron en los años 1989 y 2009, ambos con 14 CWDs. Mientras que en la estación

Saraguro presenta una pendiente negativa estadísticamente significativa (valor-p de 0.187) e igual a -0,13 [días/año] (ver Tabla 16). Registrando sus valores máximos fueron en los años 1988 y 1989 con un valor de 15 CWD. Estas tendencias muestran cómo en la región de la sierra se evidencia no sólo regímenes lluviosos diferentes a los de la costa, sino opuestos.

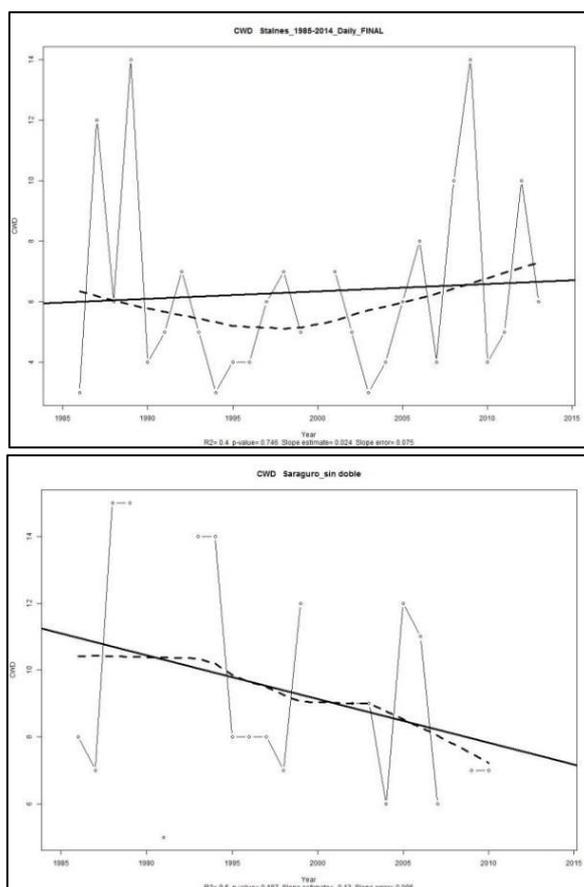


Figura 7. Días húmedos consecutivos CWDs para las estaciones de Santa Inés (izq.) y Saraguro (Der). La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfica, sus errores y el valor-p. El asterisco\* indica un valor-p inferior a 0.2

Días húmedos consecutivos CWD		
	Estación hacienda Santa Inés	Estación Saraguro
P-value	0,746	0,187*
Pendiente [días/año]	0,024	-0,13
Error en la pendiente	0,075	0,095

Tabla 16. Significancia estadística para los Días Húmedos Consecutivos (CWD) para la estación Hacienda Santa Inés (izq.) y Saraguro (der.)

En la Figura 8, se visualiza la Precipitación Total Anual en los Días Húmedos o con Lluvia (PRCPTOT). En la estación Santa Inés presenta una pendiente positiva, pero con una baja significancia estadística (valor  $p=0.997$ ), como se muestra en la Tabla 17. Debido a que se presenta un valor extremo de 1816.2 mm/año, el cual se manifestó en el año 1998, año el cual se relaciona con la presencia del Fenómeno del Niño. Por otro lado, la estación Saraguro presenta una pendiente negativa, la estación Saraguro presentó dos valores pico los cuales se registraron en los años de 1993 y 1999 con valores de 1107.6 y 1105.9 mm/año respectivamente. Este último valor es interesante ya que existen reportes (Campozano, Ballari, & Celleri, 2014) de que en casos de ENSO muy intenso la región Sierra también se ve afectada.

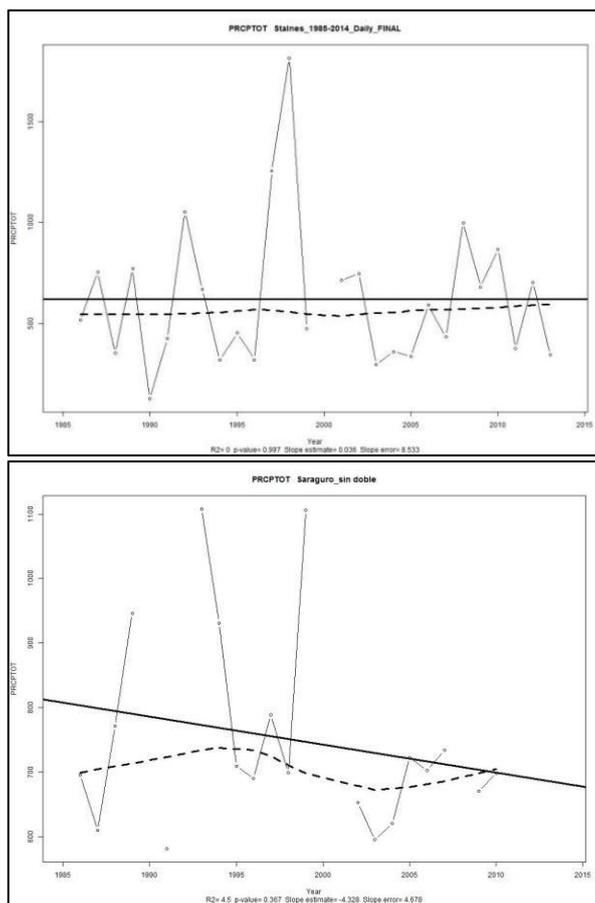


Figura 8. Precipitación total anual en los días húmedos PRCPTOT para las estaciones de Santa Inés (izq.) y Saraguro (der.). La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfico, sus errores y el valor-p.

Precipitación total anual en los días húmedos PRCPTOT		
	Estación hacienda Santa Inés	Estación Saraguro
P value	0,997	0,367
Pendiente [mm/año]	0,036	-4,328
Error en la pendiente	8,533	4,678

Tabla 17. Significancia estadística para la precipitación total anual en los días húmedos PRCPTOT para la estación Hacienda Santa Inés (izq.) y Saraguro (der.)

En la Figura 9 y Figura 10, se presentan datos de la cantidad máxima de precipitación en un día RX1day, indicador importante de los eventos de inundaciones; ya que según los reportes de la SNGR, las inundaciones se producen por precipitaciones que difícilmente superan las 24 horas de duración. El valor presentado en las gráficas es el valor máximo de precipitación en un día de un año determinado. En la estación Santa Inés tenemos una tendencia positiva de 0,712 [mm/año] con un valor-p de 0,388, por otro lado la cantidad máxima de precipitación en cinco días RX5day tiene un valor de 0,999 [mm/año] con un valor-p de 0,455; para la estación Saraguro se nota una variación entre los valores de RX1day con una tendencia de -0.098 [mm/año] con un valor-p de 0,799 y el RX5day con un valor de -0,972 [mm/año] con un valor-p de 0,105, lo que nos indica una escasa presencia de días consecutivos de lluvia en la región Sierra, mientras que en la región Costa se muestra una constante presencia de lluvias.

Mientras que RX5day, que se refiere a la cantidad máxima de precipitación en cinco días presenta un comportamiento similar, pero con mayor significancia estadística.

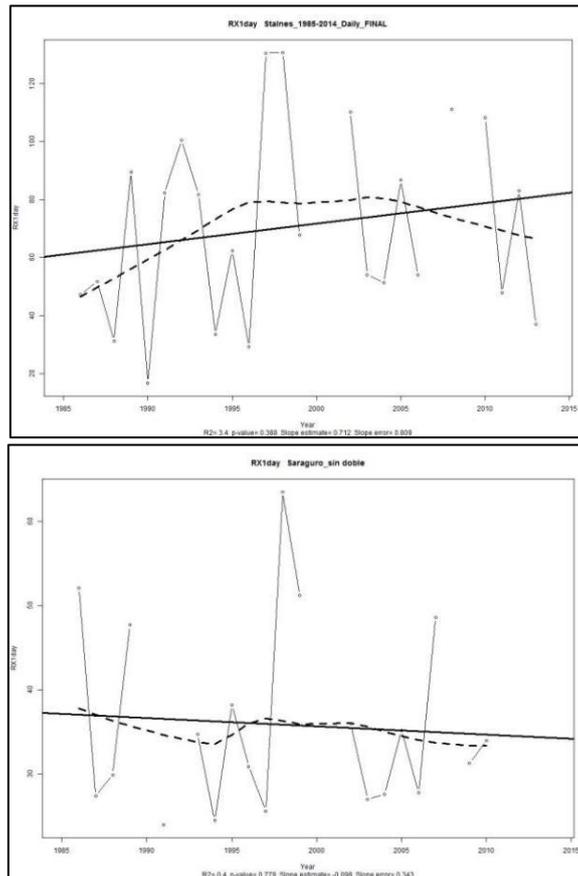


Figura 9. Cantidad Máxima de precipitación en 1 día RX1day para las estaciones Santa Inés (izq.) y Saraguro (der.). La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfico, sus errores y el valor-p. El asterisco\* indica un valor-p inferior a 0,2.

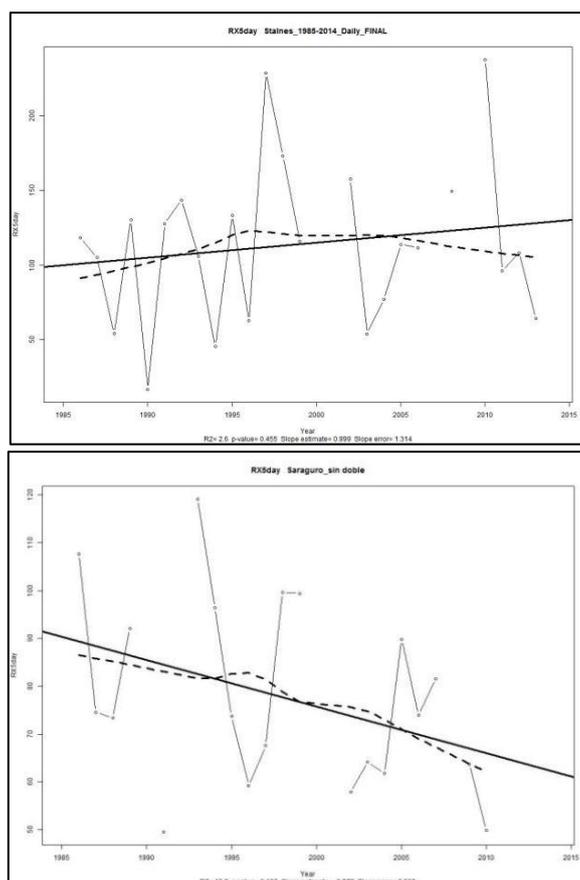


Figura 10 Cantidad Máxima de precipitación en 5 días RX5day para las estaciones Santa Inés (izq.) y Saraguro (der.). La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfico, sus errores y el valor-p. El asterisco\* indica un valor-p inferior a 0,2.

Cantidad máxima de precipitación en un día RX1day		
	Estación hacienda Santa Inés	Estación Saraguro
P value	0,388	0,779
Pendiente [mm/año]	0,712	-0,098
Error en la pendiente	0,809	0,343
Cantidad máxima de precipitación en cinco días RX5day		
P value	0,455	0,105*
Pendiente	0,999	-0,972
Error en la pendiente	1,314	0,569

Tabla 18. Significancia estadística para precipitación máxima para uno y cinco días para estación Santa Inés y estación Saraguro.

### Índices de temperatura

En estos indicadores, debido a la falta de datos de temperatura en la estación de Saraguro, sólo se analizarán los indicadores de la estación de Santa Inés.

En la Figura 11, se presentan los días de verano que se refieren a aquellos en los que la temperatura es superior a los 25 °C para la estación Santa Inés en la cual se obtuvo un valor pico de 359 y un valor mínimo de 272 [día/año] en los años de 1997 y 2001 respectivamente.

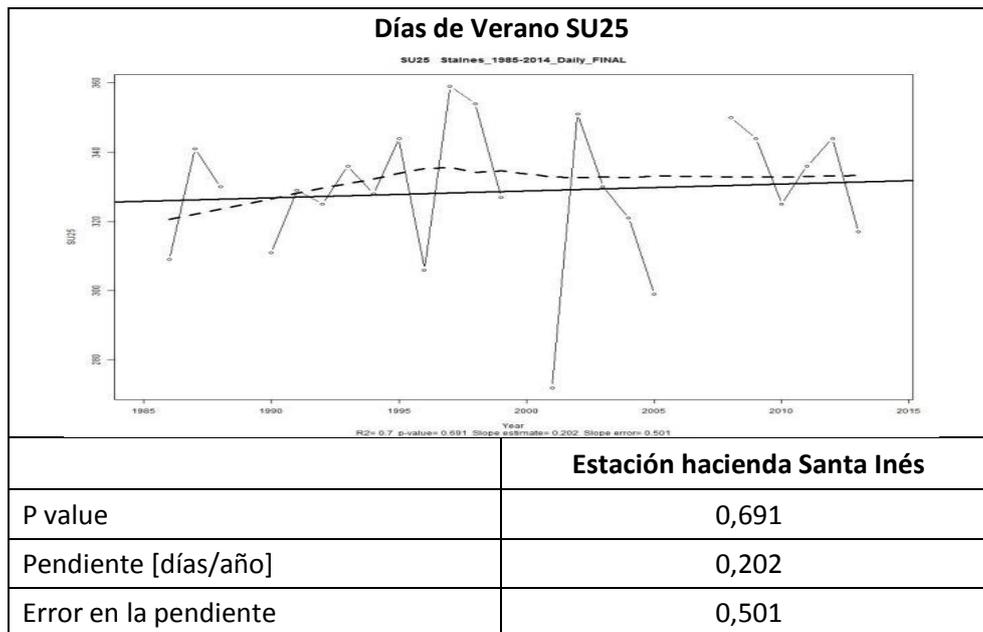


Figura 11. Días de Verano SU25, para las estaciones Santa Inés. La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfico, sus errores y el valor-p. El asterisco\* indica un valor-p inferior a 0,2.

En la Figura 12, para la estación Santa Inés muestra un incremento en el valor de las temperaturas mínimas de cada año y al contar con una valor-p de 0,127 se tiene una buena significancia estadística.

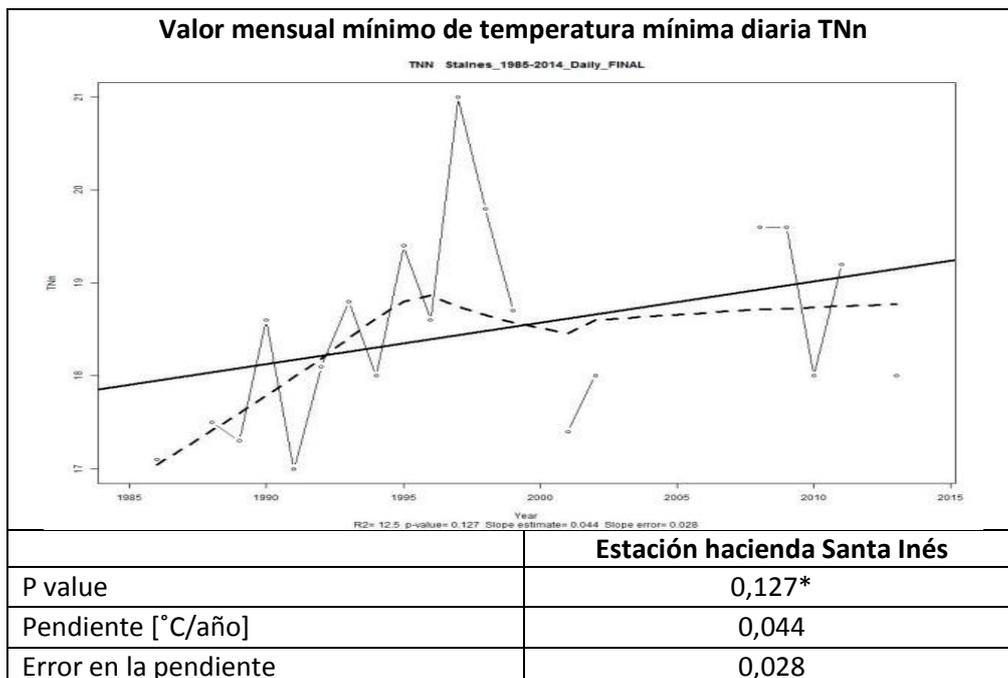


Figura 12. Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria TNn para las estaciones Santa Inés. La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfico, sus errores y el valor-p. El asterisco\* indica un valor-p inferior a 0,2.

Este indicador es una muestra de que las temperaturas mínimas (generalmente dadas en las primeras horas de la madrugada) se encuentran en aumento, este fenómeno es congruente tanto con los efectos del Cambio Climático (provocado por el incremento de temperatura de la superficie del mar adyacente) como en el Efecto de Isla de Calor, producido por el proceso de urbanización, que es evidente en la ciudad de Machala.

En la Figura 13, se presenta el comportamiento de los valores anuales máximos de temperatura máxima diaria en la estación Santa Inés, se aprecia una significancia estadística que se ve afectada por la presencia de ENSO; sin embargo, a pesar de que no existe una tendencia de incremento o decremento, se aprecian una ubicación de la tendencia alrededor de los 34 [°C/año], mientras que en los años de 1997 – 1998 se presentaron valores de 34,7 y 35 [°C/año] respectivamente. Estas temperaturas son bastante elevadas inclusive para ciudades que se ubican en la región costa, pero cabe indicar que son temperaturas récord registradas año a año.

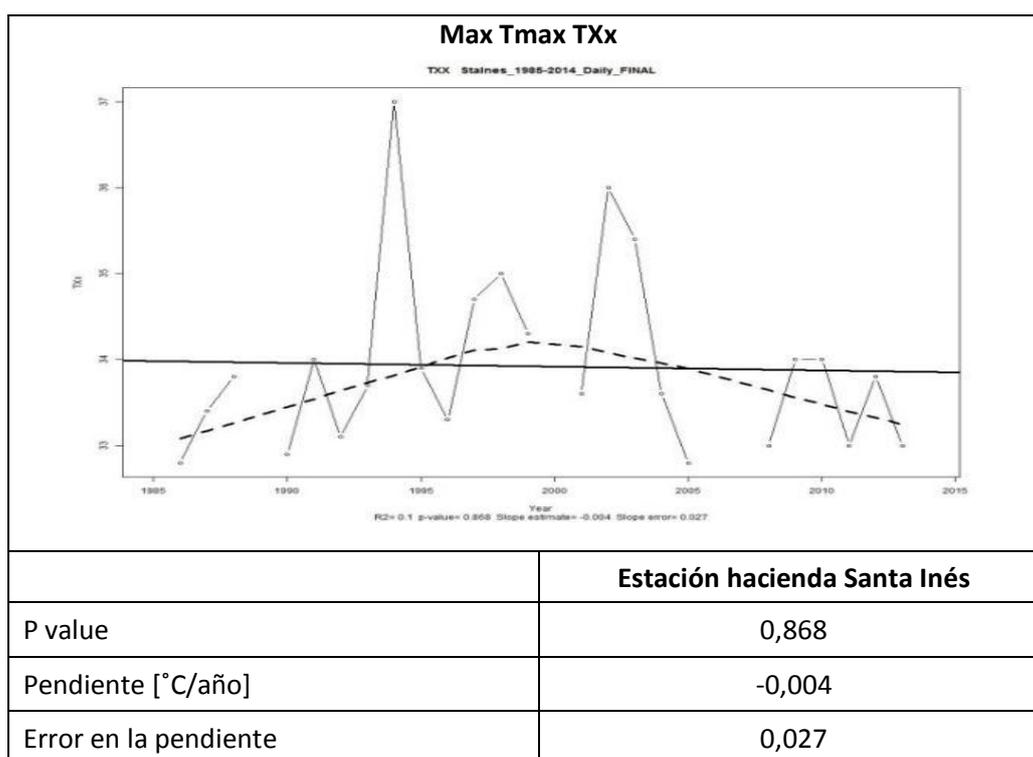


Figura 13. Valor Máximo de las Temperaturas Máximas TXx de Santa Inés (izq.). La tabla inferior indica las pendientes de cada gráfico, sus errores y el valor-p.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran una relación directa entre los eventos de inundación reportados por la SNGR y los eventos extremos de lluvia, de aquellos tanto generados en la costa como en la región Sierra, a pesar de la distancia que se encuentra entre las estaciones estudiadas, apreciándose que tanto los eventos locales como los que se encuentran río arriba, son capaces de afectar por procesos de inundación a la ciudad de Machala.

De la misma manera, se aprecia una influencia de la presencia del Fenómeno del Niño y de La Niña, que no se esperaba. Es decir, no sólo la presencia del Niño trae inundaciones, sino que también éstas se registran en la época de menos precipitaciones como La Niña.

En cuanto a los índices de cambio climático referente a precipitaciones, se puede apreciar un incremento significativo en la intensidad eventos extremos de precipitación en la región costa (RX1day, RX5day, CWD), mas no en su frecuencia (PRCPTOT). Lo que hace visiblemente que la ciudad de Machala se encuentre en amenaza por los procesos de inundación, que generalmente se dan en días puntuales. Cabe indicar que todos los índices de precipitación en la Sierra disminuyen por lo que es necesario repensar el impacto en eventos de desertización que se puede tener en esta zona.

Finalmente, en cuanto a las temperaturas, se visibiliza un incremento en las temperaturas tanto en frecuencia como en intensidad. Las temperaturas mínimas tienen un incremento mucho más significativo que las altas. Lo que puede reflejar un efecto combinado del Cambio Climático con el efecto de Isla de Calor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAF. (2000). *Las lecciones de El Niño*. Ecuador: CAF. Obtenido de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/675>
- Campozano, L. (s.f.). *Maksana*.
- Campozano, L., Ballari, D., & Celleri, R. (2014). Imágenes TRMM para identificar patrones de precipitación e índices ENSO en Ecuador. *MASKANA*, 185-191.
- CENAPRED. (2009). *Inundaciones* (Primera ed.). (V. Ramos, Ed.) Mexico, D.F, Mexico: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CEPAL-BID. (2000). *Un tema del desarrollo: la reduccion de la vulnerabilidad frente a los desastres*. Nueva Orleans.
- EPMAPS. (8 de Abril de 2016). *EPMAPS Agua de Quito*. Obtenido de <http://www.aguaquito.gob.ec/distribucion-0>
- GADMachala. (9 de Septiembre de 2015). *Acciones para mitigar fenómeno de El Niño: MUNICIPALIDAD DE MACHALA PREPARA TALLER DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN EL MACHO*. Obtenido de Alcaldía Machala-Noticias: <http://www.machala.gob.ec/noticias/acfnino.html>
- GADMachala. (22 de Octubre de 2015). *MUNICIPALIDAD DE MACHALA CONTINÚA ORGANIZANDO PLANES PREVENTIVOS ANTE FENÓMENO DE EL NIÑO*. Obtenido de Alcaldía Machala-Noticias: <http://www.machala.gob.ec/noticias/ppfn1015.html>
- INDECI. (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgo* (Primera ed.). Lima, Perú: Instituto Naconal de Defensa Civil (INDECI).
- IPCC. (1996). *Climate Change 1995, The Science of Climate Change* . CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- Landa, R., Magaña, V., & Neri, C. (2008). *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. Tlalpan, Mexico D.F., Mexico: SEMART.
- Macas, F. (4 de Agosto de 2015). La tarifa de agua aumentó en Machala. *El Universo*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/08/04/nota/5053273/tarifa-agua-aumento-machala>

- MSP. (2016 de Febrero de 12). *Infórmate sobre el Fenómeno de El Niño*. Obtenido de Sin categoría: <http://www.salud.gob.ec/informate-sobre-el-fenomeno-de-el-nino/>
- Muñoz, Á., Recalde, C., Cadena, J., Núñez, A., Díaz, J., & Mejía, R. (2010). *Análisis Estadístico con Fclimdex para Ecuador, Informe Final*. Ecuador: INAMHI-MAE.
- NOAA. (16 de Junio de 2015). *Description of Changes to Oceanic Niño Index (ONI)*. Obtenido de National Weather Service Climate Prediction Service : [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_change.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_change.shtml)
- NOAA. (17 de Septiembre de 2015). *El Niño/Southern Oscillation*. Obtenido de National Weather Service Weather Forecast Office: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>
- OMM. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*. Suiza: Organizacion Meteorológica Mundial.
- Riebeek, H. (28 de Marzo de 2005). *The Rising Cost of Natural Hazards*. Obtenido de NASA Earth Observatory: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RisingCost/>
- Rueda, V., & Garcia, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, 7-23.
- Serrano Vincenti, S., & Basile, L. (2012). La precipitación intensa vista desde la criticalidad autoorganizanda y las transiciones de fase continuas: un nuevo enfoque de estudio. *La Granja*, 15(1), 5-18.
- Serrano Vinenti, S., Vásquez, N., Jácome, P., & Basile, L. (2014). Critical Phenomena of Rainfall in Ecuador. *Sun and Geosphere*, 9(1), 73-76.
- Serrano, S. (2012). ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS METEOROLÓGICOS MENSUALES Y DIARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. *La Granja*, 23-47.
- SNGR. (2012). *Reporte de Inundaciones en la Costa ecuatoriana*.
- Subia, G. (2002). El niño 1997 - 1998, máximas precipitaciones y caudales registrados, áreas de afectación. *Curso internacional CISMID-JICA, II: Mitigación de los Efectos Causados por el Fenomeno El Niño*, (pág. 11). Lima. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/texcom/cd046995/GSubia.pdf>
- Trenberth, K., & (Eds.), N. C. (2 de Febrero de 2016). *The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI)*. Obtenido de <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>.
- UCAR. (2012). *The COMET Program*. Obtenido de UCAR COMMUNITY PROGRAM: [https://www.meted.ucar.edu/climate/impacts/region\\_es/index.htm](https://www.meted.ucar.edu/climate/impacts/region_es/index.htm)



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-52

**Título del trabajo:** Análisis técnico, económico y ambiental de energías: eólica, fotovoltaica y geotérmica, para dotar de energía limpia al refugio del volcán Guagua Pichincha.

**Autor (es):** Elizabeth Tisalema Yumbo

**Ponente (s):** Elizabeth Tisalema Yumbo

**E-mail:** [ely.tisalema.y@gmail.com](mailto:ely.tisalema.y@gmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En la actualidad se dota de energía eléctrica a los refugios de los distintos volcanes del país con generadores que funcionan a base de diesel, el cual emite emisiones contaminantes a la atmosfera y contribuye al efecto invernadero. Por lo tanto, es importante realizar un estudio que plantee una alternativa, amigable con el ambiente, de proveer energía eléctrica ya que su puesta en marcha contribuye a la reducción del CO<sub>2</sub> que actualmente se genera en el refugio del volcán Guagua Pichincha y por las condiciones geográficas de la ubicación del refugio, el uso de energía tradicional exige una ardua logística para transportar tanto el equipo generador de energía como el diesel. Realizar un análisis comparativo de las energías renovables: geotérmica, fotovoltaica y eólica basado en información meteorológica y geotérmica obtenidos en el INAMI e Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para recomendar la más eficiente que se pueda implementar para generar energía eléctrica en el refugio del volcán. Generar una base de datos de las variables que influyan en la toma de decisiones para el uso de la energía más eficiente. Ejecutar un análisis comparativo con los resultados obtenidos para proponer el tipo de energía renovable más factible.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la energía ha acompañado a la actividad de las personas desde los albores de la humanidad, los conocimientos acumulados por el ser humano desde el renacimiento y, en especial, durante la segunda mitad del siglo XVII y las primeras décadas del XVIII, posibilitaron avances técnicos que permitieron realizar trabajos que requerían mucha más energía que la que podían suministrar los músculos de personas o animales. Ello se logró aprovechando la energía liberada en la combustión de un combustible de origen biológico, el carbón para accionar máquinas de vapor (González, 2009).

Durante todo el siglo XX se produjo un crecimiento continuo del gasto energético, lo que finalmente desembocó en una situación como la del momento actual, caracterizada por la inquietud que generan los problemas como el agotamiento de los combustibles fósiles o el calentamiento global, aparentemente derivado de la emisión de gases que producen efecto invernadero, como el dióxido de carbono, producido por la combustión de los combustibles fósiles, el calentamiento global y la contaminación atmosférica (González, 2009).

El cambio climático se ha venido configurando como uno de los principales desafíos para las sociedades contemporáneas. La energía y el cambio climático son dos caras de una misma moneda, por un lado tendrá importantes efectos negativos sobre el bienestar humano pero, por otro, el sector energético garantiza la cobertura de necesidades humanas básicas como iluminación, movilidad o comunicación.

Labandeira *et al* (2012), enumera algunas de las consecuencias vinculadas a la subida de las temperaturas y otras modificaciones en el clima de la tierra: mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, subida en el nivel del mar, pérdida de tierra útil para el cultivo y por ello mayor escasez de alimentos, redistribución de los recursos hídricos, pérdidas de biodiversidad, intensificación de flujos migratorios, etc.

Cualquiera que sea la solución al problema no-cooperativo del cambio climático (CC), las energías renovables han de jugar un papel fundamental. De hecho, estas tecnologías pueden permitir la reducción a gran escala de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) si se convierten en alternativas económica y técnicamente viables a las fuentes energéticas fósiles convencionales. Ello permitiría solucionar uno de los fenómenos que limitan los avances en este campo puesto que la corrección del CC dejaría de verse como una amenaza al estilo de vida actual o a las posibilidades de crecimiento económico. Por ello, la innovación y el avance tecnológico son fundamentales para el éxito de las estrategias contra el CC (Labandeira *et al*, 2012)

Mena (2013), sostiene que en Ecuador existe un campo muy amplio para desarrollar investigación en energía renovable. El Ministerio de Electricidad y Energía Renovables (2016), revela que la Eficiencia Energética se ha venido desarrollando a través de diferentes programas y proyectos a nivel de sustitución tecnológica, de gestión y con la transformación de los hábitos culturales de la población. Entre las energías limpias a usar en el país se encuentran la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, la biomasa y los biocombustibles.

En Ecuador, las energías renovables que tienen como fuente de generación al viento (eólica), los residuos orgánicos (biomasa), los volcanes (geotérmica) y el sol (fotovoltaica) casi no han sido desarrolladas y apenas llegan al 6% del total de la electricidad que consume el país (Revista Eólica del Vehículo Eléctrico, 2013).

## Antecedentes

En la actualidad se dota de energía eléctrica a los refugios de los distintos volcanes del país con generadores que funcionan a base de diesel, el cual emite emisiones contaminantes a la atmosfera y contribuye al efecto invernadero.

Aunque Energía Geotérmica representa todavía un pequeño porcentaje (0,2%) de la capacidad de generación eléctrica en todo el mundo, y sólo el 7% de la capacidad mundial de energía renovables no hidráulicas, la inversión en Energía Geotérmica ha aumentado significativamente en los últimos cinco años. En 2010, había 10.715 MW de potencia geotérmica instalada en 24 países, un aumento del 20% desde 2005. El crecimiento se espera que continúe a un ritmo rápido, con 18.500 MW de potencia instalada para el año 2015.

En Ecuador han definido un potencial teórico conjunto de alrededor de 533 MW de tres de las perspectivas Geotérmicas más prometedoras: Tufiño-Chiles, Chalupas y Chachimbiro, localizado en las tierras altas del centro-norte de Ecuador. Otras perspectivas geotérmicas prometedoras han sido reconocidas en años más recientes, como Chacana (418 MWe) y Alcedo (150 MW), además de Chimborazo, Guapán, Cuenca, entre otros, donde los datos limitados no permiten una estimación del potencial.

En 2008, el gobierno ecuatoriano puso en marcha una nueva iniciativa de desarrollo geotérmico, y a finales de 2010 las ofertas solicitadas para realizar la exploración de pre-factibilidad (hasta perforación) en dos de los recursos geotérmicos más prometedores, la construcción de una central geotérmica de 60 MWatts de potencia sustituye el consumo de 800.000 barriles de petróleo además de que se reduciría notablemente la importación de diésel (Vega, 2010).

Por otra parte, las ventajas del uso de energía eólica ya se han visto reflejadas, la central eólica Villonaco, ubicada en la provincia de Loja ha sustituido el uso de energía generada térmicamente, ahorrándole al país 13'2 millones de dólares y evitando la emisión de 35.270 toneladas de CO<sub>2</sub> al año (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica, 2014).

La Central Eólica Villonaco de 16.5 MW de potencia cuenta con 11 aerogeneradores de 1.5 MW cada uno. Es el primer proyecto eólico en Ecuador continental, además de ser el primero en el mundo con una velocidad promedio anual de 12.7 m/s a una altitud de 2700 msnm. Aporta al Sistema Nacional Interconectado una energía de 227.09 GWh reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente 32 mil Ton/año, sustituyendo la importación de energía, y creando 254 fuentes de empleo directo, adicionalmente beneficia a más de 200 mil habitantes correspondientes al cantón Loja. Adicionalmente, se realizó el mejoramiento de infraestructura y equipamiento de Centros Educativos, dotación de suministro eléctrico a las parroquias de Sucre y San Sebastián, mejoramiento de vías, capacitación a los moradores de la zona en control fitosanitario de cultivos, jardinería y mantenimiento de áreas verdes (Ministerio de Electricidad y Energía Renovables, 2016).

En cuanto a energía fotovoltaica la Renewable Energy Magazine (2013), cuenta que en Ecuador existe un proyecto que consta de cuatro mil ciento sesenta paneles solares ubicados sobre estructuras de metal en una loma de 3 hectáreas en la comunidad de San Francisco de Paragachi, sector de Pimampiro, Imbabura. Tiene una capacidad de 998 kilovatios y puede generar hasta 1 000 vatios en los días más soleados, la producción anual podría alcanzar 1,4 millones de kilovatios hora, en el atlas de radiación del Ecuador, Pichincha es una de las provincias con mayor radiación solar del país (Ministerio de Electricidad y Energía Renovables, 2016).

### ***Necesidad del Estudio***

Dados los antecedentes es importante realizar un estudio que plantee una alternativa, amigable con el ambiente, de proveer energía eléctrica ya que, por una parte, su puesta en marcha colabora con la reducción del CO<sub>2</sub> que actualmente se genera en el refugio del volcán Guagua Pichincha,

También supone un cuantioso ahorro económico, el gobierno ecuatoriano mantiene un precio preferencial en cuanto a la tarifa del kw/h, para las energías que provienen de una fuente renovable como las a tratar en este estudio.

Adicionalmente, constituye una fuente de ingresos, ya que se puede desarrollar turismo ecológico, como es el caso de la Central Eólica de Villonaco, con estos ingresos se podría realizar mejoras sobre el propio refugio.

### ***Objetivo***

Realizar un análisis comparativo de las energías renovables: geotérmica, fotovoltaica y eólica basado en información meteorológica y geotérmica obtenidos en el INAMI y Instituto Geofísico de la escuela Politécnica del Ecuador del Ecuador para recomendar la más eficiente que se pueda implementar para generar energía eléctrica en el refugio del volcán guagua.

### ***Características del Sitio***

El Pichincha es un volcán de Ecuador, hallándose a sus faldas la ciudad de Quito. Cuenta con las siguientes cumbres: Loma de las Antenas, Cúndur Guachana, Rucu Pichincha, Cruz Loma, Padre Encantado y Guagua Pichincha. El volcán Guagua Pichincha se encuentra ubicado a 12 km al oeste de la ciudad de Quito, en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos. Consiste de un domo, ubicado dentro de escarpe de deslizamiento que tiene forma de herradura abierta hacia el occidente. Está formado en su mayoría por rocas de composición dacítica. Varias de las erupciones de los últimos diez mil años fueron muy explosivas y provocaron caídas de cenizas, flujos piroclásticos, así como a domos de lava que posteriormente colapsaron (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2016).

Cuenta con una altura de 4776 msnm, su ubicación geográfica es 0,171° S, 78, 609° W Y el diámetro de su cráter es de 13km, es un volcán activo y entre las sus actividades recientes se encuentran la actividad hidrotermal y fumarólica (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2016).

Las coordenadas del refugio del volcán Guagua Pichincha son : -0.178402,-78.596781, se encuentra ubicado aproximadamente a 100 m de la cumbre. El acceso en vehículo tanto a la cumbre como al refugio se da por dos vías, por LLoa y por el teleférico.

### ***Hipótesis***

Si se hace un análisis técnico, económico y ambiental de las posibles fuentes de energías renovables entonces se puede proponer un cambio en la fuente energética que actualmente surten de energía eléctrica al RGP para mejorar su eficiencia.

## **DESARROLLO**

### **Energía Solar**

La radiación solar se origina en el sol formado por hidrógeno a una temperatura de 20 millones de grados kelvin, produciendo una energía equivalente a 64 070 kW por m<sup>2</sup>, la distancia de a tierra al sol resta valor a la radiación que llega a la superficie del planeta, siendo unos 1 367 W/ m<sup>2</sup> que atraviesan la atmosfera, la cual disminuye su intensidad en función de los gases que componen la atmosfera, características climáticas, latitud del territorio, etc. (Cañar, 2014).

Los sistemas que funcionan a partir de energía fotovoltaica aprovechan parte de la energía de la radiación solar para elevar la temperatura de los colectores solares (Cañar, 2014).

### **Energía Eólica**

La energía eólica usa la energía cinética del viento para mover palas que transmiten mediante un eje la energía a un generador eléctrico. Se produce por las diferencias de temperatura originadas por diferentes intensidades de radiación solar a nivel global y local, las cuales producen corrientes ascendentes y descendentes (Barragán, 2012).

Barragán (2012), sostiene que la energía eólica en Ecuador es una fuente de energía segura, la instalación es fácil de desmontar y recuperar de forma rápida la zona en que fue implementada, el tiempo de construcción es rápido, sus instalaciones son compatibles con otros usos del suelo.

### **Energía Geotérmica**

La energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra, el calor contenido en rocas y suelos es demasiado difuso para ser extraído directamente es necesario disponer de un fluido, generalmente agua, para transportar el calor hacia la superficie de forma concentrada, mediante sondeos, sondas geotérmicas, colectores horizontales o intercambiadores de calor tierra –aire enterrados a poca profundidad en el subsuelo (Llopis & Rodrigo, 2016).

Cuando el fluido geotermal está en la superficie, en función de su contenido de calor, se destina a la producción de energía eléctrica o se somete a intercambiadores de calor para que sea utilizable (Llopis & Rodrigo, 2016).

## **CONCLUSIÓN**

Con los datos de radiación solar se espera determinar el aporte solar que se reciben en el sector del refugio del volcán Guagua Pichincha; aparte, se buscará conocer el factor de planta en función de la velocidad media del viento para analizarlo técnica y económicamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Juana, José; Santos, Florentino; Crespo, Antonio; Herrero, Miguel; De Francisco, Adolfo; Fernández, Jesús. (2008). Energías Renovables para el desarrollo. Thomson Ediciones Spain. Madrid. España.
- González, Jaime. (2009). Energías Renovables. Editorial Reverte. Barcelona. España.
- Castelles, Xavier. (2012). Energías renovables: Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. España.
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Energías Renovables. (2016). Energías Renovables. Extraído en abril del 2016 desde: <http://www.iner.gob.ec/geotermia/>
- Mena, Alfredo (2013). Corporación para la investigación energética La investigación y desarrollo de energías renovables en el Ecuador. Análisis crítico. Extraído en abril de 2016 desde: <http://www.energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2014/01/Investigacion-energi%C2%ADas-renovables-Ecuador.pdf>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). Dirección de Eficiencia Energética. Extraído en abril desde: <http://www.energia.gob.ec/direccion-de-eficiencia-energetica/>
- Labandeira, Xavier; Linares, Pedro; Wurbrig, Klaas. (2012). Energías Renovables y Cambio Climático
- Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico. (2013). 17 nuevos proyectos de energía solar fotovoltaica se instalarán en Ecuador hasta el 2015. Extraído en abril desde: <http://www.evwind.com/2013/01/14/17-nuevos-proyectos-de-energia-solar-fotovoltaica-se-instalaran-en-ecuador-hasta-el-2015/>
- Renewable Energy Magazine. (2013). Fотовoltaica. Extraído en abril desde: <http://www.energias-renovables.com/articulo/inauguran-la-primera-planta-fotovoltaica-de-ecuador-20130115>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2016). Guagua Pichincha. Extraído en abril de 2016 desde: <http://www.igepn.edu.ec/guagua-pichincha>
- Cañar, Darwin. (2014). Energía Solar Térmica para generación de electricidad en el Ecuador. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca. Cuenca. Ecuador.
- Barragán, Edgar. (2012). Análisis, especificación y desarrollo de procedimientos de operación para la gestión de la energía Eólica en el Ecuador. Tesis previa a la obtención del título de Magister en Sistemas Eléctricos de Potencia. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca. Cuenca. Ecuador.
- Llopis, Guillermo & Rodrigo, Vicente (2016). Guía de la Energía Geotérmica Universidad Politécnica de Madrid. Extraído en mayo de 2016 desde: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-63

**Título del trabajo:** Producción de bioelectricidad a partir de aguas contaminadas con suero lácteo en celdas de combustible bacteriano.

**Autor (es):** Cristian David García Lomas, Raúl Bahamonde Soria

**Ponente (s):** Cristian David García Lomas

**E-mail:** [cdgarcia@uce.edu.ec](mailto:cdgarcia@uce.edu.ec)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El manejo de aguas residuales contaminadas con suero lácteo proveniente de la elaboración de queso, ha venido siendo un tema de gran interés en la industria láctea, ya que este posee una elevada cantidad de materia orgánica que tiene que ser removida para evitar impactos sobre el medio ambiente, como lo son los fenómenos de eutrofización y la adulteración de productos lácteos con dichos sueros. Las celdas de combustible Microbiano o *Microbial Fuel Cells (MFC's)* ofrecen una tecnología alternativa, amigable, limpia y de la cual se obtiene un valor agregado a los procesos convencionales de bioremediación, donde, el tratamiento de aguas residuales es llevado a cabo en una cámara anódica que utiliza el metabolismo bacteriano para producir bioelectricidad como subproducto de la descontaminación acuática. En el presente estudio se evaluó la capacidad de aguas residuales contaminadas con suero lácteo para la producción de bioelectricidad en *MFC'* libre de mediadores, construidas con materiales de bajo costo, que, utilizando un inóculo compuesto con bacterias aisladas de sedimentos anaerobios localizados en territorio nacional en sintrofia con *E. coli* fueron capaces de generar un potencial máximo en circuito abierto de 0.830V, y una densidad de potencia de 188mW/m<sup>2</sup> funcionando a temperatura ambiente. Estos resultados proveen información valiosa para considerar a dicho tratamiento de aguas residuales como uno de los más idóneos en la depuración de aguas provenientes de industrias lácteas ya que a más de depurar las aguas residuales, generan una rentabilidad a corto plazo.

**Palabras claves:** bioelectricidad; sedimentos; combustible microbiano; *MFC's*; suero lácteo



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-65

**Título del trabajo:** Construcción de una pila de combustible microbiana (PCM) con bacterias autóctonas para el tratamiento de aguas residuales y producción de energía eléctrica.

**Autor (es):** Marbibel Andrango, Raúl Bahamonde Soria

**Ponente (s):** Marbibel Andrango

**E-mail:** [maryandrango@gmail.com](mailto:maryandrango@gmail.com)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Tratar aguas residuales industriales para aplacar el deterioro de los ecosistemas acuáticos se ha convertido en una prioridad mundial, entre las aguas residuales causantes del mayor índice de contaminación se encuentran las provenientes de la industria textil, por su impacto directo en el ecosistema por la falta de tratamientos de dichas aguas. Es por esta razón que generar nuevas tecnologías para el tratamiento de estas es la meta de esta investigación. Una alternativa es el estudio y producción de pilas de combustible microbianas (PCM) las cuales ofrecen una tecnología alternativa, amigable y limpia, mediante la cual se obtiene un valor agregado a los procesos convencionales de bioremediación, donde, el tratamiento de aguas residuales es llevado a cabo en una cámara anódica que utiliza el metabolismo bacteriano para producir bioelectricidad como subproducto de la descontaminación acuática. Los resultados obtenidos de la cinética de degradación fueron que estas PCM construidas tuvieron un porcentaje de degradación de 57% 3% en 6 días, con una diferencia de potencial producido en circuito abierto de 330mV, una intensidad de corriente de 44uA con resistencia de 2000  $\Omega$  y una potencia de 5 mW/m<sup>2</sup>. Obteniendo así una alternativa limpia de depuración de aguas residuales industriales de la cual se obtiene bioelectricidad como un valor agregado del proceso.

**Palabras claves:** pila de combustible microbiana, agua residual, industria textil



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-82

**Título del trabajo:** Modelización problemas ambientales en entornos ganaderos a partir del estudio de las interacciones entre las dimensiones sociales, ambientales y salud, mediante el uso de sistemas de información geográfica y teledetección, en el cantón San Miguel de los Bancos.

**Autor (es):** Richar Iván Rodríguez Hidalgo, Evelyn Gabriela Villarroel Villarroel, Andrés Ignacio Petroche Villa, Susana Arciniegas Ortega

**Ponente (s):** Andrés Ignacio Petroche Villa

**E-mail:** [andrespetroche89@gmail.com](mailto:andrespetroche89@gmail.com)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El área de estudio requiere una propuesta metodológica para modelizar los problemas ambientales, generar escenarios de impacto y formular soluciones salud - ambiente.

**Objetivos:** Aplicar encuesta epidemiológica-ambientales a los miembros de las asociaciones ganaderas para determinar factores de riesgo. Interpretar las variables ambientales con el uso de sistemas de información geográfica y teledetección. Desarrollar metodología de ponderación para asignar pesos y demostrar matemáticamente la evaluación, análisis de alternativas, variables y criterios mediante Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Generar modelos y escenarios de problemas ambientales existentes en el Cantón. **Diseño Metodológico:** La modelización de problemas ambientales se basa en la recopilación de información en visitas de campo; así como, en instituciones públicas. Se realizó un análisis multicriterio con el enfoque de ecosalud, basándose en ponderaciones de criterios con el método de jerarquías analíticas de SAATY, para realizar los modelos mediante interpoladores kriging e Inverso Distancia Ponderada (IDW). Adicionalmente, se generó modelos precipitación y temperatura. Finalmente, se realizó el cruce de las diferentes variables generadas e interpretación de resultados. **Conclusión:** La investigación ecosalud o enfoque ecosistémico de la salud, actualmente se usa para promover la conservación de los recursos naturales y fomentar la salud pública y el cuidado al ambiente, tomando a la sociedad como clave para encontrar las interrelaciones sociedad – salud – ambiente.

**Palabras claves:** modelización, teledetección, ambiente, salud

## **INTRODUCCIÓN**

La modelización de problemas ambientales es una propuesta metodológica para la solución de problemas ambientales en entornos urbanos y rurales, generados por la creciente actividad humana y el manejo inadecuado de recursos naturales, utilizando sistemas de información geográfica, para crear escenarios de impacto y de riesgo que permitan desarrollar una correcta gestión del territorio y proteger el entorno natural donde las personas se desarrollan (Londoño, Cifuentes & Blanch, 2007).

Conesa (2005, p.37) encontró lo siguiente: La oferta y demanda de espacios son aspectos que los gobiernos nacionales, regionales y locales, así como planificadores y propietarios, deben analizar cada vez con mayor visión de ordenación, planificando los usos y buscando las mejores alternativas compatibles con el desarrollo social, económico y ambiental. Tradicionalmente, las herramientas, instrumentos, técnicas y metodologías para la ordenación territorial se han sustentado en el análisis de la relación espacio-tierra; esto ha evolucionado integrando variables económicas, sociales y ambientales, conformando modelos de escenarios o unidades territoriales, que se realizan con el apoyo de técnicas como la teledetección y aplicación de los sistemas de información geográficos (SIG), análisis de paisajes y variables multicriterio.

El desarrollo del área rural del Cantón San Miguel de los Bancos se enfoca en las actividades agropecuarias, siendo estas el eje del progreso social y económico, por este motivo, ésta área requiere de un análisis de las condiciones en las que se desarrollan dichas actividades, para el análisis de estas condiciones es necesario buscar relaciones entre sociedad – salud – ambiente, dicha relación se la conoce como ecosalud (PDOT Cantón San Miguel de Los Bancos).

La investigación se profundiza a nivel de localidades, análisis de imágenes satelitales, toma de unidades de muestreo, encuestas, análisis multicriterios, ponderaciones, elaboración de modelos y variables biofísicas o ambientales (Londoño et al, 2007).

### **Antecedentes**

Es necesario determinar una propuesta metodológica para la modelización de los problemas ambientales con una visión ecosistémica de la salud para generar escenarios probables de impacto (Lebel, 2005).

Los problemas ambientales son ocasionados por actividades antrópicas que dañan los ecosistemas y ocasionan impactos negativos sobre en las comunidades, poblaciones, salud humana y economía. Es por este motivo, que se debe modelizar con un enfoque ecosistémico utilizando técnicas y métodos de ponderación cuantitativos (Londoño, et al, 2007).

“Las variables ambientales se enfocan en aspectos biofísicos, como temperatura, precipitación, cobertura vegetal, uso de suelo, modelos de elevación, entre otras. Las cuales son usadas como inputs en la obtención y validación de modelos ambientales” (Muguruza, 2013).

El aumento de las actividades ganaderas en el mundo, ha desencadenado el uso frecuente de plaguicidas y recursos hídricos, lo que ha llevado a un deterioro de los ecosistemas y el descuido del uso del suelo. Motivo por el cual se debe analizar la relación entre individuo – ambiente, para formular soluciones que contribuyan a la gestión ambiental (Charrón, 2014).

En 1997, aprovechando décadas de experiencias varias en investigación en salud y medio ambiente, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) inició el

programa de investigación llamado Enfoques Ecosistémicos para la Salud Humana (o Ecosalud) (Charrón, 2014).

Su objetivo inicial fue apoyar la investigación innovadora acerca de cómo lograr una mejor salud humana a partir de una mejor gestión ambiental y de los recursos naturales. Este enfoque fue más allá del entonces dominante paradigma de los factores «determinantes ambientales de la salud»; aprovechó los avances en salud pública e internacional y puso su énfasis en 3 pilares: transdisciplinariedad, participación de actores múltiples y análisis social y de género (Charron, 2014).

Para entender mejor la relación sociedad – ambiente – salud, es necesario realizar un estudio multidisciplinario, con el objetivo de evaluar cada una de estas variables, y así, poder formular soluciones que contribuyan al buen manejo de los recursos. Para hacer este trabajo, es necesario el uso de sistemas de información geográfica y teledetección, ya que permiten, generar nueva información con múltiples variables, y combinar información ya existente (Charron, 2014).

“Debido a esto es importante realizar un estudio multidisciplinario, para relacionar la dinámica poblacional de este tipo de vectores con variables ambientales y así poder generar un modelo, que permita determinar cómo son las condiciones actuales” (Charron, 2014).

Para mejorar las condiciones de las poblaciones que se encuentran formando parte de los ecosistemas, es necesario mejorar las condiciones de los mismos y para esto se debe relacionar a las personas en su entorno utilizando variables ambientales, y teniendo en cuenta el impacto que puede tener el ambiente, los aspectos sociales y la prestación de servicios públicos (Lomas, 2014).

Las UPA's del Cantón San Miguel de los Bancos, se ven afectadas por vectores como garrapatas y la mosca del gusano barrenador del ganado, lo que genera que las condiciones de salud animal, no contribuyan al desarrollo sustentable del Cantón, y por ende, existan pérdidas económicas para los dueños de las fincas (Centro Internacional de Zoonosis (CIZ), (2014), Epidemiología molecular de parásitos y microorganismos de interés zoonótico: gusano barrenador del ganado, garrapatas).

## **METODOLOGÍA**

Para la modelización de problemas ambientales en el Cantón San Miguel de Los Bancos, se realizó encuestas por medio de visitas de campo a las Unidades de Producción Agropecuaria (Figura 1) y se evidenció el manejo de los desechos, la eliminación de aguas servidas y la procedencia del agua recibida. Esto permitió establecer una línea base de estas variables y contrastar esta información obtenida en campo con la información proporcionada por el INEC del año 2001, lo que permitió la generación de modelos y escenarios probabilísticos de impacto.

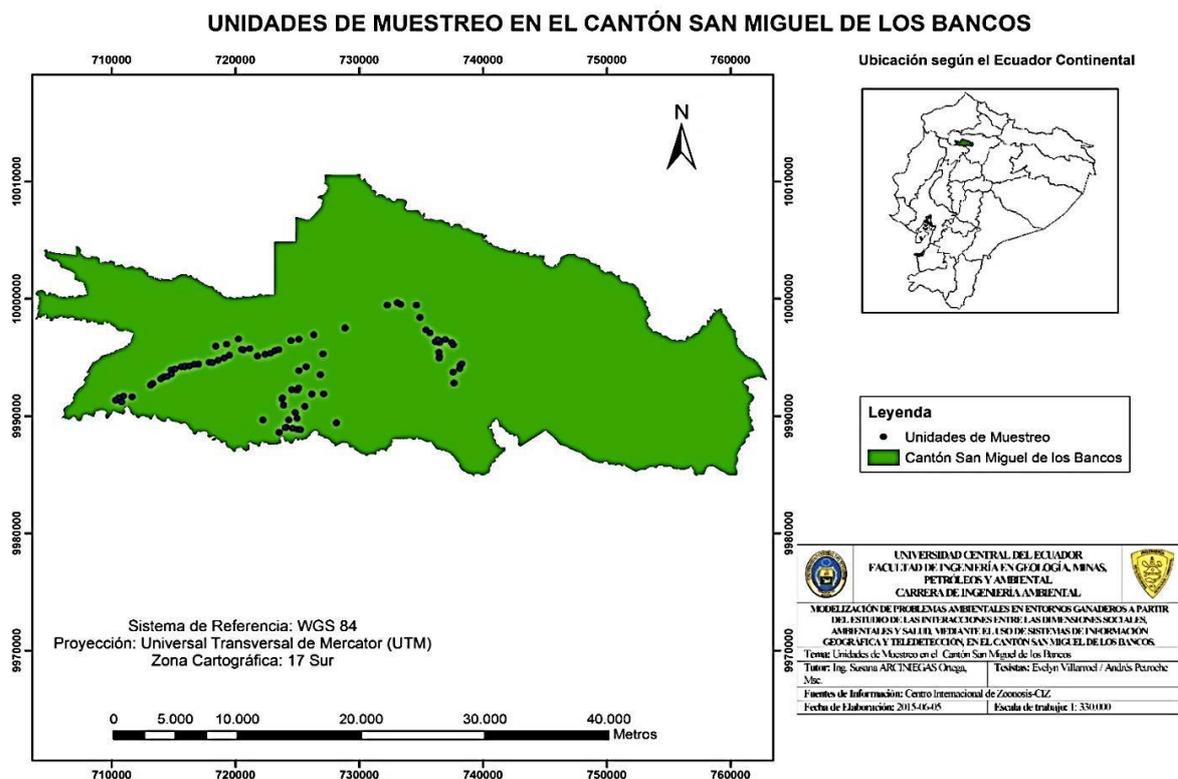


Figura No. 1 Ubicación de las Unidades de Muestreo en el cantón San Miguel de Los Bancos  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

Hay que considerar que en el Cantón, existen 3500 Unidades de Producción Agropecuaria y que la participación de pasturas en la superficie agrícola es del 56,1%, por lo tanto el número de Unidades de Producción Agropecuaria con pasturas se estimó en 1964; también se estimó que a nivel provincial, el pasto más utilizado es la Saboya, con un 25% de la superficie destinada a la ganadería tropical, de acuerdo a estos datos del III Censo Nacional Agropecuario, 2000; INEC, 2010 y GAD San miguel de los Bancos, 2014, se procedió a utilizar la fórmula propuesta por Thrusfield, 2007 para el cálculo de la muestra en una población finita, lo que permitió realizar las encuestas en campo, tomar puntos de muestreo y obtener datos de presencia de garrapatas y gusaneras.

El proyecto de investigación, recurrió a numerosas variables que fueron analizadas desde el punto de vista ambiental, socio – ambiental y de salud. Se utilizó información cartográfica proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC, esta información por sectores se encuentra distribuida en formato Shapefile que contienen datos de población y vivienda georeferenciados del VII Censo de Población y VI de vivienda – 2010.

Se utilizó información dispersa debido a que las unidades de muestreo se encuentran dentro de estos sectores, para la obtención de las variables por sector fue necesario manejar el software Redatam+SP, ya que es una herramienta para administrar bases de datos de gran volumen como por ejemplo los censos de población y vivienda bajo una estructura jerárquica de ordenamiento, lo que permite procesar información para áreas pequeñas como las manzanas o radios censales (Manual de Resumen Redatam+SP, INEC).

Las variables ambientales, socio-ambientales y de salud obtenidos del INEC, permitieron comparar los datos del programa Redatam+SP, con los datos de las encuestas realizadas.

Debido a que la información del VII Censo de Población y VI de vivienda – 2010 proporcionada por el INEC, se encuentra sólo a nivel de sector, ya que a nivel de localidad es de acceso restringido, se utilizó la información por localidades del año 2001 para las ponderaciones.

Para el análisis de las variables se realizó ponderaciones con el objetivo de asignar pesos y demostrar matemáticamente la evaluación, análisis de alternativas, variables y criterios, debido a que los métodos de ponderaciones cuantitativos son los más empleados para el análisis y evaluación de información.

Como parte de una propuesta metodológica para la ponderación de las variables se utilizó el Método de Jerarquías Analíticas de T. L. Saaty (AHP- The Analytic Hierarchy Process) para la ponderación de alternativas y criterios.

El método propuesto por SAATY se trata de un procedimiento de comparación por pares de los criterios, que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar. Así se establece una matriz de comparación entre pares de criterios, comparando la importancia de cada uno de ellos con los demás, posteriormente se calcula el eigenvector principal, el cual establece los pesos ( $w_j$ ) que a su vez proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Saaty, 1980).

El método AHP para la ponderación de la variable, por ejemplo, eliminación de los desechos, el primer paso consistió en indicar cuales son las alternativas o criterios para poder establecer las comparaciones entre los mismos. Las alternativas o criterios en los que las personas eliminan los desechos en el área de estudio, son los siguientes:

- C1: Un carro recolector recoge los desechos
- C2: Arrojan los desechos en un terreno baldío o quebrada
- C3: Incineran o entierran
- C4: Arrojan los desechos al río, acequia o canal

El siguiente paso fue generar la matriz de comparación por pares, para lo cual Saaty elaboró una escala de medida que se divide en 9 intervalos con el siguiente significado:

- 1= Igualmente significativo
- 3= ligeramente más significativo
- 5= notablemente más significativo
- 7= demostrablemente más significativo
- 9= absolutamente más significativo

Para realizar la ponderación se utilizó la escala propuesta por Saaty, en esta escala se realizó la siguiente modificación, teniendo en cuenta que la variable a analizar son los impactos ambientales que genera la eliminación de desechos:

- 1= Impacto ambiental igualmente significativo
- 3= Impacto ambiental ligeramente más significativo
- 5= Impacto ambiental notablemente más significativo
- 7= Impacto ambiental demostrablemente más significativo
- 9= Impacto ambiental absolutamente más significativo

Tabla No. 1 Matriz de comparación por pares de la variable eliminación de los desechos paso 1

	C1	C2	C3	C4
C1	1			
C2		1		
C3			1	
C4				1

Fuente: Saaty, 1980

Para comparar criterios diferentes, se analizó bibliografía correspondiente a manejo de desechos con el objetivo de que la comparación no sea de manera subjetiva.

En un estudio FAO riego y drenaje realizado por Ongley (1997) se encontró lo siguiente: Los contaminantes o desechos generados de las actividades ganaderas y de la agricultura consiguen abrirse paso por ríos en formas de sedimentos y cargas químicas, los problemas ambientales y las consecuencias que pueden generar estos contaminantes tienen repercusiones tanto en salud pública como en salud animal. La eliminación de desechos en ríos, acequias o canales, puede generar la contaminación de alimentos por el lavado o riego con agua de estos ríos, contaminados por la eliminación de desechos. La eliminación de residuos sólidos produce contaminación de aguas superficiales y subterráneas por los productos lixiviados y gases, generando contaminantes orgánicos, agentes patógenos, lixiviados tóxicos y efectos ambientales graves que deterioren la calidad del recurso hídrico.

La acumulación de desechos en terrenos baldíos o quebradas dan como resultado sitios insalubres debido a que los desechos se encuentran mezclados, orgánicos e inorgánicos, y en su descomposición proliferan hongos, bacterias y muchos otros microorganismos causantes de enfermedades o infecciones. La acumulación de desechos sólidos al aire libre es el ambiente propicio para que ratas, moscas y mosquitos, hongos y bacterias se desarrollen en grandes cantidades y en periodos de tiempo cortos; como consecuencia se generan focos de infección. (Recuperado de: <http://www.elnuevodiario.com.ni>).

Los desechos sólidos per se son materiales que tienen valor económico, si son manejados de forma adecuada o son reciclados, sin embargo en el país son pocos los lugares en los que se aprovechan los desechos sólidos, por esto en la mayoría de los casos se acumulan en botaderos al aire libre, como primera opción. En estos lugares existen plagas de roedores e insectos que ocasionan alteraciones al ecosistema y especies valiosas de flora y fauna, además se contamina las aguas subterráneas y superficiales con los vertidos y exudados de los lixiviados, mismos que aportan con una carga contaminante extrema (Armas & Yaselga, 2005).

Según datos provistos por el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, el MIDUVI y otras instituciones, se determinó que el servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2% en las áreas urbanas y de 54.1% en el área rural, la fracción no recolectada contribuye directamente a la creación de micro basurales descontrolados. Apenas un 24% de los Gobiernos Autónomos Descentralizados ha iniciado procesos de separación en la fuente, 26% procesos de recuperación de materia orgánica y 32% de recolección diferenciada de desechos hospitalarios. El 73,4% de los vehículos de recolección del país son compactadores y se tiende a no utilizar equipos abiertos. El 70% de los equipos supera la vida útil de 10 años. Solo el 28% de los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios inicialmente controlados que con el tiempo y por falta de estabilidad administrativa y financiera, por lo general, terminan convirtiéndose en botaderos a cielo abierto. El 72% de los residuos restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto (quebradas, ríos, terrenos baldíos,

etc.), que provocan inconvenientes e impactos de diferente índole como taponamiento de cauces de agua y alcantarillados, generación de deslaves, proliferación de insectos y roedores; que traen consigo problemas ambientales y de salud a la población. (Recuperado de: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>).

De acuerdo a la Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) de los Estados Unidos Mexicanos, en su libro Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos, indica lo siguiente: En el proceso de incineración de residuos se pueden generar problemas como la emisión de gases ácidos, CO<sub>2</sub>, metales compuestos orgánicos, aumento en la concentración de contaminantes al aire, efectos de CO<sub>2</sub> en el cambio climático, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en vegetación y salud, metales y compuestos orgánicos a través de la cadena alimentaria. Al enterrar los desechos, se pueden generar los siguientes impactos; aumento en la concentración de contaminantes, efectos en la salud, efectos en la vegetación, aumento en concentración de sustancias en aguas receptoras por lixiviación, transferencia de contaminantes en aguas subterráneas.

Para indicar con un ejemplo, de acuerdo a estos análisis de los párrafos anteriormente citados, se consideró que el criterio C2 comparando con el criterio C1, es notablemente más significativo, debido a que los impactos ambientales que se producen al arrojar los desechos en un terreno baldío o quebrada son: contaminación de aguas subterráneas y acuíferos, contaminación del suelo, generación de lixiviados, suelo no apto para cultivo, problemas a la salud, generación de vectores, malos olores, descomposición de los desechos y proliferación de plagas. Por lo tanto, arrojar los desechos en un terreno baldío o quebrada genera más impactos ambientales que eliminar los desechos a través de un carro recolector. En la comparación, el criterio 2, genera más impactos ambientales que el criterio 1, por este motivo se introdujo el valor de 5 como lo establece Saaty en su escala, correspondiente a notablemente más significativo, en la comparación, como se muestra en la Tabla No.2:

Tabla No. 2 Matriz de comparación por pares de la variable eliminación de los desechos paso 2

	C1	C2	C3	C4
C1	1			
C2	5	1		
C3			1	
C4				1

Fuente: Saaty, 1980

De la comparación se obtuvo que  $5 C2 = C1$ , por lo tanto si comparamos en forma inversa, es decir, el criterio C1 (eliminar los desechos en un camión recolector) es notablemente menos significativo que el criterio C2 (arrojar los desechos en un terreno baldío o quebrada), obtenemos la siguiente ecuación  $C2 = C1/5$ .

De esta manera se completó el valor de 1/5 en la parte que corresponde de la matriz. En el caso de querer asignar un valor que no se encuentra en la escala pero está en los tramos definidos por ésta, se puede introducir un número par, como se muestra en la Tabla No.3:

Tabla No. 3 Matriz de comparación por pares de la variable eliminación de los desechos paso 3

	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/5		
C2	5	1		
C3			1	
C4				1

Fuente: Saaty, 1980

Para llenar la matriz (A), es necesario establecer las comparaciones, dándose cuenta de los impactos ambientales que generan cada uno de los criterios, como se indica en la Tabla No.4:

Tabla No. 4 Matriz de comparación por pares de la variable eliminación de los desechos paso 4

	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/5	1/3	1/7
C2	5	1	3	1/3
C3	3	1/3	1	1/5
C4	7	3	5	1

Fuente: Saaty, 1980

El siguiente paso fue normalizar la matriz a suma 1, es decir se suma la primera columna y se divide cada elemento de esta columna por la referida suma, de igual manera con el resto de las columnas, como se detalla en la Tabla No.5:

Tabla No. 5 Matriz de comparación por pares de la variable eliminación de los desechos paso 5

	C1	C2	C3	C4
C1	0,0625	0,0442	0,0357	0,0850
C2	0,3125	0,2208	0,3215	0,1984
C3	0,1875	0,0736	0,1072	0,1190
C4	0,4375	0,6623	0,5359	0,5952

Fuente: Saaty, 1980

A continuación se procedió a calcular la sumatoria de cada una de las filas, para posteriormente dividir cada una de estas por el valor del orden de la matriz, en este caso la matriz es de orden 4. El valor obtenido corresponde al peso de cada uno de los criterios, como se establece en la Tabla No.6:

Tabla No. 6 Matriz de comparación por pares de la variable eliminación de los desechos paso 6

	C1	C2	C3	C4	$\Sigma/4$	W	%
C1	0,0625	0,0442	0,0357	0,0850	0,2274/4	0,06	6
C2	0,3125	0,2208	0,3215	0,1984	1,0532/4	0,26	26
C3	0,1875	0,0736	0,1072	0,1190	0,4873/4	0,12	12
C4	0,4375	0,6623	0,5359	0,5952	2,2309/4	0,56	56
					$\Sigma$		100

Fuente: Saaty, 1980

Para comprobar que los pesos obtenidos son correctos, se procedió a calcular el eigenvalor principal de dicha matriz, el cual nos proporciona una medida cuantitativa de los juicios de valor asignados a los elementos de la matriz de comparación por pares (Saaty, 1980). Esta medida se consigue mediante la siguiente expresión:

$$C.I. = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

**Ecuación No. 1** Índice de consistencia variable eliminación de los desechos

Donde:

C.I.: Índice de consistencia

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : representa al eigenvalor principal de la matriz de comparación por pares

n: es el número de filas o de columnas de la matriz

Para el cálculo del eigenvalor, se realizó la multiplicación entre la matriz inicial y los pesos, de la siguiente forma:

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 1/7 \\ 5 & 1 & 3 & 1/3 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1/5 \\ 7 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,06 \\ 0,26 \\ 0,12 \\ 0,56 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2298 \\ 1,0991 \\ 0,4918 \\ 2,3549 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{\left[ \frac{0,2298}{0,06} + \frac{1,0991}{0,26} + \frac{0,4918}{0,12} + \frac{2,3549}{0,56} \right]}{4}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,11$$

Una vez calculado el eigenvalor se puede calcular el índice de consistencia.

$$C.I. = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

$$C.I. = \frac{4,11 - 4}{4 - 1}$$

$$C.I. = 0,0394$$

La razón de consistencia R.C. es el resultado de la división entre el índice de consistencia C.I. y el índice aleatorio R.I.

Para Saaty, R.I toma el valor de 0,90 para una matriz de orden 4.

$$R.C. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0,0394}{0,90} = 0,064$$

**Ecuación No. 2** Razón de consistencia variable eliminación de los desechos

Para que la consistencia de los juicios emitidos en la matriz de comparación por pares sea aceptable, no se debe sobrepasar el 0,10 de razón de consistencia (R.C.).

Las variables con sus correspondientes criterios que se analizaron con esta metodología fueron: eliminación de los desechos, procedencia del agua recibida, sistema de eliminación de aguas servidas y nivel de instrucción al que asiste o asistió, aplicando el método propuesto por SAATY y con el objetivo de llevar lo cualitativo a una escala numérica que nos permita realizar la ponderación con juicios de valor aceptables y a su vez ingresar valores ponderados en sistemas de información geográfica para realizar modelos y escenarios probabilísticos.

El valor obtenido en el cálculo de la razón de consistencia R.C. indica que los pesos en la matriz de comparación por pares son aceptables (Saaty, 1980), de este análisis cuantitativo se obtiene el siguiente peso de cada uno de los criterios, como se detalla en la Tabla No.7, aplicando el mismo procedimiento para los otros criterios (tabla 8, 9, 10):

Tabla No. 7 Pesos finales de la ponderación de la variable eliminación de desechos

N°	CRITERIOS	PESO FINAL
C1	Eliminan los desechos por camión recolector	6%
C2	Arrojan los desechos en un terreno baldío o quebrada	26%
C3	Incineran o entierran los desechos	12%
C4	Arrojan los desechos al río, acequia o canal	56%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

Tabla No. 8 Pesos finales de la ponderación de la variable procedencia del agua recibida

N°	CRITERIOS	PESO FINAL
C1	Reciben agua de pozo	27%
C2	Reciben agua de río, vertiente, acequia o canal	49%
C3	Reciben agua lluvia o albornada	13%
C4	Reciben agua de carro repartidor	7%
C5	Reciben agua de red pública	4%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

Tabla No. 9 Pesos finales de la ponderación de la variable eliminación de aguas servidas

N°	CRITERIOS	PESO FINAL
C1	Con red pública de alcantarillado	6%
C2	Pozo ciego	26%
C3	Pozo séptico	12%
C4	Con descarga directa al río o quebrada	56%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

Tabla No. 10 Ponderación de la variable nivel de instrucción al que asiste o asistió

N°	CRITERIOS	PESO FINAL
C1	Ninguno	56%
C2	Ciclo post-bachillerato	6%
C3	Secundario (bachillerato)	13%
C4	Inferior al nivel secundario	25%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

## RESULTADOS

Del análisis cuantitativo realizado mediante el método de jerarquías analíticas de SAATY; el resultado fue la obtención de pesos validados en cada uno de los criterios de las cuatro variables analizadas. Este trabajo de investigación es una propuesta metodológica, para ponderar los criterios de acuerdo a lo explicado en la metodología, con la finalidad de que los datos obtenidos generen modelos probabilísticos reales que permitirán comprender el manejo ambiental que actualmente se está realizando en el cantón, así como temas relacionados con la salud pública y la relación sociedad – ecosistema.

Una vez obtenidos los pesos de cada criterio, se procede a analizar la información por localidades proporcionada por el INEC, es decir el número de casos presentes en cada localidad.

Por ejemplo; en la localidad Cooperativa El Cisne, las personas eliminan los desechos de acuerdo a los siguientes criterios:

- C1: Un carro recolector recoge los desechos
- C2: Arrojan los desechos en un terreno baldío o quebrada
- C3: Incineran o entierran
- C4: Arrojan los desechos al río, acequia o canal

El número de casos presentes en la localidad Cooperativa El Cisne se muestran en la tabla 11:

Tabla No. 11 Resumen de los criterios ponderados de la Cooperativa El Cisne

	C1	C2	C3	C4
Casos:				
Cooperativa El Cisne	0	9	7	0
Pesos de cada criterios	6% = 0,06	26% = 0,26	12% = 0,12	56% = 0,56

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC.

Para cuantificar los valores de los pesos finales que irán en cada una de las localidades, se realizó el siguiente procedimiento para cada una de las localidades, en este caso el número de localidades son 115.

$$\begin{aligned}W_{\text{final localidad El Cisne}} &= (\text{Caso 1} \times W_{c1}) + (\text{Caso 2} \times W_{c2}) + (\text{Caso 3} \times W_{c3}) + (\text{Caso 4} \times W_{c4}) \\W_{\text{final localidad El Cisne}} &= (0 \times 0,06) + (9 \times 0,26) + (7 \times 0,12) + (0 \times 0,56) \\W_{\text{final localidad El Cisne}} &= 3,18\end{aligned}$$

**Ecuación No. 3** Ejemplo peso final de las ponderaciones por localidad “Propuesta metodológica”

El mismo procedimiento se realizó para cada una de las 115 localidades, analizando los correspondientes criterios, para obtener los pesos finales.

Además, se realizaron los modelos utilizando los métodos de interpolación IDW y Kriging para compararlos entre sí, y determinar cuál de estos es el más adecuado para la generación de escenarios reales, considerando a Kriging para este estudio que hace la diferencia con respecto a métodos determinísticos.

La modelización se realizó con software de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando el interpolador kriging para modelos de primer, segundo y tercer orden para observar cual presenta mejor distribución de los datos, obteniéndose los siguientes resultados para cada una de las siguientes variables:

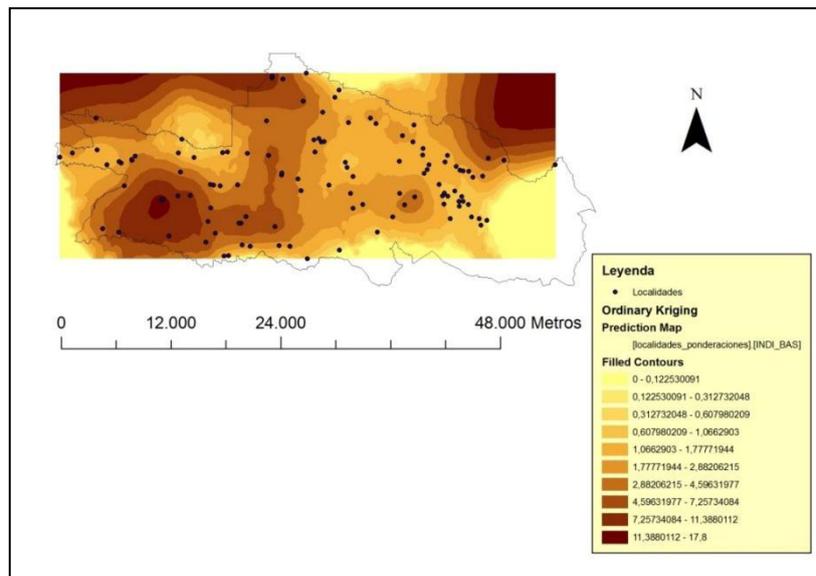


Figura No. 1 Modelo Ordinario Segundo Orden “Variable eliminación de los desechos”  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC

El modelo refleja que en la mayor parte del cantón existe un mal manejo de los desechos, lo que origina impactos ambientales significativos, principalmente en las localidades Cooperativa Paisaje del Río Blanco, Cooperativa Bernardo Valdivieso, Santa Rosa de Mulaute, San Juan de Puerto Quito, las mismas que se ubican en zonas donde existen ríos perennes como por ejemplo el Río Sabaleta, Río Blanco, Estero Piedroso, entre los más cercanos. Se generan impactos ambientales bajos en las localidades El Aserrio, 23 de Junio, Cooperativa Los Andes, Blanca Nieves, Cooperativa 9 de Octubre.

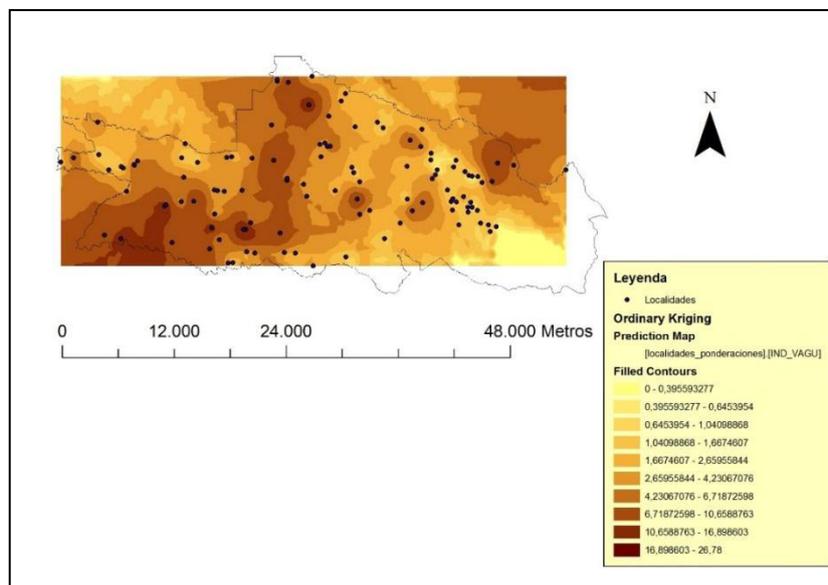


Figura No. 2 Modelo Ordinario Primer Orden “Variable procedencia del agua recibida”.  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC

De acuerdo al análisis de los modelos, los pobladores que están en mayor riesgo de sufrir enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua de consumo, son los siguientes; aquellos que habitan en las localidades:

- Cooperativa Paisaje del Río Blanco
- Cooperativa Santa Rosa de Mulaute
- Recinto Mirador Lojano
- Cooperativa Unión Ganadera Orenses
- Cooperativa 23 de Junio
- El Chipal
- Cooperativa El Cisne
- San Tadeo
- Primero de Mayo

Se generan menores impactos a la Salud de los pobladores, en las siguientes localidades:

- Hacienda La Escalera
- Hacienda La Unión
- Cooperativa Pichincha
- Hacienda La Alhambra
- Hacienda La Colina
- El Aserrio

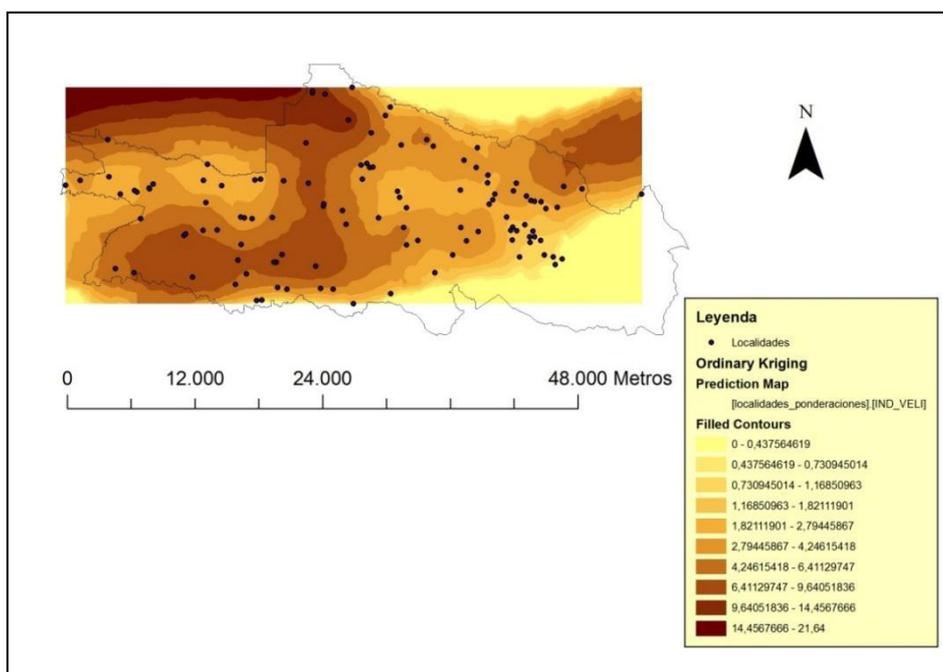


Figura No. 3 Modelo Ordinario Tercer Orden “Variable eliminación de aguas servidas”  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

Este modelo, se analizó desde el punto de vista de contaminación ambiental y de problemas a la salud pública y animal. Desde el punto de vista ambiental se consideró la contaminación al agua y al suelo, desde el punto de vista de salud pública, se consideró enfermedades, proliferación de vectores, debido a que el criterio que mayor porcentaje se le asignó es a la ausencia de un sistema de eliminación de aguas servidas, ya que en la encuesta realizada en campo hubo pobladores que manifestaron que no poseían ningún tipo de sistema de eliminación de aguas servidas. Desde el punto de vista de salud animal, existe un riesgo

elevado debido a que los pobladores manifestaron que, al no poseer un sistema de eliminación de aguas servidas, se ven obligados a realizar sus necesidades a campo abierto, y cabe recalcar que el ganado se desarrolla en estos ecosistemas.

Las localidades y sus pobladores que se ven afectados en mayor parte, a la vez generan mayor contaminación ambiental y riesgos a la salud animal son las siguientes:

- Cooperativa Santa Rosa de Mulaute
- Cooperativa Bernardo Valdivieso
- Cooperativa Paisaje del Río Blanco
- Recinto Mirador Lojano
- Cooperativa Unión Ganadera Orense
- Unión Ganadera Orense
- Cooperativa Nuevo Mundo
- Amanecer Campesino
- La Florida
- Los Bancos
- El Chipal
- San Juan de Puerto Quito

Las localidades y sus pobladores que se ven afectados en menor parte son:

- Localidad La Sucia
- Nambillo
- El Aserrio

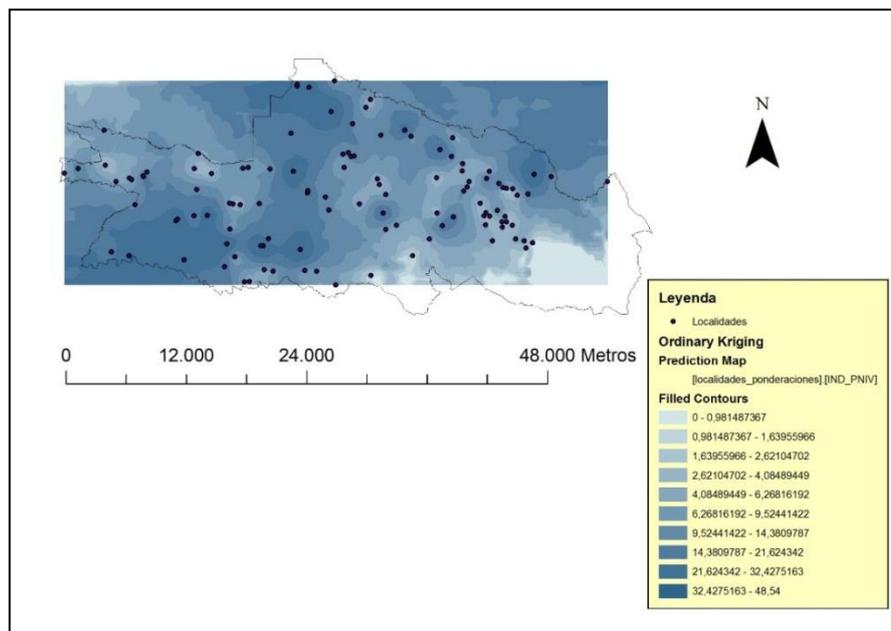


Figura No. 4 Modelo ordinario primer orden “Variable nivel de instrucción al que asiste o asistió”

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

En este modelo, se analizó el nivel de instrucción que tienen los pobladores de las distintas localidades del cantón, dando como resultado un nivel bajo de estudios, de los pobladores, lo que se relaciona directamente con el nivel de educación ambiental y cultura, que poseen los pobladores de las localidades.

Se consideró al criterio “Ningún nivel de instrucción”, como el que presenta mayor peso de las ponderaciones de esta variable. Las localidades, en donde los pobladores no poseen ningún nivel de instrucción o poseen el más bajo nivel de instrucción, son las siguientes:

- Cooperativa Santa Rosa de Mulaute
- Cooperativa Paisaje del Río Blanco
- Cooperativa Bernardo Valdivieso
- Recinto Mirador Lojano
- Cooperativa Unión Ganadera Orense
- Cooperativa Nuevo Mundo
- La Florida
- San Juan de Puerto Quito
- El Chipal
- Cooperativa 23 de Junio
- Milpe
- San José de Saloya
- Saloya
- El Cinto
- Pueblo Nuevo
- Primero de Mayo
- San Tadeo

Por otra parte, las localidades en donde se encuentra pobladores que poseen un nivel más alto de instrucción, son las siguientes:

- Cooperativa Los andes
- Blanca Nieves
- Saloya alta
- Cooperativa Pichincha
- El Aserrio
- La Isla

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

La investigación de Salud - Ambiente o enfoque ecosistémico de la salud, actualmente se usa para promover la conservación de los recursos naturales y fomentar la salud pública y el cuidado al ambiente, tomando a la sociedad como un punto clave para encontrar las interrelaciones sociedad – salud – ambiente.

Para el análisis de la información de las unidades de muestreo, se estableció una propuesta metodológica de ponderaciones para la valoración de criterios y alternativas que permitieron cuantificar y obtener una valoración numérica real de las situaciones y problemas actuales de salud – ambiente que presenta el Cantón San Miguel de los Bancos.

El método de interpolación Kriging, nos permitió hacer un análisis de primero, segundo y tercer orden de los modelos generados, con la finalidad de elegir el modelo probabilístico con menor error, a través del análisis de la predicción de errores obtenidos en el cálculo de los modelos.

En las localidades; Cooperativa Paisaje del Río Blanco, Cooperativa Bernardo Valdivieso y Santa Rosa de Mulaute se evidencia problemas graves de contaminación al recurso agua, aire y suelo, los mismos que ocasionan impactos ambientales significativos. También los pobladores

de estas localidades están en mayor riesgo de sufrir enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua de consumo, lo que genera problemas en la salud pública a los pobladores de las localidades anteriormente mencionadas. Estas localidades se encuentran en riesgo de contraer enfermedades transmitidas por vectores debido a que poseen una mala eliminación de aguas servidas y por ende, son las localidades que más contaminan en el Cantón.

En las áreas en las que existe un mayor problema debido al mal manejo de desechos y al bajo nivel de instrucción, se ubican treinta unidades de producción agropecuaria, en las que se registra un 72% de casos de gusanera por la presencia de la mosca del gusano barrenador del ganado, y un 28% de presencia de garrapatas.

En las áreas en las que existe un mejor manejo de los desechos y nivel de instrucción, se ubican veinte y dos unidades de producción agropecuaria, en las que se registra un 81% de casos de gusanera por la presencia de la mosca del gusano barrenador del ganado, y un 19% de presencia de garrapatas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPI. (1983): “Centro de Proyectos de Inversión del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura”. *Estudio de factibilidad económica y técnica de la erradicación del gusano barrenador en Centroamérica y Panamá.*

Centro Internacional de Zoonosis (CIZ). (2014): *Epidemiología molecular de parásitos y microorganismos de interés zoonosico: gusano barrenador del ganado, garrapatas.*

Charron, D. (2014): *La Investigación de Ecosalud en la Práctica.* España: Una coedición con International Development Research Center (IDRC)

Chuvieco, E. (2008): *Teledetección Ambiental.* España: Editorial Ariel S.A.

Conesa, C. (2005): *Tecnologías de la información geográfica: Territorio y Medio Ambiente.* (1º edición). España: Universidad de Murcia. Servicio de publicaciones.2005

D. F. Charron (ed.), *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health, Insight and Innovation.*

IDCR.(2012): *International Development Research Centre.* Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

Instituto Geográfico Militar (IGM). (2015): *Cartografía Temática Cantón San Miguel de Los Bancos.* Disponible en: [www.geoportaligm.gob.ec](http://www.geoportaligm.gob.ec) (Último acceso: 18 octubre 2015).

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2010): VII Censo de Población y VI de vivienda – 2010.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2014): Estaciones Meteorológicas de la Provincia de Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas

Lebel, J. (2005): *Salud. Un enfoque ecosistémico.* Ottawa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

- Lomas, P. (2014): "Tendiendo puentes entre la sociedad y los ecosistemas para el buen vivir". Conferencia llevada a cabo en el auditorio de la Universidad de Postgrado de Estado, Quito.
- Londoño-Linares, J. Cifuentes-Ruiz, P. & Blanch, J. (2007): *Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos utilizando sistemas de información geográfica y métodos multivariantes*. España: Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, p.23.
- Márquez, H. (1999): Método Matemáticos de Evaluación de Factores de Riesgo Para el Patrimonio arqueológico: Una aplicación GIS del Método de Jerarquías Analíticas de T.L. SAATY.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del Cantón San Miguel de Los Bancos 2012 - 2025 (PDOT). Disponible en: <http://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial> (Último acceso: 18 octubre 2015).
- Sistema Único de Información Ambiental (SUIA). (2015): *Cartografía Temática Cantón San Miguel de Los Bancos*. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/> (Último acceso: 18 octubre 2015).



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 3. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA3-87

**Título del trabajo:** La tecnología solar como alternativa ante el cambio climático.

**Autor (es):** Tony Viloría, Efrén Vázquez, David Mesías Minda Tenezaca, John Guachún, Diego Bacuilima, Miriam Mainato, Francisco Mainato, María Inés Chungata

**Ponente (s):** David Mesías Minda Tenezaca

**E-mail:** [dminda@est.ups.edu.ec](mailto:dminda@est.ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Los esfuerzos para reducir la huella de carbono personal, debe darse desde todas las esferas de nuestro actuar cotidiano, y son las pequeñas iniciativas como la promoción del uso de la energía solar, para la cocción de alimentos y la desinfección del agua unas de las más importantes, debido a lo indispensable, y por ende frecuente, de estas actividades. Muchos trabajos se han realizado al respecto pero a pesar de ello el uso sigue siendo muy modesto, a nivel mundial. Uno de los objetivos de este trabajo es mostrar cuan económico, sencillo y eficiente es el uso de dispositivos como el horno solar tipo de acumulación, para la cocción de alimentos, pasteurización y esterilización del agua; como también caracterizar el mismo a través de la determinación de la variación de la temperatura de una carga específica al reorientar o no el dispositivo durante su uso y al obstruir los rayos del sol. Además se analizó el comportamiento de la temperatura al obstruir los rayos del sol y recubrir el horno con una lámina de papel aluminizado. En la elaboración del horno solar del tipo de acumulación se utilizó una caja de cartón con unas dimensiones aproximadas de 50×33×32 cm, papel de aluminio, el cual puede ser sustituido por empaques para alimentos, tales como galletas o golosinas, cuyo interior sea aluminizado, y una cartulina de cierta dureza de unos 101×76 cm aproximadamente. Los resultados obtenidos en la caracterización del horno solar tipo acumulación, mostraron que este tipo de dispositivos es una alternativa económica y eficiente para la cocción de alimentos y desinfección de agua.

**COMISIÓN NO. 4  
POLÍTICA Y GESTIÓN  
AMBIENTAL**



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-01

**Título del trabajo:** Educação ambiental na escola: a relevância do trabalho pedagógico para o pensamento crítico e a emancipação humana.

**Autor (es):** Gerson Luiz Buczenko y Maria Arlete Rosa

**Ponente (s):** Gerson Luiz Buczenko

**E-mail:** [buczenko@uol.com.br](mailto:buczenko@uol.com.br)

**Institución:** UTP-PR/CNEC Campo Largo

**País:** Brasil

#### RESUMEN

O presente trabalho, compõe pesquisa para o Doutorado em Educação pela Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) e procura debater o trabalho pedagógico, desenvolvido em escolas em relação à abordagem da Educação Ambiental. O objetivo geral do presente trabalho é analisar o conceito de trabalho pedagógico e sua importância para a Educação Ambiental em sua vertente crítica. Como objetivos específicos elegemos: conceituar o trabalho pedagógico em aproximação da perspectiva da Educação Ambiental crítica; e, avaliar, por meio das Diretrizes Nacionais de Educação Ambiental, a relação trabalho pedagógico e Educação Ambiental na escola. A indagação de pesquisa foi assim definida: o conceito de trabalho pedagógico carrega em si elementos para uma educação ambiental crítica e transformadora? A pesquisa bibliográfica realizada teve por base o conceito de trabalho pedagógico, abordado nos escritos de Libâneo (2010), Pimenta et al. (2013), Frizzo (2008) e Ferreira (2010) entre outros. A abordagem da Educação Ambiental tem suporte em Guimarães (2005), Carvalho (2012), Loureiro (2002; 2012) e Layrargues (2012). Segundo Saviani (2014), ao estabelecer o trabalho pedagógico como uma mediação que permite aos alunos, a inserção crítica e intencional na sociedade, uma atuação que por meio do trabalho pedagógico pode libertar, emancipar e até mesmo revolucionar. Essa forma de pensar pode ser conectada à dimensão ambiental por meio de uma Educação Ambiental crítica e emancipatória, que se conjuga a partir de uma matriz, que compreende a educação como elemento de transformação social inspirada no diálogo, no exercício da cidadania, no fortalecimento dos sujeitos, na criação de espaços coletivos de estabelecimento de regras de convívio social.

**Palavras-Chave:** educação, trabalho pedagógico, educação ambiental



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-03

**Título del trabajo:** Gestión técnica en lixiviados generados en rellenos sanitarios a través de sistemas microbianos de control de contaminación.

**Autor (es):** Álvaro Chávez Porras, Carlos Coy Barrera y Nicolás Casallas Ortega

**Ponente (s):** Álvaro Chávez Porras

**E-mail:** [alvaro.chavez@unimilitar.edu.co](mailto:alvaro.chavez@unimilitar.edu.co)

**Institución:** Universidad Militar Nueva Granada

**País:** Colombia

#### RESUMEN

El Relleno Sanitario Doña Juana - RSDJ, Bogotá, Colombia, digester base en el proceso de recolección y manejo de residuos sólidos cuenta con un área de 472 ha y recibe en promedio 6.300 t/día; posee una planta de tratamiento de lixiviados la cual procesa un caudal promedio de 23 L/s. Estos líquidos tóxicos se tratan por procesos de lodos activados, generando clarificados y lodos, para disponerse finalmente en el Río Bogotá y celdas de seguridad, respectivamente; gestión que involucra contaminación de cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos. En los procesos se advierte la presencia de microorganismos depredadores de contaminantes, viables destructores de cadenas alimenticias circundantes al medio ambiental afectado. Este estudio tiene como objetivos mostrar cómo las comunidades microbianas, mediante columnas de observación - “metodología de *Winogradsky*”, con sustratos lodos de lixiviados del RSDJ, son eficientes en la degradación de la carga contaminante, incluido metales pesados presentes. El sistema, con procedimientos básicos, además de permitir procesos controlados, con las microespecies seleccionadas, genera valores agregados con los lodos resultantes; teniendo como alcance la posibilidad de ser usados como sustratos enmiendas o para remediación de suelos. Este sistema de columnas anaeróbicas, fue elaborado en acrílico, permitiendo reproducir un ecosistema natural; donde en primera instancia los microorganismos estuvieron mezclados en una sola colonia; pero al estabilizarse y exponerse a la luz durante 6 semanas, se observó la ocupación diferencias de las colonias, mostrando las disperejas condiciones ambientales. Concluyéndose que los cultivos enriquecidos y las diferentes clases de microespecies, una vez evaluada su eficiencia, permite identificar el comportamiento depredador en contaminantes; tanto como el poder ser inoculados en sistemas de tratamiento de aguas o lodos residuales.

**Palabras claves:** rellenos sanitarios, lixiviados, sistemas microbianos anaerobios, metodología de *Winogradsky*

## INTRODUCCIÓN

El estudio busca fomentar el desarrollo sanitario y ambiental en el manejo de lixiviados generados en un relleno sanitario. Creando un aporte científico y tecnológico de información apropiado para la gestión técnica de las operaciones a ser ejecutadas.

Los Rellenos Sanitarios son un claro ejemplo de los ciclos biogeoquímicos, con movimiento y conversión de materiales por acciones bioquímicas. En ellos los elementos circulan entre la parte biótica y abiótica del sistema. Estos constituyen una de las soluciones de mayor aceptación, para la disposición de los residuos sólidos de una zona urbana, desde el panorama de la salud pública; lo que permite disminuir los efectos negativos en los ecosistemas, garantizando la no afectación a la calidad de vida de una población, por los manejos inadecuados.

Por tanto el relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y la seguridad pública. Estos tampoco perjudican al ambiente durante su operación, ni después de terminado su tiempo de vida, ya que utilizan principios de ingeniería para encapsular los residuos en el menor volumen (compactación), cubriéndola a diario con capas de tierra. Conjuntamente, atiende las emanaciones líquidas y gaseosas producidas, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

La composición de los lixiviados varía con el tipo de residuos, las precipitaciones en el área (lluvias), la velocidad de descomposición química afectadas por el clima, la altitud y otras condiciones de la zona. Para el caso de las precipitaciones, se favorece el incremento del caudal de los lixiviados; lo que obliga a interceptar y desviar las escorrentías, evitando volúmenes generadores de efectos desfavorables, como lo son la operación del relleno, la contaminación de los cuerpos de agua, superficial y subterránea, entre otros.

Por lo anterior se hace necesario para las celdas de disposición de contar con canales de drenaje de lixiviados y aguas lluvia, en sistemas de conducción y captación (reactores de almacenamiento).

El Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ.- situado en Bogotá D.C., Colombia, es considerando como el digester base en el proceso de recolección y manejo de los residuos sólidos de la capital. Cuenta con un área de 472 ha; recibe un promedio de 5.900 t/día, 24 h/día. Posee una planta de tratamiento para el manejo de lixiviados, para un caudal promedio de 23 L/s, removiendo una carga orgánica de 10500kg/día.

Cuenta también con un reactor para almacenamiento de 31 L/s. El clarificado y los lodos de lixiviados son dispuestos finalmente, los primeros en el caudal del Rio Bogotá y los segundos en celdas de seguridad.

Estos espacios de descarte advierten al Distrito Capital y la empresa operadora, que la gestión involucra la gran posibilidad y potencial de ser causantes de la contaminación de cuerpos de agua circundantes.

Los lixiviados generados, líquidos de comportamiento especial, por sus contenidos tóxicos, se tratan generalmente por procesos de lodos activados, los cuales producen clarificados y lodos, para ser dispuestos. Formados por la transformación de residuos domésticos e industriales, que contienen cantidades considerables de metales pesados. Compuestos metálicos, que se disuelven en el agua para su posterior biomagnificación y/o bioacumulación. Por su interés

ambiental, su tratamiento es un problema difícil de atacar; considerándose una molestia desafiante en la ingeniería del tratamiento.

Para este caso de estudio de procesos de transformación están las Columnas de Observación Microbiana o Columna de Winogradsky, diseñadas en 1880 con objeto de estudiar los microorganismos del suelo. Hoy usadas para el aislamiento de bacterias fototróficas rojas y verdes, tanto como de otros microorganismos anaerobios.

En ellas se estudia las relaciones entre la microbiota y el hábitat de desarrollo. Una vez identificada la colonia de microorganismo, depredadora de la carga contaminante, se inoculará en un reactor biológico, lográndose mejoras en el funcionamiento para lograr remoción, de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

### **Justificación**

La gestión técnica del manejo de estos lixiviados debe permitir habilidades tecnológicas y recursos para salvaguardar la operación de los sistemas; considerando como objetivo primordial de esta, el proteger de contaminación los cuerpos de agua circundantes.

Por tanto, sus diseños y despliegue de procedimientos deben además de ser sostenibles, permitir su permanencia en el tiempo. En los procesos de tratamiento se advierte la gran presencia de colonias de microorganismos, los cuales se convierten en “sistemas depredadores” de contaminantes, como también, viables destructores de cadenas alimenticias circundantes a los cuerpos de aguas presentes y de otros actores del medio ambiental afectado.

En los ecosistemas se muestran relaciones de metabolismos microbiológicos, en los ciclos biogeoquímicos, derivando movimientos de los elementos que forman los organismos biológicos, el ambiente geológico y los cambios químicos; pudiendo ser sedimentario, gaseoso o hidrológico.

La columna de observación microbiana representa un ecosistema anaeróbico y aeróbico, microbiano simple; donde se permite referirse a los ciclos, a las relaciones entre organismos y sus metabolismos.

Permite también, observar los espacios específicos que ocupan (micro espacios) por sus necesidades básicas, de supervivencia y de reproducción, cuantificado en la disponibilidad de carbono, energía y oxígeno. El reactor piloto requirió de energía lumínica para su funcionamiento cotidiano.

### **Objetivos**

Este estudio presenta como objetivo mostrar la sobrevivencia de las comunidades microbianas, mediante columnas de observación, basadas en la metodología de Winogradsky. Con sustratos lodos de los lixiviados del RSDJ, determinando la eficiencia de degradación de carga contaminante y metales pesados.

Lográndose simulaciones de micro ecosistemas o micro ambientes, donde los organismos, en sus colonias, ocupan espacios altamente específicos, de acuerdo con sus necesidades vitales. Evidenciando la interdependencia de la actividad metabólica de los microorganismos y su posibilidad de ayuda en el crecimiento de otros y viceversa.

Por tanto se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible usar la columna de observación microbiana - Winogradsky (en sus áreas aerobias y anaerobias) para identificar los microorganismos que generan eficiencia en la remoción de carga orgánica para el tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ – Bogotá D.C. con el fin de proponer mejoras al sistema de tratamiento usado actualmente?

## METODOLOGÍA

Partiendo de la premisa y referenciándose en los parámetros establecidos para calidad de cuerpos de agua, en la FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se requieren de metodologías de control sobre líquidos agresivos contaminantes de éstos, donde el lixiviado es uno de ellos.

El proyecto se basó en el montaje piloto de columnas de observación microbiana - Winogradsky - para el tratamiento de lixiviados proveniente –RSDJ- Bogotá D.C. Se implementó un sistema de observación, tipo anaerobio, con sellamiento que evitó la entrada y salida de aire.

Las columnas, recipientes transparentes, tenían una altura de 0,80 m y un diámetro de 0,15 m; donde se adicionaron los sustratos muestra; se enriquecieron con materiales orgánicos e inorgánicos; y se expusieron a luz natural. Observándose los cambios cualitativos del aumento de la población de microorganismos, en tres meses (tiempo determinado para el análisis).

El esquema de columnas consistió en dos reactores verticales (columnas en acrílico) cada una con sustrato. Una con lodo de lixiviado RSDJ antes de tratamiento de Lodos Activados y la otra con lodo de lixiviado RSDJ después de tratamiento de Lodos Activados. Según la Figura 1.

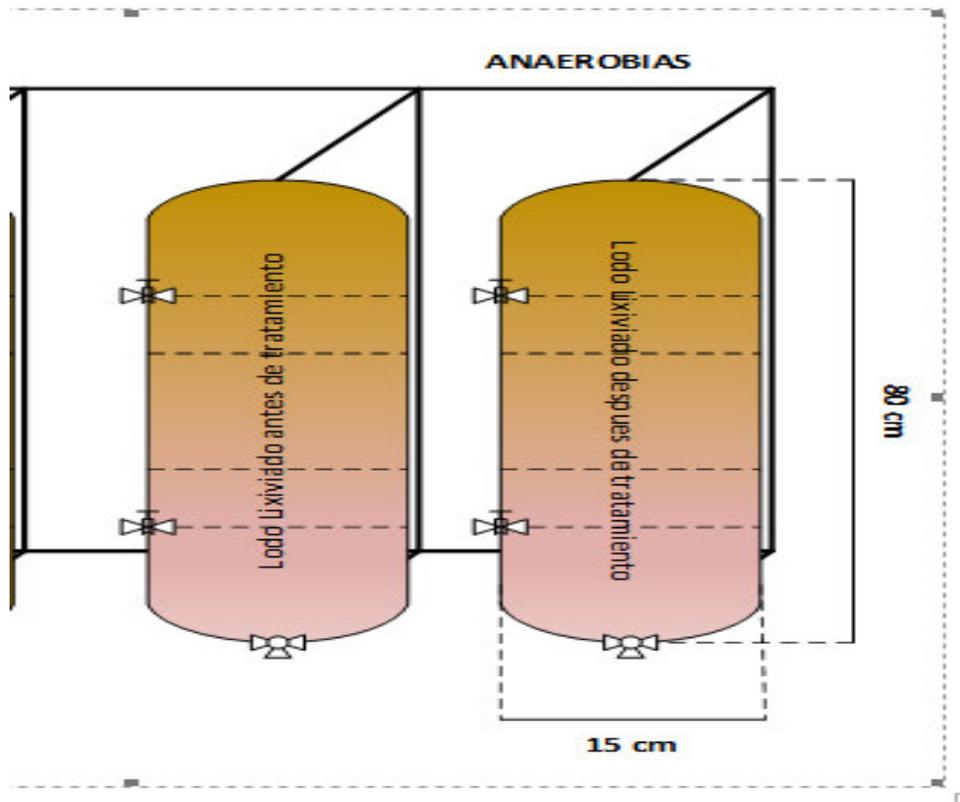


Figura 1 Esquema de columnas de Winogradsky

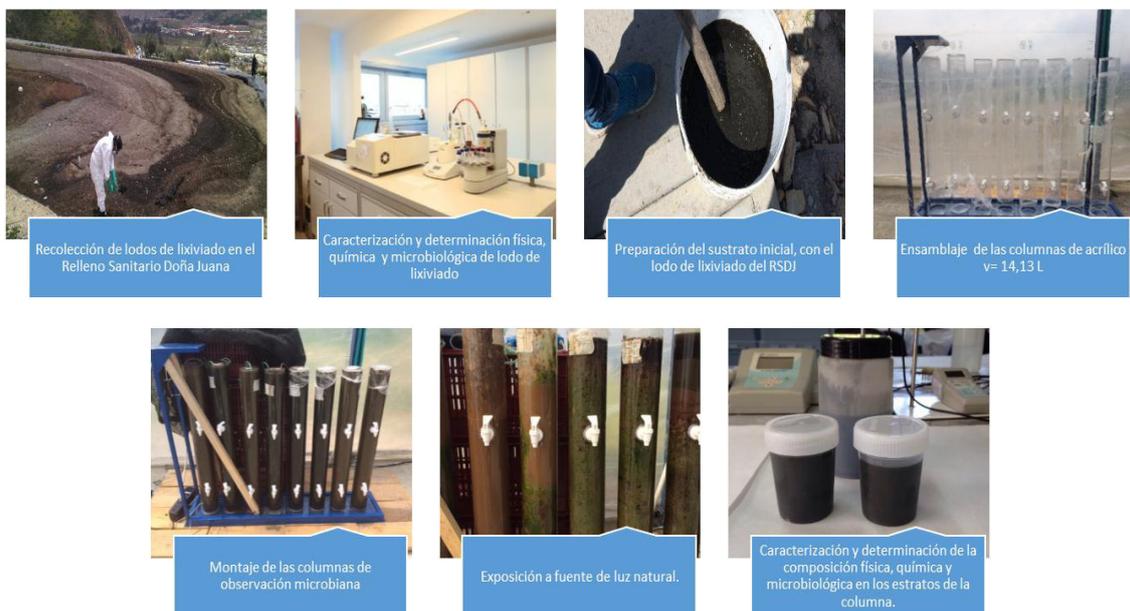
## ACTIVIDADES DESARROLLADAS

El estudio básicamente se presentó en tres actividades básicas, las cuales son la preparación de muestras, el desarrollo del sistema y el control del sistema, las cuales son descritas a continuación (ver Figura 2):

**Preparación de Muestras.-** El sustrato líquido de las columnas analizadas, se preparó con muestras de lodo de lixiviados del RSDJ, colectadas antes y posteriormente al proceso de Lodos Activados. Éstas, de ambiente húmedo, fueron enriquecidas con compuestos orgánicos e inorgánicos y finalmente expuestas a la luz natural.

**Desarrollo del Sistema.-** con un volumen de 14.13 L de lixiviados por columna, dejando un borde libre de 0,05m; posteriormente se añadió una fuente de carbono y energía para la cadena trófica microbiana (caldo enriquecido), urea para el caso. Las columnas se dejaron expuestas a la luz natural por tres meses, dentro del laboratorio.

**Control del Sistema.-** con la ayuda de un medidor multiparámetro se registró la evaluación semanal de valores de pH, Conductividad y Temperatura.



*Figura 2 Actividades Desarrolladas*

En los parámetros microbiológicos se controló la cuantificación general de: hongos, bacterias y actinomicetos; microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos, anaerobios y extremófilos; cuantificación de coliformes; y presencia de Salmonella. En general, se realizó una identificación biológica de las colonias bacterianas presentes, más representativas en cada punto de muestreo.

## RESULTADOS

Se obtuvo un ecosistema natural, donde en primera instancia los microorganismos estuvieron mezclados en una sola colonia. Al estabilizar y exponerse a la luz, durante tres meses de trabajo y observación, los tipos ocuparon distintas zonas; mostrando disperejas condiciones ambientales, las cuales favorecían las diferentes actividades específicas de cada especie.

Esta "sucesión de comunidades" se mostró relacionada con la concentración de oxígeno (Figura 3), los nutrientes adicionales proporcionados al sustrato, la composición química del sustrato y la luz presente. Obteniéndose una columna estratificada por zonas de diferente color; donde cada estrato se relacionó con un proceso químico – biológico específico. Permitiendo la degradación del sustrato.

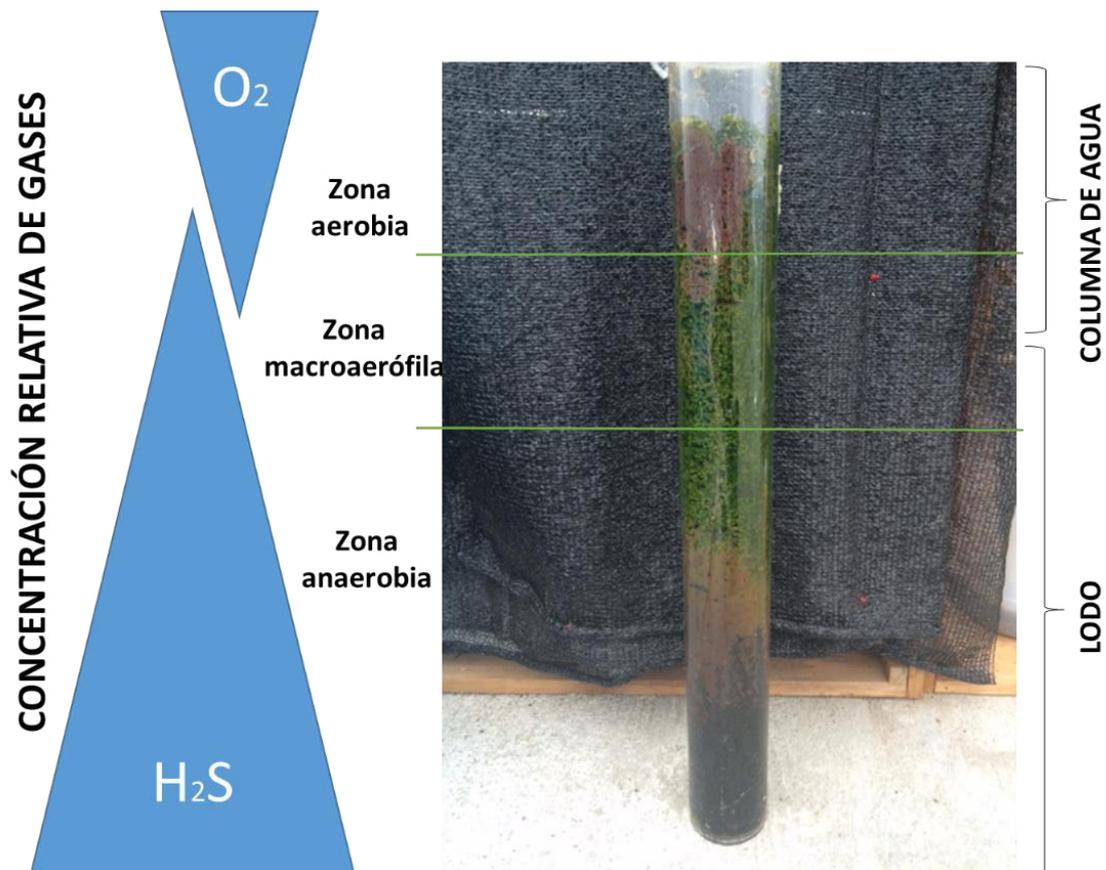


Figura 3 Concentración de oxígeno en la columna

El análisis se logró evaluando la composición química del fluido de los estratos de las columnas de observación, identificando los tipos de microorganismos presentes en los diferentes estratos. Sirviendo como apoyo para establecer la eficiencia de los microorganismos, en la remoción de carga contaminante; para su posterior inoculación en procesos biológicos para tratamientos.

Además de permitir procesos controlados a especies seleccionadas, de tal forma que generen valores agregados y no posibles entornos afectados en su textura química y microbiológica.

Los asentamientos formados en las columnas anaeróbicas, mostraban una zona inferior de condiciones con total ausencia de oxígeno, desarrollando microorganismos anaeróbicos, de actividades fermentativas, produciendo como subproductos de su metabolismo alcohol, ácidos

orgánicos, ácido sulfhídrico, metano, hidrógeno y ácidos grasos, que sirvieron como sustrato para el desarrollo de bacterias reductoras de sulfato.

Los subproductos liberaron productos sulfurados que se expandieron a la capa superior creando intercambios de sulfuro de hidrógeno en diferentes concentraciones en cada capa; luego las bacterias rojas (bacterias rojas del azufre), púrpuras y verdes (bacterias verdes del azufre), se estratificaron de acuerdo a la tolerancia al sulfuro de hidrógeno; en el medio de esta zona se ubicaron bacterias rojas y verdes no del azufre.

En la zona media, microaerófila, se hallaron bacterias oxidado-reductoras aerobias y bacterias fotosintéticas que usan los compuestos químicos para su metabolismo. En la capa superior, pudieron hallarse organismos aeróbicos como algas verdes eucariotas y cianobacterias que liberan oxígeno y mantienen esta zona de la columna como área aeróbica.

Las algas y cianobacterias formaron una capa superficial de color verde y al producir oxígeno ayudaron a mantener la aerobiosis en la zona superior de la columna; en el fondo, las bacterias reductoras del sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) produjeron sulfuro, que provocó el crecimiento de bacterias rojas y verdes del azufre; estableciendo dos gradientes, uno de oxígeno y otro de sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Las bacterias quimiorganótrofas crecieron a lo largo la columna, los microorganismos aerobios y micro aerófilos en la parte superior; los anaerobios en las zonas donde hay sulfuro de hidrógeno. Al cabo de seis semanas se observó una serie de comunidades microbianas en la columna.

La identificación de los microorganismos presentes en las columnas generalmente se hace de manera macro, por la coloración, las características y comportamiento a través del tiempo de los materiales que componen la columna.

Por tanto fue necesario tener el conocimiento de los pigmentos microbianos, los cuales son una forma de identificación del tipo o especie presente, los cuales suelen ser carotenoides y clorofilas.

Sabiendo que los carotenoides se encuentran en todo el reino vegetal, en tejidos fotosintéticos y no fotosintéticos. Cuando los pigmentos se extraen para su estudio, se debe hacer con especial cuidado debido a su fragilidad con la temperatura, luz y aire.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Concluyéndose que se permitió establecer mediante observación, los cultivos enriquecidos y las diferentes clases de especies microbianas; evaluándose su dinámica, frente a la transformación o eficiencia, midiendo la carga inicial.

Se identificaron los microorganismos con mejor comportamiento depredador, para ser inoculados en futuros sistemas de tratamiento de aguas o lodos residuales. Lográndose simulaciones de micro ecosistemas o micro ambientes, donde los organismos, en sus colonias, ocupan espacios altamente específicos, de acuerdo con sus necesidades vitales, como lo son los requerimientos de oxígeno, carbono y energía.

Evidenciándose la interdependencia de la actividad metabólica de los microorganismo y su posibilidad de ayuda en el crecimiento de otros y viceversa.

El sustrato líquido de las columnas analizadas, se preparó con muestras de lodo de lixiviados del RSDJ, colectadas posteriormente al proceso de lodos activados. Éste de ambiente húmedo, fue enriquecido con compuestos orgánicos e inorgánicos y finalmente expuesto a la luz natural. Observándose después de tres meses, la incubación o aumento de diferentes tipos de microorganismos. Éstos, de acuerdo con sus características fisiológicas, se establecieron en las diferentes zonas a lo largo de las columnas.

Esta "sucesión de comunidades" se muestra relacionada con la concentración de oxígeno, los nutrientes adicionales proporcionados al sustrato, la composición química del sustrato y la luz presente. Obteniendo como resultado una columna estratificada por sus zonas de diferente color; donde cada estrato se relaciona con un proceso químico – biológico específico. Estos elementos favorecen diferentes reacciones en los pigmentos que pueden provocar su degradación o descomposición.

Se recomienda realizar una comparación del ambiente anaeróbico con el aeróbico, en columnas separadas, con sus respectivas evaluaciones en los parámetros, para encontrar lugares y especies depredadoras en su mejor habitat; lo que podría brindar mejoras y propuestas para la gestión técnica apropiada en atender estos líquidos contaminantes, que afectan los cuerpos de agua circundantes a los rellenos sanitarios, en este caso el RSDJ:

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chao, A and Bunge, J. (2002). *Estimating the number of species in a stochastic abundance model. Biometrics.* 58:531-539
- Sagardoy marcelo.(2004), Biología de estudio, Bahía Blanca Argentina Universidad Nacional del Sur [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/var\\_21240.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/var_21240.pdf)
- Sagardoy, M. (2004). Biología del suelo. B.B., Argentina: Editorial de la Universidad Nacional del Sur.
- Méndez, L., Miyashiro, V., Rojas, R., Cotrado, M. y Carrasco, N. (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio. Revista FIGMMG. Vol. 7, No. 14, p 74 – 83.
- Estrada, A., Gutiérrez, L., and Montoya, O. (2005). Evaluación *in vitro* del efecto bactericida de cepas nativas de *Lactobacillus sp.* contra *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 58(1):2601-2609.
- Caballero, T., and Camelo, R. (2006). Aislamiento y caracterización de bacterias solubilizadoras de fosfato a partir de suelos algodoneros, departamentos de Cesar y Meta. Microbiología Industrial. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Abdelbasset, M., Djamila, K. (2008). *Antimicrobial activity of autochthonous lactic acid bacteria isolates from Algerian fermented milk "Raïb"*. Afr. J. Biotechnol. 7(16):2908-2914.
- Dowd, S., Sun, Y., Wolcott, R., Domingo, and A., Carroll, J. (2008). *Bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing (bTEFAP) for microbiome studies: Bacterial diversity in the ileum of newly weaned Salmonella-infected pigs.* Foodborne Pathogens and Disease. 5(4):459-472.

- Santos, A. (2009). Revista Reduca. Recuperado 12 de mayo de 2013, de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/802/818>
- Fonte, A. (2012). Columna de *Winogradsky*. Prácticas de ecología microbiana. <http://es.scribd.com/doc/59281261/Columna-deWinogradsky>
- Moreno, R. (2012). Revista Reduca. Recuperado 12 de Mayo de 2013, de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/966/997>
- UNAM. (2012). Diversidad Microbiana. Recuperado el 12 de Mayo de 2013, de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DiversidadMicrobianaColumnaWinogradsky\\_21554.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DiversidadMicrobianaColumnaWinogradsky_21554.pdf)



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-04

**Título del trabajo:** Buenas prácticas ambientales enfocadas a los residuos sólidos. Estudio de caso conjunto habitacional Villa Verde Pereira, Risaralda. Colombia.

**Autor (es):** Carlos Ignacio Jiménez Montoya, Deisy Lopera Castrillón, Marien Julieth Dávila Vidales

**Ponente (s):** Deisy Lopera Castrillón, Marien Julieth Dávila Vidales

**E-mail:** [ldlopera@utp.edu.co](mailto:ldlopera@utp.edu.co)

**Institución:** Universidad Tecnológica de Pereira

**País:** Colombia

#### RESUMEN

En la actualidad hablar sobre la necesidad de un manejo adecuado de los residuos sólidos como una forma de adaptación a los nuevos pensamientos ambientales, ha llevado a que este sea un tema cotidiano, en donde surgen distintas formas de aproximación que derivan una amplia gama de herramientas técnicas y educativas. La separación en la fuente tiene como objetivo el optimizar manejo de los residuos sólidos, para esto se crean planes y programas para una población que presenta restricciones y una limitada implementación debido a las actitudes y valores que distan mucho entre cada uno de sus integrantes dando un nivel de complejidad social que debe ser abordado. La solución propuesta se relaciona al cambio de actitudes y valores dentro de una comunidad en donde se proponen estrategias de educación ambiental desde la educación no formal y hace referencia a las distintas aproximaciones para implementar las buenas prácticas ambientales.

**Palabras claves:** comunidad, educación ambiental, educación no formal, medio ambiente, reciclaje



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-05

**Título del trabajo:** Observatorio de educación ambiental de Risaralda – OEAR.

**Autor (es):** Carlos Ignacio Jiménez Montoya, Raquel Sandoval Galvis y Eduardo José Aranda García

**Ponente (s):** Raquel Sandoval Galvis

**E-mail:** [raquels45@utp.edu.co](mailto:raquels45@utp.edu.co)

**Institución:** Universidad Tecnológica de Pereira

**País:** Colombia

#### RESUMEN

El Observatorio de Educación Ambiental de Risaralda OEAR es un sitio web que permite conocer a través de indicadores en materia de educación ambiental, el estado de la misma en Risaralda; así como los resultados de la gestión desarrollada por varias entidades del Sistema Nacional Ambiental. El Observatorio de Educación Ambiental de Risaralda (OEAR) es una herramienta que permite democratizar la información en el campo de la educación ambiental, dado que integra indicadores de múltiples dimensiones del desarrollo, recursos y temas de la gestión ambiental, alineándose con los principios de la Agenda XXI en el capítulo 40 "Información para la adopción de decisiones", donde se enfatiza que cada persona es a la vez usuario y portador de información, que incluye datos y el conjunto adecuado de experiencias y conocimientos. Así mismo, OEAR está basado en la complejidad, además contempla la noción del desarrollo sostenible y el desarrollo humano como estrategias para evaluar los mecanismos de mejora de la calidad de vida y su impacto sobre el ambiente. En ese marco de ideas, el Observatorio como espacio para el diálogo, debe propiciar un encuentro constructivo que fortalezca la comprensión sobre el territorio como lugar de identidad cultural y propicie la reflexión de las personas sobre las transformaciones que generan en él.

## **INTRODUCCIÓN**

La educación ambiental constituye un ámbito privilegiado de trabajo, orientado a la construcción de una visión del mundo que se fundamenta en una perspectiva sistémica y compleja, coherente con los aprendizajes que debe favorecer, los cuales deben expresarse en formas diferentes de pensar, actuar y sentir frente a las relaciones con la naturaleza y la sociedad, y que en una perspectiva crítica, promuevan problematizar y cuestionar la realidad y nuestra intervención en ella.

En lo que toca a los proyectos ambientales diseñados y gestionados por las comunidades, es importante mostrar sus aportes a la educación, en la medida que les permite integrarse alrededor de problemas relevantes para ellos, entender que son los responsables de las decisiones que tomen y que los comprometen con las relaciones sociedad-cultura-naturaleza en la conservación y renovación del ambiente, y el aporte de soluciones conjuntas a los problemas trabajados.

Entre los problemas que son hoy una prioridad para las sociedades y sobre los cuales la educación ambiental debe contribuir, están los relativos al agua, la energía, el cambio climático, la atenuación del riesgo y los desastres, la pérdida de la biodiversidad, la crisis alimentaria, las amenazas contra la salud, la protección de los sistemas de conocimiento tradicional de los grupos étnicos y campesinos y la interculturalidad de la gestión ambiental, la vulnerabilidad social y la inseguridad. Pero, ¿qué educación ambiental aporta al surgimiento de nuevas ideas sobre el ambiente, contribuyendo a la comprensión de estos problemas y a la creación de sociedades saludables y sostenibles?

Un observatorio propicia el diálogo entre personas, “observa” la diversidad de opiniones para articular fortalezas y oportunidades y obtiene información sobre las debilidades y las amenazas de las acciones educativas ambientales. Además propicia la interacción entre las organizaciones y entidades públicas y privadas responsables de procesos de educación ambiental, que en la perspectiva social asumida en la Política Nacional, tienen como horizonte “la formación en la responsabilidad tanto individual como colectiva y la búsqueda de un compromiso real de las personas con el manejo de su entorno inmediato, con referentes universales”.

### **Antecedentes**

La observación, definida como la aplicación de los sentidos sobre un objeto o fenómeno, constituye la primera fase de cualquier proceso de experimentación; de allí que la noción física de observatorio como centro dedicado a la observación de fenómenos naturales, como puede ser un observatorio astronómico o uno meteorológico, se amplía al análisis de diversos temas o problemas de actualidad como por ejemplo, la inmigración, la violencia familiar y la globalización, los derechos humanos.

Existen observatorios sobre necesidades básicas como la salud, educación, hábitat y desarrollo humano; como ejemplo de ello se tiene el observatorio de Desarrollo sostenible de la ciudad de Manizales y el observatorio de gestión ambiental territorial de la facultad de ciencias ambientales de la UTP.

La lista de observatorios y sus tipos podría ser extensa, pero lo relevante de los observatorios es que se destaca la realidad social en el tema específico, utilizando predominantemente indicadores como su herramienta.

## **Inicio de los Observatorios**

Según Desrosières (1996) , citado por Phelan (2007) afirma que fueron creados hacia la década de los sesenta en Francia por el INSEE (L'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques), pero su uso se generaliza solamente a finales de los ochenta con la aparición de los observatorios locales orientados a temas socioeconómicos, con un fin similar, ser un “instrumento de recogida, producción y análisis de los datos y de información económica, social y territorial, con el objetivo de conocer la situación urbana y las transformaciones actuales y facilitar la toma de decisiones” (Soy, 1991. Citado por Phelan, 2007).

Los observatorios no sólo se limitan a disponer y utilizar los datos existentes, sino que tienen como función la interpretación de los hechos más significativos del desarrollo; colocan un énfasis especial en los datos de carácter cualitativo así como en las áreas problemáticas o de especial interés, incluyendo la posibilidad de hacer encuestas o investigaciones ad hoc, e integran métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis e interpretación de datos.

Según Phelan (2007) la demanda de datos, información e indicadores municipales, sobre problemas de desempleo, estadísticas sobre cambios en la tecnología y el trabajo, se desencadenara el desarrollo de los observatorios a nivel local en Europa, principalmente en entes descentralizados.

## **SOBRE EL OBSERVATORIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL DE RISARALDA - OEAR.**

El Observatorio de Educación Ambiental de Risaralda OEAR es un sitio web que permite conocer a través de indicadores en materia de educación ambiental, el estado de la misma en Risaralda, así como los resultados de la gestión desarrollada por varias entidades del Sistema Nacional Ambiental.

El Observatorio de Educación Ambiental de Risaralda (OEAR) es una herramienta que permite democratizar la información en el campo de la educación ambiental, dado que integra indicadores de múltiples dimensiones del desarrollo, recursos y temas de la gestión ambiental; alineándose con los principios de la Agenda XXI en el capítulo 40 "Información para la adopción de decisiones", donde se enfatiza que cada persona es a la vez usuario y portador de información, que incluye datos y el conjunto adecuado de experiencias y conocimientos".

## **OBJETIVOS**

**General:** Crear un espacio de encuentro, entre los diferentes actores institucionales públicos y privados; actores sociales y ciudadanía en general, involucrados e interesados en la educación ambiental, con el fin de establecer e implementar protocolos para la observación y seguimiento de la educación ambiental en la región y el país.

### **Específicos**

- Caracterizar el estado de la Educación Ambiental en el país, su inclusión en planes locales, regionales e institucionales y la coordinación entre las diferentes instancias y sectores públicos y privados.
- Identificar con base en el diagnóstico las experiencias significativas y las necesidades de formación de las personas y las comunidades, tanto en contextos urbanos como rurales, en temas ambientales.

- Promover la apropiación social de los conocimientos y las prácticas innovadoras derivados de estudios e investigaciones ambientales, con el fin de enriquecer los procesos de participación en la toma de decisiones sobre lo ambiental
- Identificar experiencias, proyectos, recursos y programas considerados como referentes a nivel regional, nacional e internacional en la educación ambiental.
- Fomentar la divulgación de las acciones de las universidades para incorporar la dimensión ambiental a sus procesos de formación, investigación y proyección social.
- Ofrecer espacios de diálogo y cooperación para la identificación de estrategias, procedimientos y metodologías que apoyen un trabajo más eficiente y oportuno, a través de la realización de actividades y proyectos concertados con las organizaciones que están comprometidas con la educación ambiental en los territorios.

## **MISIÓN**

Propiciar y orientar los elementos conceptuales y el estado de la educación ambiental de manera permanente en el departamento, teniendo como sustento la información e indicadores que permitan la toma de decisiones inteligentes de los agentes, propiciando el desarrollo de políticas, programas y proyectos

## **VISIÓN**

El OEAR al año 2022 será el más reconocido en el orden nacional por sus ejecutorias y el planteamiento de políticas, programas y proyectos tendientes a tener una sociedad formada y educada en valores por el respeto al ambiente como precepto de vida de las futuras generaciones.

## **ALCANCES Y UTILIDADES**

- Proporciona información básica e indicadores sobre el estado ambiental de la ciudad y sobre la respuesta institucional a desafíos (metas) ambientales.
- Permite la evaluación y seguimiento de instrumentos como el Plan de Acción de la CAR, las metas ambientales del Plan de Desarrollo y los retos ambientales del Plan de Ordenamiento Territorial (POT).
- Genera las bases para el seguimiento y evaluación de políticas públicas ambientales.
- Propicia un escenario mediante al cual la comunidad puede estar más y mejor informada, y cualificar sus procesos de participación en la gestión ambiental.
- Permite una interacción con la ciudadanía a fin de que ésta participe proactivamente en la generación de información ambiental y en proyectos ambientales
- Apoya los procesos de planeación de la ciudad y genera información para una toma de decisiones más eficientes.

## **BASES CONCEPTUALES**

El observatorio ambiental se fundamenta en la noción de la complejidad del ambiente, la cual proviene a su vez de tres áreas generales del conocimiento como lo son, la física química, la termodinámica de sistemas abiertos y sus conceptos asociados; de la economía, y de la sociología con la teoría de resolución de conflictos.

Un observatorio de educación ambiental basado en la complejidad, contempla además la noción del desarrollo sostenible, el desarrollo humano, como estrategias para evaluar los mecanismos de mejoramiento de la calidad de vida y su impacto sobre el ambiente.

Colombia ha adoptado al desarrollo sostenible como aquel que “conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta; ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras para utilizarlo, para la satisfacción de sus propias necesidades”. Art. 3º Ley 99 de 1993.

Sin embargo, el desarrollo sostenible invita a una nueva forma de pensar y analizar el desarrollo actual de la sociedad en función de la problemática biofísica, social y económica, las cuales afectan las políticas gubernamentales, los patrones de consumo, haciendo énfasis en aquellos elementos que el modelo de desarrollo tradicional no ha considerado (Hoff, BV et al. 2008).

El observatorio permitirá a los diferentes actores el desarrollo de actividades como análisis y evaluación no solo de la política nacional de educación ambiental, sino la evaluación de la normatividad vigente en cuento a PRAES, PROCEDAS.

El ambiente es considerado como *“un sistema dinámico definido por las interacciones físicas, biológicas, sociales y culturales, percibidas o no, entre los seres humanos y los demás seres vivientes y todos los elementos del medio en el cual se desenvuelven, bien que estos elementos sean de carácter natural o sean transformados o creados por el hombre.”* (2002)

Esta visión integral y sistémica del ambiente, es una invitación a superar las miradas centradas solo en la naturaleza, y propiciar desde la educación, la comprensión de las personas sobre la calidad del ambiente en los territorios que habitan. En este sentido, la información ofrecida a través del Observatorio, debe apoyar la construcción de un conocimiento fundamentado sobre el territorio y propiciar acciones formativas de prevención.

Las acciones que realizamos, entran en un mundo de interacciones (Morin, 1996), pues la acción supone complejidad, es decir, elementos aleatorios, azar, incertidumbre, iniciativa, decisión, transformaciones. “Es el reino concreto y, tal vez, parcial de la complejidad”. Asumir la complejidad del ambiente en el que vivimos, nos prepara para estar atentos y prudentes frente a las situaciones inesperadas, pues no es posible, seguir sujetos a los determinismos. Pero son insuficientes, si bien permiten las certezas y seguridades, estas son estériles frente a la necesidad de enfrentar las incertidumbres y comprender creativamente la totalidad.

La educación ambiental es vista como un proceso que debe ayudar a las personas a tomar conciencia de las interacciones que vive en su ambiente y que se dan en otros ambientes, a lograr la comprensión del ambiente social y cultural y los problemas generados por estas interacciones, a sentirse parte integral de ese ambiente y hacer reflexión crítica sobre las situaciones de las cuales debe responsabilizarse y trabajar por su transformación cuando sea necesario, pero en la actitud de sujeto, de quien se “siente parte de” y “se integra con”, y supera la actitud de ver objetivamente el ambiente, como algo que está lejos de él y donde ocurren problemas, que deben ser resueltos por otros. Por lo anterior, una de las prioridades en la educación ambiental es la construcción de valores y actitudes en relación con el ambiente, generar interés y compromiso, autonomía y responsabilidad, lo cual implica un planteamiento integrador que incorpore conocimiento, emoción, reflexión y valores.

Uno de los aspectos más señalados en las políticas sobre la educación ambiental, es el que hace referencia a la formación ciudadana en el marco de una visión sistémica del ambiente, que permite abrir espacios para la reflexión crítica, y reconoce como fortaleza nuestra diversidad cultural. En este sentido, la educación ambiental permite a las personas recrear su

cultura, sentirse parte de un grupo y una comunidad y ser conscientes de las implicaciones de sus acciones para el ambiente natural y social. Desde esta perspectiva, una de las prioridades en el Observatorio es reconocer las comunidades y los grupos e invitarlas a compartir sus análisis, proyectos y nuevas miradas sobre la educación ambiental.

La educación ambiental, debe asumir la complejidad del ambiente, las interacciones entre lo social, lo natural y lo cultural, la importancia del conocimiento que aportan las diferentes disciplinas que permite conocer las “partes” que integran el todo, pero favoreciendo la integración de esas partes, para la comprensión del todo, desde el trabajo inter y transdisciplinar. Diferentes perspectivas deben reconocerse y conjugarse y favorecer las relaciones comunicativas entre las diversas concepciones, cotidianas y científicas, en la construcción de visiones conjuntas sobre el ambiente, la gestión de sus recursos y la responsabilidad en su conservación y manejo. Este es uno de los retos que se propone el Observatorio como escenario para el *diálogo de saberes*.

Para García y Cano (2006), en una perspectiva constructivista de la educación ambiental, no podemos limitarnos a informar, “es necesario asumir una visión más relativista y plural del conocimiento, lo que significa comprender las perspectivas de los otros, con situaciones de aprendizaje en las que haya contraste de ideas y negociación democrática del conocimiento” (120).

El proceso de construcción del conocimiento tiene un carácter social, en un doble sentido, pues se aprende en la interacción social, y lo que se aprende está determinado socialmente. Por ello, se habla de un conocimiento situado en un determinado contexto cultural e histórico. Este reconocimiento implica pensar en las actividades que deben ser incorporadas en la educación ambiental como “el trabajo cooperativo, la reflexión conjunta, el debate y la puesta en común; la comunicación, la argumentación y el contraste de las ideas; la negociación de los significados y la búsqueda del consenso, compartiendo perspectivas y toma de decisiones” (García y Cano, 2006:122).

Cabe señalar que en un contexto natural, las personas deben conocer “su espacio, su tiempo y, en general, su historicidad”, pues les permite “reconocerse y reconocer a los demás, dentro de unos criterios claros de diversidad, y comprender la dinámica social y sus elementos de evolución, valorando su cultura y su mundo”. (Política Nacional de Educación Ambiental, 2002).

De aquí se desprenden los criterios que define la Política de Educación Ambiental, orientados a la formación ciudadana: el trabajo interdisciplinario y coordinado entre diferentes instituciones y sectores; el reconocimiento de la diversidad cultural; la construcción de una escala de valores que permita a las personas y a los grupos relacionarse consigo mismo, con los demás y con su entorno natural, y que propenda por la igualdad y la equidad entre los géneros para el mejoramiento de la calidad de vida.

Aquí hemos de referirnos a las estrategias y los retos de la Política Nacional, las cuales plantean la necesidad de generar espacios de concertación y trabajo conjunto entre instituciones de diferentes sectores y organizaciones de la sociedad civil en los comités interinstitucionales de educación ambiental –CIDEA-; los proyectos ciudadanos de educación ambiental –PROCEDA-; la inclusión de la dimensión ambiental en los diferentes niveles de la educación formal desde el preescolar hasta la Universidad y en la educación para el trabajo y el desarrollo humano (actualmente en los procesos de formación del SENA); la formación de educadores ambientales que articula educación y participación y trabaja con niños y jóvenes, líderes juveniles, clubes, población vulnerable y líderes comunitarios y apoya la Red de Jóvenes

de Ambiente, la investigación y la reflexión, la formación de las comunidades y la corresponsabilidad de los actores. Otras proponen la incorporación de estrategias educativas en los planes, programas y proyectos de las Instituciones del SINA; la promoción y fortalecimiento del servicio militar ambiental, la promoción de la educación propia y el impulso a los proyectos con perspectiva de género, y la educación para la gestión del riesgo.

Otra estrategia está relacionada con los planes y acciones de comunicación y divulgación y se considera un componente fundamental en la medida que tiene la responsabilidad de propiciar el acceso a la información ambiental y facilitar las instancias de diálogo entre la sociedad civil y el Estado, buscando a su vez con un sentido educativo, desencadenar procesos de participación ciudadana en los asuntos ambientales y contribuir a la formación de una cultura ambiental. En esta estrategia, la creación del Observatorio será un gran apoyo y podrá con base en los referentes presentados anteriormente, observar cómo se desarrollan los procesos de comunicación en educación ambiental y propiciar los espacios para el diálogo *“con una clara intención pedagógica que reconozca las diferencias culturales, regionales y étnicas”*.

Los Observatorios favorecen la inclusión de los ciudadanos en procesos de formación y participación para la toma de decisiones ambientales y vinculan líderes y organizaciones públicas y privadas comprometidas con la gestión ambiental.

La educación ambiental como la estrategia fundamental del Sistema Nacional Ambiental – SINA, para cualificar la gestión ambiental y garantizar la sostenibilidad del desarrollo del país, debe ser objeto de diálogo y análisis en un Observatorio, que convoque a los actores vinculados a las estrategias de la Política Ambiental, y también a grupos sociales y comunidades indígenas y campesinas, que han logrado a través de sus acciones apropiarse social y responsablemente de los territorios que habitan. Su participación como observadores, debe aportarles elementos para el ejercicio de una ciudadanía ambientalmente consciente y responsable.

Desde los referentes anteriores, se propone el Observatorio como un sistema, que permita tener un amplio panorama sobre la educación ambiental en el país, para lo cual es necesario mirar sus antecedentes, las condiciones que determinan su estado actual y sus actores, quienes se asumen como “observadores” pero también como “observados”. Es también un espacio de interacción que favorece la construcción social de conocimientos y propuestas sobre la educación ambiental en todos los niveles entre instituciones, comunidades, redes y organizaciones.

En el Observatorio se reúne información sobre la educación ambiental desde diversas perspectivas y ambientes los cuales favorecen la comprensión de este proceso educativo en los ámbitos político, social, académico y cultural y permiten apoyar el trabajo intersectorial, el desarrollo de proyectos y programas y la realización de investigaciones que aportan al mejoramiento de la educación y la cultura ambiental.

El Observatorio puede ser un instrumento para acompañar el logro de los objetivos de la Política, al presentarse como un espacio para el diálogo, la concertación, el análisis, el debate y la participación en espacios de decisión sobre asuntos ambientales, que desde diferentes escenarios convocan actores, instituciones, comunidades, organizaciones e instituciones del ámbito público y privado.

Como escenario para el diálogo de saberes, debe permitir el intercambio de creencias, concepciones, prácticas, actitudes y valores sobre el ambiente y ampliar la comprensión de las interacciones que se dan entre los sistemas natural y social.

Visto así, el Observatorio como espacio para el diálogo, debe propiciar un encuentro constructivo que fortalezca la comprensión sobre el territorio como lugar de identidad cultural y propicie la reflexión de las personas sobre las transformaciones que generan en él.

El Observatorio permitirá además conocer la diversidad de ideas y propuestas desarrolladas por comunidades, organizaciones, instituciones educativas y personas con trayectoria y experiencia en los temas ambientales considerados prioritarios para la educación como el cambio climático, la biodiversidad, el consumo responsable, la gestión del riesgo, el uso eficiente de recursos como el agua, la energía, el manejo integral de los residuos, el conocimiento tradicional de los grupos étnicos y campesinos y la interculturalidad de la gestión ambiental.

Desde el observatorio se podrá elaborar un diagnóstico que dé cuenta del estado en que se encuentra la educación ambiental en el país, promover el intercambio de información y dinamizar las redes de comunicación con base en la construcción de indicadores.

La construcción de los indicadores sobre estrategias y retos que plantea la Política de Educación Ambiental, permitirá divulgar en el Observatorio información actualizada y pertinente sobre sus desarrollos, logros y dificultades, comprometiendo a los actores involucrados en acciones de mejora y fortalecimiento a nivel local, regional y nacional.

Por lo expuesto, el Observatorio apoyará con mejor información al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la toma de decisiones, proporcionará herramientas para realizar ajustes y comprometerá a los ciudadanos como veedores de los procesos de educación ambiental.

La importancia y complejidad de los temas que son abordados en la educación ambiental, plantean en el Observatorio una oportunidad para provocar un diálogo crítico sobre sus relaciones, interdependencias y confrontaciones y permiten, por ejemplo, preguntarse:

¿Es posible promover cambios en los estilos de vida y los comportamientos de las personas, que posibiliten una sociedad más sostenible y justa para todos? ¿Qué papel juega la educación en la generación de estos cambios en las formas de ser, pensar, actuar y convivir de las personas? ¿Cuáles son los retos para la educación superior y las comunidades que producen conocimiento científico y tecnológico?

De otra parte, el Observatorio, podrá ampliar y fortalecer la divulgación de acciones, eventos, proyectos, normativas, de educación ambiental que sean de interés para la ciudadanía con el fin de promover su participación.

Las Redes podrán ampliar su convocatoria en el Observatorio e integrar en los diálogos a otros actores del sistema, evidenciando la riqueza del trabajo colaborativo, el reconocimiento a la diversidad y la oportunidad de participar y comprometerse en proyectos comunitarios que consolidan los valores y aportan al manejo de problemas ambientales.

## **FUNDAMENTO NORMATIVO**

Política Nacional de Educación Ambiental. Esta plantea: Promover la concertación, la planeación, la ejecución y la evaluación conjunta a nivel intersectorial e interinstitucional de planes, programas, proyectos y estrategias de Educación Ambiental formales, no formales e informales, a nivel nacional, regional y local; y considera que la Educación ambiental, debe ser considerada como el proceso que le permite al individuo comprender las relaciones de

interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural para que, a partir de la apropiación de la realidad concreta, se puedan generar en él y en su comunidad actitudes de valoración y respeto por el ambiente. Estas actitudes, por supuesto, deben estar enmarcadas en criterios para el mejoramiento de la calidad de la vida y en una concepción de desarrollo sostenible, entendido éste como la relación adecuada entre medio ambiente y desarrollo, que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes, asegurando el bienestar de las generaciones futuras. El cómo se aborda el estudio de la problemática ambiental y el para qué se hace Educación Ambiental depende de cómo se concibe la relación entre individuo, sociedad y naturaleza y de qué tipo de sociedad se quiere.

Decreto 1200 de 2004, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por el cual se determinan instrumentos de planificación ambiental". Artículo 11°.- indicadores mínimos: El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecerá mediante resolución los indicadores mínimos de referencia para que las Corporaciones Autónomas Regionales evalúen su gestión, el impacto generado, y se construya a nivel nacional un agregado para evaluar la política ambiental. Anualmente el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial construirá un índice de desempeño de las Corporaciones Autónomas Regionales a partir de los indicadores mínimos, entre otros, cuyo objetivo es dotar a los Consejos Directivos de insumos para orientar el mejoramiento continuo de la gestión.

Resolución 0643 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por medio de la cual se establecen los indicadores mínimos de que trata el artículo 11 del Decreto 1200 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.

Ley 1549 de 2012. Por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la Política Nacional de Educación Ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial. La cual en su artículo N°1 "Definición de la Educación Ambiental. Para efectos de la presente ley, la educación ambiental debe ser entendida, como un proceso dinámico y participativo, orientado a la formación de personas críticas y reflexivas, con capacidades para comprender las problemáticas ambientales de sus contextos (locales, regionales y nacionales). Al igual que para participar activamente en la construcción de apuestas integrales (técnicas, políticas, <sup>1</sup> pedagógicas y otras), que apunten a la transformación de su realidad, en función del propósito de construcción de sociedades ambientalmente sustentables y socialmente justas.

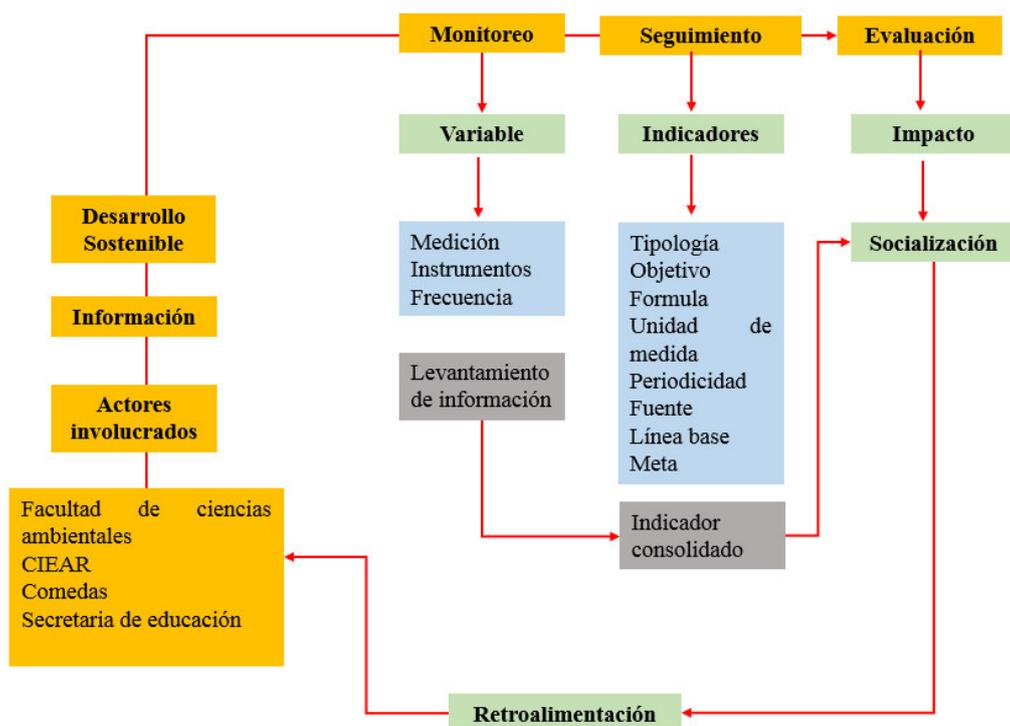
## **METODOLOGÍA**

La presente propuesta se enfoca en la definición conceptual y estructural de un observatorio de educación ambiental, como fundamento para el seguimiento y la evaluación de la política nacional de educación ambiental, lo que permite la planificación de planes programas y proyectos en materia de educación ambiental, tanto formal, como no formal e informal.

En la figura adjunta, se presenta el esquema general de la metodología que se lleva a cabo para el diseño del observatorio, en el que se debe tener definido cuál es el objetivo del mismo, cuales son los actores involucrados y sus compromisos institucionales.

Posteriormente se hace una revisión de información en el que se identifican las fuentes y su disponibilidad, se determina el modelo conceptual a seguir y por último se formaliza el contenido y estructura del observatorio, donde se formalizan los indicadores con la participación de los actores del sistema.

### **Ilustración 1: Estructura Funcional del Observatorio de Educación Ambiental de Risaralda**



### Indicadores a Evaluar

- Producción académica
- PRAES implementados y fortalecidos
- Inclusión de la dimensión ambiental al currículo
- Actuación de grupos ecológicos y ONGs
- PROCEDAS implementados y fortalecidos
- Proyectos Ambientales empresariales implementados y fortalecidos, desde la RSE.
- Cualificación docente
- Red de educación ambiental
- Comunicación de divulgación ambiental
- Articulación de la educación ambiental con la etnoeducación
- Perspectiva de género articulada a la educación ambiental
- Policía ambiental y servicio militar ambiental obligatorio
- Proyectos ambientales enmarcados en la gestión del riesgo
- Cuáles son los ecosistemas más representativos del contexto en que se encuentra su Institución Educativa
- Inclusión de la EA en planes de ordenamiento territorial
- PRAES relacionados con la recuperación de saberes ancestrales

A continuación, se ilustra la ficha metodológica por medio de la cual se evaluarán los indicadores expresados anteriormente.

### Ficha del indicador

NOMBRE	
DESCRIPCIÓN	
METODOLOGÍA	

FORMULA	
UNIDAD DE MEDIDA	
PERIODICIDAD	
TIPOLOGÍA	
FUENTE DE INFORMACIÓN	
LINEA BASE	
META	

## CONCLUSIONES

El uso de los observatorios a nivel mundial demuestran la versatilidad de esta herramienta de gestión, al permitir su aplicación en diversas temáticas permitiendo obtener informes a partir de indicadores económicos, sociales, educativos, estado de la degradación de los ecosistemas, el uso de la tierra y de la energía.

En este sentido, el observatorio será un espacio de encuentro entre los diferentes actores que permitirá el dialogo y contribuirá a la comprensión del territorio como un lugar de identidad cultural, bajo las reflexiones individuales y colectivas sobre las transformaciones que se generan en él.

Lo anterior entendiendo que el ambiente es el resultado de las interacciones físicas, biológicas, culturales y sociales que se tienen con el entorno, ya sea este de carácter natural y/o intervenido por la acción del hombre. De acuerdo con esto, la educación ambiental, es entendida como aquel proceso que permite a los individuos y/o los colectivos, tomar conciencia de las interacciones sociales y culturales con su entorno y los problemas que estas generan.

## BIBLIOGRAFÍA.

**ALZATE, A.** Diagnóstico Ambiental del Sector Curtiembre en Colombia: Proyecto de Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre. Centro Nacional de Producción Más Limpia yTecnologías Ambientales. Anexo 1. pg 5. 2004.

**COLOMBIA. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN.** Documento CONPES 3320 “Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá”. Acuerdo Nacional para fijar las Metas de calidad del agua del río Bogotá para el año 2020. 2004.

**COLOMBIA. MINISTERIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Resolución 0643 De 2004. “*Por medio de la cual se establecen los indicadores mínimos de que trata el artículo 11 del Decreto 1200 de 2004 y se adoptan otras disposiciones*”. 2004.

**COTTINGHAM, K.** Tacklin Biocomplexity: The Role of People, Tools, and Scale. En: BioScience, Vol. 52. No. 9. 2002.

**CUNDINAMARCA. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL.** Carta ambiental. Breve Balance De Acciones De La Car Para Sanear Aguas De Río Bogotá Cierres Y Procesos Sancionatorios

Contra Curtiembres Aún No Han Terminado. [En línea] En: [http://www.car.gov.co/paginas.aspx?cat\\_id=154&pub\\_id=309](http://www.car.gov.co/paginas.aspx?cat_id=154&pub_id=309). Consultado el 4 de febrero de 2009.

**HERBERT, S.** On a class of skew distribution functions. *Biometrika* 42, pg. 425-440. 1955.

**HOFF, BV et al.** Producción Más Limpia: Paradigma de Gestión Ambiental. Ed Alfaomega. Colombia. 2008.

**HOLLING, C.** Introduction to the special feature: Just complex enough for understanding, just simple enough for communication. *Conservation Ecology* 3(2):1. (En línea) Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol3/iss2/art1/>. 1999.

**JOU, D.; LLEBOT, J.** Introducción a la Termodinámica de Procesos Biológicos. Ed.Labor, S.A Barcelona. 1989

**MACINTOSH, R Y MACLEAN.** Conditioned emergence: A dissipative structures approach to transformation. *Strategic Management Journal*. 20: 297-316. 1999



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-10

**Título del trabajo:** El cambio climático como contenido en la formación de los profesionales de la educación en Cuba.

**Autor (es):** Georgina Villalón Legrá, Mavel Moré Estupiñán

**Ponente (s):** Georgina Villalón Legrá

**E-mail:** [georgina@uclv.cu](mailto:georgina@uclv.cu)

**Institución:** Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo preparar a los profesionales de la educación en formación y en ejercicio para abordar la problemática del Cambio Climático desde su desempeño, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico. Se ofrecen consideraciones teóricas útiles para tratar el tema desde los procesos educativos y se sugieren contenidos con tales fines a partir de un proceso de sistematización y la experiencia de las autoras. Se elaboró un programa para el currículo optativo electivo en el actual Plan de Estudios de las carreras pedagógicas y un curso de posgrado. Se concibe la socialización por los docentes que lo cursaron y poseedores de una alta categoría científica y pedagógica, los cuales impartieron el curso de postgrado en otros territorios. Las sucesivas implementaciones han permitido beneficiar a un numeroso grupo de profesionales y directivos educacionales y realizar generalizaciones válidas para el referido sector. Se prepararon además como parte del expediente materiales para la consulta bibliográfica provenientes de resultados científicos y plegables, compilados en un CD, y se generaron otros que contribuyeron a su enriquecimiento. En el ejercicio evaluativo final los docentes demostraron como incorporar los contenidos vinculados con el cambio climático a la dirección del proceso educativo en correspondencia con la labor que realizan en la escuela, se formularon propuestas valiosas dirigidas también al trabajo docente metodológico e investigativo, evidenciándose un incremento de la participación de docentes y estudiantes en eventos, publicaciones y foros de discusión, las que se erigen como experiencias y buenas prácticas.

**Palabras claves:** preparación, profesionales de la educación, consideraciones teóricas, experiencias, buenas prácticas, cambio climático



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-12

**Título del trabajo:** Estrategia de educación ambiental en la comunidad “San Vicente” de la Provincia de Pinar del Río, Cuba.

**Autor (es):** Lianny Elena Plasencia Lazo, Yelineis Pacheco Suárez

**Ponente (s):** Lianny Elena Plasencia Lazo

**E-mail:** [lianny@upr.edu.cu](mailto:lianny@upr.edu.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

La educación ambiental en Cuba está orientada a capacitar a la sociedad, de manera que todas las personas conozcan su papel como agentes activos en la protección y conservación del medio ambiente. En la comunidad “San Vicente” de la provincia de Pinar del Río se evidencia la prevalencia de diversos problemas ambientales como resultado de causas relacionadas con los estilos de vida de los pobladores, siendo las más notorias: el inadecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, el consumo de agua no potable, alteraciones de la flora y la fauna, deterioro del fondo habitacional, alcoholismo, bajos salarios; resultando asistémicas las acciones comunitarias que contribuyan a la prevención y mitigación de los problemas ambientales identificados. Para ello, la investigación se plantea como problema científico: ¿Cómo lograr una educación ambiental en la comunidad “San Vicente” de la provincia de Pinar del Río en función de un desarrollo sostenible? Se toma como objeto de estudio: El proceso de educación ambiental en la comunidad “San Vicente” y se formula como objetivo: Diseñar una estrategia de educación ambiental en la comunidad “San Vicente” en función de un desarrollo sostenible. La investigación se apoya en la metodología cualitativa y el tipo de estudio es explicativo. Se emplearon métodos teóricos y empíricos, además, herramientas estadísticas para el análisis de la información. La implementación de la estrategia diseñada permitió fortalecer el proceso de educación ambiental comunitaria; posee en su estructura tres acciones estratégicas: capacitación, promoción y desarrollo de actividades, resultando significativa la elaboración de un programa de capacitación para la educación ambiental en la comunidad.

**Palabras claves:** medio ambiente, problemas ambientales, educación ambiental, comunidad, estrategia



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-17

**Título del trabajo:** Evaluación del incremento de la biodegradabilidad inicial de las aguas residuales domésticas con cargas contaminantes industriales para su tratabilidad en plantas de tratamiento convencionales.

**Autor (es):** Renato Gabriel Sánchez Proaño

**Ponente (s):** Renato Gabriel Sánchez Proaño

**E-mail:** [rsanchezp@ups.edu.ec](mailto:rsanchezp@ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es aumentar la biodegradabilidad de los afluentes industriales mezclados con agua residual doméstica al ingreso de las plantas de tratamiento convencionales ya construidas en el Ecuador. Las Plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) construidas en el país generalmente son sistemas biológicos de oxidación secundaria, las cuales son muy sensibles a la presencia de materia orgánica prioritaria o refractaria. Este tipo de compuestos disminuyen las eficiencias de descontaminación de las PTAR llevándolas en algunos casos a valores de eficiencia cero, una forma de determinar estas sustancias de difícil degradación es mediante la relación de la  $DBO_5/DQO$ ; el cual, si es menor a 0,4 presenta dificultad de ser tratada biológicamente; y que por tanto requiere de un tratamiento para lograr el aumento de la biodegradabilidad y de esta manera aprovechar las estructuras ya construidas. Para este fin se realizarán varias pruebas con tres efluentes reales tomados de cuerpos de agua ubicados en la provincia de Tungurahua. Se procederá al muestreo y caracterización en calidad y una vez en laboratorio, se procederá a colocar varias dosis de reactivos fenton a distintos tiempos de reacción y pH. Mediante este método de oxidación avanzada se obtendrá una concentración, tiempo de reacción y pH óptimos, con los cuales se procederá a procesar la muestra para dos sistemas posteriores de descontaminación convencionales, uno por coagulación-floculación y posterior sistema biológico o directamente a un sistema biológico convencional. Con el presente trabajo se espera lograr una descontaminación de los afluentes a las PTAR a un nivel en el cual se puedan seguir usando las plantas de tratamiento convencional y de esta manera ahorrar recursos a la nación.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-24

**Título del trabajo:** La integración de herramientas de gestión ambiental como práctica sostenible en las organizaciones.

**Autor (es):** Cira Lidia Isaac Godínez, Susana Díaz Aguirre, Regina Reyes López, Joel Gómez Báez

**Ponente (s):** Cira Lidia Isaac Godínez

**E-mail:** [ciral@ind.cujae.edu.cu](mailto:ciral@ind.cujae.edu.cu)

**Institución:** Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría"

**País:** Cuba

#### RESUMEN

A nivel internacional, se han desarrollado un conjunto de herramientas de gestión ambiental aplicables a los productos, los procesos o las organizaciones. Las mismas tienen como eje integrador la gestión de los aspectos ambientales para minimizar los impactos adversos sobre el medio ambiente, pero que aplicadas de forma individual limitan su alcance, afectan la ecoeficiencia y la sostenibilidad de la organización. A partir de estudios realizados, se constató que en las condiciones de la práctica actual de las empresas cubanas, el nivel de desarrollo de la gestión ambiental constituye una limitante para incrementar la ecoeficiencia y avanzar hacia el desarrollo sostenible, lo que se manifiesta en la no integración de herramientas propias de la gestión ambiental y de otros sistemas. Es objetivo de este trabajo presentar el cómo abordar dentro del ciclo de gestión la integración de herramientas de gestión ambiental y que se convierta en una práctica de sostenibilidad organizacional. Como resultado se obtiene un instrumento metodológico que permite abordar el proceso de integración y que este se estructure a modo de una práctica de sostenibilidad. La metodología consta de 8 pasos en los cuales se especifican los resultados a alcanzar y los métodos y técnicas a aplicar, entre ellos el análisis de riesgos, matriz de evaluación de aspectos e impactos, matriz DAFO, análisis grupal, métodos cuantitativos, entre otros. La aplicación de esta práctica en algunas organizaciones cubanas ha contribuido a la mejora de su desempeño ambiental y ecoeficiencia, como vía para lograr el éxito sostenido.

**Palabras claves:** gestión ambiental, integración de herramientas, ecoeficiencia, sostenibilidad

## INTRODUCCIÓN

El logro del equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía, se considera esencial para satisfacer las necesidades del presente sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. El desarrollo sostenible como objetivo se logra mediante el equilibrio de estos “tres pilares” de la sostenibilidad.

Las expectativas de la sociedad en cuanto a desarrollo sostenible, transparencia, y responsabilidad y rendición de cuentas han evolucionado dentro del contexto de legislaciones cada vez más estrictas, presiones crecientes con relación a la contaminación del medio ambiente, uso ineficiente de recursos, gestión inapropiada de residuos, cambio climático, degradación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad.

El desarrollo sostenible, desde el punto de vista organizacional, se basa en la ecoeficiencia, que en la práctica se traduce en producir más con menos recursos y menos contaminación. Este concepto es desarrollado por el Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible (1992) e incita a las empresas a ser más competitivas, más innovadoras y más responsables con el entorno.

El concepto de ecoeficiencia empresarial circunscribe tres momentos de la relación economía-medio ambiente, que son:

- La actividad económica propia de toda empresa, referido a la producción, se enfoca a maximizar los beneficios económicos. Es en ella donde adquiere lugar la unión de los factores productivos y tiene la capacidad de controlar todas las actividades desarrolladas, la producción, los materiales y materias primas empleadas, las instalaciones necesarias, y las operaciones externas, como transporte y almacenamiento de las materias primas, de los productos y de los residuos. Significa por tanto, que la misma protagoniza la actividad productiva y es responsable de una correcta gestión de los recursos utilizados en este proceso y los residuos generados.
- El uso racional de los recursos naturales que se utilizan en la producción de bienes y servicios. En este orden, debe considerarse que los recursos naturales que constituyen el soporte biofísico de la actividad económica pueden ser renovables o no renovables, y por tanto deben observarse sus características para su correcta utilización y evitar su agotamiento.
- Las emisiones de residuos como resultados de la actividad productiva, entendidos como los efectos negativos colaterales que pueden provocar las empresas y que afectan la interacción entre los sistemas naturales y sociales del globo terráqueo. En este último aspecto se debe tener en cuenta, primero, la capacidad de asimilación de la tierra, o sea, que el flujo de residuos que se envía a ella no puede ser superior al de su capacidad de carga y segundo, el costo social de la actividad empresarial que constituye una amenaza al proceso económico, a la reproducción social del mismo y por tanto, al bienestar y supervivencia humana.

La ecoeficiencia numéricamente mide desempeño ambiental y desempeño económico, o sea, cuánto cuesta en términos ambientales producir una unidad de bienes y servicios. Por tanto, considerando los tres momentos anteriores, Rodríguez Cordóva (2012) la define como... “maximizar beneficios evitando el agotamiento y degradación de los recursos naturales que constituyen el soporte biofísico de su actividad económica y conservando su entorno social”.

La tendencia del mercado indica, primero, que los clientes se están interesando cada vez más por la calidad ambiental de los productos que consumen y a preferir bienes y servicios

ecológicos, y segundo, las empresas comienzan a considerar el desempeño ambiental de sus proveedores. Lo anterior requiere de un cambio de paradigma en la estrategia organizacional, como se representa en la figura 1, donde se tenga en cuenta no solo en competir por calidad y costos sino, además, por flexibilidad en la oferta, abastecimiento continuo del mercado, servicio post-venta, entre otros.

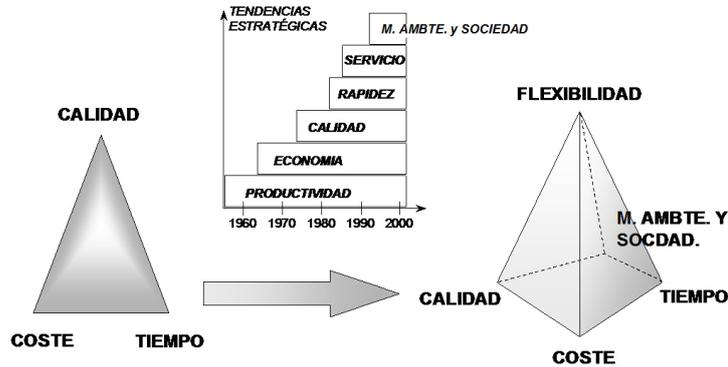


Figura 1. La estrategia organizacional enfocada a la ecoeficiencia  
Capuz (2000)

Lo anterior ha conducido a que las organizaciones adopten nuevos enfoques para contribuir al “pilar ambiental” de la sostenibilidad, a partir de la gestión ambiental<sup>1</sup> (GA), entre la producción y la utilización racional de los recursos en las organizaciones, así como minimizar la contaminación que ésta genera. La ecoeficiencia está condicionada, a la implantación de diferentes herramientas de GA, que permitan hacer realidad la misma, entre estas se destacan: el sistema de gestión ambiental con el enfoque del ciclo de vida<sup>2</sup> del producto, la implantación de prácticas de Producción Más Limpia (P+L) en los procesos, el ecodiseño<sup>3</sup> en los productos, (figura 2), así como del cumplimiento del marco legislativo ambiental aplicable.



Figura 2. Fundamentos para lograr la ecoeficiencia en la empresa  
Fuente: Capuz (2000)

<sup>1</sup> Conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana (Ley 81, 1997).

<sup>2</sup> etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. **análisis del ciclo de vida (ACV):** recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

<sup>3</sup> integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida de un producto.

La implantación de una herramienta de GA, no es excluyente a la implantación de otras, por lo contrario, se complementan, y la integración de estas en el ciclo de gestión de la organización, sobre la base de los requisitos del sistema de gestión ambiental ISO 14001:2015, se ha de convertir en una práctica sostenible, pero para ello, se requiere de un instrumento metodológico que guíe a las organizaciones.

Es objetivo de este trabajo presentar el cómo abordar dentro del ciclo de gestión la integración de herramientas de gestión ambiental y que se convierta en una práctica de sostenibilidad organizacional. Para ello se desarrolló una metodología que se estructura en 8 pasos y en los que se especifican los resultados a alcanzar y herramientas posibles a aplicar.

**Metodología para la integración de herramientas de gestión ambiental en el ciclo de mejora como práctica sostenible.**

Para establecer la metodología se tuvo en cuenta:

La base conceptual de Ecoeficiencia y de desarrollo sostenible organizacional.

El ciclo de gestión (figura 3), el modelo para los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) ISO 14001:2005 (figura 4) y la ISO 14004:2016 como guía para su implantación.



Figura 3. Ciclo de gestión o de mejora de Deming

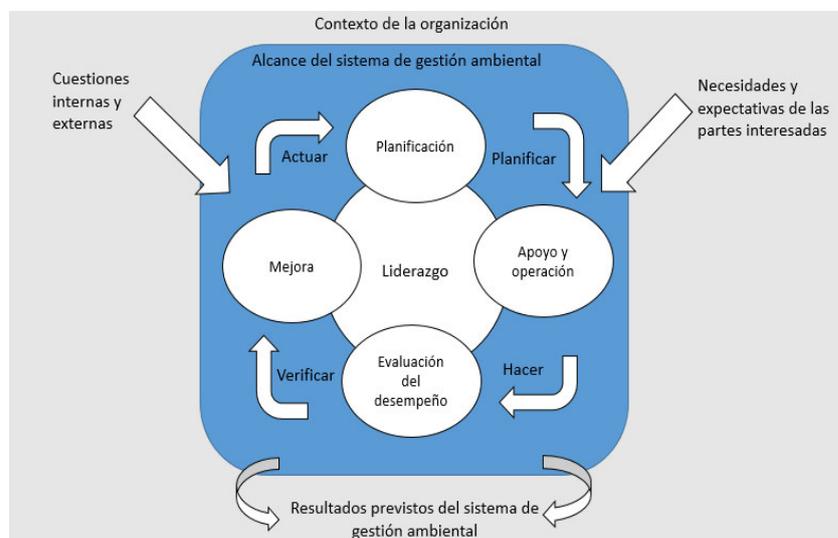


Figura 4: Requisitos del SGA por el modelo ISO 14001

Fuente: NC ISO 14001:2015

El conjunto de herramientas normalizadas y no normalizadas (tabla 1) que se aplican o han de aplicar en las organizaciones para una mejor gestión de los aspectos ambientales, la mejora del desempeño y obtener la ecoeficiencia como indicador de éxito sostenido.

NO NORMALIZADAS	NORMALIZADAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción más limpia (P+L)</li> <li>• Gestión de residuos</li> <li>• Gestión de residuos de envase</li> <li>• Gestión de residuos peligrosos</li> <li>• Filosofía de las R</li> <li>• Otras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 14001, ISO 14004: SGA</li> <li>• ISO 19011: Auditorías SG</li> <li>• ISO 14005: Implementación SGA</li> <li>• ISO 14006: Ecodiseño</li> <li>• ISO 14015: Evaluación de sitios y organizaciones</li> <li>• ISO 14020: Etiquetado</li> <li>• ISO 14031: Evaluación del desempeño ambiental</li> <li>• ISO 14040: ACV</li> <li>• ISO 14045: Ecoeficiencia</li> <li>• ISO 14051: Costo de flujo material</li> <li>• ISO 14063: Comunicación ambiental</li> <li>• ISO 14064: Gases efecto invernadero</li> <li>• ISO 14067: Huella de carbono (HC) en productos</li> <li>• ISO 14069: Cálculo de HC (producto, servicio y cadena de suministro)</li> </ul>

Tabla 1. Herramientas de GA, normalizadas por la ISO y no normalizadas

Fuente: Elaborada por los autores

## Pasos de la metodología

### Paso 1: Análisis del contexto de la organización

La organización debe determinar las cuestiones externas e internas que son pertinentes para su propósito y que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos de su sistema de gestión ambiental. Estas cuestiones incluyen las condiciones ambientales capaces de afectar o de verse afectadas por ella.

#### 1.1 Comprensión de la organización y su contexto

##### Cuestiones externas pertinentes al contexto

- Condiciones ambientales relacionadas con: clima, calidad del aire y del agua, uso del suelo, contaminación, disponibilidad de recursos naturales y biodiversidad que pueden afectar al propósito de la organización o ser afectadas por ésta.
- Contexto cultural, social, político legal, reglamentario, financiero, tecnológico, económico, natural, competitivo externo.
- Características de las actividades, productos y servicios de la organización, cultura, personas, conocimientos, entre otras.
- El entorno natural en el que opera, que puede crear condiciones y eventos que afectan las actividades de la organización, los productos y servicios. Las condiciones pueden ser existentes o sujetas a cambio gradual, mientras que un evento puede implicar un cambio repentino, que normalmente se explica por una situación extrema ambiental.

### Cuestiones internas pertinentes al contexto

- Dirección y estructura organizativa: los marcos nacionales y contractuales de gobierno, tipo de estructura, incluyendo jerárquica, plana, entre otros.
- Empresas conjuntas y servicios contratados.
- Matriz de relaciones de la empresa, roles y responsabilidades y autoridades.
- El cumplimiento legal: situación y tendencias.
- Políticas, objetivos y estrategias: el propósito, visión, negocios, otros objetivos y estrategias y recursos que son necesarios para alcanzarlos.
- Capacidad y competencia: capacidad y conocimiento en términos de recursos y competencias, por ejemplo, de capital, tiempo, personas, lenguaje, procesos, sistemas y tecnologías, y su mantenimiento.

Los resultados se pueden utilizar, entre otros, para ayudar a la organización en determinar:

- Sus fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades.
- El alcance de su sistema de gestión ambiental.
- Los riesgos y oportunidades que deben abordarse.
- El desarrollo de la política ambiental y el establecimiento de sus objetivos.

### Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

La organización debe determinar las Partes Interesadas<sup>4</sup> (PI), que son pertinentes al sistema de gestión ambiental y las necesidades y expectativas pertinentes (es decir, requisitos) de estas partes interesadas, ver ejemplo en la tabla 2.

Ejemplo de necesidades y expectativas de las partes interesadas		
Relación	Ejemplo de P.I	Ejemplo de necesidades y expectativas
Por responsabilidad	Inversionistas	Esperar que la organización para gestionar sus riesgos y oportunidades que pueden afectar a una inversión
Por influencia	ONG	Necesita la cooperación de la organización para lograr los objetivos ambientales de ONG
Por proximidad	Comunidad	Esperar un rendimiento aceptable socialmente , la honestidad y la integridad
Por dependencia	Empleados	Esperar a trabajar en un ambiente seguro y saludable
Por representación	Miembros de otras organizaciones industriales	Necesitará la colaboración en cuestiones ambientales
Por autoridad	Agencias Regulatoras	Esperar la demostración del cumplimiento legal

Tabla 2. Muestra de ejemplos de necesidades y expectativas de las PI  
Fuente ISO 14004:2016

<sup>4</sup> persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad. Ejemplo: Clientes, comunidades, proveedores, entes reguladores, organizaciones no gubernamentales, inversionistas, empleados.

Los métodos utilizados pueden variar dependiendo de, por ejemplo, el tamaño y la naturaleza de la organización, los fondos disponibles, los riesgos y las oportunidades que necesitan ser abordados, entre otros.

En función de los dos pasos anteriores se debe determinar los límites y aplicabilidad del SGA para establecer su alcance, teniendo en cuenta las cuestiones externas e internas, requisitos de las PI y productos y servicios de la organización.

### **Paso 2. Sistema de GA y su alcance**

La organización debe determinar los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión ambiental para establecer su alcance. Una vez determinado, debe considerar dentro de él:

- Las cuestiones externas e internas.
- Los requisitos legales y otros requisitos.
- Las unidades, funciones y límites físicos de la organización.
- Sus actividades, productos y servicios.
- Su autoridad y capacidad para ejercer control e influencia.

El alcance se debe mantener como información documentada y debe estar disponible para las partes interesadas.

Si el propósito de la organización es la mejora de su desempeño ambiental, la misma debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental, que incluya los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de la NC ISO 14001:2015, pero si el propósito es hacia lograr el desarrollo sostenible organizacional, su SGA debe considerar un conjunto de requisitos de normativas ambientales, y de herramientas de gestión ambiental, que se han de integrar al ciclo de gestión dentro del modelo ISO 14001.

### **Paso 3. Establecer la política ambiental de la organización**

Teniendo en cuenta el propósito de la organización, análisis del contexto y necesidades y expectativas de la PI, se ha de establecer una política ambiental que:

- Sea apropiada al propósito y contexto de la organización, incluida la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios.
- Proporcione un marco de referencia para el establecimiento de objetivos.
- Incluya el compromiso para la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación y la sostenibilidad, ejemplo: uso sostenible de recursos, la mitigación y adaptación al cambio climático y la protección de la biodiversidad y de los ecosistemas.
- Incluya un compromiso de cumplir con los requisitos legales y otros requisitos y de mejora continua del SGA para la mejora del desempeño ambiental.

Debe estar documentada, ser comunicada dentro de la organización y estar disponible para las PI, ser utilizada como medio de dirigir a la organización. La alta dirección debe asegurarse de que las responsabilidades y autoridades para los roles pertinentes se asignen y comuniquen dentro de la organización.

## Paso 4. Planificar el sistema

### Acciones para abordar riesgos y oportunidades<sup>5</sup>

Las empresas, sin importar el tamaño de las mismas, enfrentan una serie de factores internos y externos en influyen en la incertidumbre bajo la cual deben lograr sus objetivos. Todas las actividades llevadas a cabo dentro de ellas, implican un riesgo y lo gestionan, identificando, analizando y evaluándolo, para ver si este debe ser modificado con lo que se denomina un “tratamiento de riesgo” con el objetivo de minimizar los efectos negativos que puede provocar.

Teniendo en cuenta lo anterior, al planificar el SGA, la organización debe considerar las cuestiones referidas en los pasos anteriores y establecer, implementar y mantener los procesos necesarios para cumplir lo establecido en este paso.

### Determinar los riesgos y oportunidades relacionados

Para asegurar que el SGA pueda lograr sus resultados previstos, prevenir o reducir los efectos no deseados, incluida la posibilidad de que condiciones ambientales externas afecten a la organización y lograr la mejora continua y la sostenibilidad, manteniendo información documentada de los riesgos y oportunidades que es necesario abordar, debe considerar:

- Los aspectos ambientales<sup>6</sup> y las situaciones de emergencia potenciales.
- Los requisitos legales y otros requisitos.
- Requisitos identificados en los apartados de las normas ISO 14040:2009, ISO 14044:2009, ISO 14031:2012, ISO 14006:2012, ISO 14064, ISO 50001, 14045:2012, que necesitan abordarse.

**La norma ISO 31000:2009** puede ser utilizada como guía que puede ser apropiada en ciertos contextos organizacionales, según los principios, estructura y procesos que se representan en la figura 5.

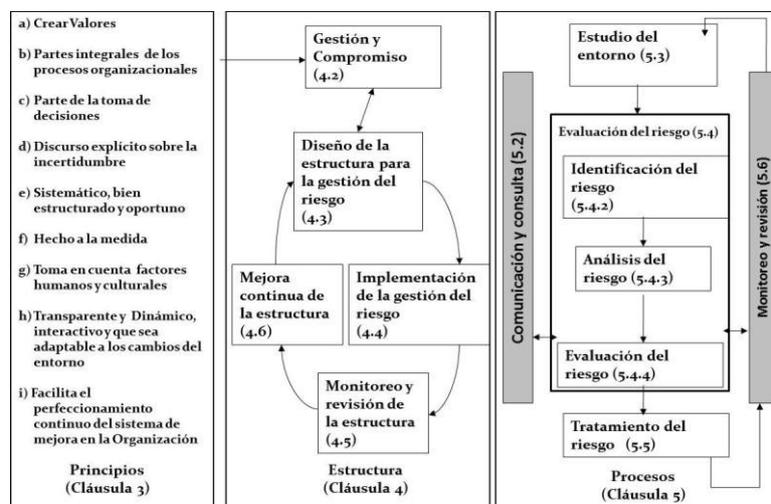


Figura 5. Relación entre los principios del manejo del riesgo, la estructura y el proceso  
Fuente: ISO 31000:2009.

<sup>5</sup> efectos potenciales adversos (amenazas) y efectos potenciales beneficiosos (oportunidades). NC ISO 14001:2015.

<sup>6</sup> elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente. NC ISO 14001:2015.

## Aspectos ambientales

La organización debe determinar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que puede controlar y de aquellos en los que puede influir, y sus impactos ambientales asociados, desde una perspectiva de ciclo de vida. Cuando se determinan los aspectos ambientales, se debe tener en cuenta:

- Los cambios, incluidos los desarrollos nuevos o planificados, y las actividades, productos y servicios de la organización.
- Los nuevos productos o modificados.
- Las condiciones anormales y las situaciones de emergencia razonablemente previsibles.

Posteriormente, se debe determinar aquellos aspectos que tengan o puedan tener un impacto ambiental significativo, mediante el uso de criterios establecidos y tener cuenta las normativas siguientes:

**ISO 14040: 2009 e ISO 14044:2009**, en las que se consigna la metodología del análisis del ciclo de vida en diferentes etapas.

El análisis del ciclo de vida (ACV<sup>7</sup>) o ecobalance es un método que implica el estudio de una amplia gama de factores en cada etapa de la vida del producto, desde la selección de las materias primas a partir de las cuales se ha fabricado, hasta que se elimina del mercado y se convierte en residuo, pasando por las fases de fabricación, distribución, consumo y abandono (Figura 6).

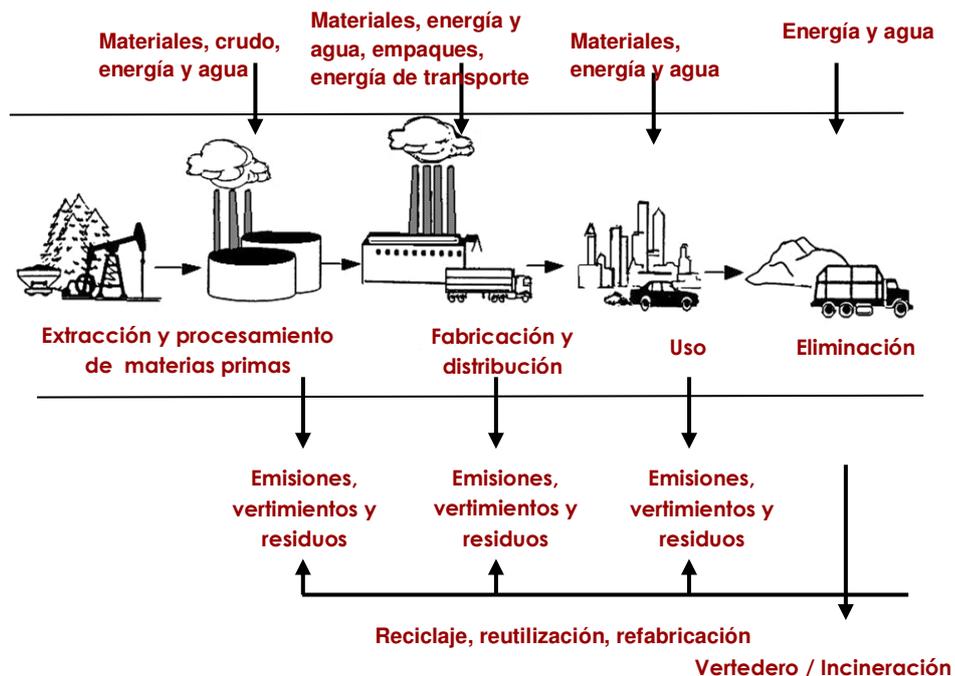


Figura 6. Ciclo de vida de un producto  
Fuente: Capuz (2002)

<sup>7</sup>Análisis del Ciclo de Vida: recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema producto durante su ciclo de vida. NC 14040:2009

Es una de las herramientas de gran utilidad para la toma de decisiones estratégicas, estudia los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo de la vida del producto mediante:

- La recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema del producto la evaluación de los impactos potenciales ambientales asociados con estas entradas y salidas.
- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

E

n síntesis, el estudio consiste en la realización de un balance del flujo de materia y energía, para conocer los puntos fuertes (oportunidades) y los puntos débiles (riesgos) en lo que se refiere a las pérdidas de materia (residuos, vertidos, emisiones y subproductos) y de energía. Normalmente los ACV no incluyen los aspectos económicos y sociales relacionados con el producto. Entre sus ventajas se destacan que constituye una herramienta de ecoeficiencia ya que posibilita un análisis integral de la situación y la consiguiente propuesta de mejores prácticas de manejo de los productos, procesos y actividades desde su “cuna hasta la tumba” y la determinación de los principales indicadores de impacto, incluyendo técnicas de medición. Brinda una base sólida para que la dirección pueda tomar decisiones técnicas adecuadas en base al lanzamiento de un nuevo producto o la modificación de productos existentes, para hacerlos más eficientes en cuanto a su desempeño ambiental y que sigan realizando la función para la que fueron programados.

#### **NC ISO 14006:2012. Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño.**

El objetivo del ecodiseño es la integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto para reducir los impactos ambientales adversos de los productos a lo largo de su ciclo de vida. Debe llevarse a cabo como una parte integral de las operaciones de negocio de la organización y puede tener implicaciones para todas las funciones de una organización en pro de la sostenibilidad.

La ISO 14001 relaciona la gestión de los procesos de una organización con los impactos ambientales, pero no incluye los procesos de gestión del diseño. La ISO 9001 comprende el proceso de gestión del diseño pero no incluye explícitamente los impactos ambientales. El Informe Técnico ISO/TR 14062 y la IEC 62430 tratan la incorporación de la evaluación de los aspectos ambientales y sus impactos en el proceso de diseño y desarrollo. Estos documentos, por si solos no explican completamente las actividades relacionadas en el marco de referencia de un sistema de GA.

La figura 7, muestra la relación entre las normas internacionales mencionadas anteriormente, sus áreas de conocimiento y como la ISO 14006, relaciona las tres áreas y los documentos asociados.

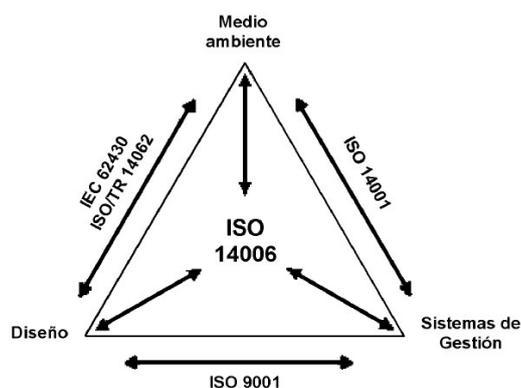


Figura 7. Relación entre ISO 14001, ISO 9001, ISO/TR 14062, IEC 62430 e ISO 14006 y las áreas de conocimiento funcionales

Para permitir que la alta dirección se comprometa y establezca un marco de referencia para el ecodiseño, es importante que la política esté alineada con la naturaleza, magnitud e impactos ambientales significativos de los productos a lo largo de su ciclo de vida, incluya un compromiso para cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con los aspectos ambientales de sus productos, la mejora continua del proceso de ecodiseño, del desempeño ambiental de los productos de la organización a lo largo de su ciclo de vida, sin trasladar impactos adversos de una etapa a otra.

El proceso de identificación y evaluación de los aspectos ambientales debe incluir explícitamente el ciclo de vida de los productos de la organización que se van a diseñar, o de aquellos que se van a rediseñar y para ello la evaluación de la significancia de sus aspectos ambientales puede realizarse basándose en un modelo previo del producto, un producto similar existente en el mercado o una referencia hipotética, asegurando que los significativos se tienen en consideración al establecer los objetivos ambientales y que se identifican los requisitos legales aplicables y otros requisitos, relacionados con los aspectos ambientales de sus productos a lo largo de su ciclo de vida.

Es esencial incluir el diseño y desarrollo del producto dentro del alcance del SGA, dado que tiene una enorme influencia en los impactos ambientales de los productos.

**ISO 14064 Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.**

ISO 14064 es una norma internacional conforme a la cual se verifican voluntariamente los informes de emisiones de gases de efecto invernadero y que detalla los principios y requisitos de la organización para el diseño, desarrollo, gestión y notificación de los niveles de inventario de GEI. Incluye los requisitos para la determinación de los límites, cuantificación de las emisiones y de la absorción, e identificación de acciones o actividades específicas de las organizaciones encaminadas a mejorar su gestión de GEI. Por lo que integrarla al SGA, permitirá identificar aspectos vinculados con las emisiones de gases de efectos invernaderos o el incremento de las absorciones de estos gases.

**ISO 50001:2012. Los sistemas de gestión de la energía. Requisitos**

Esta norma establece un marco de referencia para la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición, por parte de las instalaciones

industriales y comerciales. Proporciona a las organizaciones y empresas las estrategias técnicas con las que pueda incrementar su eficiencia energética, reducir costos y mejorar su desempeño ambiental, así como un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en las prácticas de gestión ambiental en las organizaciones y mejorar la gestión energética en el contexto de proyectos de reducción de emisiones de GEI.

La aplicación global de la norma ISO 50001 integrada al modelo ISO14001, contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energías disponibles, a mejorar la competitiva y a la reducción de las emisiones de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados. La misma es aplicable independientemente del tipo de energía utilizada y aplica a las actividades bajo el control de la organización.

### **Requisitos legales y otros requisitos**

La organización debe determinar y tener acceso a los requisitos legales y otros requisitos relacionados con sus aspectos ambientales; determinar cómo estos requisitos legales y otros requisitos se aplican y mantener y mejorar continuamente su sistema de gestión ambiental, así como .debe mantener información documentada de los requisitos.

### **Planificación de acciones**

Una vez identificado y evaluados los aspectos ambientales, hay que comunicar los significativos entre los diferentes niveles y funciones de la organización, según corresponda y mantener información documentada de sus aspectos ambientales e impactos ambientales asociados; criterios usados para determinar sus aspectos ambientales significativos y aspectos ambientales significativos. Los aspectos ambientales pueden dar como resultado riesgos y oportunidades asociados tanto con impactos ambientales adversos (amenazas) como con impactos ambientales beneficiosos (oportunidades).

Para abordar los aspectos ambientales significativos, requisitos legales y otros requisitos, riesgos y oportunidades identificados en este paso, para integrarlas al sistema, se ha de establecer un plan de acciones, implantarlas, y evaluar la eficacia de las acciones. En la planificación de estas acciones, se debe considerar sus opciones tecnológicas y sus requisitos financieros, operacionales y de negocio.

### **Objetivos ambientales y planificación para lograrlos**

#### **Objetivos ambientales**

La organización debe establecer objetivos ambientales para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios para el SGA, teniendo en cuenta los aspectos ambientales significativos de la organización y sus requisitos legales y otros requisitos asociados, y considerando sus riesgos y oportunidades. Se debe conservar información documentada sobre los objetivos ambientales.

#### **Planificación de acciones para lograr los objetivos ambientales**

Al planificar cómo lograr sus objetivos ambientales, la organización debe determinar los aspectos siguientes:

- qué se va a hacer,
- qué recursos se requerirán,

- quién será responsable,
- cuándo se finalizará,
- cómo se evaluarán los resultados, incluidos los indicadores de seguimiento de los avances para el logro de sus objetivos ambientales medibles.

Hay que destacar que la ISO 14001, no exige explícitamente el desarrollo de indicadores ambientales, instrumentos de medición imprescindibles para poder planificar, controlar y corregir los aspectos ambientales en la empresa, pero para lograr con éxito el último aspecto, se ha de considerar integrar para el desarrollo del mismo, la norma **ISO 14031: 2005. Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental (EDA). Directrices generales.**

Esta norma, como su nombre lo dice, establece las directrices para la EDA y apoya los requisitos de la NC ISO 14001:2004 y las orientaciones dadas en la NC ISO 14004: 2016, a partir de definir indicadores ambientales que cuantifican la protección ambiental, determinando tendencias, el benchmarking con los de empresas del mismo u otro sector de la actividad. Esta práctica permite descubrir puntos fuertes y débiles, y establecer con una mayor perspectiva cuáles deben ser los objetivos ambientales de la empresa.

La NC ISO 14031:2005 para la EDA de las organizaciones describe dos tipos de indicadores.

1. Indicadores del desempeño ambiental (IDA), que incluyen los indicadores para el desempeño de la gestión (IDG) y los indicadores para el desempeño operacional de la organización (IDO).

Los IDG, dentro de los IDA proporcionan información acerca de los esfuerzos de la dirección para influir en el desempeño ambiental de una organización. Están vinculados con la implantación del SGA, el cumplimiento de objetivos y de requisitos legales y regulatorios, quejas, formación del personal, compras, comunicación, asignación de recursos y eficiencia en su utilización, costos de la dirección en las actividades relacionadas con la protección ambiental, compras, desarrollo de productos, acciones correctivas que tengan o puedan tener una influencia en su desempeño ambiental. Los IDG deben auxiliar la evaluación de los esfuerzos de la dirección, decisiones y acciones para perfeccionar dicho desempeño.

Los IDO, dentro de los IDA, proporcionan información acerca del desempeño ambiental de las operaciones. Están vinculados a las entradas de materiales (procesados, reciclados, reutilizados o materias primas; recursos naturales), energía y servicios; el diseño, la instalación, la operación (incluyendo situaciones de emergencia y operaciones fuera de rutina) y el mantenimiento de las instalaciones físicas y de equipos, así como a las salidas: productos (productos principales, subproductos, materiales reciclados y reutilizados), servicios, residuos (sólidos, líquidos, peligrosos, no peligrosos, reciclables, reutilizables) y emisiones (emisiones al aire, descargas al agua o al suelo, ruidos, vibraciones, calor, radiación, luz) resultantes de las operaciones de la organización.

2. Indicadores de las condiciones ambientales (ICAs): Proporcionan a la organización información sobre la condición ambiental local, regional, nacional o global. Esta información puede ayudar a comprender mejor el impacto real o potencial de los aspectos ambientales y así auxiliar la planificación e implementación de la EDA. Ejemplo: nivel freático, tasa de recarga. Las condiciones ambientales pueden cambiar con acontecimientos específicos; cambios en los ICAs suministran

información útil de las relaciones entre las condiciones del medio ambiente y las actividades, productos y servicios.

**La NTC-ISO 14045. Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto. Principios, requisitos y directrices**, aporta en cuanto a cómo planificar la ecoeficiencia.

## **Paso 5. Requisitos para el apoyo del SGA**

### **Recursos**

La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del SGA.

### **Competencia**

Determinar la competencia necesaria de las personas que realizan trabajos bajo su control, que afecte al desempeño ambiental de la organización y su capacidad para cumplir sus requisitos legales y otros requisitos. Las personas han de ser competentes, con base en su educación, formación, experiencia apropiadas; por lo que hay que determinar las necesidades de formación asociadas con los aspectos ambientales y el SGA. Se ha de conservar la información documentada apropiada, como evidencia de la competencia.

### **Toma de conciencia**

Las personas que realicen el trabajo bajo el control de una organización, han de tomar conciencia de: la política ambiental; los aspectos ambientales significativos y los impactos ambientales reales o potenciales relacionados, asociados con su trabajo; su contribución a la eficacia del sistema de gestión ambiental, incluidos los beneficios de una mejora del desempeño ambiental; las implicaciones de no satisfacer los requisitos del sistema de gestión ambiental, incluido el incumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos de la organización.

### **Comunicación**

La comunicación ambiental es el proceso de compartir la información ambiental para crear confianza, credibilidad y asociaciones, para incrementar la toma de conciencia, y para su uso en la toma de decisiones. Los procesos utilizados y el contenido de una comunicación ambiental, variarán según los objetivos y las circunstancias de la organización, y deberían construirse basándose en información esencial.

La organización debe establecer, implementar y mantener los procesos necesarios para las comunicaciones internas y externas pertinentes al SGA. **La ISO 14063: 2009. Gestión ambiental. Comunicación ambiental. Directrices y ejemplos**, proporciona orientación a la organización sobre principios generales, política, estrategia y actividades relativas a la comunicación ambiental tanto interna como externa. Utiliza enfoques probados y bien establecidos para la comunicación, adaptados a las condiciones específicas que existen en la comunicación ambiental.

En la norma se puede visualizar las interrelaciones y el flujo de la comunicación ambiental dentro de una organización y en la tabla **A.1, de referencia dentro de la serie ISO 14000**, se observa que puede ser utilizada en combinación con cualquier otra norma dentro de la serie

ISO 14000 (**ISO 14001, 14004, 14015, 14020, 14031, 14040, 14046, 14006, entre otras**) o por sí misma.

Las normas de la **serie ISO 14020**, también proporcionan herramientas específicas de comunicación ambiental y orientaciones relativas a las declaraciones y al etiquetado de productos. Las etiquetas y declaraciones ambientales constituyen una herramienta de gestión cuyo objetivo global es alentar la demanda y el suministro de aquellos productos y servicios que afectan menos al medio ambiente, y estimular así el potencial para la mejora ambiental impulsada por el mercado, por medio de la comunicación de información verificable, precisa y no engañosa, sobre los aspectos ambientales de los productos y servicios.



La Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI) legitimó la etiqueta ambiental cubana en el mes de marzo del año 2008, a solicitud del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA); con el propósito de contar con un atributo que dé a sus productos un lugar de preferencia en el cada vez más competitivo comercio internacional. Se puede considerar como un instrumento que propicia la obtención de una imagen ecológica para la empresa que ofrece el producto o servicio, y estimula el uso y desarrollo de tecnologías limpias y sustentables, así como la obtención de productos más amigables con el ambiente pues aplica el enfoque del ciclo de vida.

### **Información documentada**

El sistema de gestión ambiental de la organización debe incluir la información documentada requerida por la norma, así como la documentada que la organización determina como necesaria para la eficacia del SGA. Debe contener el alcance del sistema y la justificación de toda exclusión permisible, procedimientos documentados o referencia de los mismos.

## **Paso 6. Operación**

### **6.1 Planificación y control operacional**

En coherencia con la perspectiva del ciclo de vida y de la cadena de valor, la organización debe:

- Establecer los controles, según corresponda, para asegurarse de que los requisitos del SGA se aborden en el proceso de diseño y desarrollo del producto o servicio, considerando cada etapa de su ciclo de vida.
- Determinar los requisitos de calidad y ambientales para la compra de productos y servicios, según corresponda.
- Comunicar sus requisitos pertinentes a los proveedores externos, incluidos los contratistas y otras partes interesadas.
- Considerar la necesidad de suministrar información acerca de los impactos ambientales potenciales significativos asociados con el transporte o la entrega, el uso, el tratamiento al fin de la vida útil y la disposición final de sus productos o servicios.
- Cuando un proceso es contratado externamente o cuando los productos y servicios son suministrados por un proveedor externo, la capacidad de la organización para ejercer control o influencia puede variar desde control directo, control limitado, o incluso ningún control o influencia.

Cuando se determina el tipo y la extensión de los controles operacionales relacionados con proveedores externos, incluidos los contratistas, la organización puede considerar uno o más de factores tales como:

- los aspectos e impactos ambientales asociados;
- los riesgos y oportunidades asociados con la fabricación de sus productos o la provisión de sus servicios;
- los requisitos legales y otros requisitos de la organización.

Para un adecuado control operacional, se han de integrar en dichos controles las prácticas de **Producción Más Limpia (P+L) y de gestión de residuos y una adecuada gestión de los residuos peligrosos.**

La Producción Más Limpia es “la aplicación continua de una estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios, con el fin de aumentar la eficiencia ecológica y reducir los riesgos a la vida humana y el medio ambiente. La idea básica es reducir al mínimo o eliminar los residuos y emisiones en la fuente en vez de tratarlos después de que se hayan generado y aprovechar los recursos eficientemente respetando el medio ambiente.

Se apoya en las técnicas de: mejoras en el proceso, buenas prácticas operativas, mantenimiento de equipos, cambios en la materia prima y de tecnología, y en el principio de las 3Rs dentro de la gestión de residuos, reducir, reutilizar y reciclar.

## **Paso 7. Evaluación del desempeño**

### **Seguimiento, medición, análisis y evaluación**

La organización debe hacer seguimiento, medir, analizar y evaluar su desempeño del progreso de los objetivos ambientales, aspectos ambientales significativos, requisitos legales y otros requisitos y los controles operacionales, sobre la base de:

- Realizar la revisión del diseño/desarrollo (ISO 14006).
- Evaluar el desempeño ambiental en función del cumplimiento de los indicadores (ISO 14031).
- Contar con los equipos calibrados (ISO 10012).
- Seguimiento y medición de indicadores de ecoeficiencia.

### **Auditoría interna**

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría interna que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes de sus auditorías internas.

La auditoría es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias, registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información) y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría (conjunto de políticas, procedimientos o requisitos) **(NC ISO 19011:2012)**. La auditoría no proporciona respuestas, no hace más que recoger información e identificar problemas. La misma puede ser efectuada por personal interno o externo, quienes deben elaborar un informe de auditoría del SGA.

Entre los objetivos de una auditoría ambiental se encuentran: identificar el estado de cumplimiento de la normativa ambiental, verificar la conformidad con los requisitos y contribuir a la mejora del SGA. Las no conformidades identificadas durante las auditorías

internas son objeto de acciones correctivas apropiadas. La auditoría aporta las ventajas siguientes:

- Proporciona una base objetiva para el proceso de toma de decisiones.
- Aumenta el conocimiento de los empleados acerca de cuestiones ambientales.
- Identifica ahorro de costos.
- Incrementa la credibilidad de la empresa ante las partes interesadas.
- Da un aviso temprano de cualquier riesgo o desastre inminente.

### **Revisión por la dirección**

La revisión por la dirección no es necesaria que sea una revisión exhaustiva de información detallada y considerar de una sola vez todos los temas de la revisión por la dirección; la revisión se puede llevar a cabo durante un periodo de tiempo y puede ser parte de actividades de gestión programadas regularmente, tales como reuniones de la junta directiva o reuniones operacionales; no es necesario que sea una actividad separada. La alta dirección examina las quejas pertinentes recibidas de las partes interesadas, para determinar las oportunidades de mejora.

### **Paso 8. Mejora**

#### **Generalidades**

#### **No conformidad y acción correctiva**

Uno de los propósitos clave de un sistema de gestión ambiental es actuar como una herramienta preventiva. El concepto de acción preventiva se ha incluido en el apartado de conocimiento de la organización y su contexto y en el apartado acciones para abordar riesgos y oportunidades.

#### **Mejora continua**

La organización determina el ritmo, el alcance y los tiempos de las acciones que apoyan la mejora continua. El desempeño ambiental se puede mejorar aplicando el sistema de gestión ambiental como un todo o mejorando uno o más de sus elementos.

### **CONCLUSIONES**

El desarrollo sostenible empresarial solo se alcanza cuando las organizaciones trabajen en pro de la ecoeficiencia, para ello las empresas deben implantar un conjunto de herramientas de GA organizacional, así como cumplir con el marco legislativo ambiental aplicable.

La implantación de una herramienta de GA, no es excluyente de la implantación de otra(s), por el contrario todas se complementan y tienen como eje integrador la gestión de los aspectos ambientales significativos, por lo que es necesario integrarlas dentro del ciclo de gestión del sistema del ISO 14001:2015.

La metodología propuesta constituye un instrumento metodológico para que las organizaciones cubanas aborden la integración de herramientas de gestión ambiental como práctica sostenible, en el marco del perfeccionamiento de su gestión en busca de mayor eficiencia y eficacia en base a los lineamientos del nuevo modelo económico y social cubano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capuz S. (2002): Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para de desarrollo de productos sostenibles, U.P. Valencia, España.
- ISO 14064-1:2006. Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
- ISO 31000: 2009 Risk management. Principles and guidelines.
- ISO14004:2016. Environmental management systems. General guidelines on implementation.
- NC ISO 14001:2015. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
- NC ISO 14006:2012. Sistemas de gestión ambiental - Directrices para la incorporación del ecodiseño.
- NC ISO 14031:2005, Gestión ambiental - Evaluación del comportamiento ambiental - Directrices generales.
- NC ISO 14040:2006. Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida- Principios y marco de referencia.
- NC ISO 14044:2009. Gestión ambiental- Análisis de ciclo de vida - Requisitos y directrices.
- NC ISO 14063:2009. Gestión ambiental - Comunicación ambiental - Directrices y ejemplos.
- NC ISO 19011:2012. Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.
- NC ISO 50001:2012. Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso.
- NC ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.
- NTC-ISO 14045:2012. Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto. Principios, requisitos y directrices.
- Rodríguez C, Isaac C. 2012. Manual de Gestión Ambiental Organizacional. Ediciones ISPJAE. ISBN 978-959-261-387-4.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-26

**Título del trabajo:** La educación ambiental para el cambio climático y el desarrollo sostenible en la formación inicial y permanente de docentes. Una propuesta metodológica.

**Autor (es):** Elio Lázaro Amador Lorenzo

**Ponente (s):** Elio Lázaro Amador Lorenzo

**E-mail:** [eliolal@unah.edu.cu](mailto:eliolal@unah.edu.cu)

**Institución:** Universidad Agraria de La Habana

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El trabajo que se presenta es resultado de la labor investigativa mediante proyectos de investigación en el tema de la educación ambiental para el desarrollo sostenible, realizados en la provincia de Mayabeque en Cuba y de propuestas para el perfeccionamiento de la educación ambiental en el currículo de la escuela cubana actual. La sistematización en el orden teórico y práctico por parte del autor durante varios años, dedicado a la preparación de los docentes de la educación básica del territorio en el tema de la educación ambiental para el desarrollo sostenible, permitió conocer las insuficiencias que estos presentaban desde lo conceptual, procedimental y axiológico en esta dimensión de la educación y en consecuencia aplicar una estrategia metodológica para su formación inicial y permanente, de la cual se muestra la Propuesta Metodológica implementada durante dicho proceso, cuya eficacia se demostró de acuerdo con las valoraciones realizadas, a partir del desempeño profesional pedagógico ambiental de los docentes implicados en los municipios de Güines y San Nicolás.

**Palabras claves:** educación ambiental, cambio climático, desarrollo sostenible, formación, metodología



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-28

**Título del trabajo:** Tratamiento de residuos sólidos biodegradables domésticos (RSBD).

**Autor (es):** Luis Antonio Barzallo Bravo, Joaquín Antonio Naranjo Palomeque

**Ponente (s):** Luis Antonio Barzallo Bravo, Joaquín Antonio Naranjo Palomeque

**E-mail:** [labarzallo@uce.edu.ec](mailto:labarzallo@uce.edu.ec)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El trabajo llevado a cabo dentro de la Universidad Central del Ecuador, se enfocó principalmente en los residuos sólidos biodegradables domésticos (RSBD); enfatizando la aplicación de técnicas combinadas de compostaje para el tratamiento de dichos desechos por métodos aeróbicos, utilizando diseños de reactores poco complejos, con el fin generar enmiendas orgánicas bioquímicamente estables que puedan ser aplicadas directamente en suelos. Atacando, de esta manera, a tres ejes fundamentales: Se daría un nuevo valor ambiental a los RSBD, al generar compost, un producto que puede ser utilizado como enmienda orgánica del suelo o como abono de calidad. Es un proceso con un coste económico mínimo comparado con otros sistemas de tratamiento de residuos, con miras de aplicabilidad dentro de residencias urbanas y con recursos propios de la misma zona. Se reduciría la cantidad de desechos que acaba en los vertederos al darle un nuevo ciclo de vida a los RSBD. Estos, desgraciadamente, por ser el 60% de los residuos generados domésticamente, se acumulan en los rellenos sanitarios y son una preocupación latente dentro de la ciudad.

**Palabras claves:** RSDBD, bio-degradación, bio-remediación

## **INTRODUCCIÓN**

Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones, Tchobanoglous et al. (1998) establecen las siguientes categorías de residuos sólidos en función de sus orígenes: domésticos, comerciales, institucionales, industriales, agrícolas, de construcción y demolición, de servicios municipales y de zonas de plantas de tratamiento.

Todos ellos son depositados en sitios específicos de basura (vertederos, rellenos sanitarios o botaderos), que pueden ser gestionados por una administración pública o sin ella, en sitios aprobados legalmente o clandestinos. Pero poco a poco estos sitios se van quedando sin capacidad para el abastecimiento de los mismos, además de ser ya una tecnología obsoleta que en muchos países (principalmente países desarrollados) se ha dejado de aplicar, pero que en países en vías de desarrollo, como los nuestros, no existe otra disposición conocida para la gestión de residuos que no sean los rellenos sanitarios o botaderos de basura.

Ante esta problemática latente y teniendo como hipótesis que en economías en desarrollo, 60% en peso de los residuos domésticos producidos son materiales biodegradables, el presente trabajo se enfocó en el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos, la cual puede ser transformada mediante una gran variedad de procesos químicos y biológicos. El compostaje aeróbico es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la conversión de los residuos sólidos domésticos biodegradables a un material húmico estable conocido como compost.

Este trabajo pretende lograr la gestión de los residuos biodegradables producidos dentro de las viviendas de estudiantes y comedores estudiantiles (primordialmente, residuos de comida y papel). Utilizando los fundamentos de la descomposición aeróbica (proceso en el cual microorganismos hacen uso del oxígeno para la descomposición de la materia) Se fabricaron diversos diseños de biodigestores cilíndricos, con uso de diversos materiales y variaciones de entradas de aire a cada sistema. Con fines comparativos de funcionamiento entre los distintos tipos de biodigestores, se analizaron tiempos de retención (tiempo que el material permaneció dentro de los reactores), capacidad volumétrica y espacio ocupado.

Siendo éste un proyecto piloto aplicado dentro de un espacio de aproximadamente 10 metros cuadrados con recursos económicos limitados, materiales reciclables y verificación de resultados en un tiempo tope y límite, su fin también es la optimización del proceso de biodigestión, hallando las propuestas más eficientes para el control de las variables que intervienen en dicho proceso. De manera que se puedan ofrecer alternativas sostenibles a la gestión de los residuos dentro de la urbe.

## **BIODEGRADACIÓN**

La biodegradación comprendida como un proceso natural que ocurre en nuestro planeta, gracias al cual se mantiene el reciclaje de diversos compuestos y elementos esenciales para la vida por medio de la intervención biológica (organismos vivos), es el proceso fundamental de enfoque del trabajo, justamente por las bondades que engloba toda su acción.

Entendiéndola como acción, se fundamenta en la asimilación, digestión y metabolización de materia orgánica por medio de organismos como bacterias, hongos, protozoos, etc., que tienen la capacidad metabólica de descomponer aquellos compuestos complejos en formas más simples. El adjetivo "biodegradable" hace referencia a todos aquellos materiales que por su estructura química pueden ser descompuestos biológicamente, para pasar otra vez a ser asimilados por otros organismos. Se debe tener en cuenta que no serán biodegradables

aquellos compuestos que por su complejidad estructural o elementos no esenciales, tóxicos o nocivos, persisten en el medio o se acumulan según la cadena trófica avanza sin que sufran ninguna cambio químico.

Por cuestiones prácticas, se clasificó a los residuos biodegradables producidos domésticamente en: restos de comida y restos de podas y papel. No se tomó en cuenta a papeles utilizados en baños debido a riesgos biológicos que pueden ocurrir si no se tiene un adecuado control y plan de seguridad, aunque a ellos no se los descarte dentro de tratamientos biológicos.

Los procesos de transformación de residuos sólidos se emplean para reducir el volumen y el peso de estos, y para recuperar productos de conversión y energía (Tchobanoglous et al., 1998).

El presente trabajo pretende la biodegradación de dichos residuos sólidos domésticos biodegradables dentro de reactores biológicos o, como los llamamos, *biodigestores*, en los que se descompondría toda la materia por procesos enteramente biológicos con microorganismos propios de la zona y encontrados en el mismo suelo, suelo que serviría como el inóculo de todos los microorganismos que sintetizarían la materia orgánica para producir, al final, compost.

## COMPOSTAJE AERÓBICO

Tchobanoglous et al. (1998) mencionan que todos los procesos de compostaje aerobio son similares en cuanto que incorporan tres pasos básicos:

- 1) Pre-procesamiento de los residuos sólidos domésticos biodegradables
- 2) Descomposición aerobia de los mismos
- 3) Preparación del producto y uso directo o comercialización

### Ecuación 1. Ecuación general de la transformación aerobia

En muchos casos el amoníaco,  $\text{NH}_3$ , producido a partir de la oxidación de la materia orgánica, se oxida todavía más para formar nitrato,  $\text{NO}_3^-$ , (un proceso conocido como *nitrificación*). Como se muestra en la *Ecuación 1*, las nuevas células que se producen se convierten en parte de la biomasa activa implicada en la conversión de materia orgánica y cuando se mueren, se convierten en parte del compost (Tchobanoglous et al., 1998).

## VARIABLES DE CONTROL

Para poder controlar un sistema de compostaje existe una variedad de parámetros que pueden influir en el desarrollo normal del proceso biológico en cuestión. Se ha tomado el enfoque (Campitelli, Ceppi, Velasco & Rubenacker, 2014) que los divide en: *Variables relativas a la naturaleza del sustrato* y *Variables de seguimiento del proceso*.

### Variables relativas a la naturaleza del sustrato

Son todas aquellas variables que intervienen activamente en el proceso, cuyo control se debe dar al inicio del mismo, ya que dependiendo de la naturaleza de la materia a compostar, se optimizará el proceso por sus características o lo volverán más lento.

Dentro de las más significativas y a las cuales se les puso énfasis en el trabajo efectuado, están:

## **Relación Carbono/Nitrógeno**

Los componentes principales de los residuos domésticos biodegradables, por tener origen de restos de comida y restos vegetales, están conformados principalmente por carbono y nitrógeno, los mismos que actuarán de manera beneficiosa o en perjuicio del compostaje si sus proporciones en mezcla del sustrato no son bien mantenidas. En función de esto, se plantea que la proporción de mezcla de compuestos nitrogenados con compuestos carbónicos sea de 1:30 porque, según afirma Campitelli et al. (2014), una relación muy elevada C/N (mayor a 40) retrasa el proceso ya que se debe oxidar mayor cantidad de carbono, mientras que una baja relación (alrededor de 25) ocasiona que el nitrógeno se lixivie o se volatilice, perdiendo calidad el producto final y, además, manteniendo inconvenientes en el tiempo.

## **Tamaño del material**

El tamaño del material a ser compostado es de gran importancia, debido a que un menor tamaño le da una mayor área de influencia y acción sobre el mismo al microorganismo, haciendo más eficiente su trabajo tanto en tiempo como en descomposición.

También hay que tener en cuenta que la porosidad del material tratado no sea muy pequeña, ya que si esta excede un tamaño mínimo tiende a compactar la masa, sin permitir el paso de aire entre poros, por lo que podría volver anaeróbico al proceso, lo cual no se busca, ya que todos los biodigestores puestos a prueba se fundamentan en la metabolización aeróbica. Por ello, se trabajó con materiales triturados manualmente que no excedieran los 5 cm de tamaño.

## **Variables de seguimiento del proceso**

Son aquellas variables controladas en el transcurso del proceso, según el avance de las cuales, se obtendrán parámetros comparativos de cómo el proceso se efectúa y si va a cumplir los objetivos propuestos. Aunque, por falta de recursos no pudieron ser medidas en el presente proyecto, se consideraron las siguientes como más importantes:

## **Temperatura**

Variable fundamental porque dentro del proceso de compostaje según Campitelli et al. (2014), se tienen 4 fases que lo rigen:

- **Mesofílica:** La masa se encuentra a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente, por lo que sube la temperatura hasta los 40°C, donde inicia la siguiente fase.
- **Termofílica:** Los hongos termofílicos actuarán mientras la temperatura aumenta desde los 40°C hasta los 60°C. Pasados los 60°C, los hongos mueren y dan paso a que las bacterias productoras de esporas y actinomicetos continúen con el proceso.
- **Enfriamiento:** La materia orgánica se agota poco a poco, por lo que la actividad de los microorganismos termofílicos es menor, generando una disminución de la temperatura.
- **Maduración:** La temperatura disminuyó tal punto que ocurre una repoblación por hongos (muchos encargados de destruir celulosa). Su actividad disminuirá paulatinamente hasta que la temperatura sea la del ambiente.

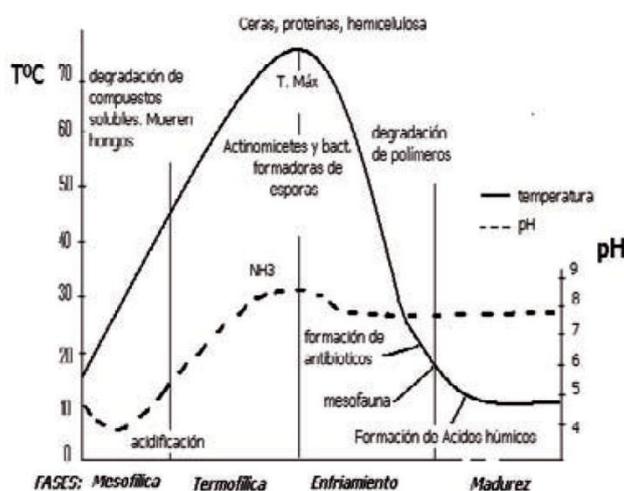
La importancia de la temperatura radica en que estas fases deben darse de forma eficiente para el desarrollo de microorganismos descomponedores y la inhibición de microorganismos patógenos que puedan alterar la estabilidad final del compost (Campitelli et al., 2014).

## pH

Variable de gran importancia *in situ*, ya que su nivel determina la subsistencia de diversos microorganismos. Los hongos toleran un pH de 5-8, mientras que las bacterias uno de 6-7,5.

Los descensos de pH se pueden dar variadamente por la formación de ácido orgánicos debido a la descomposición de la materia orgánica (Campitelli et al., 2014).

Cabe recalcar que las variables de pH y temperatura tienen una gran relación como determinantes en el desarrollo de microorganismo que interesan en la descomposición de los residuos. En la *Figura 1*, se muestra esta relación, en base a las etapas de temperatura. También se muestra la proliferación de microorganismos como también algunos compuestos que pueden destruir.



Gráfica 1. Evolución de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje. Fuente: Campitelli, Ceppi, Velasco & Rubenacker. (2014). Compostaje obtención de abonos de calidad para las plantas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta que para generar compostaje de calidad, se plantea la proporción ideal y proporción manejable de carbono total y nitrógeno total en la que deben ir combinadas todos aquellos compuestos que tienen carbono y nitrógeno en la *Tabla 1*.

Fuentes	Carbono	Nitrógeno
Proporción ideal	30	1
Proporción manejable	40	1

Tabla 1. Proporciones ideal y manejable de la relación Carbono total/Nitrógeno Total (C/N)

Se llenaron los reactores, colocando capas heterogéneas de suelo y residuos de, aproximadamente, 8 cm de altura.

La siembra del material se hizo en proporciones de inóculo (suelo como el aportante de todos los microorganismos de la zona) y fuentes de nutrientes (todos los residuos sólidos triturados hasta un tamaño no mayor a los 5 cm), como se muestra en la *Tabla 2*.

Material	Inóculo (tierra)	Fuentes de nutrientes
proporción (partes)	1	3
proporción (cm)	2	6
proporción (kg)	0,33	1

Tabla 2. Proporciones de trabajo inóculo-nutriente

En base a toda la teoría analizada, los biodigestores desarrollados fueron diseñados de forma cilíndrica (por capacidad volumétrica como también por espacio ocupado), acoplándolos para un compostaje aeróbico, adaptados para estar en la intemperie ubicados en el D.M. de Quito. El tiempo de llenado aproximado para residuos producidos por una familia de 5 personas en un cilindro con capacidad de 0,25 metros cúbicos fue de 4 semanas, mientras que para residuos producidos en el comedor estudiantil para cilindros con una capacidad de 0,25 metros cúbicos fue de una semana.

A continuación, se genera una breve descripción de cada tipo de reactor:

#### **Biodigestor A1**

Material de fabricación: Tanque plástico

Radio: 31 cm

Altura: 80 cm

Entrada de residuos: Por la parte superior

Salida de compost: Por la parte inferior, compuerta móvil.

Respiraderos: 1 línea de respiración interna y 4 líneas de respiración externas

Muestreadores: 3, ubicados a alturas estratégicas (diámetro: 5 cm)

Otros: Mallas metálicas en los respiraderos para impedir el paso de mosquitos.

#### **Biodigestor A2**

Material de fabricación: Caucho (llantas desechas)

Radio: 33 cm

Altura: 72 cm (5 llantas apiladas verticalmente una tras otra)

Entrada de residuos: Por la parte superior

Salida del compost: Por la parte inferior

Respiraderos: Espacios entre hendiduras de llanta sobre llanta

Otros: Malla plástica para evitar el paso de mosquitos.

#### **Biodigestor A3**

Material de fabricación: Cilindro metálico

Radio: 28 cm

Altura 89 cm

Entrada de residuos: Por la parte superior

Salida de compost: El cilindro es hueco en la parte superior e inferior (desarme de reactor).

Respiraderos: Parte superior abierta

### Biodigestor A4

Material de fabricación: Malla metálica, sellado con alambre.

Radio: 32 cm

Altura: 75 cm

Entrada de residuos: Por la parte superior

Salida de compost: Mediante el desarme de los acoples de alambre que sellan el cilindro.

Respiraderos: Se encuentran en todo su contorno.

Otros: Contorno cubierto con fundas plásticas para evitar la intromisión de mosquitos y control de humedad.

### Biodigestor A5

Material de fabricación: Tanque plástico

Capacidad: 45 L

Radio: 15 cm

Altura: 45 cm

Entrada de residuos: Por la parte superior

Salida de compost: Dos compuertas móviles en la parte inferior

Respiraderos: 1 línea de respiración interna (un tubo plástico de 5 cm de diámetro, que se eleva desde la base del biodigestor y que está perforado equidistantemente en cuatro columnas de agujeros de 2 cm de distancia vertical entre ellos) y 4 líneas de respiración externa (4 columnas de perforaciones equidistantes a lo largo de todo el biodigestor. Cada línea incluye una serie de tres agujeros y la distancia vertical entre estos es de 1,5 cm.).

Otros: 3 ruedas en la base para su movilización

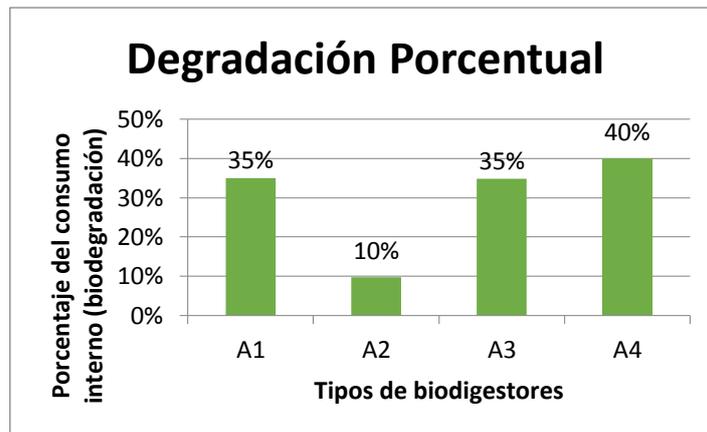
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Exceptuando el modelo A5, se evaluaron resultados perceptibles en degradación de material en una fecha determinada, teniendo en cuenta que cada biodigestor se implementó en fechas distintas se llevó un conteo de días específico para cada biodigestor en el que el material fue retenido (tiempo de retención).

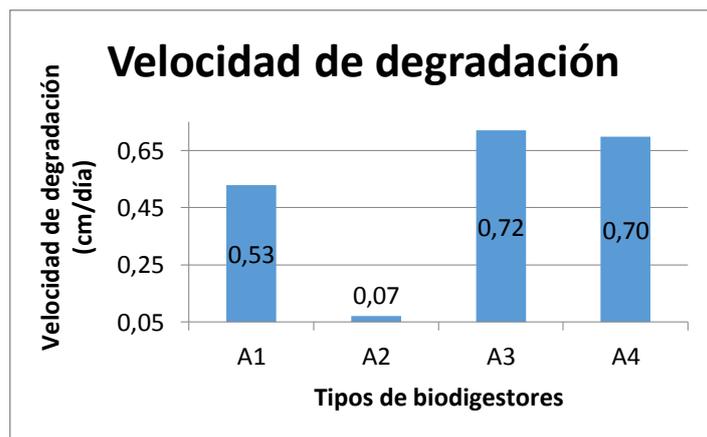
Para comparar la operatividad de los reactores biológicos midiendo la disminución de altura de material (teniendo en cuenta que estos se llenaron hasta el tope) y calculando el volumen consumido o volumen descompuesto por el proceso de biodegradación. Obteniendo el porcentaje de material consumido y velocidad de degradación a la que trabajó cada biodigestor, los resultados fueron tabulados en la *Tabla 4* y de una forma más visual en la *gráfica 2* se muestra los porcentajes de degradación y en la *gráfica 3* la velocidad aparente de degradación de cada tipo de biodigestor.

Biodigestor	A1	A2	A3	A4
Capacidad total aprox. ( $cm^3$ )	0,24	0,25	0,22	0,24
Tiempos de retención (días)	53	100	43	43
Altura de consumo aparente (cm)	28	7	31	30
Volumen consumido ( $cm^3$ )	84534	23948	76353	96510
Consumo interno del material	35%	10%	35%	40%
Velocidad de degradación ( $cm/día$ )	0,53	0,07	0,72	0,70

Tabla 4. Resultados observados de trabajo



Gráfica 2. Degradación porcentual determinada en los reactores



Gráfica 3. Velocidad de degradación determinada en los reactores

Sobre la calidad de composición del producto final compost, no se llegó a concluir cuál de los biodigestores fue el más eficiente, ya que debido a limitados recursos, los análisis pertinentes no se llevaron a cabo, pero lo que se pudo llegar a comprobar fue un análisis biológico usando el compost del biodigestor de llanta para la implementación de una pequeña jardinera, observando un desarrollo de más del 80 % de plantas sembradas en este espacio, sin presentar un desarrollo inadecuado ni tampoco marchitez de hojas y flores. Comprobando según (Campitelli, P. et al 2014) test de germinación y crecimiento.

## CONCLUSIONES

Mediante la observación de los diversos tipos de Biodigestores que se diseñaron y de forma experimental que se puso en práctica, el reactor biológico de mayor descomposición y velocidad de descomposición fue el de malla metálica a diferencia en contraste del prototipo de llantas, que su aireación simplemente fue por medio de las hendiduras, concluyendo evidentemente que los resultados satisfactorios de la biodegradación del material fue un sistema provisto de mayor aireación la como también su velocidad de degradación que aumento.

Las alternativas para la gestión de residuos en base a la práctica de todos los prototipos de biodigestores puestos en marcha dan una nueva mirada hacia la gestión pública, que con la ayuda de la ciudadanía, implementando reactores biológicos como estos, de costos no elevados, con materiales de fácil consecución (hasta materiales reciclables), tecnologías abiertas a cualquier nivel de educación, espacios de ocupación mínimos y clasificación de la

basura dentro de casas pueden facilitarle la gestión aminorando los volúmenes de basura que se acumulan en los diferentes rellenos sanitarios y dejando de ser una preocupación, para pasar hacer una alternativa de aprovechamiento y uso sostenible de los recursos cerrando el ciclo natural que por muchos años hemos llegado a desequilibrar.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campitelli, P., Ceppi, S., Velasco, M. & Rubenacker, A. (2014) Compostaje obtención de un abono de calidad para las plantas. Argentina, Buenos Aires: Editorial brujas. isbn: 9789875914926

Moreno, J., & Moral, R. (2008). Compostaje. Madrid: Mundi-Prensa.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1998). Gestión Integral de Residuos Sólidos. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.

### BIBLIOGRAFÍA

Bono, É., Carpi, J. (2006). Residuos Urbanos y sustentabilidad: Estado de la cuestión y debate en la comunidad valenciana. España, Valencia: Publicaciones de la Universidad Valenciana (PUV).

De Assas Gaup, A., Dandachli, D., Paredes, G. d., Galindo, M., García, M., Rapún, M., Verdejo, J. (28 de Mayo de 2015). *Compostaje .I) Aerobio .II) Biometización (compostaje anaerobio)*. Obtenido de Resúmenes de los seminarios, microbiología ambiental : <http://www2.cbm.uam.es/ilsanz/docencia/archivos/Resumen26.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/63824453/Biodigestion#scribd>

[http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis\\_procesos/tema8.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema8.pdf)



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-40

**Título del trabajo:** Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera, materia orgánica del Distrito Metropolitano de Quito.

**Autor (es):** Lorena Alejandra Mafla Carvajal

**Ponente (s):** Lorena Alejandra Mafla Carvajal

**E-mail:** [lore\\_aleja15@hotmail.com](mailto:lore_aleja15@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El manejo de los residuos sólidos urbanos dentro del Distrito Metropolitano de Quito se ha basado únicamente en su disposición en el Relleno Sanitario “El Inga”, mas no en su aprovechamiento energético. Este hecho, junto al creciente consumismo de la población, ha incrementado la producción de desechos que dificultan su manejo, generando pérdidas ambientales y económicas para el Distrito. El presente proyecto tuvo como objetivo la cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos de Quito, mediante la validación de la metodología de análisis realizada en laboratorio, en el que por medio del uso de una bomba calorimétrica se calculó el calor liberado de cada muestra específica. La determinación del poder calórico permite valorar energéticamente a los residuos, estableciendo la posibilidad de utilizarlos como combustible o en la obtención de energía térmica y/o eléctrica. Durante la investigación, se analizaron cuatro categorías: papel, cartón, madera y materia orgánica; y se determinó que el poder calórico de todos estos residuos es superior al mínimo requerido para su aprovechamiento energético. Los datos obtenidos abren paso a la posibilidad de incorporar un tratamiento térmico al sistema de manejo de los residuos urbanos generados dentro del Distrito. El residuo que presentó mayor poder calórico fue la madera, seguido por el cartón, papel y finalmente la materia orgánica. Dado el volumen de generación de esta última categoría, nace la necesidad de analizar la viabilidad de tratamientos alternativos para su manejo con fines de obtención energética.

**Palabras claves:** residuos; valorización energética; poder calórico

## INTRODUCCIÓN

### Descripción del tema

Una de las más grandes problemáticas que el mundo vive actualmente, es la imparable generación de residuos sólidos urbanos (RSU) como resultado del descontrolado crecimiento poblacional y el estilo de vida consumista que practica la población. Las consecuencias se magnifican debido a la masiva generación de residuos, además de requerir de grandes espacios para su deposición. Su manejo es inapropiado y causa afecciones a nivel ambiental, social y económico. En el caso del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el manejo de los RSU se basa únicamente en su deposición en el Relleno Sanitario “El Inga”. Es por ello que en busca de una solución, se pretende aprovechar los residuos sólidos urbanos como combustible en el proceso de incineración con valorización energética. Este aprovechamiento de los RSU, además de ser una fuente energética alternativa, ayudará a reducir significativamente el volumen de desechos que son dispuestos en el relleno sanitario de Quito.

Para aprovechar energéticamente los RSU, se necesita cuantificar su Poder Calórico Superior (PCS) y su Poder Calórico Inferior (PCI), ya que forman parte de los parámetros básicos a tomar en cuenta en un proceso de valoración energética. De esta manera, se establece qué tan óptimos son los distintos tipos de RSU para utilizarlos como combustible o en la obtención de energía térmica y/o eléctrica.

Para este proyecto de fin de carrera, la cuantificación del Poder Calórico Superior (PCS) e Inferior (PCI) se realizó en cuatro tipos de residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera, materia orgánica del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ); se decidió utilizar el método experimental, el cual permitió obtener datos más precisos y cercanos a la realidad de lo que se tendría al escoger un método de cálculo teórico. Se recolectaron muestras de: papel, cartón, madera, materia orgánica en las dos estaciones de transferencia con las que cuenta el Distrito Metropolitano de Quito, la Estación de Transferencia Sur (ET1) y la Estación de Transferencia Norte (ET2). Estas muestras fueron tratadas y analizadas en el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, en el que se utilizó como equipo principal una Bomba Calorimétrica.

Dentro de este estudio, el Poder Calórico tuvo cuantificaciones caloríficas diferentes entre cada tipo de residuo, por lo que la medición de las muestras se realizó de manera continua desde marzo hasta junio del año 2015, generando datos confiables. Se utilizó la metodología del Dr. Kunitoshi Sakurai para los muestreos realizados en la Estación de Transferencia Sur (ET1) y en la Estación de Transferencia Norte (ET2) del DMQ.

### Antecedentes

El manejo de los residuos sólidos urbanos ha representado un reto para la humanidad desde los primeros asentamientos humanos con el comienzo de la vida sedentaria. Con variantes en su magnitud y tipo, las necesidades de alimentación, vestimenta, protección y entretenimiento de egipcios, griegos, aztecas, incas o chinos han estado asociadas con la generación de residuos, lo mismo que ocurre en el presente (Semmartín et al, 2010).

Probablemente, el primer método utilizado para tratar los residuos sólidos consistió en arrojarlos al suelo o al mar, seguramente porque resultaba ser una alternativa fácil y cómoda. Sin embargo, al ir creciendo la población y distribuyéndose en grupos más numerosos, la práctica de arrojar indiscriminadamente los residuos al suelo fue haciéndose cada vez más incómoda y nociva para el ambiente, llegando hasta el punto de tener ciudades que resultaban

insatisfactorias para la población. Al ver que esta situación no tenía más cabida, los molestos basureros se sacaron de las ciudades y se reubicaron en terrenos más aislados (MOPT, 1992). Poco a poco se fueron acondicionando lugares para la deposición de los residuos sólidos urbanos, siendo actualmente los más comunes y utilizados, los rellenos sanitarios.

En el mundo, los países escandinavos son los que más aprovechan los RSU. Suecia es el líder mundial en generación de energía a partir de basura mediante el proceso de incineración. Suecia utiliza los residuos para generar energía, sin embargo en ocasiones se queda sin esa materia prima e importa más basura (Sanz, 2012). Esto le permite cubrir gran parte de la demanda interna de energía de su territorio.

Por otro lado, en Sudamérica se han empezado a realizar estudios de aprovechamiento energético, pero aún no son utilizados a gran escala. En el caso de Ecuador, por la escasez de estudios en cuanto al aprovechamiento energético de los RSU, no se han podido desarrollar nuevas tecnologías para la explotación del potencial energético de los residuos.

En el Ecuador, a lo largo de la historia, el manejo de los residuos sólidos urbanos no ha sido tratado técnicamente. Antes del año 2000, a pesar de que mejoró la recolección, había un gran atraso en su disposición final, debido a que existían problemas en el barrido, la recolección, el transporte, y por ende la disposición final sin la existencia de un aprovechamiento de los residuos. Para Agosto del año 2000, Quito era una de las dos capitales de América, junto con Asunción, que no contaban con un relleno sanitario. Sao Paulo, Brasilia, Buenos Aires, Bogotá, Santiago, San José, San Juan y La Paz a esa fecha, y desde mucho antes, mantenían buenos sistemas de rellenos sanitarios controlados; menos tecnificadas: Lima, Montevideo y Caracas (Vida para Quito, 2008).

El Relleno Sanitario de Quito opera desde enero del 2003, primero a cargo de la Fundación "Vida para Quito" y a partir del 2010, a cargo de la empresa pública EMGIRS EP que fue creada por el Municipio de Quito, con la finalidad de que asuma la operación del Relleno Sanitario y las Estaciones de Transferencia. Este relleno sanitario cuenta con un área de 200 000 m<sup>2</sup> y 20 piscinas para el depósito de lixiviados, llegan aproximadamente 2000 toneladas de desechos que generan 300 m<sup>3</sup> de lixiviados diariamente. El Relleno Sanitario funciona como respuesta técnica al problema de la disposición final de desechos sólidos urbanos (no peligrosos), cuyo manejo técnico logra minimizar o eliminar un alto porcentaje de las afectaciones negativas al ambiente, a la salud y a la calidad de vida de las personas (EMGIRS EP, s.f.).

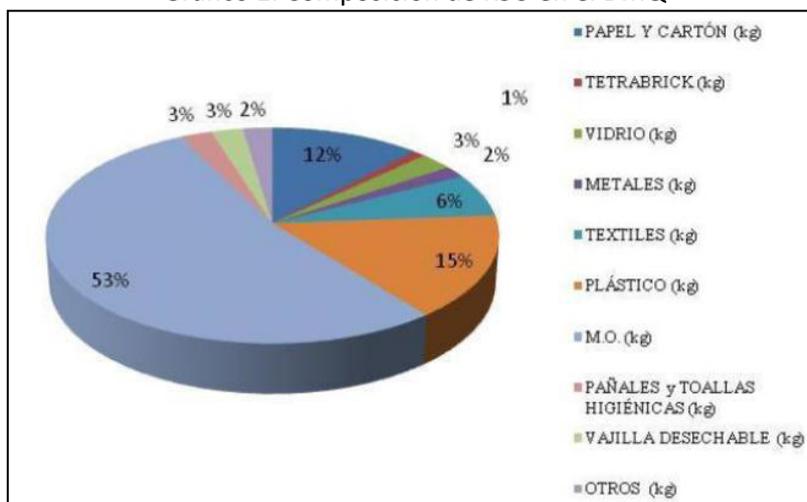
La Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito, EMASEO EP, es actualmente la instancia municipal encargada del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos, barrido del espacio público, baldeo de plazas emblemáticas y el transporte de residuos del Norte, Centro, Sur y Parroquias no descentralizadas de Quito. La recolección domiciliar se realiza a través de la modalidad "a pie de vereda" en la mayor parte de la ciudad y por contenerización en las que algunas zonas del Norte y del Sur de la ciudad. El servicio de recolección trabaja con horarios diurnos y nocturnos en un servicio inter-diario (EMASEO EP, 2014). Datos establecidos por EMGIRS EP indican que los residuos sólidos que se producen diariamente en el DMQ alcanzan las 2000 toneladas (EMGIRS EP, 2014).

La Universidad Internacional SEK y la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales en convenio con la EMGIRS EP– Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos, acuerdan llevar a cabo proyectos de fin de carrera que permitan generar datos científicos confiables sobre los RSU del DMQ. El presente trabajo de fin de carrera "Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera, materia orgánica del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2014-2015" se

fundamentó principalmente en los estudios de María José Castillo llevado a cabo en el año 2012 y el realizado por Inés Ayala en el año 2013, cuyo mismo tema fue desarrollado posteriormente por Joe Ribadeneira en el año 2014 para completar el muestreo respectivo de Ayala, con la finalidad de buscar generar información que permita aprovechar energéticamente los residuos sólidos urbanos del DMQ.

En base a la caracterización de los residuos del DMQ llevadas a cabo en el estudio “Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero” realizado por Castillo (2012), a estudios de poder calórico llevado a cabo en otros países y a la continuidad requerida en este proyecto, se establecieron las categorías de interés específicas para la presente investigación debido a su alto contenido en carbono que al combustionarse presenta un poder calórico elevado. Se determinó que las categorías a analizar serían materia orgánica, madera, papel y cartón, de las cuales las dos últimas han sido identificadas por varios autores como materia prima óptima para el proceso de incineración.

Gráfico 1. Composición de RSU en el DMQ



Fuente: Castillo, 2012

### Importancia del estudio

El manejo de residuos urbanos es una de las actividades que requieren mayor atención dentro de la gestión urbana. Según Grau y Farré, (2011), para la gestión de los residuos, se introduce una jerarquía donde se establece una prioridad a la hora de gestionarlos con el orden de: prevención, reutilización, reciclado, valorización material y energética, y por último, la eliminación de los mismos. Dentro de la valoración energética, uno de los métodos más utilizados a nivel internacional es la incineración, la cual según Romero (2010) constituye uno de los procesos térmicos más eficientes en cuanto al tratamiento de residuos urbanos, contribuyendo a disminuir el volumen y aprovechar la energía que los desechos contienen.

De esta forma, si se logra el aprovechamiento energético de los distintos tipos de residuos sólidos urbanos, estos dejarán de ser dispuestos en los Rellenos Sanitarios y se obtendría un rédito energético actualmente no aprovechado.

En el Distrito Metropolitano de Quito se desperdicia el potencial energético de los residuos sólidos urbanos debido a la falta de estudios experimentales y analíticos que permitan realizar tratamientos óptimos de los desechos y gestionar integralmente los residuos urbanos. La

incorporación de una nueva tecnología resulta no solamente un adelanto en cuanto al manejo de los desechos, sino que podría ser considerada como una inversión, ya que se aprovecharían recursos que actualmente están siendo desperdiciados (Ayala, 2013). La incineración como parte del tratamiento de los RSU, representa la reducción significativa de la cantidad de residuos que se depositan en el relleno sanitario, por esta razón es considerado importante el estudio de la viabilidad de este tratamiento térmico dentro del DMQ.

## Objetivos

### Objetivo General

- Cuantificar el poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera, materia orgánica del Distrito Metropolitano de Quito.

### Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de residuos considerados como materia prima óptima para procesos de aprovechamiento energético.
- Determinar la humedad de los residuos sólidos urbanos (papel, cartón, madera, materia orgánica) para tomar en cuenta para procesos de aprovechamiento energético.
- Determinar si los residuos sólidos urbanos (papel, cartón, madera, materia orgánica) presentan el poder calórico suficiente para funcionar como combustible en el proceso de incineración.

## METODOLOGÍA

### Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula estadística aplicada a poblaciones finitas, es decir menos de 99.999 individuos. La fórmula que se utilizó para dicho cálculo es:

Ecuación 1. Determinación del tamaño de la muestra

$$n = \frac{z^2 pqN}{z^2 pq + Nze^2}$$

Fuente: Webster, 1998

El número de muestras necesario a tomar en un año fue de 186 por cada estación de transferencia. En este estudio se completaron 24 muestras por cada estación, sin embargo al ser un estudio continuo, se espera completar el total necesario en los siguientes trabajos.

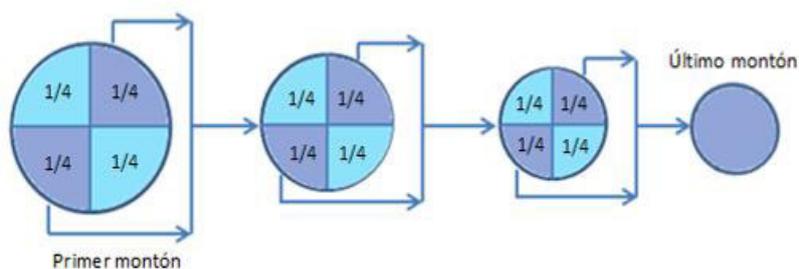
### Fase de campo

Los muestreos fueron realizados una vez por semana en cada una de las estaciones, siendo el día de la semana determinado aleatoriamente, con el fin de obtener muestras representativas, debido a que la composición y características de los residuos pueden variar dependiendo del sector en el que fueron recolectados.

La toma de muestras se la realizó por el método de cuarteo siguiendo la metodología establecida en la Guía HDT 17 “METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” del

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) y desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai (CEPIS, 2010).

Imagen 1. Metodología de muestreo



Elaborado por: Lorena Mafla, 2015  
Basada en el Método de CEPIS

### Fase de Laboratorio

Una vez en el laboratorio, se colocaron las muestras inmediatamente en refrigeración (a 10 °C) hasta el momento del análisis con el fin de preservar sus características y condiciones al momento del muestreo. El análisis de las muestras se realizó lo antes posible, para evitar cualquier alteración de sus características iniciales y se siguieron los siguientes procedimientos:

#### **Determinación del Porcentaje de Humedad de los residuos (Papel, Cartón, Madera y Materia Orgánica):**

A pesar de que la determinación del porcentaje de humedad no forma parte del proceso de cuantificación del poder calórico de los residuos, este resulta importante al momento de determinar la eficiencia de los distintos residuos como combustibles en la incineración. El porcentaje de humedad afecta directamente el desarrollo de este tratamiento, ya que mientras mayor cantidad de agua contenga el residuo, menor va a ser su poder calórico (Ayala, 2013).

El procedimiento para la determinación del porcentaje de humedad se adaptó del denominado Procedimiento de Técnicas para Análisis Químico de Suelos, del Laboratorio de Suelos y Agua de Sáenz Peña, Chaco, Argentina (2005). Una vez trituradas las muestras, se colocan alrededor de seis gramos de cada categoría (papel, cartón, madera, materia orgánica) en crisoles tarados de aproximadamente 30 mL y se procede a pesarlos en la balanza analítica. Cada crisol debe ser previamente marcado, con un código ya establecido en el que se especifica la Estación de Transferencia de la que proviene la muestra, el tipo de residuo y el número de muestra analizada. Este código se mantendrá durante toda la fase de laboratorio. Se prosigue a colocar los crisoles en una estufa a 105 ° C durante 24 horas, según la descripción del procedimiento mencionado. Una vez culminadas las 24 horas se pasa finalmente a pesar cada crisol con la muestra seca en la balanza analítica.

Imagen 2. Trituración y secado de RSU para determinar el % de Humedad



Fuente: Lorena Mafla, 2015

### Cuantificación del Poder Calórico de los residuos (Papel, Cartón, Madera y Materia Orgánica):

1. Compresión de las muestras: Buscando la combustión total de la muestra seca, previo al preparado de la bomba, se realiza la compresión de cada muestra de: papel, cartón, madera, materia orgánica mediante el uso de la prensa Parr. La muestra comprimida, denominada pellet, debe pesar aproximadamente un gramo, siendo los límites superior e inferior 0.90 g y 1.5 g respectivamente (Parr Instrument Company, s.f).

Imagen 3. Compresión de las muestras



Fuente: Lorena Mafla, 2015

2. Combustión de las muestras mediante uso de Bomba Calorimétrica: Una vez realizado el Pellet, se pasa al procedimiento principal que consiste en la combustión de las muestras, utilizando la bomba calorimétrica. Al realizar el proceso de combustión con muestras secas se obtiene como resultado la cuantificación del poder calórico superior. En cuanto al poder calórico inferior, este dato será calculado por medio de la fórmula establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai en el año 2010, en su texto Método sencillo del análisis de residuos sólidos.

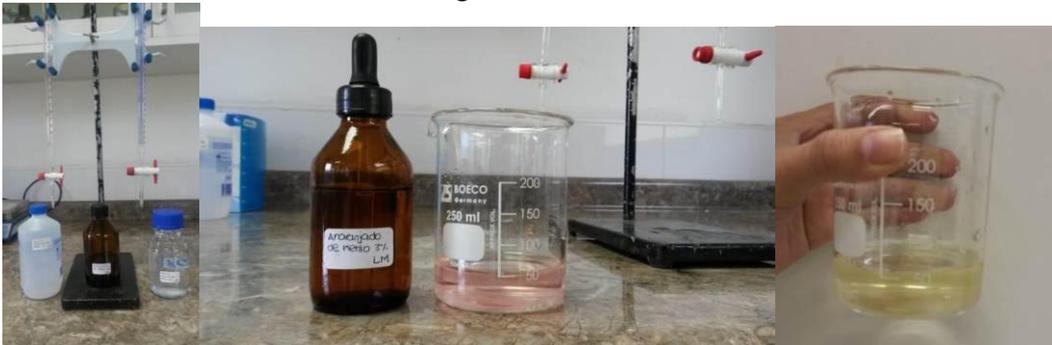
Imagen 4. Preparación de muestra para su combustión



Fuente: Lorena Mafla, 2015

3. **Titulación:** La determinación tanto de ácido nítrico como de ácido sulfúrico es necesaria dentro del proceso de cuantificación de poder calórico ya que la formación de estos compuestos durante la combustión libera pequeñas cantidades de calor, las cuales deben ser corregidas en el resultado final con el objetivo de que este no se vea alterado. Para la determinación de Ácido Nítrico se debe utilizar Anaranjado de Metilo al 3% en peso y Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 5% en peso, mientras que para la determinación de Azufre se debe utilizar Cloruro de Bario ( $\text{BaCl}_2$ ) al 5% en peso.

Imagen 5. Titulación



Fuente: Lorena Mafla, 2015

## Procesamiento de Información

### Calor Bruto de combustión (PCS)

El cálculo inicial del calor de combustión, referido al poder calórico superior, puede ser dividido en tres diferentes etapas. Dos etapas iniciales en las que se calcula e identifican distintas variables y un cálculo final en el que se obtiene como resultado el calor de combustión. Una vez que se han determinado todas las variables, se puede pasar al cálculo del calor de combustión o poder calórico superior, reemplazando los datos en la siguiente fórmula:

#### Ecuación 2. Cálculo del calor bruto de combustión

$$PCS = \frac{tW - e1 - e2 - e3}{m}$$

En donde:

PCS = Calor de combustión (cal/g)

t = aumento de temperatura (°C)

W = Constante (cal/°C)

m = masa de la muestra (g)

e1 = corrección en calorías por el calor de formación de ácido nítrico

e2 = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico

e3 = corrección en calorías por el calor de combustión del cable de ignición

### **Cálculo del Calor de Combustión (PCI)**

El cálculo del poder calórico inferior se realizará por medio de una fórmula establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai, en su texto Método sencillo del análisis de residuos sólidos.

Ecuación 3. Cálculo de poder calórico inferior

$$PCI = PCS - \frac{W}{100} \times 600$$

En donde:

PCS = Poder calórico superior (cal/g)

PCI = Poder calórico inferior (cal/g)

W = % Humedad

## **RESULTADOS COMPILADOS**

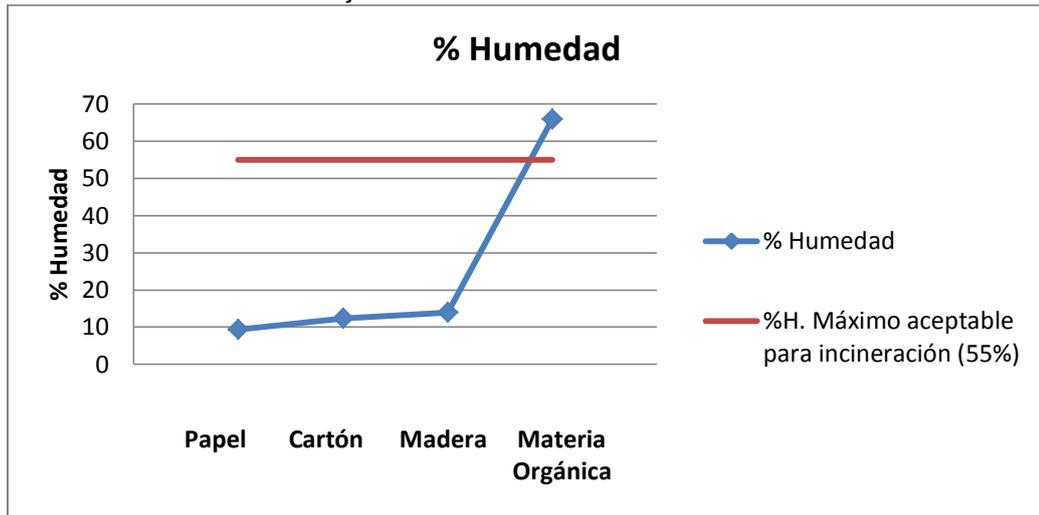
### **HUMEDAD TOTAL**

Tabla 1. Porcentaje Promedio de Humedad de los Residuos

<b>% HUMEDAD</b>	
<b>PAPEL</b>	9,36
<b>CARTON</b>	12,29
<b>MADERA</b>	13,99
<b>MATERIA ORGANICA</b>	65,95

Elaborado por: Lorena Mafía, 2015

Gráfico 2. Porcentaje Promedio de Humedad de los Residuos



Elaborado por: Lorena Mafla, 2015

Como se puede observar en el Gráfico 2, el papel, cartón y madera tienen un contenido de agua muy por debajo del 55% (máximo aceptable para incineración establecido en el estudio realizado por Alonso, Martínez, & Olías, 2003), mientras que la materia orgánica sobrepasa el límite requerido. Un índice alto de humedad perjudica la recuperación de energía (CEMPRE, 1998), es por ello que es importante analizar este factor antes de utilizar los diferentes tipos de residuos para el proceso de incineración.

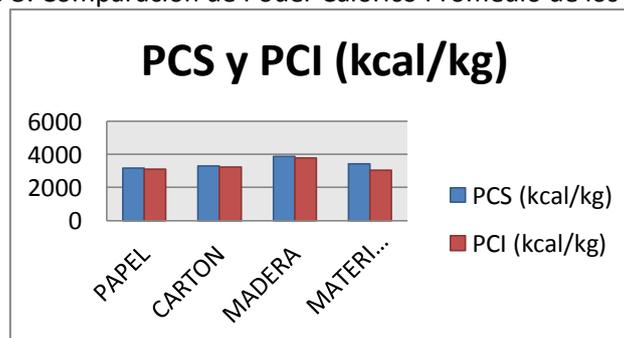
#### PODER CALÓRICO TOTAL

Tabla 2. Poder Calórico Promedio de los Residuos

Poder Calórico		
	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
<b>PAPEL</b>	3171	3115
<b>CARTON</b>	3303	3229
<b>MADERA</b>	3878	3794
<b>MATERIA ORGANICA</b>	3431	3035

Elaborado por: Lorena Mafla, 2015

Gráfico 3. Comparación de Poder Calórico Promedio de los Residuos



Elaborado por: Lorena Mafla, 2015

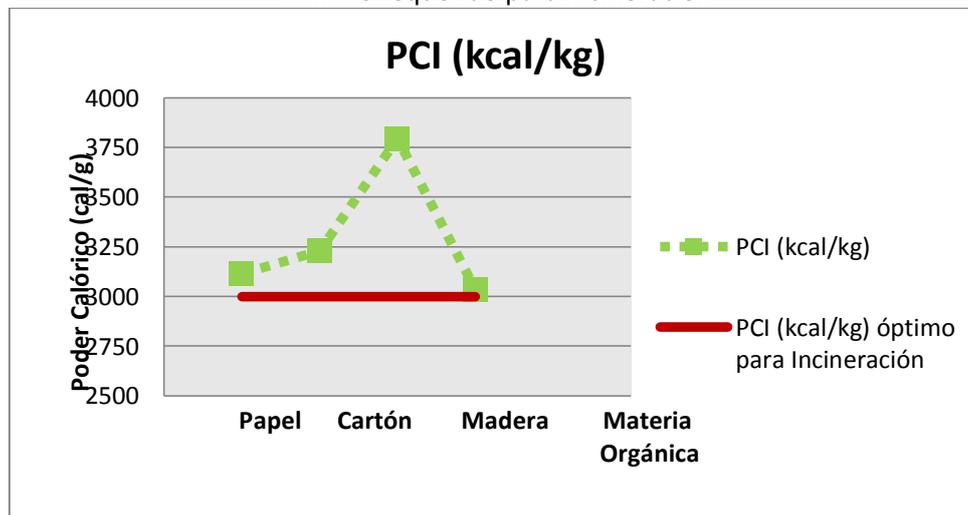
Al comparar los resultados de poder calórico superior e inferior de los distintos tipos de residuos se puede observar que la madera presenta mayor calor de combustión (3878 kcal/kg), considerando que este residuo presenta una humedad menor al 55%, podría ser una buena opción el tratamiento térmico, no obstante, la cantidad que es depositada en las estaciones de transferencia norte y sur son mínimas, factor que conlleva a que se analice con mayor profundidad su factibilidad. Tanto el cartón como el papel presentan las condiciones de humedad y de capacidad calórica óptimas para utilizarse como materia prima en el proceso térmico de incineración, sin embargo es necesario recordar que este tipo de tratamiento debe ser optado después de la reutilización y el reciclaje de los residuos. Finalmente, la materia orgánica, debido a que contiene gran cantidad de humedad, presenta la mayor diferencia entre el poder calórico superior e inferior, sin embargo su capacidad calórica es alta.

Tabla 3. Poder Calórico Promedio de los Residuos

Poder Calórico Inferior		
	PCI (kcal/kg)	PCI Óptimo (kcal/kg)
<b>PAPEL</b>	3115	3000
<b>CARTON</b>	3229	3000
<b>MADERA</b>	3794	3000
<b>MATERIA ORGANICA</b>	3035	3000

Elaborado por: Lorena Mafla, 2015

Gráfico 4. Comparación de Poder Calórico Inferior Promedio de los Residuos con respecto al mínimo requerido para Incineración



Elaborado por: Lorena Mafla, 2015

Para que en el tratamiento térmico por incineración, la combustión sea autosostenida y la recuperación energética sea óptima, es necesario que el poder calórico inferior de los residuos sea mayor a 3000 kcal/kg, lográndose de esta forma un rendimiento energético entre el 20 y el 30% (Romero, 2010). Bajo estas consideraciones, todos los residuos analizados (papel, cartón, madera, materia orgánica) cumplieron con este requisito ya que el PCI promedio de cada tipo de residuo se encuentra sobre el límite mínimo necesario.

Tabla 4. Error Porcentual Relativo

<b>Comparación del PCS del Año 2015 con respecto al año 2014</b>			
	<b>RESUMEN DE DATOS AÑO 2014</b>	<b>RESUMEN DE DATOS AÑO 2015</b>	<b>% ERROR RELATIVO</b>
	<b>PCS (kcal/kg)</b>	<b>PCS (kcal/kg)</b>	<b>(Con respecto al año 2014)</b>
<b>PAPEL</b>	3273	3171	3,11
<b>CARTON</b>	3683	3303	10,31
<b>MADERA</b>	3979	3878	2,55
<b>MATERIA ORGANICA</b>	3606	3431	4,86

Elaborado por: Lorena Mafla, 2015

Al comparar la media aritmética obtenida en el presente estudio (año 2015), con respecto al del año anterior (año 2014), se puede observar que el margen de error entre los datos es bajo (< 5%) para las categorías: papel, madera y materia orgánica, confirmando así la validez de la metodología desarrollada. Sin embargo en el caso del cartón se obtuvo un error relativo porcentual aceptable de 10,32%. Esta distorsión se da debido a las características que presentan los residuos a consecuencia de la naturaleza intrínseca de los datos.

A pesar de que el porcentaje de error para el cartón es un poco alto, los datos obtenidos de poder calórico concuerdan con lo establecido por la teoría, en la que se determina que el poder calórico de estos residuos varía entre 2400 y 4000 calorías por gramo.

## **CONCLUSIONES**

En la investigación se cumplió con el objetivo general de cuantificar el poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera, materia orgánica del Distrito Metropolitano de Quito mediante la aplicación de la metodología utilizada en estudios anteriores.

Las categorías de madera, cartón y papel presentaron el contenido de humedad necesario para ser consideradas como materia prima óptima para el proceso de incineración. Mientras que el porcentaje de humedad promedio contenido en las muestras de materia orgánica analizadas superó el límite máximo establecido en la teoría (55% de humedad), por lo que bajo esta consideración, este tipo de residuo no podría ser considerado como materia prima exclusiva para el proceso de incineración.

Según Romero (2010), para que la combustión en la incineración sea autosostenida y la recuperación energética sea óptima, es necesario que el poder calórico inferior de los residuos sea mayor a 3000 kcal/kg, con lo que se logra un rendimiento energético entre el 20 y el 30%. Bajo estas consideraciones, todos los residuos analizados (papel, cartón, madera, materia orgánica) cumplieron con este requisito ya que el PCI promedio de cada tipo de residuo se encuentra sobre el límite mínimo necesario.

Se comprobó la eficacia en el uso de la metodología, ya que se encontraron similitudes entre los resultados teóricos y prácticos lo que indica validez de la misma.

El aprovechamiento energético mediante un tratamiento térmico es posible para las categorías de madera, cartón y papel porque contienen el poder calórico más alto, y la energía liberada durante el proceso de incineración de estos materiales puede ser utilizada para distintos fines.

La categoría de madera presentó el valor promedio de poder calórico más alto de las categorías analizadas (3979 kcal/kg), por lo que este tipo de residuo puede ser utilizado en un tratamiento térmico, no obstante el porcentaje que es trasladado a las estaciones de transferencia de Zámbez y Santa Rosa es relativamente bajo, siendo necesario analizar si la cantidad de residuo obtenida justifica la implementación de este tratamiento.

La categoría de papel y cartón presentan un PCS medio similar al de la materia orgánica, sin embargo al momento de analizar el PCI se observa que en el caso de la materia orgánica existe una gran diferencia debido al contenido de agua en este tipo de residuos.

Para conseguir la combustión completa de las muestras, al momento de la preparación de la bomba para las categorías de papel y cartón se utilizó la inyección de oxígeno de 25 atm, mientras que para las categorías de madera y materia orgánica se incrementó la presión de oxígeno utilizando 30atm en razón de que estos residuos poseen alto contenido de carbono.

El valor del poder calórico superior e inferior de las distintas categorías depende de la composición de los residuos, de las condiciones ambientales, del momento y del lugar en el que se tome la muestra y también podría verse afectadas por el transporte y su conservación. En base a referencias bibliográficas y pruebas realizadas con la bomba calorimétrica adiabática, se determinó que para un proceso de incineración óptimo de los RSU es necesario analizar las muestras completamente secas, apropiadamente trituradas y compactadas obteniéndose mejores resultados.

Durante la realización de este estudio, se comprobó la efectividad de la bomba calorimétrica de oxígeno para la cuantificación de poder calórico de los residuos sólidos urbanos del DMQ. Durante el tratamiento estadístico de los resultados, se encontró que existe una desviación estándar baja, lo que significa que los datos obtenidos son próximos al promedio. Sin embargo, los resultados obedecen a la naturaleza intrínseca de los datos, los mismos que a su vez dependen de las características propias de los residuos.

Esta investigación se realizó como continuación de dos estudios anteriores para completar el número de muestras requeridas, lo que ha permitido determinar la tendencia en la que se encuentra el poder calórico de los residuos y validar el método desde un punto de vista estadístico.

El porcentaje de error relativo del poder calórico que se obtuvo en las categorías de: papel, cartón, madera, materia orgánica son relativamente bajos, aseverándose de esta manera la confiabilidad de los resultados obtenidos.

La categoría de cartón presenta un mayor error relativo (10,32), no obstante su media aritmética (3683 kcal/kg) entra en el rango establecido en la teoría. La madera con 2,54% es la categoría que menor error relativo presenta. El error relativo porcentual varía por las características que presentan los residuos, ya que es la naturaleza intrínseca de los datos.

La gestión de los residuos sólidos en el DMQ no se efectúa de manera técnica, puesto que la falta de ejecución por parte de las entidades responsables del manejo de los RSU, retrasa la aplicación de alternativas que permitan aprovechar las características de los residuos y generar políticas de gestión acordes a la realidad.

La recolección de los RSU bajo un mal manejo del sistema "a pie de vereda" dificulta el aprovechamiento de los mismos, ya que no se realiza previamente su separación desde los hogares por falta de cultura y concienciación y por otro lado, debido a la falta de

procedimientos técnicos en las estaciones de transferencia, constatándose que sólo una parte de los desechos aprovechables es recolectada por los minadores, con lo que no hay una concordancia con las disposiciones vigentes.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con el análisis de muestras para de esta manera aumentar la base de datos, disminuir el error relativo, validar la metodología adoptada y obtener resultados más cercanos a la realidad. La continuidad de este estudio permitirá analizar de mejor manera las variaciones en los datos y los resultados obtenidos. Para obtener un estudio con resultados confiables, es necesario que este sea realizado de manera cuidadosa, especialmente en el manejo de las variables, ya que para este trabajo de fin de carrera se tuvieron que realizar varias correcciones de estudios anteriores.

Al haber comprobado la validez de la metodología desarrollada, se recomienda mantener este procedimiento en futuros estudios con el fin de proporcionar confiabilidad de los datos obtenidos y poder realizar correlaciones y comparaciones entre la información generada.

A lo largo del desarrollo del proyecto se recomienda realizar procedimientos periódicos con muestras estándar de ácido benzoico, con la finalidad de corroborar la eficiencia de la metodología desarrollada, así como el correcto funcionamiento del equipo utilizado.

Se recomienda mantener un correcto protocolo en el manejo de las muestras para evitar alteraciones en los resultados.

Durante la realización del trabajo de campo es necesario mantener las debidas precauciones de seguridad para lo cual se debe utilizar el equipo de protección personal previamente establecido.

Tener precaución al utilizar los equipos, especialmente de la bomba calorimétrica, el tanque de oxígeno y la prensa Parr debido a que su mal uso causaría retrasos en la investigación, daños en los equipos o accidentes.

Manipular el pellet cuidadosamente, evitando de esta manera que este se desintegre, especialmente al colocarlo en la cápsula de la bomba calorimétrica.

Se debe tener mucho cuidado el momento de colocar la bomba calorimétrica dentro de la cubeta llena de agua para evitar que el hilo pierda contacto con el pellet que se encuentra en la cápsula.

Muchos de los residuos generados en el Distrito Metropolitano de Quito no han cumplido aún su ciclo de vida útil, por lo tanto, se los puede emplear para la producción de energía, de compost, alcohol, entre otros.

Dado el volumen de generación de desechos de materia orgánica, se recomienda analizar la viabilidad de tratamientos alternativos para su manejo con la finalidad de obtener energía, como por ejemplo la biometanización, bioalcoholización.

No se recomienda incorporar los residuos plásticos a la investigación debido a la generación de sustancias tóxicas, como dioxinas y furanos durante la combustión, lo que puede afectar a la salud del analista.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, Inés (2013). *Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del DMQ*. UISEK, Quito - Ecuador
- Alonso, C., Martínez, E., & Olías, J. (2003). *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. Madrid: Editora LA LEY.
- Castillo, M. J. (2012). *Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- CEMPRE. (1998). *Manual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Uruguay
- EMASEO (2010). *Plan de Servicios de Aseo y Administración Zonal Eloy Alfaro*. Quito, Ecuador.
- EMASEO EP. (2014). *Recolección domiciliaria: EMASEO, Empresa Pública Metropolitana de Aseo*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2014, de sitio web de EMASEO EP: <http://www.emaseo.gob.ec/>
- EMGIRS – EP. (2014). *La Empresa. Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS-EP*. Recuperado el 28 de Abril del 2015 de <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/quienes-somos/la-empresa>
- EMGIRS EP. (2014). *Transferencia y transporte de residuos sólido urbanos*. EMGIRS EP, Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de sitio web de EMGIRS EP: <http://emgirs.gob.ec>
- EMGIRS EP. (s.f.). *Estación de Transferencia Norte*. Recuperado el 21 de Abril del 2015 de: <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-norte>
- EMGIRS EP. (s.f.). *Estación de Transferencia Sur*. Recuperado el 21 de Abril del 2015 de: <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-sur>
- EMGIRS EP. (s.f.). *Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado el 21 de Abril del 2015 de: <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/relleno-sanitario>
- Grau, A. & Farré, F. (2011). *Situación y potencial de valorización energética directa de residuos*. IADE: Madrid.
- Laboratorio de Suelos y Agua de Sáenz Peña (2005). *Procedimiento de Técnicas para Análisis Químico de Suelos*. Argentina, Chaco: Estación Experimental Agropecuaria.
- MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transporte) (1992). *Atlas Nacional de España. Edafología. Sección II. Grupo 7*. Ed. Centro Nacional de Información Geográfica. Madrid.
- Parr Instrument Company. (s.f.). *Operating Instuction Manual. Oxygen Bomb Calorimeter No. 204M*. Illinois: Parr.

- Ribadeneira, Joe. (2014). *Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito*. Año 2013-2014. UISEK, Quito – Ecuador
- Romero, A. (2010). LA INCINERADORA DE RESIDUOS: ¿ESTÁ JUSTIFICADO EL RECHAZO SOCIAL?. *Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. (104) 0 1, pp 175-187. Madrid.
- Sakurai, K. (2010). *Guía HDT 17: Método sencillo del análisis de residuos sólidos*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Recuperado el 20 de Diciembre del 2014 de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Sanz, D. (2012). *Suecia compra basura para generar energía*. Recuperado el 20 de abril del 2015 de: <http://www.ecologiaverde.com/suecia-compra-basura-para-generar-energia/>
- Semmartín M, Amdan M. A., Fredes M., Mazzeo N., Pierini V, Uijt den Bogaard J., Ventura L. y Vogrig J., (2010). Los residuos sólidos urbanos. Doscientos años de historia porteña”. Publicado en *Ciencia Hoy*, Vol. 20 - Nº 116 (Abril - Mayo).
- Vida para Quito. (2008). *Manejo de Residuos Sólidos*. Recuperado el 20 de abril del 2015 de: [http://iniciovasquez.com/vida/index.php?option=com\\_content&task=view&id=59&Itemid=50](http://iniciovasquez.com/vida/index.php?option=com_content&task=view&id=59&Itemid=50)
- Webster A. (1998). *Estadística aplicada a los Negocios y Economía* (3ra Ed.). Bogotá: McGraw-Hill.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-41

**Título del trabajo:** Tecnologías de fitorremediación para control de metales pesados presentes en lodos de lixiviados de rellenos sanitarios.

**Autor (es):** Álvaro Chávez Porras, Luis Felipe Pinzón Uribe, Nicolás Casallas Ortega

**Ponente (s):** Álvaro Chávez Porras

**E-mail:** [alvaro.chavez@unimilitar.edu.co](mailto:alvaro.chavez@unimilitar.edu.co)

**Institución:** Universidad Militar Nueva Granada

**País:** Colombia

#### RESUMEN

Las ciudades son impulsadas con adelantos tecnológicos y crecimiento poblacional; siendo paralela la progresiva producción de “residuos sólidos”, entre domésticos e industriales, muchas veces altamente contaminantes. Estos anteriormente manejados de forma natural, hoy requieren de avances científicos y tecnológicos, por su difícil degradación, para su manejo, operación y disposición final; ya que el hombre quiere evitar la afectación y pérdida de su medio ambiente, producto de las actividades antrópicas que generan contaminación. Esta producción desmedida forjó la alternativa de disposición conocida como “rellenos sanitarios”, los cuales son diseñados y operados para controlar menor cantidad de “impactos y pasivos ambientales”. El “lixiviado”, residuo líquido resultante de la degradación del material orgánico y lavado de los inorgánicos, es procesado bajo tratamiento de “lodos activados”; lo que produce el “lodo de lixiviado”, altamente tóxico con “compuestos recalcitrantes”, potencial alterador de “recursos hídricos” (aguas subterráneas y superficiales) y “suelos” circundantes; razón por la que deben ser sometidos a un proceso o mecanismo de degradación en el control de sus compuestos. Este estudio evaluó el comportamiento de estos sustratos provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana –RSDJ, Bogotá D.C., en procesos de “fitorremediación”, buscando reducciones de “metales pesados”, como cadmio, cromo, plomo y mercurio. Procesos realizados con las especies vegetales yuca (*Manihot esculenta*) y rábano (*Raphanus sativus*). La propuesta planteó el mecanismo de degradación, con un control de características fisicoquímicas, en mezclas apropiadas, para luego poder darles valor agregado, siendo usados en las coberturas de sello del relleno o en suelos degradados (enmiendas). Concluyéndose que la eficiencia del proceso de fitorremediación, como tratamiento terciario es buena técnica de degradación en la vigilancia de contaminantes.

**Palabras claves:** rellenos sanitarios, impactos y pasivos ambientales, lodos de lixiviado, metales pesados

## INTRODUCCIÓN

Los daños generados por los “residuos sólidos” - RS son un problema actual para las localidades; por su cantidad e incorrecta gestión se empobrece y reduce la calidad de vida de los habitantes pobladores, en general de los ecosistemas.

Estos hacen referencia a cualquier objeto o material resultante del empleo de productos de origen orgánico e inorgánico. El conocimiento del detrimento de la calidad de vida, originada por ellos, ha avanzado considerando que el crecimiento poblacional mundial es proporcional al incremento de los volúmenes de desechos y a la necesidad de obtener zonas para su acaparamiento.

Una de las grandes preocupaciones que se presentan en la actualidad son los cambios generadores de “impactos y pasivos ambientales”, tanto como las actividades que afectan el funcionamiento de los sistemas, generadas en su mayoría por el hombre – antrópicas, en los “recursos hídrico” y “suelos” (USEPA, 1997; Duarte et al., 2006).

El desarrollo de invenciones que facilitan y hacen más cómodo el modo de vida de las poblaciones, han incrementado la generación de cantidades considerables de residuos que deben ser dispuestos adecuadamente. Lo anterior como consecuencia de desarrollos tecnológicos. Estos residuos contaminantes, de diferente composición han sido ubicados directamente en los suelos, para su degradación.

Los avances científicos y tecnológicos, en todas las ramas del conocimiento, trabajan por buscar alternativas de tratamiento, ya que es más difícil su degradación por medios naturales. Siendo los rellenos sanitarios la forma más utilizada en el momento, debido a su proceso de gestión, acorde con la sostenibilidad del medio ambiente.

Los rellenos han surgido como una alternativa para el manejo final de RS, en los diferentes asentamientos urbanos. Durante el funcionamiento se conciben subproductos, como lixiviados, los cuales requieren un tratamiento terciario, antes del lanzamiento en las corrientes de agua.

Generando también, un producto, el “lodo de lixiviado”, cuya composición presenta altas concentraciones de “metales pesados” - MP y una gran variedad de compuestos con cargas contaminantes, los cuales son dispuestos y enterrados en celdas sin ser sometidos a tratamiento alguno. Los MP son algunos elementos considerados nocivos para los seres vivos y el medio ambiente. La determinación de éstos se puede tener en cuenta como parámetro para determinar la calidad de aguas y suelos, según la concentración y forma química en que se encuentren. MP son aquellos que a concentraciones bajas son tóxicos y no pueden degradarse por medios naturales, tendiendo a bioacumularse en el organismo.

Los “rellenos sanitarios” son de varios tipos; el tipo manual, trata los desechos con personas en ausencia de maquinaria; usado municipios pequeños que generan hasta 15 t/día. Otros que manejan entre 16 y 40 t/día, son los semi-mecanizados, combinando la labor manual y la de alguna maquinaria pesada. Si la producción de desechos es mayor a 40 t/día, se maneja un relleno mecanizado, con la tecnología apropiada para la colocación, compactación, cubierta de celdas de los desechos, excavaciones y transporte (Jaramillo, 2002; MMAA, 2010).

En ellos se produce el “lixiviado”, líquido residual generado en la descomposición bioquímica de los residuos - proceso de degradación o como resultado de la percolación de agua a través de las celdas. Éstos se tratan en plantas que maniobran bajo los principios de una “planta de

tratamiento de aguas residuales”, considerando que se generará un residuo secundario (“lodo de lixiviado”) que viene de la sedimentación de material disuelto (MMAA; 2010; USEPA, 1997). Llevando tres procesos en su tratamiento, que son los fisicoquímicos, biológico aerobios y desnitrificación.

Para reducir el nivel contaminante de estos lixiviados y facilitar el manejo de los lodos, se reduce el volumen, así como su poder de fermentación; esto es la disminución de la cantidad de “materia orgánica” – MO, de patógenos y niveles confiables de disposición de MP, una vez realizada la digestión química.

En general se efectúa el proceso de “lodos activados”, que consiste básicamente en cuatro etapas de tratamiento (espesamiento, estabilización, deshidratación y evacuación). La composición de estos lodos finales incluye MO, elementos como N, P y K (benéficos para el desarrollo vegetal) y MP (tóxicos en ciertos niveles para los seres vivos).

Por esta razón, se busca desarrollar métodos mediante los cuales estos “lodos de lixiviados” puedan ser reutilizados en las coberturas de sello del relleno o en suelos degradados, una vez se hayan estabilizado o reducido su nivel contaminante (MMAA, 2002; González, 2008).

Para procesos posteriores a esa digestión, uno de los métodos es la biorremediación; existiendo en la literatura referenciación acerca de una clase de ellas, la fitorremediación; la cual consiste en el uso de plantas - especies vegetales con el propósito de reducir agentes contaminantes en el ambiente y más específicamente tratamientos propuestos en procesos de degradación, descomposición y transformación de sustancias como hidrocarburos y MP; empleando microorganismos o bacterias que cuentan con diferentes propiedades que les permiten la degradación de variados compuestos orgánicos (sulfuros, ácidos orgánicos, hidrocarburos) y MP en lodos residuales (Garbisu, Amézaga & Alkorta, 2002; Pathak, 2009; Morales, 2007 citado por Gómez, 2012; Ali, 2013;).

Para la fitorremediación existen varias técnicas metodológicas definidas (Prasad y Freitas, 2003; Núñez et al, 2004; Sánchez, 2010; Gómez y Pinzón, 2012; Ali, 2013):

- la “fitodegradación”, que consiste en el proceso mediante reacciones enzimáticas, donde las plantas transforman contaminantes orgánicos en sustancias menos tóxicas, en asociación con microorganismos cercanos al sistema de la raíz.
- La “fitoestimulación”, donde los exudados de las raíces favorecen el crecimiento de microorganismos, hongos y bacterias que mineralizan los contaminantes.
- La “fitovolatilización”, donde desde la raíz, la planta metaboliza y transporta algunos componentes y elementos que luego libera en la transpiración.
- La “fitoestabilización” (Figura 1), donde las plantas que tienen un sistema de raíz denso reducen la biodisponibilidad de los MP, evitando su paso a mantos freáticos.
- La “fitoextracción” (Figura 1), donde algunas especies de plantas que se cosechan con facilidad acumulan los agentes contaminantes en raíces, tallos o follaje, principalmente extrayendo MP, basados en procesos de oxidación-reducción.

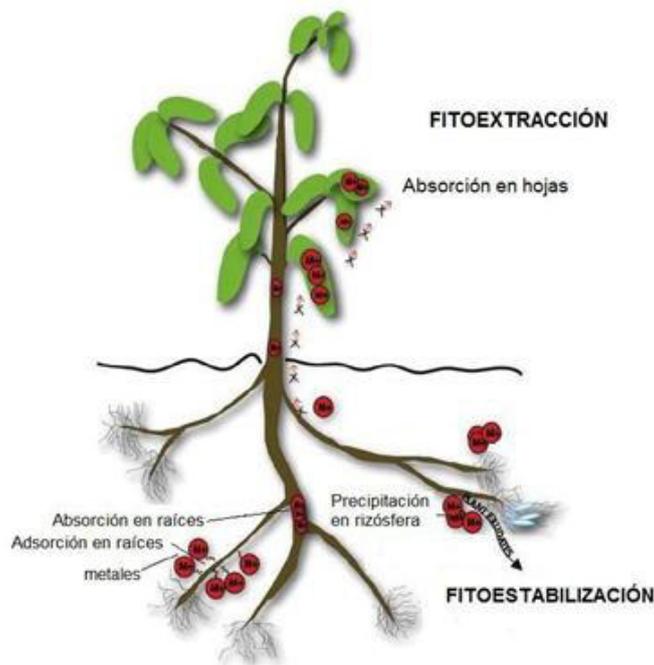


Figura 1 Procesos de Fitorremediación ([www.creambiente.cl](http://www.creambiente.cl))

Un ejemplo de las especies usadas (Maldonado, 2012; Bravo, 2014) es el *Raphanus sativus*, también conocido como rábano, planta hortense que desarrolla cuando más alrededor de 30 centímetros, carece a simple vista de tallo, destacándose más las siguientes partes: Raíz (Blanca y jugosa) con cascara (rojiza) de forma redondeada, cónica o de trompa, cuyo extremo inferior termina en punta con pelos absorbentes.

Igualmente, la especie *Manihot esculenta* o yuca, tiene una raíz cilíndrica y oblonga (alcanza el metro de largo y los 10 cm de diámetro); la cáscara es dura, leñosa e incomedible, reportándose su uso en fitorremediación de metales como cobre, níquel y plomo.

Esta propuesta plantea un proceso que permite degradar y usar (valor agregado) estos lodos en las coberturas de sello del relleno o en suelos degradados.

Transformarlos en componentes que no sean considerados nocivos para los seres vivos. Teniendo como objetivo la utilización de plantas en un proceso de fitorremediación, para la descontaminación - reducción de la concentración de MP presentes en lodos de lixiviado provenientes de relleno sanitario, mediante dos especies vegetales (yuca y rábano. De esta manera buscar una alternativa de aprovechamiento y utilización de los lodos tratados; así mismo, se determinó la eficiencia de adsorción de las dos especies.

La investigación se desarrolló en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada sede Cajicá, Cundinamarca, con lodos de lixiviado provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, Bogotá, D.C., Colombia.

### Justificación

El desarrollo de invenciones que facilitan y hacen más cómodo el modo de vida de las poblaciones, han incrementado la generación de cantidades considerables de residuos que deben ser dispuestos adecuadamente.

Lo anterior como consecuencia de desarrollos tecnológicos. Estos residuos contaminantes, de diferente composición han sido ubicados directamente en los suelos, para su degradación.

Los avances científicos y tecnológicos, en todas las ramas del conocimiento, trabajan por buscar alternativas de tratamiento, ya que es más difícil su degradación por medios naturales. Siendo los rellenos sanitarios la forma más utilizada en el momento, debido a su proceso de gestión, acorde con la sostenibilidad del medio ambiente.

Han surgido como una alternativa para el manejo final de residuos sólidos, en los diferentes asentamientos urbanos. Durante el funcionamiento se conciben subproductos, como lixiviados, los cuales requieren un tratamiento terciario, antes del lanzamiento en las corrientes de agua.

Generando también, un producto, el lodo de lixiviado, cuya composición presenta altas concentraciones de metales pesados y una gran variedad de compuestos con cargas contaminantes, los cuales son dispuestos y enterrados en celdas sin ser sometidos a tratamiento alguno.

Algunos elementos considerados nocivos para los seres vivos y el medio ambiente, son los metales pesados. La determinación de metales pesados se puede tener en cuenta como parámetro para determinar la calidad de los suelos, según la concentración y forma química en que se encuentren.

Existe en la literatura, referenciación acerca de la fitorremediación, que consiste en el uso de plantas con el propósito de reducir agentes contaminantes en el ambiente y más específicamente tratamientos propuestos para metales pesados en lodos de las plantas de aguas residuales; donde se sugieren la posibilidad de hacer comparaciones acerca de su eficiencia en la degradación de dichos agentes contaminantes.

Esta propuesta plantea la “Fitorremediación” - uso de plantas, como proceso que permite degradar y usar (valor agregado) estos lodos en las coberturas de sello del relleno o en suelos degradados.

¿Si se determina el nivel de concentración de metales pesados (arsénico, cromo, mercurio y plomo) en los lodos de lixiviados del Relleno Sanitario Doña Juana, tratados en procesos de fitorremediación, podrían ser usados (valor agregado) como cobertura en el sello del relleno o en suelos degradados?

### **Objetivo**

Determinar la remoción del proceso de fitorremediación, respecto a metales pesados – MP (arsénico, cromo, mercurio y plomo) presentes, en los lodos de lixiviados provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ.

### **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la investigación se tomaron muestras de lodos de lixiviado del RSDJ, procesados mediante el sistema de lodos activados. Se analizó la presencia y concentración de MP de: Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg).

Para el montaje de los reactores de fitorremediación se utilizaron camas elaboradas en láminas de madera cubiertas de plástico con dimensiones de 2 x 1 m y una profundidad de 0,5

m. con dos divisiones internas a lo largo (espacios D1, D2 y D3). En los espacios D1 y D3, se procedió a la siembra de las especies vegetales, en este caso yuca (*Manihot esculenta*) y el rábano (*Raphanus sativus*) figuras 1 y 2. Cada uno conto con 50 individuos. El espacio D2 se destinó como reactor de control, el cual tuvo sustrato pero no se sembró ningún individuo de la especie vegetal.

Se evaluó el sustrato inicial, lodo de lixiviado, tanto como el sustrato resultante para cada reactor D1, D2 y D3, cuatro meses después. Se evaluó la concentración de los MP nombrados anteriormente y se determinó la eficiencia de remoción de cada una de las especies vegetales así como el comportamiento de la concentración de los metales.



Figura 2 Rábano (*Raphanus sativus*)



Figura 3 Yuca (*Manihot esculenta*)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los laboratorios se presentan en la Tabla 1; donde aparecen los datos iniciales del sustrato “lodo de lixiviado” para el Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg). Incluido el porcentaje de remoción evaluada después del proceso de fitorremediación.

Tabla 1. Resultado de laboratorio

Parámetros	Valor Inicial	Resultado de sustrato		Resultado de sustrato	
		Yuca ( <i>manihot esculenta</i> )	% de Remoción	Rábano ( <i>raphanus sativus</i> )	% de Remoción
<b>Cadmio (Cd)</b>	0,350 mg/kg	0,238 mg/kg	32	0,345 mg/kg	13
<b>Cromo (Cr)</b>	180,5 mg/kg	164,3 mg/kg	9	104,7 mg/kg	42
<b>Plomo (Pb)</b>	21,4 mg/kg	10,3 mg/kg	52	17,1 mg/kg	20
<b>Mercurio (Hg)</b>	620 ug/kg	465 ug/kg	25	558 ug/kg	10
<b>Media</b>			29,5		21,2

Fuente: los autores

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la producción excesiva de RS en los centros urbanos se han propiciado perjuicios enormes en el ambiente. Aunque los “rellenos sanitarios” son una alternativa muy utilizada para la “disposición final” para el control de “impactos y pasivos ambientales” posibles, el aumento desproporcionado de desechos se traduce en el acrecentamiento en la producción de “lixiviados”.

Los cuales tratados en su mayoría con sistemas de lodos activados, permiten minimizar sus cargas contaminantes, no dejando aún de ser un problema alterando “recursos hídricos” (aguas subterráneas y superficiales) y “suelos”.

Siendo el lodo de lixiviados, el subproducto a ser nuevamente tratado por el proceso de fitorremediación, para este caso de los lodos de lixiviado provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana Bogotá, D.C., con el uso de plantas - la yuca (*Manihot esculenta*) y el rábano (*Raphanus sativus*).

Se redujo la concentración de MP, siendo los evaluados Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg). Evaluando una eficiencia de remoción de: 32% para Cd en yuca y 13% en rábano; 9% para Cr en yuca y 42% en rábano; 52% para Pb en yuca y 20% en rábano; y 25% para Hg en yuca y 10% en rábano.

Siendo la especie vegetal más “eficiente” en este proceso la yuca (*Manihot esculenta*), posibilitando un producto en un futuro, una manera de alternativa de aprovechamiento y utilización.

La concentración de los metales pesados en los lodos de lixiviado luego de la fitorremediación siguen siendo considerables, por tal motivo no se puede utilizar estos lodos en procesos agrícolas, es necesario la complementación con otros tratamientos y/o mezcla con otros sustratos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gómez, H., Pinzón, G. (2012). Análisis de la mitigación del impacto ambiental en el lago del Parque La Florida, Por Fitorremediación usando buchón de agua.
- Galán, Emilio y Romero, Antonio (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. Macla No. 10, pp. 48-60.
- United Nations Environment Programme, Interrim review of scientific information on Cd.
- González Ortégón, Elsy (2008). Análisis Comparativo por zonas de la calidad de lixiviado respecto al tiempo de residencia en el Relleno Sanitario Doña Juana. Universidad El Bosque, pp. 25-30.
- Jaramillo, J. 2002. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS /CEPIS). Colombia. 303 p.
- Nuñez, A., Vong, Y., Ortega, R., Olgúin, E. (2004) Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Ciencia, pp. 69-82. 14.
- Zawierucha, I., Kozłowski, C., Grzegorz, M., (2013). Removal of toxic metal ions from landfill leachate by complementary sorption and transport across polymer inclusion membranes, vol. 33, pp. 2129-2136.
- Peralta-Pérez M del R., Volke-Sepúlveda, T.L. (2012) "La defensa antioxidante en las plantas: Una herramienta clave para la fitorremediación" Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol. 11, pp.75-88
- Maldonado, A.i, Luque, C., Urquizo, D. (2012) "Biosorción de Plomo de aguas contaminadas utilizando *Pennisetum clandestinum* Hochst (Kikuyo) . Revista Latinoamericana Metal. Mat. Vol. S4, 52-57



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-42

**Título del trabajo:** Análisis fisicoquímico en una columna de observación de colonias microbianas alimentadas con lodos de lixiviados.

**Autor (es):** Álvaro Chávez Porras, Luis Felipe Pinzón Uribe, Nicolás Casallas Ortega

**Ponente (s):** Álvaro Chávez Porras

**E-mail:** [alvaro.chavez@unimilitar.edu.co](mailto:alvaro.chavez@unimilitar.edu.co)

**Institución:** Universidad Militar Nueva Granada

**País:** Colombia

#### RESUMEN

El crecimiento desproporcionado de la población, así como el aumento de las actividades e incremento de la demanda de alimentos y bienes materiales, ha llevado a una problemática sobre el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación del territorio. En centros urbanos, como el caso de la ciudad de Bogotá D.C., Colombia, es una situación difícil de controlar por la disposición final de las cantidades de residuos que diariamente llegan al Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, lo que requiere una coordinación logística que genera la menor cantidad de impactos a las poblaciones cercanas. Uno de los principales inconvenientes de la operación es el control y tratamiento de los lixiviados y sus lodos resultantes. Lodos que son transportados a celdas de seguridad donde quedan almacenados indefinidamente sin ningún tipo de tratamiento, siendo característico en ellos los patógenos, compuestos orgánicos volátiles, metales pesados, compuestos orgánicos sintéticos y alcoholes. Este estudio se basa en la determinación de los parámetros fisicoquímicos: materia orgánica, carbono orgánico, DQO y DBO en una columna de observación de colonias microbianas (Winogradsky) alimentada con lodos de lixiviado provenientes del relleno. Se tomaron muestras de lodo de lixiviado de la planta de tratamiento y se montaron en columnas de acrílico (15 L), siendo enriquecidas con sales y melaza, con el fin de ayudar a la aparición de colonias de microorganismos; también, expuestas a luz natural. Se evaluaron los parámetros materia orgánica, carbono orgánico, DQO y DBO al inicio de la operación del sistema y pasados tres meses; determinándose la eficiencia de remoción en cada uno de los estratos de la columna. Concluyéndose que a través de análisis de parámetros fisicoquímicos del sistema microbiológico en columnas de observación en este tratamiento de lixiviados se pueden encontrar organismos que permitan la degradación de contaminantes en sistemas biológicos controlados.

## INTRODUCCIÓN

Los rellenos sanitarios son lugares donde se disponen los elementos que han cumplido con su vida útil, estos sitios son diseñados de acuerdo a la producción real y la proyección de generación de residuos; cuentan con características que minimizan, mitigan y reducen los impactos ambientales que puede generar la disposición inadecuada de los residuos; usualmente se ubican en lugares apartados de las zonas urbanas, debido a los olores que allí se presentan. Estos a su vez, se construyen para periodos de vida útil entre 25 y 30 años, están conformados por celdas, una vez culminada el uso de estas, son recubiertas con una membrana plástica y una capa de tierra de 0,60 – 0,80 m de espesor (para su aislamiento e impermeabilización), permitiendo acondicionar el suelo para iniciar el proceso de sucesión natural o un proceso de revegetalización inducida (Jaramillo, 2002).

Dentro de los principales inconvenientes que representa la operación de los rellenos sanitarios se encuentra el manejo de los lixiviados, debido a sus altas cargas contaminantes y la complejidad de su tratamiento. La gestión integral de los residuos sólidos se basa en los principios de la disposición final segura y confiable de estos elementos, aprovechamiento y valorización, tratamiento y transformación, disposición final controlada. La correcta gestión del relleno sanitario involucra el desarrollo exitoso de las etapas de planificación, diseño, operación, clausura, adecuación y uso final (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Dentro de estos procesos de gestión se encuentra el manejo de lixiviados definidos como y a los que el Decreto 1713 de 2002 se definen como un "líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica obiodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación" y los lodos como una "suspensión de materiales en un líquido proveniente del tratamiento de aguas residuales, del tratamiento de efluentes líquidos o de cualquier actividad que lo genere".

En Colombia, la normativa para el manejo, operación residuos sólidos se encuentra definida por decretos 1713 de 2002, 838 de 2005, 2820 de 2010 y las Resoluciones 1045 de 2003, 1390 de septiembre 27 de 2005 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, dentro de las leyes 99 de 1993 y 142 de 1994, propone una definición de relleno sanitario como un "lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final" (Ministerio de Medio Ambiente y Agua - MMAA, 2010).

Los lixiviados son sustancias resultantes de la degradación de los residuos orgánicos e inorgánicos, se caracterizan por tener una gran carga contaminante la cual genera impactos ambientales, afectando principalmente a recursos como el suelo y las aguas subterráneas, dependiendo de sus características se pueden considerar como sustancias peligrosas. "La calidad de los lixiviados en un relleno sanitario varía proporcionalmente al tiempo de depositados en este, al igual que con el diseño o tipo de relleno sanitario que se tenga. Con respecto al manejo de lixiviados que se generan de forma natural por los procesos químicos de descomposición de los residuos depositados.

Los lixiviados se dividen en tres clases: lixiviado joven, que es un líquido altamente contaminante por su mayor grado de concentración de algunos elementos que lo componen provenientes de la zona en disposición; lixiviado maduro, procede de las zonas cerradas

recientemente entre 1 a 5 años; lixiviado viejo que proviene de las zonas cerradas mayores a 5 años, las diferencias entre estos se origina principalmente en los altos contenidos de materia orgánica” (Ortegón, 2008).

Las características fisicoquímicas de los lixiviados son inherentes tanto a la calidad de los residuos sólidos como a su grado de estabilización. Desde que los residuos sólidos son generados y aun temporalmente dispuestos, tiene lugar la degradación aeróbica, que es comparable con la compostación de los residuos. Debido a la alta compresión de los residuos, el oxígeno tomado de la atmósfera no es suficiente para compensar la demanda de oxígeno de los microorganismos, por lo que se originan condiciones anaerobias. Esta situación, es la causa del cambio de la biocenosis de aerobia a anaerobia facultativa y más tarde a microorganismos anaerobios obligados (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

La fase de fermentación ácida puede durar de 3 a 7 años; dependiendo de la forma y factores ambientales que predominen. En la disposición los lixiviados pueden presentar concentraciones muy altas de DQO y DBO5. Durante esta fase (3 a 7 años) la relación DBO5 / DQO es aproximadamente 0.6. En este caso, alrededor del 90% de la DBO5 es causada por ácidos grasos volátiles (AGV), lo que significa que la biodegradabilidad del lixiviado durante este lapso de tiempo es alta (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

La columna de Winogradsky es una demostración clásica de cómo los microorganismos ocupan "microespacios" altamente específicos de acuerdo con sus tolerancias medioambientales y sus necesidades vitales (requerimientos de carbono y energía) y que, además, ilustra cómo diferentes microorganismos desarrollan sus ciclos, y la interdependencia que llega a existir entre ellos (las actividades de un microorganismo permite crecer a otro y viceversa). Esta columna es un sistema completo y autónomo de reciclamiento, mantenido sólo por la energía de la luz.

A lo largo de la columna se desarrollan diversos organismos:

En la zona inferior de lodos se desarrollan organismos que desarrollan procesos fermentativos que producen alcohol y ácidos grasos como subproductos de su metabolismo. Estos productos de "desecho" son a su vez el sustrato para el desarrollo de bacterias reductoras de sulfato. Como resultado se liberan sulfuros que difunden a la zona superior oxigenada creando un gradiente en el que se desarrollan bacterias fotosintéticas que utilizan el azufre.

Por encima de esta zona pueden desarrollarse las bacterias púrpura que no utilizan el azufre. Cianobacterias y algas crecen en la parte superior y liberan oxígeno que mantiene aerobia esta zona.

Zona anaerobia (sin Oxígeno)

Hay dos tipos de organismos que pueden crecer en condiciones anaerobias: los que fermentan la materia orgánica o los que realizan la respiración anaerobia. La fermentación es un proceso en el que los compuestos orgánicos son degradados de forma incompleta (por ejemplo, las levaduras fermentan los azúcares a alcohol). La respiración anaeróbica es un proceso en el que los sustratos orgánicos son completamente degradados a CO<sub>2</sub>, pero usando una sustancia distinta del oxígeno como aceptor terminal de electrones (Algunas bacterias, por ejemplo, utilizan nitratos o iones sulfato en vez del oxígeno).

En el nivel más bajo de la columna, en un ambiente con alta concentración de SH<sub>2</sub>, aparecen varios grupos diferentes de bacterias.

## Zona aerobia (rica en Oxígeno)

La parte superior de la columna de agua puede contener abundantes poblaciones de bacterias de diferentes tipos. Son organismos aerobios que se encuentran habitualmente en los hábitats acuáticos ricos en materia orgánica (estanques poco profundos, arroyos contaminados, etc). Suelen ser flagelados, lo que les permite moverse y establecerse en nuevas áreas. Puede desarrollarse también microorganismos fototróficos variados procedentes directamente del agua o del lodo utilizado originalmente en el montaje de la columna. La superficie del lodo puede presentar en esta zona un ligero color castaño. Esta es la parte de la columna más rica en oxígeno y más pobre en azufre.

En las zonas superiores pueden crecer también cianobacterias fotosintéticas, lo que se visualizaría como un tapete de césped de color verde. Estas bacterias se caracterizan por ser las únicas que realizan una fotosíntesis similar a la de las plantas. De hecho, hay poderosas evidencias de que los cloroplastos de las plantas proceden de cianobacterias ancestrales que se establecieron como simbiosis dentro de células de algún eucariota primitivo. De forma paralela hay también evidencias igualmente fuertes de que las mitocondrias de los eucariotas actuales se derivaron de bacterias púrpuras ancestrales por un similar sistema de endosimbiosis.

## Justificación

La columna de Winogradsky se diseñó desde 1880 con objeto de estudiar los microorganismos del suelo; se ha usado de manera recurrente en el aislamiento de bacterias fototróficas rojas, verdes y de otros anaerobios (Santos, 2009); fue diseñado por Sergei Winogradsky y Martinus Willem Beijerinck para estudiar las relaciones entre la microbiota de un hábitat. Convirtiéndose en fundadores de la ecología microbiana y de los ciclos biogeoquímicos, finales del siglo XIX y principios del XX (Moreno, 2012). Es por ello que una vez identificada la colonia de microorganismo, que más sea acerca a una remoción de carga contaminante, de acuerdo a lo establecido en los parámetros FAO, se inoculará en un reactor biológico y así mejorar su funcionamiento para la remoción, de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Esta investigación busca determinar la aparición de microorganismos y la remoción que estos tienen en diferentes estratos en una columna de observación microbiana alimentada con lodos de lixiviado del relleno Sanitario Doña Juana, para de esta manera inocular los microorganismos que generen mayor eficiencia de remoción de carga orgánica en diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales y lodos.

## Objetivos

Este proyecto se basa en la determinación de los parámetros fisicoquímicos: materia orgánica, carbono orgánico, DQO, DBO, en una columna de observación de colonias microbianas alimentada con lodos de lixiviado provenientes del Relleno Sanitario Doña Juana, esta investigación se desarrolló en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada sede Cajicá.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se tomaron muestras de lodo de lixiviado de la planta de tratamiento del Relleno Sanitario Doña Juana. Las cuales se les realizó la custodia, la cual se basa en el seguimiento y monitoreo continuo a las muestras de ensayo desde la toma, preservación, refrigeración, codificación, embalaje y transporte hasta la recepción por el laboratorio, para su posterior análisis; se busca protegerlas de cualquier factor externo que

pueda alterar su integridad. En el sitio del muestreo se diligenciaron las plantillas “cadena de custodia de muestras”, para que se registren los datos obtenidos en campo.

Luego de la toma de las muestras, una parte de estas se embalaron al laboratorio debidamente preservado, refrigerado, etiquetado y empacadas en neveras con temperatura aproximada a 4°C se transportaron por vía terrestre para su posterior registro en el laboratorio. Al llegar al laboratorio las muestras de lodo fueron registradas para el análisis inmediato de las mismas; siguiendo las recomendaciones del “Standart Methods for the examination of water and wastewater”.



Figura 1 recolección de muestras entrada de la Planta de Tratamiento de Lixiviados RSDJ



Figura 2 Recolección muestra en la Salida de la Planta de Tratamiento de Lixiviados RSDJ

El lodo restante se colocó en columnas en acrílico, de un volumen de 14,13 L; siendo enriquecidas con sales y melaza, con el fin de ayudar a la reproducción bacteriana. Finalmente expuestas en un reactor anaerobio, a la luz natural. Evaluándose los parámetros DBO, DQO, Carbono Orgánico, Materia Orgánica, al inicio de la operación del sistema y pasados tres meses. Determinando un comportamiento químico en cada uno de los estratos de la columna de observación.



Figura 3 Columnas de observación de colonias microbianas

## RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados de las caracterizaciones antes y después del montaje de las columnas de observación microbiana, respecto a los parámetros DBO, DQO, Carbono Orgánico, Materia Orgánica; determinamos el comportamiento que estos tuvieron pasados tres meses.

<b>Resultados columna de observación microbiana con lodos de lixiviado</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>DBO</b>	<b>DQO</b>	<b>Carbono Orgánico</b>	<b>Materia Orgánica</b>
<b>Unidades</b>	mg/L O <sub>2</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	mg/L	mg/L
<b>Resultados inicio operación del sistema</b>	1290	11346	98,41	169,65
<b>Resultados tres meses después</b>	1064	10430	87,25	145.34

Tabla 1 Resultados de laboratorio

La DBO es uno de los parámetros de mayor importancia en el estudio y caracterización de las aguas no potables. La determinación de DBO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales.

La Demanda Química de Oxígeno ó DQO, es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente el material orgánico. Difiere de la DBO en que en esta última prueba solo se

detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable. En la determinación de DQO todo el material orgánico biodegradable y no biodegradable es químicamente oxidado por el dicromato de potasio en medio ácido en la presencia de un catalizador. Para esto se emplea una mezcla de ácido sulfúrico y dicromato de potasio con iones plata como catalizador. En estas condiciones, en un tiempo de dos horas de digestión, a una temperatura de 150°C, el Cromo (VI) pasa a el estado de oxidación Cromo (III) oxidando la materia orgánica. En la prueba química se cuantifica químicamente la cantidad de Cr(III) que aparece y se relaciona con la cantidad que estequiométricamente se requeriría para oxidar químicamente una cantidad equivalente de material orgánico de fórmula y composición conocida.

## CONCLUSIONES

La columna de Winogradsky se diseñó para estudiar los microorganismos del suelo; en este caso se usó para los lixiviados provenientes de rellenos sanitarios, los que contienen concentraciones altas de carga contaminante.

Teniendo en cuenta que son de interés ambiental, es claro que el tratamiento de lixiviados de los rellenos sanitarios es un problema difícil de atacar, considerado como uno de los problemas más desafiantes en la ingeniería del tratamiento.

Se pudo concluir que después de tres meses, se observó la incubación o aumento de diferentes tipos de microorganismos. Éstos, se acuerdo a sus características fisiológicas, se establecieron en las diferentes zonas a lo largo de las columnas.

Esta “sucesión de comunidades” muestra relación con la concentración de oxígeno, los nutrientes adicionales proporcionados al sustrato, la composición química del sustrato y la luz presente. Obteniéndose como resultado una columna estratificada por sus zonas de diferente color; donde cada región se relaciona con un proceso químico – biológico específico y una eficiencia de tratamiento a compuestos recalcitrantes.

Esta investigación se basó en la determinación de los parámetros fisicoquímicos: materia orgánica, carbono orgánico, DQO y DBO en una columna de observación de colonias microbianas – Winogradsky, alimentada con los lodos descritos. Las muestras de lodo fueron enriquecidas con compuestos (Hierro, NaOH y Melaza) esto con el fin de ayudar a la aparición de microorganismos en el lodo a analizar; finalmente son expuestas a una fuente de luz natural lográndose la degradación de contaminantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelbasset, M., Djamila, K. (2008). *Antimicrobial activity of autochthonous lactic acid bacteria isolates from Algerian fermented milk “Raiib”*. Afr. J. Biotechnol. 7(16):2908-2914.
- Caballero, T., and Camelo, R. (2006). Aislamiento y caracterización de bacterias solubilizadoras de fosfato a partir de suelos algodoneros, departamentos de Cesar y Meta. Microbiología Industrial. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Chao, A and Bunge, J. (2002). *Estimating the number of species in a stochastic abundance model*. Biometrics. 58:531-539
- Dowd, S., Sun, Y., Wolcott, R., Domingo, and A., Carroll, J. (2008). *Bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing (bTEFAP) for microbiome studies: Bacterial diversity in the ileum*

of newly weaned *Salmonella*-infected pigs. *Foodborne Pathogens and Disease*. 5(4):459-472.

Estrada, A., Gutiérrez, L., and Montoya, O. (2005). Evaluación *in vitro* del efecto bactericida de cepas nativas de *Lactobacillus sp.* contra *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*.

Fonte, A. (2012). Columna de *Winogradsky*. Prácticas de ecología microbiana. <http://es.scribd.com/doc/59281261/Columna-deWinogradsky>

Méndez, L., Miyashiro, V., Rojas, R., Cotrado, M. y Carrasco, N. (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio. *Revista FIGMMG*. Vol. 7, No. 14, p 74 – 83.

Moreno, R. (2012). *Revista Reduca*. Recuperado 12 de Mayo de 2013, de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/966/997>

*Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 58(1):2601-2609.

Sagardoy marcelo.(2004), *Biología de estudio*, Bahía Blanca Argentina Universidad Nacional del Sur [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/var\\_21240.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/var_21240.pdf)

Sagardoy, M. (2004). *Biología del suelo*. B.B., Argentina: Editorial de la Universidad Nacional del Sur.

Santos, A. (2009). *Revista Reduca*. Recuperado 12 de mayo de 2013, de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/802/818>

UNAM. (2012). *Diversidad Microbiana*. Recuperado el 12 de Mayo de 2013, de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DiversidadMicrobianaColumnaWinogradsky\\_21554.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DiversidadMicrobianaColumnaWinogradsky_21554.pdf)



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-43

**Título del trabajo:** Las grandes infraestructuras marítimas y su impacto ambiental y socioeconómico en las zonas costeras.

**Autor (es):** Duber Israel Delgado Palma

**Ponente (s):** Duber Israel Delgado Palma

**E-mail:** [dbrd\\_2020@hotmail.com](mailto:dbrd_2020@hotmail.com)

**Institución:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Al valorar impactos a nivel medio ambiental nacen cuestionamientos como: ¿constituye un valor el medio ambiente?, ¿por qué?, ¿cuándo? y, ¿para quién? En la concepción utilitarista, el medio ambiente tiene valor de uso para los individuos (se construye un puerto si evaluar impactos). Al revés, en la concepción conservacionista, el medio ambiente tiene un valor de no uso, un valor intrínseco a la naturaleza (se evalúan impactos y no se construye el puerto). Término medio, sustentable y sostenible (se evalúan impactos se decide construir el puerto en el sitio de menor afectación, se crean normas de conservación para construir y operar el Puerto). En la construcción de puertos se presentan varias fases que generan impactos. Fase de construcción: Dinámica litoral, Hidrodinámica, Calidad de aguas, Comunidades bentónicas. Organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos. Fondos marinos. Rellenos y dragados. Recursos pesqueros. Ruido. Contaminación Atmosférica. Paisaje. Espacios naturales. Arqueología Subacuática. Fase de uso: Calidad de aguas. Tasa de renovación. Vertidos accidentales. Espacios naturales. Aumento de tráfico de embarcaciones. Socioeconómico.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-44

**Título del trabajo:** Tácticas de gestión de residuos sólidos urbanos en la comunidad de Limoncocha - Ecuador para el desarrollo sostenible de la Reserva Biológica.

**Autor (es):** Jorge Esteban Oviedo Costales, Katty Coral Carrillo

**Ponente (s):** Jorge Esteban Oviedo Costales

**E-mail:** [jorge.oviedo@uisek.edu.ec](mailto:jorge.oviedo@uisek.edu.ec)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El Ecuador es un país que basa su economía en la explotación de petróleo, cuyos mayores yacimientos se encuentran en la selva tropical amazónica, misma que guarda una gran variedad de especies y son el mayor recurso natural de Sudamérica y el mundo. La Reserva Biológica de Limoncocha RBL, ha sido testigo de la exploración, explotación y transporte de petróleo desde los años 80 del siglo pasado, sin embargo, a simple vista no se aprecia contaminación de aguas, suelos y aire. Lamentablemente, la contaminación más peligrosa es aquella que no se la percibe con los sentidos, requiriendo análisis químicos más profundos de los factores ambientales agua, suelo y sedimentos. Paralelamente, la vida animal y vegetal que se desarrolla en el sector, recibe influencia directa o indirecta de la composición química del suelo, del agua y de los sedimentos de la Reserva, pudiendo acumular en su sistema elementos que presenten diferentes grados de toxicidad a lo largo de la cadena trófica. El objetivo global del trabajo es el Desarrollo de indicadores ambientales y modelado del comportamiento de metales pesados en la Reserva biológica de Limoncocha. Este objetivo global se divide en los siguientes objetivos particulares: Determinar la concentración de los metales pesados presentes en la Reserva biológica de Limoncocha en aguas, suelos y sedimentos. Aplicación y desarrollo de indicadores ambientales generales y específicos que permitan caracterizar la influencia de la actividad antropogénica en la zona. Modelado del comportamiento de los metales estudiados en la Laguna de Limoncocha que permita predecir la movilidad de metales entre los diferentes compartimentos ambientales

**Palabras claves:** metales, sedimentos, laguna, Limoncocha

## INTRODUCCION

La naturaleza humana, en todas sus manifestaciones, busca alcanzar niveles de confort y calidad de vida, lamentablemente esto va íntimamente relacionado a la generación de residuos sólidos urbanos, que por su procesamiento industrial no resultan fáciles de tratar y/o disponer. A nivel mundial la corriente que predomina en la Gestión de los residuos sólidos urbanos es su valorización y mejor aún si se lo logra hacer a través de la generación de energía renovable. La Comunidad de Limoncocha se encuentra muy cercana a la Reserva Biológica del mismo nombre; la generación de residuos no gestionada en esta comunidad afecta la sostenibilidad de la Reserva.

La Reserva Biológica Limoncocha (RBL) se encuentra ubicada en la República del Ecuador, parroquia Limoncocha, cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, en la margen izquierda del río Napo en plena selva amazónica del país. Tiene 4.613 hectáreas pobladas de bosque Húmedo Tropical, fue declarada área protegida el 23 de septiembre de 1.985, por el Gobierno Ecuatoriano. El sistema hidrológico de la RBL comprende algunos tributarios del río Napo y las lagunas Limoncocha y Yanacocha. En términos de biodiversidad, la cuenca del río Napo es muy rica: en 1993 se registraron 470 especies de peces, registro que supera los de cualquier otro sistema hidrográfico de tamaño similar en el mundo (MAE, 2013). En la Reserva Biológica de Limoncocha (RBL) se distingue una gran variedad de mamíferos y abundante número de especies de anfibios, aves y reptiles, entre los que se encuentran dos cocodrilos (el caimán negro y el caimán de anteojos), tortugas y lagartijas. Es un ecosistema de gran importancia especialmente porque en él se encuentran especies de flora y fauna de gran interés científico. Está compuesta principalmente por la Laguna de Limoncocha (antiguamente llamada Capucuy), la comunidad de Limoncocha, y la Laguna Negra o Yanacocha. (UICN, 2006). El 100% del área corresponde a un Humedal Ramsar, denominación obtenida en julio de 1998. La Laguna Negra, los ríos Jivino y Capucuy, conforman el núcleo de este humedal y también la zona intangible y prístina de la Reserva. La RBL tiene una temperatura promedio de 25° C. (WALSH, 2009).

### Problemática

Durante las últimas 4 décadas, ésta zona ha sido intensamente intervenida con fines de prospección, extracción y transporte de petróleo; en la actualidad y debido a la construcción de una vía de 4 carriles que conecta Francisco de Orellana (capital de la provincia) con la Reserva, ésta ha experimentado un proceso de crecimiento poblacional que alcanza un total de 1.500 habitantes lo que le ha llevado a extenderse a sus costados y por supuesto al incremento de los residuos sólidos urbanos generados por este grupo poblacional, (indígenas Quichuas principalmente). Adicionalmente, los habitantes de la comunidad de Limoncocha, consumen pescado del sistema hídrico y para complementar su dieta básica se dedican al cultivo de productos agrícolas como: yuca, plátano, chonta; frutales como: uva, naranja, guaba, papaya, aguacate, zapote, etc.; la escala de producción de estos alimentos asciende a un porcentaje del 20% como promedio, otro 30% se dedica a cultivar productos como; maíz, cacao, café, malanga; todos estos con respectiva de generación de residuos de Biomasa de la producción agrícola. La población restante, un 20%, depende de un salario como empleados de empresas petroleras, un 10% se dedica al ecoturismo y el 20% final son docentes en diferentes escuelas rurales de la zona (WALSH, 2009).

Por otra parte, las actividades antropogénicas como la producción de aceite de palma africana y/o la explotación petrolera, generan contaminantes tóxicos y peligrosos, muchos de ellos son tratados como residuos sólidos urbanos, que podrían afectar a la Reserva y en especial a la salud de los habitantes de la comunidad y sus fuentes de ingreso. El Ecuador debido a su

ubicación geográfica, posee un clima privilegiado con características y condiciones óptimas para el cultivo de la palma aceitera. La extracción de aceite de palma es una industria de alto crecimiento a nivel mundial y por supuesto en nuestro país. En el cantón Shushufindi (donde pertenece la Parroquia de Limoncocha), existen varias extractoras con diversas capacidades de producción, que generan una gran cantidad de materiales de desecho como: Raquis de palma, fibras, lodos de extracción, entre otros; que pueden ser reutilizados para darles un valor agregado, disminuyendo a la vez el impacto ambiental y permitiendo aprovecharlos comercialmente.

Los residuos sólidos urbanos e industriales generados por la población son transportados hacia el Relleno Sanitario de Shushufindi, donde los desechos no son integralmente tratados, sufriendo únicamente una disposición final. Cabe indicar que el “Relleno Sanitario” de Shushufindi presenta muchas falencias de diseño e infraestructura, asemejándose más a un botadero cielo abierto que a un relleno propiamente dicho. Con el paso del tiempo, la problemática de los residuos sólidos urbanos se ha ido incrementando en el sector, convirtiéndose en un tema de difícil solución para los gobernantes y los habitantes de la zona, debido principalmente a la falta de estudios realizados sobre la temática y a la ausencia de personal especializado, es así que, el presente trabajo que involucra dos tesis doctorales, aportarán con los insumos técnicos para la correcta gestión de este tipo de residuos, investigando respecto a la aplicación de los sistemas de tratamiento convencionales, hasta el aprovechamiento energético de los residuos, lo que desembocará en la conservación de esta zona de valor incalculable y única en el mundo.

Adicionalmente se ha evidenciado en los últimos años los cambios culturales y costumbristas de la Comunidad de Limoncocha, lo que ha repercutido en cambios en el estilo de vida, consumo y en las características de las relaciones interpersonales de los miembros de la comunidad, aspecto que puede correlacionarse con la generación de residuos su tipología y características fisicoquímicas (Thi Kim, 2014).

### **Objetivo General**

Determinar las características físicas y químicas concluyentes para la gestión integral de los RSU de la Comunidad de Limoncocha a través de análisis fisicoquímicos, con fines de sostenibilidad y aprovechamiento energético.

### **Objetivos Específicos**

Establecer la perspectiva de calidad de vida de los miembros de la comunidad de Limoncocha vinculada con la generación de RSU, utilizando encuestas aleatorias para definir necesidades de educación ambiental.

Determinar las características fisicoquímicas de los RSU de la Comunidad de Limoncocha: caracterización/tipología, humedad, densidad aparente, % de cenizas, Carbono Orgánico, Nitrógeno total, Poder Calórico superior, Poder Calórico inferior para determinar la gestión integral de residuos más adecuada.

Análisis estadístico e interpretación de los resultados obtenidos para el manejo integral de los residuos sólidos de Limoncocha, con fines de sostenibilidad.

## METODOLOGÍA

Los volúmenes de producción y características de residuos sólidos son muy variables de una ciudad a otra, mucho más de un país a otro, dependiendo de los diferentes hábitos y costumbres de la población, de las actividades económicas e industriales dominantes, de las condiciones climáticas y otras condiciones zonales que se modifican con el transcurso de los años.

Las muestras fueron tomadas en la población de Limoncocha, una vez por mes en los diferentes días de la semana, tratando de abarcar a lo largo de los diez meses de monitoreo los dos días de la semana en que se evacúan los residuos en la parroquia. Tomando en cuenta que en un mes se puede tomar muestras de un día (martes o viernes) y en el siguiente mes el día restante, con una semana de margen de seguridad nos da un total de dos meses para completar una ronda de muestreo, para aplicar el método estadístico de Probabilidad de Ocurrencia se requiere un mínimo de 5 conjuntos de datos (cada uno con el 20% de Probabilidad de ocurrencia), es decir 10 meses de muestreo; la duración del proyecto fue de 12 meses, tomándose un mes al inicio del proyecto para el desarrollo de las metodologías y un mes al final del proyecto para el tratamiento estadístico de los datos y consolidación del documento final. Entre mes y mes de muestreo se realizaron análisis físicos y químicos en el laboratorio de Investigación de Residuos Sólidos de la UISEK que se fortaleció con este proyecto. Los 10 meses de monitoreo permitieron, además, verificar la variación de las características Fisicoquímicas de los RSU de acuerdo a las condiciones climatológicas en un año de trabajo, aproximadamente.

Para la presente investigación se determinaron las propiedades físicas y químicas de los RSU. La selección del tamaño de muestra utilizó la metodología CEPIS OPS del año 2000, del Dr. Kunitoshi Sakurai, Asesor Regional en Residuos Sólidos. En una investigación como la presente es necesario desarrollar un programa de análisis por muestreo, es decir, definir el número de muestras a tomar para su caracterización. Si el número de muestras es muy pequeño, los resultados son de poca confiabilidad, si es muy amplio, la operatividad de la investigación puede ponerse en riesgo. Por lo tanto, es necesario fijar un número mínimo de muestras que permita que los resultados a obtener, reflejen con un reducido porcentaje de error, las condiciones prevaecientes en el universo poblacional.

De acuerdo al Dr. Sakurai, se necesita tomar aleatoriamente un número determinado de muestras, para esto se aplicó una confiabilidad del 95% y un error permisible de +/- 5% de la variable analizada, (parámetro físico o químico).

La fórmula utilizada para dicho cálculo es:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{Z^2 P Q + N e^2}$$

Ecuación 2. Cálculo de número de muestras

Fuente: Webster, 1998

En donde:

n= tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza

P= probabilidad de poseer el atributo

Q= probabilidad de no poseer el atributo

N= tamaño de la población

e= error muestral

Se decidió tomar para el nivel de confianza un valor estandarizado del 95.0%, dando como valor  $Z=1.96$  y  $e=0.05$ , que significa el 5% de error. De igual manera, se utilizaron valores estándares para P y Q asignando valores de  $P=0.5$  y  $Q=0.5$ , siendo estos valores la probabilidad de éxito y de fracaso que son del 50% respectivamente.

Posteriormente es necesario desarrollar protocolos de muestreo y preservación de muestras para RSU, tomando en cuenta que la legislación Ecuatoriana no plantea este tipo de procedimientos, para esto se tomó como referencia los estudios realizados por los investigadores de esta propuesta en la ciudad de Quito.

Las características Físicas que se determinadas en los RSU son las siguientes:

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La determinación de la composición se realiza en base húmeda, tomando  $1\text{ m}^3$  de muestra, dividiéndola en cuatro partes y escogiendo dos opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña, así sucesivamente hasta obtener aproximadamente 50 kg de basura o menos. (Sakuray, 2000). Se procede a clasificar la basura de acuerdo a las siguientes características: Materia Orgánica, Papel y cartón, plásticos, vidrio, textiles, otros. Posteriormente se procede a la determinación gravimétrica y % peso.

Se necesita realizar este análisis con la mayor rapidez posible para evitar demasiada evaporación de agua, por lo que el traslado de las muestras desde Limoncocha a los laboratorios de la Facultad de Ciencias Ambientales debe ser inmediato.

### **DENSIDAD APARENTE**

La densidad es el peso por unidad de volumen. En este caso, se debe especificar las condiciones en que se ha determinado, los residuos pueden ser comprimidos por los recolectores, con lo cual, la densidad varía debido a las diversas manipulaciones que tienen lugar en su producción, transporte y eliminación. La densidad difiere en función de las características de las zonas de producción, de la estación del año, del tipo de contenedores. La densidad referencial de los residuos varía entre 0,1 y 0,30 kg/L. (Ayuntamiento de Madrid, Inventario de RSU, 2008).

Para los fines de esta investigación se manejarán los siguientes criterios:

- Alta densidad aparente: Favorece la relación de energía por unidad de volumen, para su aprovechamiento se requiere equipos de menor tamaño y por último, permite aumentar los períodos entre cargas. (Biomass Users Network Centroamérica-BUN-CA, 2002).
- Baja densidad aparente: Necesita mayor volumen de almacenamiento y transporte, presenta problemas para fluir por gravedad, se complica el proceso de combustión con lo cual se eleva el costo del proceso de aprovechamiento energético. (Biomass Users Network Centroamérica-BUN-CA, 2002).

La densidad se determinará a través de mediciones de volumen y masas de los residuos, utilizando cilindros de volumen conocido y balanzas de pie.

## **HUMEDAD**

Es la cantidad de agua presente dentro de la muestra de residuos sólidos; viene representada por la fórmula:

$$Ha = \text{kg agua/kg materia seca.}$$

Ecuación 3. Cálculo de humedad de los RSU

Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%, ya que implementar operaciones de secado incrementa los costos de su aprovechamiento energético. Residuos con una humedad inferior al 50% puede ser aprovechada térmicamente mediante el proceso de combustión directa, pirólisis o gasificación. La Biomasa con humedad superior al 50%, es recomendable aprovecharla energéticamente mediante un proceso bioquímico, como la fermentación (McKendry, 2002).

Los RSU contienen un porcentaje considerable de agua, que varía de acuerdo a la composición del residuo, el lugar geográfico donde se genera, y la estación del año. Los RSU contienen entre un 25 y un 60% de humedad.

Para la determinación de la humedad se toma una muestra de basura de 1 kg, se la coloca en un crisol de porcelana previamente tarado y se coloca la muestra en una estufa por 24 horas a 100°C, a continuación se extrae la muestra y se procede a realizar el peso de muestra seca.

## **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Las características químicas que se analizan en las muestras de RSU recolectadas serán:

### **RELACIÓN C/N CARBONO/NITRÓGENO**

La relación C/N es un índice de la digestibilidad de un determinado material orgánico. El carbono es la fuente de energía para los microorganismos en tanto que el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una biomasa con C/N de 16 es apta para la producción de biogás; sin embargo las bacterias presentan mejor respuesta entre 25 y 30. (Werner; 1989). El análisis de Carbono se realiza en la muestra seca y atacada químicamente para la determinación colorimétrica de C y N, utilizando un espectrofotómetro de luz visible.

### **CENIZAS**

La Ceniza es la materia sólida no combustible presente en un material. Se expresa en kg ceniza/kg muestra. Un alto contenido de cenizas en un residuo es perjudicial para su aprovechamiento energético por vía térmica, ya que reduce su poder calórico, sin embargo, la disminución de volumen de disposición es una ventaja asociada a los procesos de incineración de residuos. La eliminación de las cenizas presentes en un compuesto, implica el uso de tecnologías complejas y costosas (Castells et al., 2005, Couping; et al, 2004), así como problemas de emisión de material particulado a la atmósfera.

Se toma una muestra de RSU de 1 kg de peso (muestra con y sin clasificación previa), se procede a colocar la muestra en un crisol tarado y se la coloca en la mufla a una temperatura entre 700 y 800 °C por espacio de 24 horas. Las cenizas obtenidas se pesan.

## **CARBONO FIJO**

Es la fracción de carbono residual que permanece luego de retirar de la muestra la humedad, las cenizas y el material volátil. El carbono fijo es el compuesto que no destila cuando se calienta un combustible (Escalante 2010).

La cantidad de material volátil y carbono fijo (no siempre aporta energía) presentes en la biomasa, permite establecer la facilidad con la cual el residuo reacciona, se oxida y se gasifica. (Escalante 2010).

La diferencia entre el peso de muestra, la humedad y las cenizas proporciona el dato de Carbono fijo.

## **PODER CALÓRICO DE LOS RSU**

El poder calórico es la cantidad de calor que se desprende al combustionar, en forma completa, una unidad de masa de una sustancia, sus unidades vienen dadas en kcal/kg. Aplicado a los residuos sólidos, será la cantidad de calor en kcal, que se generará al incinerar 1 kg de residuos. El potencial energético que brindan los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha expresados en PCI es de 3242 kcal/Kg (13,5 MJ/kg) para la muestra compuesta y de 4427 kcal/kg (18,5 MJ/kg) para la muestra de textil, valores muy superiores al PCI establecido de 9MJ/kg para el diseño de una planta de incineración con recuperación y venta de energía.

La caracterización de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha reveló una composición mayoritaria de materia orgánica (72%), a pesar de ello esto no significa un limitante para el aprovechamiento energético, a diferencia de la cantidad de residuos generados, la cual es insuficiente para establecer una planta de incineración.

En función de que la composición mayoritaria de los RSU es de materia orgánica biodegradable, se podría analizar otros métodos de aprovechamiento así como tecnologías de biodegradación.

El carbono presente en los Residuos sólidos urbanos reacciona con el oxígeno, en procesos térmicos o en las celdas de combustible, y libera energía en forma de calor. La calidad de un combustible está determinada por la cantidad de energía que contiene y que puede liberar en el proceso de conversión energética.

No todas las sustancias disponen del suficiente poder calórico como para ser incineradas, y muchas veces el porcentaje de humedad presente es un impedimento para concretar este proceso.

Este poder se debe tomar muy en cuenta en el caso de que el tratamiento de los residuos se realice por incineración, ya que influye en el dimensionamiento de los hornos para los incineradores y permite deducir la cantidad de calor que se produce en función de las toneladas que se someten al tratamiento.

Cuando se habla de poder calórico, es necesario distinguir entre: PODER CALÓRICO SUPERIOR (PCS) y PODER CALÓRICO INFERIOR (PCI). Se define como PCI, a la cantidad de calor que desprende un residuo (combustible), con su humedad natural, es decir, considerando la cantidad de calor requerida para evaporar el agua durante el proceso de combustión, siendo este el parámetro natural que se requiere conocer cuando se trata de RSU. El poder calorífico

superior (PCS) es la cantidad de calor que desprende un combustible (residuo), después de habersele eliminado el agua de combustión en una estufa a 105 °C, es decir, no considera la cantidad de calor necesaria para evaporar el agua en la combustión.

Para la determinación del Poder calórico se utiliza una bomba calorimétrica, en la que se coloca la muestra previamente homogenizada en tamaño de partícula (para que exista mayor transferencia de masa), se cierra la bomba y se permitirá el proceso de combustión y la medida de PC en cal/kg de RSU.

### **METALES PESADOS EN CENIZAS VIA RESIDUO Y VIA LIXIVIADO**

Al determinar los metales pesados presentes en las cenizas provenientes del proceso de incineración de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la parroquia Limoncocha, se generará una tentativa para la correcta gestión integral de residuos, evitando el desaprovechamiento parcial o total de los mismos. Por otro lado, se cubrirá la falta de información existente, de manera, que se pueda tomar como referencia para la aplicación de nuevas medidas en los procesos de post incineración y disposición final de los residuos.

Para el desarrollo de esta investigación, se realizan diversas actividades que se pueden resumir en las siguientes etapas:

### **GENERACIÓN DE PROPUESTAS**

Las propuestas se plantearán en cuanto a las opciones de mejora del proceso productivo y a las alternativas de uso de los residuos con su respectiva evaluación de factibilidad. Para ello se realizarán pruebas experimentales adaptando procesos aplicados en otros países a la realidad ecuatoriana.

### **RESULTADOS**

#### **CARACTERIZACIÓN**

La generación per cápita es de 0,42 en 21 viviendas aparte de las instituciones con 102 personas. Sin embargo para los datos obtenidos no se tuvo en cuenta la vivienda numero dos ya que no obtuvo datos de dos días.

Al ser un estudio de campo, los residuos sanitarios se estimaron en 50 g por persona al día, ya que varias viviendas poseen pozo ciego en el que desechan los residuos o queman el papel higiénico usado. El resultado final de todos los datos incluyendo las instituciones es comparado con datos anteriores para estimar una generación per cápita global y de esta manera presentar futuras soluciones para el manejo adecuado de los residuos en la parroquia y su disposición final.

Tabla 1. Caracterización de Residuos en la Comunidad de Limoncocha

viviendas	Total 3F	Total 3F (kg)	# habitantes	kg/ persona día
v1	12707	12,707	4	3,2
v2				
v3	101650	101,65	9	11,3
v4	24205	24,205	3	8,1
v8	40650	40,65	6	6,8
v9	102450	102,45	10	10,2
v10	56950	56,95	7	8,1
v11	49100	49,1	7	7,0
v12	45750	45,75	6	7,6
v13	41500	41,5	5	8,3
v14	24100	24,1	3	8,0
v15	47100	47,1	4	11,8
v16	44300	44,3	6	7,4
v17	54350	54,35	7	7,8
v18	21100	21,1	4	5,3
v19	40680	40,68	5	8,1
v20	27275	27,275	5	5,5
v21	51150	51,15	7	7,3
v22	23775	23,775	4	5,9
total			104	7,7
				0,43

#### RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA

El porcentaje de materia orgánica en los residuos de Limoncocha se encuentra entre 70-85% de la composición total, siendo el compostaje un tratamiento a tomar en cuenta en la presente parroquia, ya que disminuiría hasta un 40% del volumen total de RSU. Junto con la reducción y biodegradación de la materia orgánica, el compostaje también puede producir un tipo de abono orgánico mejor conocido como “humus”. Este proceso podría ser optado tanto por agricultores como por personas naturales, generando abono de los restos de sus propios cultivos y abono a parte de sus residuos de hogar respectivamente.

#### PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR

Los resultados obtenidos del análisis en la bomba calorimétrica de las muestras mixtas (mezcla de todos los residuos sin clasificación previa) de RSU, indican un promedio de poder calorífico inferior (PCI) de 3241 kcal/kg, el cual indica un potencial energético anual de 663,7 MWh.

El poder calorífico superior obtenido del papel presenta una media aritmética de 3092 kcal/kg y a lo largo del estudio los datos oscilan entre 2197 kcal/kg y 4060 kcal/kg. El rango de variación depende de la composición de los residuos.

En cuanto al cartón, el poder calorífico superior presenta una media aritmética de 3476 kcal/kg y los datos oscilan entre 3018 kcal/kg y 4050 kcal/kg. El poder calorífico superior de la madera presenta una media aritmética de 4271 kcal/kg y sus datos oscilan entre 3574 kcal/kg y 4709

kcal/kg. Finalmente, en la materia orgánica el poder calórico superior presenta una media aritmética de 3759 kcal/kg y sus datos oscilan entre 2100 kcal/kg y 4374 kcal/kg.

### **METALES PESADOS EN CENIZAS**

Con los resultados obtenidos se puede confirmar la presencia de metales pesados en los residuos de la parroquia. Las concentraciones varían entre alta, media y baja; la variación entre concentraciones se debe principalmente al cambio de costumbres y hábitos alimenticios que presenta la población, comprobado con los muestreos, debido a que los habitantes cosechan su propio alimento. Los habitantes también adquieren productos electrodomésticos, tecnológicos, pinturas derivados de petróleo, entre otros, contribuyendo a la aparición de metales.

Las mayores concentraciones de metales en mg/kg fueron de Manganeso, Cobre y Níquel. El Manganeso es el metal con mayor presencia.

### **PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS**

Tabla 2 Resultados de Humedad y cenizas de los Residuos de Limoncocha

<b>Datos del muestreo</b>									
	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>
% de Cenizas	3.04	8.68	5.28	5.46	2.08	5.03	6.09	2.35	4.17
% de Humedad	68.04	73.24	55.38	63.55	60.77	60.47	71.97	73.99	77.78
% de Perdida por Calcinación	97.09	93.03	92.94	94.03	93.75	94.03	94.88	98.16	97.22
Reducción en volumen	93.65	95.33	92.67	96.67	95.07	95.8	96.46	99.33	98.5

### **CONCLUSIONES**

La importancia del estudio se debe a que la Cabecera Parroquial de Limoncocha se encuentra situada en el área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Limoncocha, considerada un laboratorio natural por la biodiversidad que existe en el lugar, y que presenta gran fragilidad ante posibles impactos ambientales generados por el manejo inadecuado de la basura.

En la Cabecera Parroquial de Limoncocha habitan aproximadamente 874 personas, distribuidos en 152 hogares, lo que quiere decir que habitan aproximadamente 6 personas por hogar.

El procedimiento para el análisis de RSU, propuesto por el Centro Panamericano de Salud Ambiental CEPIS (2005), contenido en las Hojas de Divulgación Técnica – HDT N° 97 – ISSN 1018 -5119, fue una metodología sencilla y aplicable para comunidades pequeñas, que solo se emplea en campo. La misma arrojó resultados confiables en un periodo corto de tan solo 8 días después de ser aplicada, de los cuales se pudo obtener datos estadísticos sobre el manejo de los RSU en la Cabecera Parroquial de Limoncocha.

Para realizar la investigación en campo, se aplicó la metodología propuesta de muestreo simple aleatorio, mediante el cual se escogieron 28 viviendas de la comunidad, así como también se realizaron muestreos en un hotel de turismo comunitario “Cabañas Pusara”, un comedor de la empresa petrolera de Santa Elena, establecimientos de Instituciones de las

Fuerzas Armadas como el Campamento de los Militares y la UPC de la Policía de Limoncocha y el Instituto Educativo “Martha Bucaram de Roldos”.

La investigación se realizó en diferentes fases, primero aplicando una encuesta dividida en cuatro partes: la primera sobre datos generales de la familia que habita en la vivienda seleccionada, la segunda sobre el manejo actual de los residuos, la tercera sobre grado de conocimiento con respecto al manejo de residuos y la cuarta sobre la colaboración de la familia dentro de un futuro plan de manejo de residuos; luego mediante la técnica planteada en campo, se estimó la densidad, la producción per cápita y la composición de los RSU en la Cabecera Parroquial de Limoncocha. Por otro lado, también se realizó una investigación intensa sobre el manejo de los RSU en el cantón Shushufindi.

Los integrantes de las viviendas e instituciones seleccionadas tuvieron muy buena actitud y gran colaboración para realizar la investigación en la mayoría de los casos, los mismos realizaron una buena clasificación de los desechos producidos en sus hogares después de haber recibido la capacitación respectiva, cumplieron con los horarios designados para la recolección de los RSU, y participaron durante los 8 días en que se realizó el proyecto.

### **RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA**

Los objetivos planteados en el presente estudio no se cumplieron en su totalidad; si bien el caso del objetivo general de la investigación se cumplió con la determinación de la relación C/N de los residuos orgánicos, la viabilidad de estos para procesos de compostaje no fue la esperada, ya que las relaciones obtenidas no se encontraban entre los límites óptimos (25-35/1), pero a partir de revisiones bibliográficas y experiencia en el laboratorio, se determinó que si bien la composición general de la materia orgánica (cascaras de papa, de plátano, de huevo y de naranja), no serían viables de compostar, se puede optar por mezclarlos con materiales con mayor presencia de nitrógeno (restos de carne, estiércol animal, gallinaza y residuos de jardín) se podría obtener mezclas óptimas que se encuentren entre los límites óptimos.

Se pudo constatar que los restos de carne aumentan significativamente el contenido de nitrógeno de las muestras, llegando a tener un contenido aproximado del 4% de nitrógeno. El principal problema de los restos de carne es su escasez, esto se debe ya que al ser Limoncocha una parroquia casi en su totalidad rural y de bajos recursos económicos, no existe una posibilidad de un consumo cotidiano de carne y menos aún de poder desechar una cantidad considerable. En dos meses no consecutivos se pudo constatar la presencia de restos de carne (cerdo y pescado) en la composición de los RSU, llegando en un mes alcanzar un 30% de la fracción orgánica de estos, siendo huesos de chuletas de cerdo con una cantidad mínima de carne y colas de pescado.

Según la bibliografía usada en el presente estudio la materia orgánica de los RSU generalmente poseen una adecuada relación C/N y por lo consiguiente se puede compostar. Sin embargo, en la presente investigación los resultados reflejaron que no siempre se cumple con esta condición ya que los valores superaban considerablemente el límite superior óptimo, esto se debió por el lugar en donde es recolectada y una posible hipótesis que la manera en la que son cultivadas y producidas influyen en la concentración de nitrógeno. Para el análisis se escogieron las frutas y verduras, (la opción lógica hubiera sido podas de parques y jardines, pero debido a su nula presencia no se lo tomó en consideración), se caracteriza por su facilidad al momento de compostar, junto con la disponibilidad de grandes volúmenes, y en teoría relaciones C/N dentro del rango óptimo. No obstante, en la fase de laboratorio la última

característica no se cumplió, ya que las muestras arrojaron valores muy alejados al rango óptimo.

### **PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR**

En cuanto al potencial energético que brindan estos residuos, su promedio se encuentra por encima del valor mínimo requerido para el diseño de una planta de incineración con recuperación y venta de energía, pero al evaluar el flujo de los RSU generados en la parroquia, esta cantidad resulta insuficiente como para someterla a incineración, por lo cual se rechaza la opción de establecer este procedimiento como el sistema de gestión de residuos más adecuado para la parroquia Limoncocha.

Al descartar la incineración de los residuos sólidos urbanos, se abre una puerta para establecer otras medidas de aprovechamiento de los mismos, y conociendo que estos en su mayoría son de carácter orgánico, se los puede aprovechar a través de tecnologías de biodegradación (compostaje). Esta opción brindaría a la comunidad no sólo la posibilidad de generar sus propios recursos económicos, sino también reducir el impacto ambiental al brindar una mejor disposición final a sus residuos, reduciendo espacios para la construcción de nuevos vertederos y gastos de transporte de los RSU.

El poder calórico de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha supera las 3000 kcal/kg.

Los tipos de residuos: papel, cartón y madera son aptos para un aprovechamiento energético ya que sus valores de humedad no superan el máximo admisible para un aprovechamiento energético (55%). La materia orgánica superó el valor admisible de humedad, lo cual dificultaría un aprovechamiento posterior.

La madera presentó un valor promedio de poder calórico más alto en relación a los demás tipos de residuos con 4271 kcal/kg, por lo cual dicho residuo puede ser utilizado en un tratamiento térmico, obteniéndose una eficiencia aceptable.

Los residuos: papel, cartón y madera poseen un poder calórico que permite que su energía liberada sea aprovechada en procesos de valorización energética.

El cartón presenta un valor de PCS similar al de materia orgánica, sin embargo al analizar el PCI existe diferencia por el considerable contenido de humedad, lo cual dificulta el aprovechamiento energético en la materia orgánica.

El PCS y PCI de los residuos sólidos urbanos depende de varios factores como: condiciones climáticas del lugar, almacenamiento y transporte de la muestra a ser analizada.

### **METALES PESADOS EN CENIZAS**

En el método vía residuo se presenta mayor concentración de metales en comparación con el vía lixiviado. Esta diferencia de concentración se da debido a que en el ensayo vía residuo se mide la concentración de metales presentes en la muestra mientras que en el vía lixiviado se mide la capacidad de los metales de transferirse al medio, siendo esta menor como se puede observar en los resultados.

La aplicación de un óptimo tratamiento para la gestión integral de los residuos y su aprovechamiento depende de la cantidad y calidad de los mismos.

La incineración es un método que reduce el volumen de los RSU. Por medio de este tratamiento se reduce la necesidad de buscar nuevos espacios destinados para rellenos sanitarios. Sin embargo, es importante mencionar que se debe tener un estricto control del funcionamiento de este método, un mal manejo ocasionaría un aumento de la contaminación, convirtiéndose en un problema mayor.

### **PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS**

En el caso de la parroquia rural de Limoncocha, tener una gestión de residuos utilizando la incineración no es recomendable ya que los resultados obtenidos demuestran que existe una elevada presencia de materia orgánica y este es un factor limitante para este proceso puesto que absorbe una gran cantidad de humedad proveniente de la lluvia. Esto llevaría a necesitar una gran cantidad de energía para poder llevarlo a cabo.

Los volúmenes per cápita que se generan de desechos en la parroquia de Limoncocha no son representativos, por ende no se justifica la implementación de una planta incineradora.

Si se obtiene una menor cantidad de materia orgánica en el volumen incinerable, mayor va a ser la efectividad del proceso, puesto que el porcentaje de humedad que contienen estos residuos es elevado lo que conlleva a un uso elevado de energía para poder eliminarla. Sin embargo, si previamente se realiza un proceso de secado, la efectividad del proceso de incineración se incrementaría, y lo tornaría en un tratamiento viable para el aprovechamiento energético debido a la cantidad de carbono contenido en los RSU que sirven de aporte como combustible.

La incineración, un tratamiento térmico, puede significar una alternativa útil en la gestión de residuos puesto que disminuye el impacto ambiental visual, alarga la vida de los rellenos sanitarios; sin embargo hay que tomar en cuenta el factor costo-beneficio. Esta tecnología es costosa por la maquinaria que se utiliza y sus procesos son complejos, es por esto que en países del tercer mundo no se justifica esta aplicación.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BIOMASS USERS Network Centroamérica-BUN-CA, 2002

CASTELLS X.E., Cadavid C., Campos P.E., Flotats R.X.; García M.J., Gaya F.J., Jurado G.L.

CUIPING L., Chuangzhi W., Yanyongjie, Haitao H. (2004). Chemical Elemental Characteristics of Biomass Fuels in China. *Biomass & Energy* 27, pp. 119-130.

ESCALANTE H, (2010), Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia 2010, Universidad Industrial de Santander, COLCIENCIAS, Colombia.

MADRID, Ayuntamiento, (2008), Modelo de Gestión de Residuos.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, (2013). Áreas protegidas del Ecuador.

SAKURAI K, (2000). Métodos sencillos de análisis de residuos sólidos, CEPIS OPS.

THI KIM Thai Nguyen (2014). "Municipal Solid Waste Management in Vietnam Challenges and Solutions", *Revista Environmental Science and Engineering*, pp 355-377

WALSH Environmental Scientist and Engineers. (2009). Línea base para la actualización del plan de manejo de la Reserva Biológica Limoncocha (Ministerio del Ambiente, Quito).

WEBSTER A. (1998). Estadística aplicada a los negocios y economía (3ra Ed.). Bogotá: McGraw-Hill.

WERNER, U., Stohr, U. y Hees, N. (1989). "Biogás Plants in Animal Husbandry. – A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien" the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Germany : Vieweg & Sonh ed. pp.39-86



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-47

**Título del trabajo:** Buenas prácticas en la gestión del programa de doctorado conjunto “Desarrollo sostenible: manejos forestal y turístico” entre la Universidad de Alicante (UA), España y la Universidad de Pinar del Río (UPR), Cuba.

**Autor (es):** Mayra Casas Vilardell, Dora L. Márquez Delgado, José A. Jaula Botet, Alain Hernández Santoyo, Maricela González Pérez, María Elena Fernández Hernández, Antonio Escarré Estévez, Andreu Bonet Jornet

**Ponente (s):** Mayra Casas Vilardell

**E-mail:** [mcasas@upr.edu.cu](mailto:mcasas@upr.edu.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

El Programa de Doctorado Académico Conjunto “Desarrollo sostenible: Manejos forestal y turístico” comenzó en 1997, fruto de la colaboración inicial entre el Departamento de Ecología, de la Universidad de Alicante, España y el Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CEMARNA), en la Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”, de la República de Cuba. Los resultados obtenidos en casi dos décadas, muestran un alto índice de efectividad del programa, que se confirma en la exitosa defensa de 71 tesis doctorales en las áreas de Ecología, Economía y Turismo. Un programa que se inició en la provincia más occidental del país, irradió interés y egresados de casi toda la isla cubana, incentivando investigaciones científicas que fueron ampliando el claustro e instituciones involucradas; y con la titulación de nuevos profesionales en el nivel terciario, se fomentaron nuevos proyectos y se publicaron los resultados obtenidos en libros y revistas de elevada visibilidad científica. El objetivo que persigue el trabajo, es evaluar el impacto de buenas prácticas en la gestión del programa doctoral conjunto, a lo largo de las tres ediciones desarrolladas, y las capacidades que ha creado para la continuidad de acciones de intercambio en el área del postgrado en temáticas ambientales. Sin lugar a dudas, las propuestas que posteriormente se concertaron a través de cursos, diplomados y maestrías, desarrolladas en otros contextos latinoamericanos, fueron fruto del entrenamiento formativo que el programa doctoral conjunto impregnó al claustro participante.

**Palabras claves:** postgrado, doctorado académico, buenas prácticas, colaboración

## **INTRODUCCIÓN**

A inicios de la década de los años ochenta del pasado siglo, se inició en Cuba un proceso de ampliación y diversificación por regiones de las relaciones internacionales, que hasta entonces estaban concentradas fundamentalmente en acciones de intercambio y formación postgraduada con universidades del antiguo campo socialista.

Las relaciones con las instituciones de educación superior españolas, crecieron rápidamente y en el año 1991, fue firmado el primer convenio marco para la cooperación y el intercambio de la Universidad de Pinar del Río (UPR) con la Universidad Politécnica de Valencia. En la actualidad, se han firmado y/o renovado 34 convenios, dentro de los cuales se destaca el establecido en 1997 con la Universidad de Alicante, que muestra un importante número de acciones que han impactado de manera muy favorable los procesos sustantivos de la UPR, en particular, los vinculados a la actividad de postgrado y la investigación.

La cooperación exitosa con la Universidad de Alicante, se ha sustentado en el diseño, organización y cumplimiento de un conjunto de acciones, que se han formalizado como buenas prácticas de la gestión del postgrado y de la internacionalización universitaria, a la vez que validan lo que es posible lograr al establecerse vínculos y programas interuniversitarios planificados en diferentes horizontes temporales con metas bien definidas en los plazos fijados.

El Programa de Doctorado Académico Conjunto “Desarrollo sostenible: Manejos forestal y turístico” que comenzó en 1997, fruto de la colaboración entre el Departamento de Ecología, de la Universidad de Alicante, España y el Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CEMARNA), en la Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”, de la República de Cuba, confirma en sus casi dos décadas de colaboración ininterrumpida, un alto índice de efectividad, que se valida en la exitosa defensa de 70 tesis doctorales en las áreas de Ecología, Economía y Turismo, de las cuales el 93% han sido homologadas en las secciones correspondientes en Cuba, que evidencian su alto nivel de pertinencia a las necesidades nacionales en diferentes áreas del conocimiento.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto de buenas prácticas, en la gestión del programa doctoral conjunto “Desarrollo sostenible: manejos forestal y turístico” entre la UA-UPR, a lo largo de las tres ediciones desarrolladas, y las capacidades que ha creado para la continuidad de acciones de internacionalización en el área del postgrado.

Significativo resulta destacar que de 1997 hasta junio del 2015, han visitado la UPR 208 profesores/académicos de la UA, quienes se han vinculado al programa de doctorado, acciones de investigación, proyectos y publicaciones, entre otras acciones de interés, lo que confirma la continuidad y permanencia de las acciones acometidas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En virtud de la colaboración solidaria de la Universidad de Alicante (UA), se inició desde finales del año 1997, la primera edición del Programa de Doctorado Conjunto “Desarrollo Sostenible de Bosques Tropicales: Manejos Forestal y Turístico” en la Universidad de Pinar del Río (UPR), Cuba, con la participación decisiva de los departamentos de Ecología, Análisis Geográfico Regional y Análisis Económico de la Universidad de Alicante (UA) y del Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CEMARNA) de la Universidad de Pinar del Río “Hnos. Saíz Montes de Oca”.

El nacimiento de la propuesta, fue el resultado de varias sesiones de intercambio que buscaban vías de lograr una articulación de la cooperación entre ambas instituciones que trascendiera un resultado de corto plazo, y creara capacidades para consolidarse en el largo plazo, y así se concibió la idea original por parte de sus coordinadores del Departamento de Ecología en la UA y del Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CEMARNA) en la UPR.

La fundamentación inicial para la concepción del programa se soportó en:

- Buscar una acción que creara y desarrollara capacidades futuras en el postgrado.
- Desarrollar un programa doctoral que garantizara mayor acceso a los interesados y disminuyera los costos de su realización.
- Fundamentar el programa en una temática necesaria y de alta demanda en el contexto nacional

Otro importante eslabón fue la definición de las áreas auspiciadoras, y de las instituciones participantes y colaboradoras del Programa Doctoral Conjunto. En tal sentido como áreas auspiciadoras se determinaron: la Facultad de Ciencias, de la UA (España) y el Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CEMARNA) de la UPR (República de Cuba).

Como instituciones participantes se contó con la favorable participación de: las Facultades de Geografía, y la de Biología de la Universidad de La Habana, ambas pertenecientes al Ministerio de Educación Superior y el Instituto de Ecología y Sistemática, perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Como instituciones colaboradoras al programa se sumaron: la Universidad Politécnica de Valencia (España), la Universidad Politécnica de Madrid (España), la Universidad de Barcelona (España), el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (España), el Ministerio de Medio Ambiente (España), la Universidad de Alcalá de Henares (España), la Universidad de Sevilla (España), la Universidad de Granada (España), la Universidad de Bruselas (Bélgica), y por Cuba: la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción (UNAICC), el Ministerio de Agricultura, el Ministerio del Turismo, el Ministerio de Educación, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, el Instituto de Geografía Tropical (CITMA), el Instituto de Investigaciones Forestales (MINAGRI), la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna y la Delegación Provincial del CITMA en Pinar del Río.

La UPR inició la primera edición en su condición de institución autorizada en el área Forestal (con posterioridad se suma Economía) y con un trabajo de integración muy positivo y enriquecedor al quehacer de otras instituciones autorizadas del país y de las instituciones participantes y colaboradoras citadas.

### **Coordinación y liderazgo**

Imprescindible resulta destacar el rol de los líderes del proceso, donde la figura del coordinador ha jugado un papel esencial. Sin dudas, la capacidad científica y movilizadora del coordinador fundador de este doctorado por la Universidad de Alicante, el Dr. Antonio Escarré Esteve, ha sido vital en la sostenibilidad del programa. Su abnegado trabajo solidario, lo hizo merecedor de la condición de Doctor Honoris Causa de la UPR, distinción que por vez primera concedía la universidad pinareña a un profesor extranjero y la cual contó con el respaldo unánime de toda la academia universitaria del territorio. Esta entrega a la consolidación del programa, sentó un precedente que ha acompañado la conducción del programa por todos los coordinadores posteriores de ambas instituciones.

La responsabilidad, la organización, la comunicación permanente, la exigencia, el estudio minucioso de toda la normativa jurídica e institucional del postgrado para ambos países y la total entrega a esta tarea, han sido actitudes que la coordinación del programa ha mantenido inalterables desde la primera edición hasta la fecha.

### **Aseguramiento del programa**

La edición inicial contó con un aseguramiento informático básico, al recibirse por parte de la UA una donación para este proyecto de 6 máquinas computadoras, climatización para el local, una computadora portátil y un proyector digital para las actividades académicas, un jeep NIVA y un auto para el desarrollo de las actividades de investigación de campo de los aspirantes y su aseguramiento planificado de combustible, equipamiento de laboratorio para los análisis, y otros insumos necesarios para las muestras de campo y para los exámenes de laboratorio. Necesario resulta destacar, el aseguramiento financiero garantizado al programa por parte de la UA durante más de 15 años, lo cual permitió la estabilidad permanente de los viajes de los profesores españoles a la Isla. La gestión de la UA en la búsqueda de financiamiento al programa resulta ser especialmente destacada por todo el esfuerzo y prioridad con que se asumió la misma para garantizar los objetivos propuestos.

Se recibió además bibliografía actualizada para todos los módulos académicos, los que fueron ubicados en la Sala Universal de la biblioteca de la UPR, con el fin de ser consultados por todos los aspirantes durante los módulos y una vez finalizados los mismos por todos los interesados en el tema. Se realizaron aproximadamente unas 900 búsquedas en importantes bases de datos de alto prestigio internacional como: BIOLOGICAL ABSTRACTS, GEOBASE, ISIS KNOWLEDGE, CHEMICAL ABSTRACTS y WATER RESOURCES RESEARCH, las cuales resultaban muy costosas para ser sufragadas por la UPR.

### **Difusión y claustro del programa**

Dentro de las cuestiones a destacar en la experiencia desarrollada, sobresale el universo al cual fue difundido el programa doctoral. El mismo desarrollaba sus actividades académicas de forma presencial en locales de la UPR, pero la convocatoria no se limitó a la universidad y provincia de Pinar del Río, sino que ha tenido una extensión nacional, donde han matriculado aspirantes de las provincias: La Habana, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara, Camagüey, Las Tunas, Holguín, Santiago de Cuba y Guantánamo. Resalta el hecho que de los 70 egresados del programa, el 37% corresponde a otras provincias.

La concepción del claustro ha venido progresivamente transformándose, fruto de la formación de capacidades propias. La edición inicial contaba con profesores de la UA que compartían cátedra con un homólogo cubano en cada uno de los cursos, buscando el necesario nexo contextual, así fue transitándose en el proceso, en el cual se incluían nuevos profesionales de experiencia de la UA y de otras universidades españolas y europeas, a la vez que al claustro cubano se iban sumando profesionales de alto nivel de otras instituciones nacionales, y algo muy significativo fue aportando la entrada al claustro varios profesionales egresados del programa, tanto en docencia directa como en la dirección de tesis y con posterioridad en los tribunales, lo que ha permitido avances en la formación de capacidades.

De un claustro inicial de 14 profesores españoles, la cifra ha llegado a 31 (incluyendo otros profesores europeos), con 208 visitas de trabajo de los profesores, tutores y tribunales extranjeros a Cuba desde 1997 hasta junio del 2015, lo que promedia 12 visitas anuales. De igual forma es notable el crecimiento de los docentes y tutores nacionales que creció de 9, que participaron en la primera edición, a 26 en la tercera. (Tabla 1)

Tabla 1: Claustro participante en el programa doctoral conjunto UA-UPR

Edición del programa	Profesores de la UA	Profesores de otras instituciones europeas	Profesores de la UPR	Profesores de instituciones nacionales cubanas
Primera edición	14	1	-	9
Segunda edición	19	6	5	11
Tercera edición	22	9	9	17

Fuente: CEMARNA, 2009

La posibilidad de contrastar contextos diferentes y aprovechar diversos marcos de análisis, ha enriquecido de manera mutua la investigación. Los especialistas foráneos se manifiestan muy satisfechos del resultado que se logra; adicionalmente a lo explicado, se reportan estancias en Cuba por más de 15 días para atender la marcha de las investigaciones, participando directamente con los aspirantes en estas labores. También se suma la atención grupal que ha sido posible darle a las tesis a partir de la integración de directores, tutores y asesores cubanos y españoles, siendo este un importante factor de éxito en el número de tesis defendidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de la ejecución del programa doctoral: Primera, segunda y tercera edición desarrollada.

La primera edición del programa se inicia en 1997, realizada en la modalidad de doctorado académico de una universidad extranjera en Cuba, con una matrícula de 22 aspirantes, 21 de la provincia de Pinar del Río y un solo aspirante de la provincia de Cienfuegos. De los 22 matriculados en la primera edición del programa, 20 egresaron satisfactoriamente, y el 100% logró la homologación sus títulos en las secciones correspondientes de la Comisión Nacional de Grados Científicos en Cuba.

Los cursos se desarrollaron con profesores de la UA y otras universidades españolas, quienes compartieron cátedra con profesores homólogos de instituciones cubanas, para garantía de la contextualización de las temáticas en los problemas nacionales.

La pertinencia de las investigaciones se sustenta desde la aprobación de temas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), de la República de Cuba, el desarrollo de las suficiencias académicas que exige la UA, lo cual sumado a la idoneidad en la constitución de tribunales mixtos con especialistas nacionales y extranjeros, garantizan el adecuado rigor y nivel científico que soporta el proceso de defensa de las tesis.

Las salidas de las investigaciones por la Universidad de Alicante han correspondido a los departamentos de Ecología, Geografía y Economía.

La segunda edición se inició en el 2003, también en la modalidad de doctorado académico de una universidad extranjera en Cuba, con una matrícula de 46 aspirantes, 15 de ellos de otras provincias del país. De esta edición lograron su titulación 33 aspirantes, y la homologación correspondiente 32 de ellos, de las provincias de Pinar del Río, Cienfuegos, La Habana y Santiago de Cuba.

La periodicidad de viajes de los profesores de la UA, aprovechando las estancias para desarrollar los cursos y atender la dirección de las tesis (tutorías) y asesorías, fueron un factor clave para el éxito, a la vez que se desarrollaban visitas de campo a las provincias de los

aspirantes, para analizar sobre el terreno de campo las problemáticas investigadas e interactuar con los responsables y directivos de las entidades implicadas.

A partir del año 2008, la iniciativa de incluir el Baremo de la Universidad de Alicante imprime mayor rigor y calidad a los tribunales evaluadores, lo cual suma como requerimientos necesarios y muy positivos en su concepción las normativas que impulsa Cuba sobre actualidad de las publicaciones, investigaciones y proyectos, así como en la tutoría de trabajos de tesis doctorales que se desarrollan, todo lo cual permite decidir o no a favor de la adecuada dirección de las tesis y la conformación de los tribunales de defensa.

La tercera edición del programa doctoral, atendiendo por una parte, a las recomendaciones realizadas por la Comisión Nacional de Grados Científicos (CNGC), cuando fue aprobada la segunda edición, y por otra parte, al hecho de estar dadas las condiciones para ello, se propone como un Programa de Doctorado Académico Conjunto entre la Universidad de Pinar del Río y la Universidad de Alicante.

La matrícula de la tercera edición inserta 22 aspirantes de varias provincias del país, con el logro exitoso de 17 tesis defendidas, de las cuales 13, lograron su homologación correspondiente en las secciones de la CNGC cubana. Los resultados de la eficiencia las tres ediciones del programa se muestran en la Figura 1.

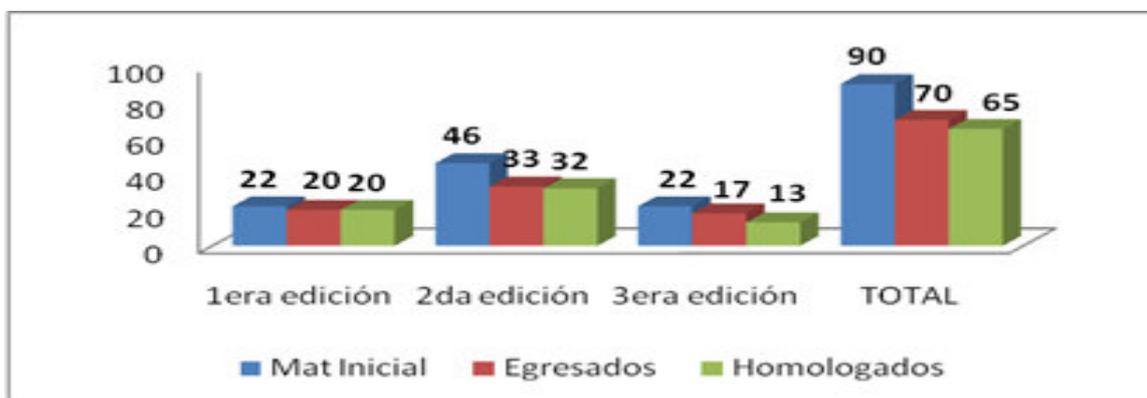


Figura 1: Eficiencia del programa Doctoral Conjunto UA-UPR  
Fuente: CEMARNA, UPR (2015)

En la tercera edición desarrollada se sistematiza la inserción del potencial de doctores egresados, la ampliación en el mismo del claustro nacional, que suma cada vez más instituciones, así como un nutrido grupo de docentes de la UA, a la que también se han integrado progresivamente especialistas de alto prestigio de la U. de Granada, Sevilla, y de Bruselas, entre otras. El alto rigor de los profesionales extranjeros, se aprecia en la existencia de numerosos profesores que resultan autores de libros y artículos de alto prestigio en sus temáticas a nivel mundial. Todos estos profesores cumplimentando las exigencias del Baremo y con un curriculum exhaustivamente analizado como garante del cuerpo de docentes, directores y tribunales para el programa

La extensión del Doctorado a una tercera edición marcó una mayoría de edad en la concepción del trabajo integrado que este Proyecto ha permitido ampliar en el ámbito nacional, al sumar a profesionales de todo el país con la concepción de un claustro integrado.

La articulación de las investigaciones que siguen ampliándose dignifica la extensión de sus fronteras y permite avanzar en la meta de universalizar las ediciones desarrolladas y concebir la visión ambiental sustentada en lo transdisciplinar, lo sistémico, lo holístico y lo complejo, entre algunos de los atributos de cambio que las aspiraciones por el desarrollo sostenible hoy se demandan.

### **Evaluación del desempeño y producción científica de los egresados**

Vale significar como aspecto positivo, que el 23% de los egresados del Programa Doctoral Conjunto, han sido promovidos a desempeñar responsabilidades de alto nivel en instituciones científicas provinciales y nacionales, evidenciando el impacto que el programa ha tenido en la formación postgraduada de los profesionales. **(Figura 2)**

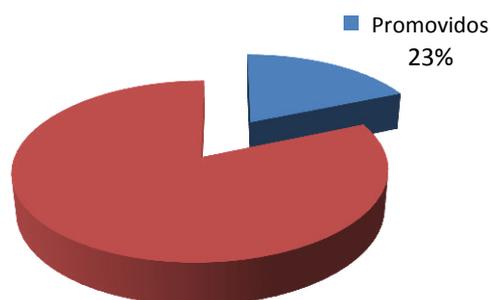


Figura 2: Egresados promovidos a cargos de dirección

Fuente: CEMARNA, UPR (2015)

Se desarrolla en la segunda década del programa, del 2005 al 2015, un arduo proceso de producción de artículos y libros, presentando los resultados obtenidos en las investigaciones doctorales de los investigadores junto a sus directores de tesis. Se constata además la capacidad adquirida por los egresados para la coordinación de proyectos ramales, territoriales y nacionales. Es notoria además la obtención de premios y reconocimientos por la Academia de Ciencias de Cuba a nivel provincial y nacional.

### **Discusión de las buenas prácticas identificadas en la gestión del Doctorado académico conjunto y oportunidades para la gestión de postgrado en el futuro.**

A casi 20 años del inicio de la primera versión del Programa de Doctorado conjunto, ya se ha realizado la lectura exitosa de 70 tesis doctorales con la UA, de las cuales hasta la fecha, 65 egresados del Programa por la Universidad de Alicante en las áreas de Ecología, Geografía y Economía (Figura 3), han homologado también su titulación en correspondencia a las exigencias de las secciones correspondientes de Ciencias Forestales, Ciencias Técnicas, Ciencias Agropecuarias, Geografía, Biología y Economía ante la Comisión de Grado Científico de Cuba. (Figura 4).

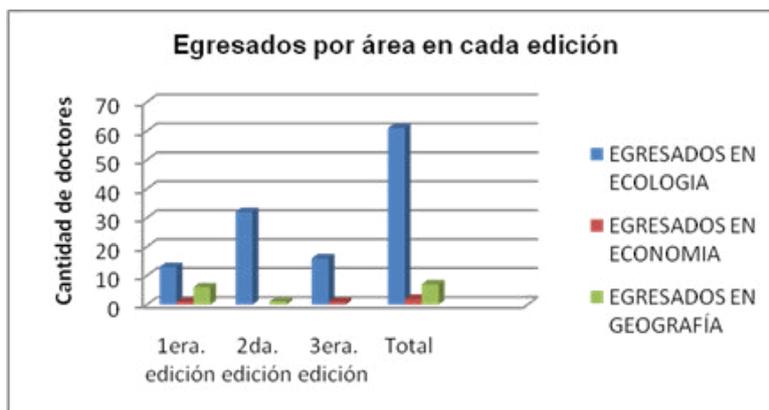


Figura 3: Egresados por área del conocimiento en áreas autorizadas de la UA  
Fuente: CEMARNA, UPR (2015)

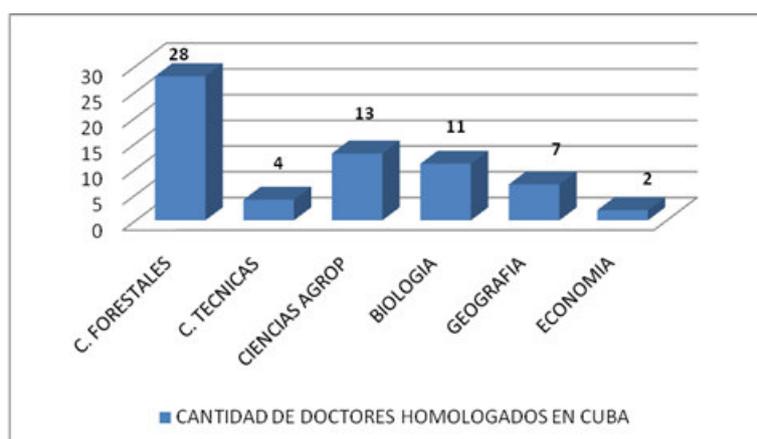


Figura 4: Doctores homologados en Cuba por las áreas correspondientes de la CNGCC  
Fuente: CEMARNA, UPR (2015)

A nivel nacional, de la AECID, también por parte de varias universidades extranjeras, y por otras instancias, se resalta una visión muy positiva sobre el alto nivel de conclusión exitosa logrado en las tesis defendidas, avalado por los resultados de las investigaciones desarrolladas en diferentes campos del conocimiento.

La experiencia desarrollada ha permitido identificar un conjunto de buenas prácticas que consensuadas por docentes y aspirantes, ofrecen algunas invariantes que pudieran resultar de utilidad para el desarrollo de posteriores programas de este tipo. En el caso del CEMARNA, en la Universidad de Pinar del Río, quien ha sido la contraparte del programa doctoral conjunto en Cuba, ha desarrollado el Programa de maestría en Gestión Ambiental que coordina en otras universidades latinoamericanas, como la UNESUM de Ecuador y en la Universidad Bolivariana de Venezuela en Guárico, en la Universidad de Trabajadores “Jesús Rivero” del estado Bolívar, ambas en la República Bolivariana de Venezuela. Este programa de Maestría en Gestión Ambiental que ya cuenta con 4 ediciones, fue evaluado por la Junta de Acreditación Nacional, como Programa de Excelencia en el 2014.

No hay dudas que en materia de postgrado internacional, la UPR se ha nutrido de la experiencia antecesora aportada por el Doctorado Conjunto con la UA. Socializando la experiencia de la institución pinareña en estos 18 años y considerando que la misma pudiera ser de utilidad para algunas acciones de postgrado cooperado en Iberoamérica que pudieran

desarrollarse, se sintetizan en un conjunto de buenas prácticas identificadas a lo largo de las tres ediciones realizadas en el Programa. (Tabla 2)

Tabla 2: Buenas prácticas identificadas

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
Constatar eficiencia en las acciones desarrolladas sobre la base del convenio interinstitucional firmado y sostener intercambio previo con el área en que se propone el postgrado conjunto.	Dominio por parte de todo el claustro participante del programa, el Reglamento y las normativas de postgrado vigentes en las instituciones participantes.	Evaluación de los niveles de satisfacción de los aspirantes, en cada módulo y al finalizar la edición del programa.
Prioridad institucional a la realización del programa de postgrado a desarrollar de manera conjunta.	Comunicación permanente del cuerpo de tutores con sus aspirantes.	Desarrollar los trámites para el proceso de homologación en los plazos previstos.
Liderazgo y capacidad de los coordinadores designados por las instituciones participantes.	Mantener actualizados los expedientes de los aspirantes en la Secretaría de la institución coordinadora.	Proponer un plan de acciones para la solución de las debilidades identificadas.
Definición de las áreas auspiciadoras, y de las instituciones participantes y colaboradoras del Programa Doctoral Conjunto.	Gestión eficaz de las secretarías de las instituciones participantes para brindar la información requerida a los solicitantes.	Estimular la presentación de los resultados en eventos científicos de carácter nacional e internacional.
Librar la convocatoria de matrícula, con capacidades para otras universidades e instituciones del país sede.	Fomentar una cultura de comunicación permanente a través de INTERNET entre profesores, directores (tutores) y aspirantes.	Promover los resultados a optar por premios provinciales y nacionales de la Academia de Ciencias de Cuba.
Garantizar la existencia de una infraestructura apropiada para la docencia y la investigación.	Cumplimiento cabal del cronograma diseñado para la ejecución del programa.	Favorecer la continuidad de las investigaciones desarrolladas, participando en la cotutoría a aspirantes de pre y postgrado.
Desarrollar el programa con una matrícula inicial entre 30 y 35 aspirantes.	Realización de los módulos académicos con participación académica compartida: foránea y nacional.	Garantizar la actualización anual del CV de todos los miembros del claustro, para garantizar la pertinencia de los mismos.
Definición de los probables docentes a participar en el programa, tomando además de su CV, baremo, pertinencia y liderazgo en los temas, también su posibilidad de dirigir tesis en el programa.	Fijar plazos límite, para la entrega de las evaluaciones de los módulos cursados.	Monitorear el desempeño de los egresados y el intercambio con sus jefes inmediatos superiores.
Planificar las estancias de los profesores, haciendo coincidir la realización de cursos, sesiones científicas, suficiencias investigativas, o participación en tribunales con las consultas de intercambio con los aspirantes.	Aprovechar las estancias de los profesores extranjeros, para la impartición de módulos académicos, para el trabajo de dirección de tesis y las visitas de campo.	Atender a convocatorias de postgrado internacional conjunto, aprovechando las oportunidades existentes.
Planificación estable y en fechas apropiadas para el trabajo, de los viajes de los profesores	Velar porque las evaluaciones de los módulos académicos tributen directamente a la investigación	

coordinadores y tutores.	del aspirante y sean entregadas en los plazos previstos.	
Potenciar la inter y transdisciplinariedad en la concepción de los diseños de investigación.	Desarrollo de sesiones científicas periódicas de los temas de los doctorantes y presentarlas ante los Consejos Científicos ramales.	
Buscar fuentes de financiamiento para garantizar el cumplimiento de todas las acciones previstas.	Lograr que en las sesiones científicas y actividades de suficiencia participen la mayor cantidad de aspirantes del programa.	
Garantizar una adecuada infraestructura para la realización de los cursos académicos.	Desarrollo de sesiones de intercambio metodológico entre los miembros del claustro.	
Garantizar las coordinaciones y medios necesarios para la realización de las actividades de campo.	Propuesta para la homologación de los profesores cubanos de acuerdo a los patrones de la UA, para incorporar su actuación como miembros de los tribunales de conjuntos y para su reconocimiento como directores (tutores) de tesis.	
	Publicación de los resultados de investigación de doctorantes y tutores en revistas de impacto de los países participantes.	
	Desarrollo de predefensas del aspirante una vez culminada la investigación, ante el Consejo Científico ramal.	
	Aseguramiento financiero para complementar las acciones del programa previstas por parte de la UA.	

Fuente: CEMARNA, 2015

### **Obstáculos y Oportunidades actuales para el postgrado iberoamericano conjunto**

No hay dudas en que un obstáculo que ha conspirado con el alcance de un mayor número de doctores en ciencias en Latinoamérica, radica en la carencia de fondos económicos, que permitan asumir las estancias de sus profesionales en países europeos, norteamericanos o de otras latitudes geográficas distantes.

De igual forma, se ha constatado la ambigüedad de los modelos precedentes de realización de doctorados en países industrializados, producto de la latente posibilidad de incrementar el número de inmigrantes latinoamericanos en tales países, incluida la formación de doctores, que paradójicamente, no tributan a la solución de las problemáticas de sus países de origen.

También es de importancia significar, el costo que implica la formación de doctores latinoamericanos en universidades extranjeras y que este reporta beneficios a la formación de muy pocos profesionales, por ello existe la necesidad de encontrar alianzas que tributen a la maximización de la rentabilidad de la inversión educativa, donde la realización de programa iberoamericanos conjuntos en los propios países necesitados, puede garantizar un mayor

acceso a los interesados en esta formación terciaria y reduce los costos del programa, al desplazar docentes y favorecer el acceso a un mayor número de interesados. Se sugiere que la convocatoria se extienda a varias provincias del país y que se desarrolle con exigencia el proceso de selección de aspirantes para garantizar el éxito futuro. El desarrollo de programas de postgrado conjuntos en América Latina, garantiza una mayor contextualización a la problemática regional y local del área.

Resulta evidente el interés prevaeciente en los círculos de profesionales de América Latina y el Caribe, de realizar doctorados con universidades europeas y en particular universidades españolas, por la similitud idiomática existente.

En la actualidad, se crean cada vez nexos de mayor articulación para la cooperación en el área y Latinoamérica apuesta por el mejoramiento de sus instituciones universitarias, de investigación y la formación con calidad de sus profesionales, el fortalecimiento de procesos de integración como la CELAC y programas como el ALBA, sientan las bases, como nunca antes, para lograr un ascenso en esta dirección.

En fecha reciente, en el primer semestre del 2015, dialogaban universidades de la CELAC con la Unión Europea y se establecían probables espacios de intercambio con marcada utilidad para ambas regiones, con lo cual es muy probable que en próximas fechas y escenarios se dinamicen acciones de postgrado para el logro de las metas de la formación terciaria de los profesionales.

## **CONCLUSIONES**

La experiencia del Programa de Doctorado Académico Conjunto desarrollado durante casi dos décadas entre la Universidad de Alicante, España y la Universidad de Pinar del Río, Cuba, permite identificar un conjunto de “Buenas prácticas”, que pudieran resultar de utilidad a nuevas propuestas de postgrado en Iberoamérica. Las mismas han sido fruto de sugerencias, propuestas, experiencias, y de la validación de los resultados expresados por los expertos y los indicadores de evaluación del programa.

La urgencia del análisis de los problemas ambientales en nuestros días, sumado a la necesidad de potenciar prácticas favorables en pro de la sostenibilidad en la región y la contribución de muchos de los países a este empeño sobre la base de una cultura arraigada a la defensa de sus patrones ancestrales, favorecen un excelente marco para el desarrollo de estas acciones, las que pudieran viabilizar además el intercambio entre aspirantes del Programa de varios países y contrastar diversos marcos referenciales de trabajo, lo cual sería una práctica positiva y relevante en un ámbito de tanta globalidad como el de un Programa Doctoral Conjunto.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CEMARN (2009).Expediente enviado a la CNGCC para solicitar la tercera edición del programa de doctorado conjunto: “Desarrollo sostenible de bosques tropicales: Manejo forestal y turístico, 43p.

Normas y Procedimientos para la gestión del postgrado (Anexos a la Resolución 132/2004. Instrucción No. 001/2006.

Reglamento de Educación de Postgrado de la República de Cuba. Resolución No 132/2004.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-48

**Título del trabajo:** Obtención de bio-combustibles a partir de residuos sólidos orgánicos y aceites comestibles usados.

**Autor (es):** Marco Javier Puente León, Edison Jonathan Criollo Jumbo

**Ponente (s):** Marco Javier Puente León

**E-mail:** [mjpuente@uce.edu.ec](mailto:mjpuente@uce.edu.ec)

**Institución:** Universidad Central del Ecuador

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El trabajo de estudio llevado a cabo dentro de la Universidad Central del Ecuador como de manera independiente, está realizado en base a la utilización de residuos sólidos orgánicos así como de aceites comestibles usados. Se enfatiza la utilización de procesos biotecnológicos (fermentación, bio-digestión anaeróbica, transesterificación) para la obtención de bio-combustibles (etanol, metanol, bio-diesel, gas metano). Donde se busca el aprovechamiento de cada residuo generado desde la fuente principal. Cada parte del proceso (fermentación, bio-digestión anaeróbica, transesterificación) es complementaria, por lo cual, los residuos generados en cada uno de ellos servirán de sustrato en otra fase. Así se logra maximizar los productos energéticos, como el beneficio económico y ambiental. De esta manera se contribuye con algunos puntos estratégicos en temática ambiental y económica como: El cambio de la matriz energética del país. Gestión y planificación de residuos sólidos orgánicos y aceites comestibles usados. Siendo este un proceso eficiente, técnica y económicamente hablando, con miras a una producción energética sostenible y sustentable y a la implementación como plan piloto en el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos, como de aceites comestibles usados. Disminución de contaminantes en aguas, suelos y atmósfera; contribuyendo con una producción más limpia en emisiones de GEI, aprovechando residuos sólidos orgánicos que son un problema tanto en la industria primaria de nuestro país, como en rellenos sanitarios por la generación de lixiviados y de gas metano. En las industrias de producción de papa, banano, camote, arroz y en si en la producción primaria, alrededor del 30% de la producción se desecha, mientras que en los residuos sólidos domésticos un estimado del 60 % es materia orgánica, que puede ser aprovechada por este proyecto en su totalidad, sin incurrir en desventajas como el apareamiento de monocultivos que podrían ser utilizados como sustrato para este fin. El proyecto tiene un escalaje muy bueno ya que puede ser tanto implementado para pequeña escala como a gran escala, empezando como proyecto de facultad, después de universidad, ciudad e incluso país si se logra implementar como plan piloto; como por ejemplo en México que tienen dispensadoras de biocombustibles para el consumo de transportes públicos. Lo que contribuiría con la generación de empleos y beneficios económicos para el país, así como la disminución de gases GEI.

**Palabras claves:** Fermentación, biodigestión anaeróbica, transesterificación, biocombustibles

## **INTRODUCCIÓN**

Los residuos sólidos orgánicos y aceites comestibles usados forman parte de una gran problemática en el país; siendo un problema en contaminación muy fuerte tanto en cuerpos de agua, en suelos y en aire. En cuerpos de agua debido al mal desecho de los aceites comestibles usados y a los lixiviados de los desechos orgánicos que pasan a contaminar cuerpos de agua subterráneos, en suelos de igual manera los aceites pueden generar una película que impide el paso del agua provocando desertificación y la pérdida total de nutrientes del suelo contaminado, mientras que en aire las emisiones de gas metano producidas por la materia orgánica en descomposición son un grave problema ya que el 60 % de los desechos de la comunidad son materia orgánica con alto poder de generación de metano.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Existe una gran deficiencia en el país en cuanto a la gestión de desechos orgánicos como aceites comestibles usados. La materia orgánica desechada en los camiones de basura tiene un gran potencial energético que está siendo desaprovechado al igual que la materia desechada por la industria primaria y alimentaria.

## **JUSTIFICACIÓN**

Las Bioenergías en el país son un tema que no se ha potenciado ni tomado en cuenta de manera adecuada por lo cual; viendo la problemática existente y venidera en cuanto a gestión de desechos orgánicos como:

- Residuos sólidos orgánicos
- Aceites comestibles usados

Es necesario la implementación de un proceso en el cual se utilice combustibles sacados de estos dos grandes recursos que, hoy por hoy son un problema en cuanto a contaminación no solo en nuestro país, sino en el mundo produciendo un beneficio ambiental y económico, permitiendo el ahorro energético con una producción más limpia.

## **HIPÓTESIS**

- La recuperación del metano como gas natural para combustión por medio de pulmones de gas es el método más eficiente por cuestiones de precio y manejabilidad del gas en cuanto a las condiciones de peligrosidad por explosión al comprimir este gas.
- El diseño del proceso de gestión de residuos sólidos orgánicos y aceites comestibles usados será un proceso eficiente y productivo desde el punto de vista ambiental y económico.
- La bio-digestión anaeróbica será maximizada al tener un proceso de pre digestión debido a la maceración del sustrato que es utilizado en este.
- La excesiva cantidad de cítricos puede detener el proceso de fermentación
- El rendimiento de la transesterificación es distinto al utilizar etanol y metanol.

## OBJETIVO GENERAL

- Obtener combustibles a partir de residuos sólidos orgánicos y aceites comestibles usados

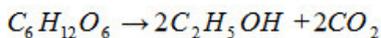
## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar si el etanol o el metanol es mejor en la fabricación de biodiesel
- Verificar la optimización de la digestión anaeróbica al tener como sustrato material con una pre digestión
- Identificar las condiciones donde se da una mejor fermentación
- Identificar mecanismos para mejorar la producción de alcohol por las levaduras
- Implementar un método más rápido que el proceso natural para la decantación de la glicerina en la producción de biodiesel
- Caracterizar los porcentajes de producción de alcohol etílico y metílico en la fermentación y sus causas

## MARCO TEÓRICO

### La fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es una bioreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. La conversión se representa mediante la ecuación:



Las principales responsables de esta transformación son las levaduras. La *Saccharomyces cerevisiae* es la especie de levadura usada con más frecuencia. Por supuesto que existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como la *Zymomonas mobilis*, pero la explotación a nivel industrial es mínima. A pesar de parecer, a nivel estequiométrico, una transformación simple, la secuencia de transformaciones para degradar la glucosa hasta dos moléculas de alcohol y dos moléculas de bióxido de carbono es un proceso muy complejo, pues al mismo tiempo la levadura utiliza la glucosa y nutrientes adicionales para reproducirse. Para evaluar esta transformación, se usa el rendimiento biomasa/producto y el rendimiento producto/ sustrato. - Rendimiento biomasa/sustrato ( $Y_x/s$ ): es la cantidad de levadura producida por cantidad de sustrato consumido. Rendimiento sustrato/producto ( $Y_p/s$ ): es la cantidad de producto sintetizado por cantidad de sustrato consumido.

El rendimiento teórico estequiométrico para la transformación de glucosa en etanol es de 0.511 g de etanol y 0.489 g de CO<sub>2</sub> por 1g de glucosa. Este valor fue cuantificado por Gay Lussac. En la realidad es difícil lograr este rendimiento, porque como se señaló anteriormente, la levadura utiliza la glucosa para la producción de otros metabolitos. El rendimiento experimental varía entre 90% y 95% del teórico, es decir, de 0.469 a 0.485 g/g. Los rendimientos en la industria varían entre 87 y 93% del rendimiento teórico (Boudarel, 1984). Otro parámetro importante es la productividad (g/h/l), la cual se define como la cantidad de etanol producido por unidad de tiempo y de volumen. Los parámetros aquí mencionados se definen con relación a la fase y al modo de funcionamiento del bioreactor o fermentador. Por lo general, un bioreactor es un recipiente cilíndrico de doble pared, de vidrio o de acero inoxidable (para el control de la temperatura y esterilización en línea), cubierto de una platina de acero inoxidable. La platina está dotada de entradas y salidas que permiten agregar sustratos, nutrientes y sustancias como ácidos o bases, extraer productos, o bien, hacer

mediciones en línea. La platina permite acoplar un sistema de agitación para mantener la homogeneidad y facilitar, en su caso, la transferencia de oxígeno y nutrientes.

## **LEVADURAS DE PANDERIA Y PROTEINAS DE ORGANISMOS UNICELULARES**

En el siglo XVII, los panaderos obtenían sus levaduras de las fábricas de cerveza locales, aunque, debido a su sabor amargo ya las actividades de fermentación variables, estas levaduras fueron substituyendo gradualmente por las procedentes de las industrias de la elaboración de bebidas alcohólicas, que a su vez fueron por las de panaderías. Las primeras levaduras prensadas de panadería se obtuvieron aproximadamente en 1781 utilizando un proceso denominado “Holandes”, y posteriormente en 1846 mediante el proceso denominado de “Viena”. Ambos procesos obtenían unos rendimientos de levadura bajos, del 5% y 14% respectivamente, referido a las materias primas, y aproximadamente un 30% de alcohol. Entre 1879 y 1919 se consiguieron avances substanciales en las fermentaciones industriales de biomasa de levadura.

### **Levadura *Saccharomyces cerevisiae***

La levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C.Hansen, de *Saccharo* azúcar, *myces* hongo y *cerevisiae* cerveza) es un hongo unicelular, un tipo de levadura utilizado industrialmente en la fabricación de pan, cerveza y vino. En su ciclo de vida alternan dos formas, una haploide y otra diploide. Ambas formas se reproducen de forma asexual por gemación. En condiciones muy determinadas la forma diploide es capaz de reproducirse sexualmente. En estos casos se produce la meiosis en la célula formándose un asca que contiene cuatro ascosporas haploides.

### **Nutrición de *S. cerevisiae***

Las fuentes de carbono utilizadas por las levaduras varían desde los carbohidratos hasta los aminoácidos. Además, la capacidad de utilizar ciertos tipos de azúcares ha sido tradicionalmente empleada para la caracterización de las distintas razas que esta especie presenta. Entre los azúcares que puede utilizar están monosacáridos como la glucosa, fructosa, manosa y galactosa, entre otros. También son capaces de utilizar disacáridos como la maltosa y la sacarosa y trisacáridos como la rafinosa. Uno de los azúcares que no puede metabolizar es la lactosa, utilizándose este azúcar para distinguir esta especie de *Kluyveromyces lactis*.

También es capaz de utilizar otras fuentes de carbono distintas a carbohidratos y aminoácidos. Entre las más destacadas se encuentra la capacidad de utilizar tanto etanol como glicerol. Por norma general, las levaduras mantienen dos tipos de metabolismo muy bien diferenciados. Por una parte, en condiciones en las que existen altas concentraciones de glucosa, fructosa o maltosa, la tendencia es a realizar una fermentación alcohólica de estos, es decir, se realiza la glucólisis y posteriormente se forma etanol. Una vez que estos azúcares escasean, se produce la respiración del etanol, vía ciclo de Krebs. Evolutivamente esto es un proceso que, a priori, no es ventajoso por ser energéticamente desfavorable para la reproducción del organismo, dado que se obtiene mucha menos energía en el primer proceso que en el segundo. No obstante, la gran mayoría de los organismos son muy sensibles al etanol, por lo que se ha entendido como un proceso de competencia por sustrato. Las levaduras, además de necesitar una fuente de carbono, necesitan tanto fuentes de nitrógeno —como podrían ser el amonio, la urea o distintos tipos de aminoácidos— como fuentes de fósforo. Además, son necesarias vitaminas como la Biotina, también llamada Vitamina H, y distintos elementos traza.

## Apareamiento de levaduras

El apareamiento sexual de las levaduras sólo puede ocurrir entre células haploides de distinto sexo. Se definen por tanto dos tipos sexuales de levaduras, las células **a** y las células **alfa**. En el caso de las levaduras, la determinación sexual no se debe a un cromosoma distinto entre sexos sino más bien a una diferencia en un único locus. Dicho locus se conoce con el nombre de *MAT* y gobierna el comportamiento sexual entre células haploides y células diploides.

## Ciclo sexual de *Saccharomyces cerevisiae*

Las levaduras pueden ser haploides o diploides según el estadio del ciclo. No obstante, ambos tipos celulares son estables y se pueden reproducir de forma asexual mediante mitosis. La división es por gemación, es decir, las células hijas son de tamaño inferior al de las células madre. Como ya se ha comentado antes, sólo las células haploides se pueden reproducir sexualmente, por lo que si una célula de tipo **a** se encuentra con una célula de tipo **α** se fusionarán en una sola célula, la cual también sufrirá una fusión de núcleos, formándose un diploide estable que también es capaz de reproducirse de forma asexual. Cuando las condiciones exteriores son desfavorables para las células diploides, sobreviene la meiosis, que provocará la aparición de cuatro esporas haploides, dos de las cuales serán de tipo sexual **a** y las otras dos de tipo sexual **α**.

## Zinc en la producción de alcohol

La insuficiencia de zinc puede observarse incluso en mostos de malta al 100%. El zinc es absolutamente esencial para la levadura, ya que es un cofactor de la enzima alcohol deshidrogenasa responsable de la producción de etanol en la cerveza. El zinc también interviene en la protección contra el estrés y otras reacciones bioquímicas. Durante mucho tiempo se ha reconocido que, en la nutrición tanto humana como animal, los preparados biológicos de oligoelementos resultan mucho más eficaces que la utilización de sales minerales. Es lo que se ha dado en llamar BIODISPONIBILIDAD.

Lallemand, en colaboración con la Universidad Técnica de Munich Wei henstephan, ha creado una levadura completamente natural enriquecida con zinc que puede utilizarse para producir cervezas orgánicas. La leva dura de servicio *SERVomyces* proporciona zinc, el cual se incorpora de forma natural y se combina con las células (figura 7) para nutrir la levadura de cerveza.

Gráfico1 de [http://www.todocerveza.com.ar/docs/Catalogo\\_lallemand.PDF](http://www.todocerveza.com.ar/docs/Catalogo_lallemand.PDF)

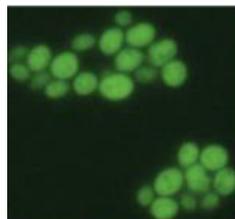


Figura 7: Células de levadura *Servomyces* teñidas con Newport Green, el cual se combina con  $Zn^{++}$ . Foto cortesía de Graeme Walker, Universidad de Abertay, Dundee.

El efecto típico de la adición de *Servomyces* puede observarse en la figura 8 en la fermentación de Lager industriales, y en la figura 9 en la propagación.

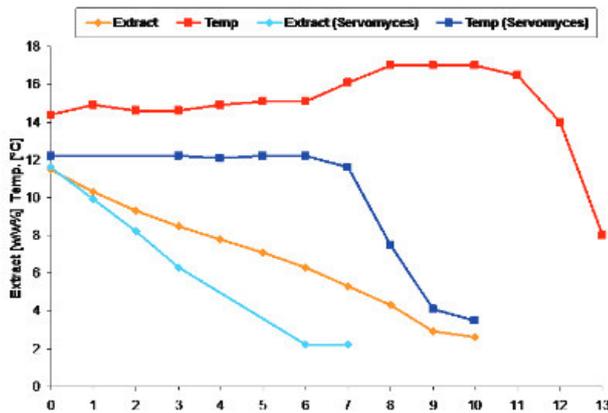


Figura 8: El efecto de la adición de Servomyces en fermentaciones industriales de Lager.

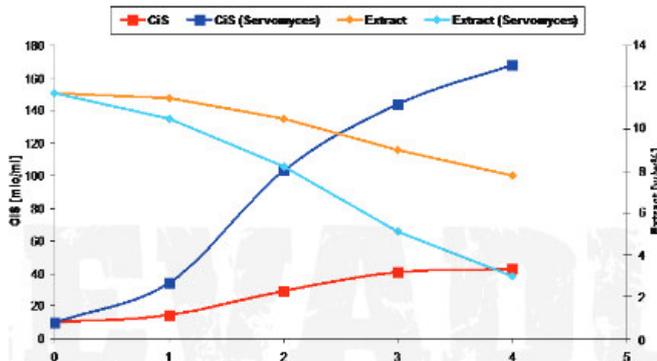


Figura 9: El efecto de la adición de Servomyces en propagaciones industriales de Lager.

### El poder anti fúngico de los cítricos

Se consideran grasas seguras, por lo que podrían utilizarse como aditivos antifúngicos naturales en los alimentos. Por NATÀLIA GIMFERRER MORATÓ 14 de mayo de 2008. La búsqueda de alternativas a los productos antimicrobianos sintéticos ha supuesto el desarrollo de nuevas investigaciones en los alimentos para determinar si se podían hallar, en ellos mismos, propiedades antimicrobianas. En este sentido, un reciente estudio llevado a cabo por científicos de la Universidad Miguel Hernández en Alicante (España) sugiere la función antifúngica que podrían desempeñar los aceites esenciales de algunos cítricos. Los aceites esenciales son el producto de complejas reacciones químicas presentes en los vegetales que dependen directamente de la radiación solar. Ya sea en plantas o en cítricos, la ausencia de rayos UV altera significativamente la composición del vegetal y, por tanto, su rendimiento para producir el aceite esencial. En cítricos como el limón, la naranja o la mandarina, los aceites se obtienen mediante la simple presión del fruto hasta obtener su parte líquida. En este caso, la esencia del fruto se encuentra en la parte más externa de la piel, donde se halla su color más vivo. Generalmente, los aceites esenciales están presentes en varios órganos de una misma planta, con lo que pueden obtenerse de las hojas, la flor o el fruto. No obstante, no se conoce la función exacta que desempeña el aceite esencial en un vegetal. Se sospecha que puede ser para atraer a los insectos para la polinización, para repelerlos o simplemente sea un producto resultante de varias reacciones químicas.

### Alternativas naturales

El aceite esencial de naranja es el medio más eficaz contra *Aspergillus niger*. Las preferencias del consumidor giran en torno a los productos más naturales. Por esta razón, son cada vez más frecuentes las alternativas naturales frente a las químicas. No sólo las preferencias del consumidor juegan un papel importante a la hora de buscar nuevas alternativas, ya que las

modificaciones legislativas o la resistencia de los patógenos a los antibióticos constituyen también factores de igual importancia. Los investigadores de la Universidad Miguel Hernández afirman que los aceites esenciales de cítricos se podrían considerar una alternativa adecuada y natural como aditivos alimentarios. De esta manera, se atienden igualmente las necesidades de seguridad alimentaria requeridas y la demanda de productos naturales de los consumidores. El estudio, publicado en la revista "Food Chemistry", señala que los aceites esenciales de limón, mandarina, pomelo y de naranja presentan actividad antifúngica contra colonias de *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium notatum* y *Penicillium verrucosum*. De acuerdo con la investigación, el aceite esencial de naranja es el medio más eficaz contra *A. niger* (50% de reducción). La mandarina produjo los mejores efectos contra *A. flavus* (65% de reducción) y, finalmente, el pomelo presentó efectos contra *P. chrysogenum* y *P. verrucosum* (48,1% y 48,3%, respectivamente).

Según los investigadores, otros estudios indican que la inhibición puede ser debida a los monoterpenos contenidos en los aceites esenciales, componentes que aumentarían la concentración de peróxidos lipídicos, que podrían provocar la muerte celular.

## **METANOGENESIS**

### **Fase metanogénica**

Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de biometanización. Las bacterias metanogénicas son las responsables de la formación de metano a partir de substratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, formato, metanol y algunas metilaminas. Los organismos metanogénicos se clasifican dentro del dominio Archaea, y, morfológicamente, pueden ser bacilos cortos y largos, cocos de varas ordenaciones celulares, células en forma de placas y metanógenos filamentosos, existiendo tanto Gram positivos como Gram negativos (Madigan et al., 1998). Todas las bacterias metanogénicas que se han estudiado poseen varias coenzimas especiales, siendo la coenzima M, la que participa en el paso final de la formación de metano (Madigan et al., 1998). Se pueden establecer dos grandes grupos de microorganismos, en función del substrato principal, dividiéndose en los hidrogenotróficos, que consumen hidrógeno y fórmico, y los metilotróficos o acetoclásticos, que consumen grupos metilos del acetato, metanol y algunas aminas (Cairó y París, 1988). Las principales reacciones metanogénicas se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales reacciones metanogénicas y otras consumidoras de hidrógeno (adaptada de Stams, 1994 y Fergusson et al., 1987).

<i>Reacciones hidrogenotróficas</i>	$\Delta G^0$ (KJ)
$4H_2 + H^+ + 2HCO_3^- \rightarrow \text{Acetato} + 4H_2O$	-104.6
$4H_2 + 4S^0 \rightarrow 4HS^- + 4H^+$	-112
$4H_2 + 2HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	-133.6
$4H_2 + 4SO_4^{2-} + H^+ \rightarrow HS^- + 4H_2O$	-151.9
$4H_2 + 4\text{fumarato} \rightarrow 4\text{succinato}$	-344.6
$4H_2 + NO_3^- + 2H^+ \rightarrow NH_4^+ + 3H_2O$	-399.6
<b>Interconversión formato-hidrógeno</b>	
$H_2 + HCO_3^- \rightarrow \text{formato} + H_2O$	-1.3
<b>Metanogénesis acetoclástica</b>	
$\text{Acetato} + H_2O \rightarrow HCO_3^- + CH_4$	-31.0
<b>Metanogénesis a partir de otros sustratos</b>	
<i>Formio</i>	
$4HCOOH \rightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O$	
<i>Metanol</i>	
$4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O$	
<i>Trietil-amoniaco</i>	
$4(CH_3)_3N + 6H_2O \rightarrow 9CH_4 + 3CO_2 + 4NH_3$	
<i>Dietaetil-amoniaco</i>	
$2(CH_3)_2NH + 2H_2O \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2NH_3$	
<i>Monometil-amoniaco</i>	
$4(CH_3)NH_2 + 2H_2O \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 4NH_3$	

La mayoría de los organismos metanogénicos son capaces de utilizar el H<sub>2</sub> como aceptor de electrones, mientras que sólo dos géneros son capaces de utilizar el acetato (Ferguson y Mah, 1987). A pesar de ello, en ciertos ambientes anaerobios, éste es el principal precursor del metano, considerándose que alrededor del 70% del metano producido en los reactores anaerobios se forma a partir de acetato (Jeris et al., 1965, citado en Ferguson y Mah, 1987). Los dos géneros que tienen especies acetotróficas son Methanosarcina y Methanotrix, siendo el principal exponente Methanosarcina barkeri, que es capaz de crecer en diversos sustratos, entre los que están H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, acetato, metanol, metilaminas y CO (Cairó y París, 1988).

### Cinética de la metanogénesis

La mayoría de los modelos utilizan la cinética de Monod para simular el crecimiento de los microorganismos metanogénicos, considerando como sustrato principal el acetato. Una colección de parámetros cinéticos, tomada de Pavlosthatis y Giraldo-Gómez (1991), se muestra en la Tabla 5. Algunos autores consideran separadamente la simulación de los organismos hidrogenotróficos, aunque muchos otros lo consideran inseparable de la fase acetogénica (Angelidaki et al., 1993; 1999). Puesto que la acetogénesis no puede desarrollarse a no ser que el consumo de hidrógeno sea muy eficiente, puede, que en los ambientes donde no haya problemas de acumulación de hidrógeno, sea suficiente con este tipo de modelo. No obstante, hay toda una generación de modelos que se basan, precisamente, en el papel regulador del hidrógeno.

Tabla 2. Resumen de parámetros cinéticos de la fase metanogénica (adaptado de Pavlostathis y Giraldo-Gómez, 1991)

Tipo cultivo	T*	k $\frac{gDQO}{gSSV \cdot d}$	K <sub>s</sub> $\frac{mgDQO}{L}$	$\mu_{max}$ d <sup>-1</sup>	Y $\frac{gSSV}{gDQO}$	b d <sup>-1</sup>
<b>Metanogénesis acetoclástica (substrato acetato en todos los casos)</b>						
Cultivo mezcla	25	5.0	930	0.25	0.050	0.011
Cultivo mezcla	30	5.1	356	0.275	0.054	0.037
Cultivo mezcla	35	8.7	165	0.357	0.041	0.015
Cultivo mezcla	60		26	0.28		
<i>Methanosarcina barkeri</i>	37	8.6	257	0.206	0.024	0.004
<i>Methanobacterium</i> sp.	30	2.6	11	0.26	0.01	
<i>Methanotribes soefrensis</i>	37		30	0.11	0.023	
<b>Metanogénesis hidrogenotrófica a partir de H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub></b>						
<i>Methanobrevibacter</i> <i>arborvitae</i>	33		0.6	1.4	0.04	
<i>Methanobrevibacter smithii</i>	37	90	0.018	4.02	0.045	0.088
<i>Methanobrevibacter smithii</i>	37					
Bacterias del rumen	37	2-8	0.016			
Lodo de digestor	30	11-69	0.07-0.11			
<i>Methanobacterium</i> <i>thermoautotrophicum</i>	60	50-54	0.09-0.14		0.13	
<i>Methanospirillum hungatei</i>	37	1.92	0.09-0.12	0.05	0.017-0.03	
Cultivo mezcla	35	16.5	4.8*10 <sup>-5</sup>			

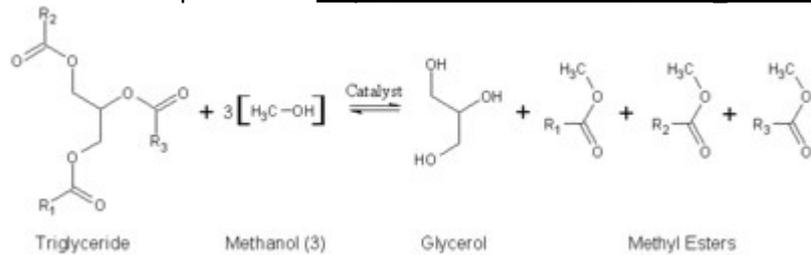
### Inhibición de la metanogénesis

Diversos compuestos se han descrito como inhibidores del crecimiento de los microorganismos metanogénicos. Entre los más conocidos están el nitrógeno amoniacal, los ácidos grasos de cadena larga, ácidos grasos volátiles, algunos cationes, etc. No todos los grupos de metanogénicos resultan igualmente inhibidos por los mismos compuestos. La inhibición por amoníaco libre es más fuerte para los metanogénicos acetoclásticos que para los hidrogenotróficos (Hansen et al., 1998).

### Transesterificación

Las grasas de animales y plantas están hechas típicamente de triglicéridos, que son ésteres de ácidos grasos libres con glicerol. En el proceso, el alcohol es deprotonado (removido de un catión hidrógeno de una molécula) con una base para formar un nucleófilo (anión con un par de electrones libres) más fuerte. Comúnmente son usados etanol y metanol. Como se ve en el diagrama, la reacción no tiene otros reactivos más que el triglicérido y el alcohol. En condiciones ambientales normales, la reacción puede no ocurrir o hacerlo de manera muy lenta. Se usa el calor para acelerar la reacción, además de un ácido o una base. Es importante notar que el ácido o la base no son consumidos durante la reacción, es decir, son catalizadores. Casi todo el biodiésel es producido a partir de aceites vegetales vírgenes usando una base como catalizador debido a que es el método más económico, requiriendo bajas temperaturas y presiones y obteniendo una conversión del 98%. Sin embargo, hay otros métodos que usan ácidos como catalizadores que son más lentos.

Gráfico 3 recuperado de: [http://www.hielscher.com/index\\_es.htm](http://www.hielscher.com/index_es.htm)

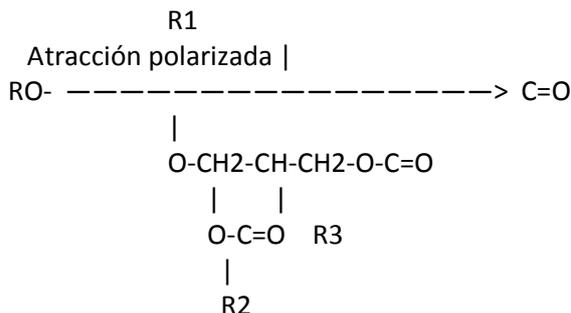


Un ejemplo de la transesterificación mostrado en fórmula esquelética.

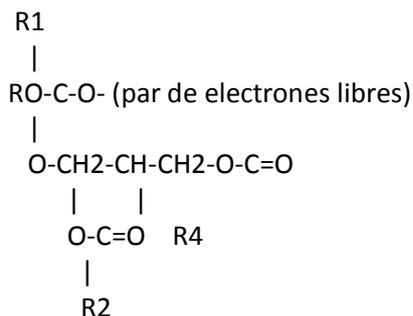
Durante el proceso de esterificación, el triglicérido reacciona con un alcohol en presencia de un catalizador, generalmente hidróxidos fuertes (NaOH o KOH). El propósito de hacer una valoración ácido-base es para saber cuánta base es necesaria para neutralizar todos los ácidos grasos libres y, entonces, completar la reacción.

### Transesterificación usando bases

En este caso, la transesterificación se realiza a través del mecanismo de reacción conocido como sustitución nucleofílica en el acilo, usando una base fuerte, capaz de deprotonar el alcohol, como catalizador. Comúnmente, la base es disuelta en el alcohol para dispersarla en todo el aceite. El hidróxido debe ser muy seco: cualquier cantidad de agua en el proceso aumenta las probabilidades de saponificación, y producir jabones consumiendo la base. Una vez hecha la mezcla de alcohol y base, es agregada al triglicérido. El átomo de carbono del grupo carbonilo del éster del triglicérido soporta una densidad de carga positiva y el átomo de oxígeno del grupo carbonilo, más electronegativo, presenta una mayor densidad de carga, con lo cual el enlace se encuentra polarizado <debilitado>. Esta polarización del grupo C=O da lugar a que el anión alcóxido (RO<sup>-</sup>) ataque al centro positivo del enlace.

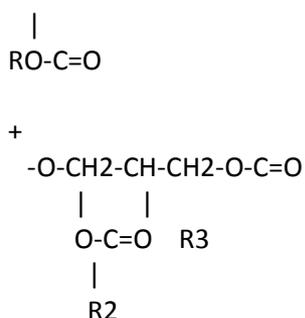


Esto genera un intermedio tetraédrico con carga negativa en el antiguo grupo carbonilo.



Estos electrones vuelven a unirse con el carbono y desplazan al diacilglicerol formando un éster.

R1



El proceso se repite para los otros dos ésteres restantes unidos al glicerol. Esta reacción tiene unos factores limitantes:

1. El grupo RO- tiene que encajar en el espacio donde está la carga positiva en el grupo carbonilo.
2. Al aumentar el tamaño de la cadena del alcohol la Velocidad de reacción disminuye. Este fenómeno es llamado efecto estérico y es la razón primaria del uso de alcoholes de cadenas cortas.
3. Pueden ocurrir muchas otras reacciones diferentes, por esto, se agrega un exceso de alcohol para asegurar que la transesterificación ocurra

### **Efecto estérico**

El efecto estérico (o efecto de la orientación) es un impedimento descrito en la química orgánica causado por la influencia de un grupo funcional de una molécula en el curso de una reacción química. El término fue utilizado por primera vez en 1894 por Viktor Meyer, que lo acuñó al observar que algunas reacciones son muy lentas cuando en el área de la reacción hay grandes átomos o grupos. Hay que tener en cuenta que, para que se produzca una reacción entre dos moléculas, éstas deben colisionar de forma que su orientación relativa sea la correcta.

También se produce este efecto cuando un grupo sustituyente interacciona con átomos o grupos de átomos de la cadena en la que se incluye modificando alguna de sus características, como el punto de ebullición.

### Impedimento estérico

El efecto se produce cuando el volumen ocupado por parte de una molécula impide que otra parte de la misma reaccione. Un ejemplo conocido del impedimento estérico es la aplicación de cetonas en una reacción Grignard; si se añade metilpropano, la reacción se frena e incluso se detiene. Aunque el efecto estérico sea un problema de vez en cuando, también puede ser una herramienta muy útil: a menudo es utilizado por los químicos para modificar el comportamiento de una molécula en una reacción química o detener ésta (protección estérica).

### Repulsión estérica

Se produce cuando un grupo de una molécula es aparentemente debilitado o protegido por grupos funcionales menos cargados (o con carga eléctrica opuesta), incluyendo soluciones de iones (Repulsión de Debye). En algunos casos, el átomo a interaccionar deberá buscar lugares menos protegidos, lo que permite controlar cuándo y en qué dirección se producirá la interacción molecular.

## Atracción estérica

Se produce cuando las moléculas tienen formas o geometrías optimizadas para sus interacciones. En este caso, las moléculas al reaccionar entre sí de una manera, la mayoría de las veces, específica

## **BIO DIÉSEL**

### **Ventajas**

#### **Es un combustible que no daña el medioambiente.**

El Biodiésel (Ésteres metílicos de ácidos grasos) no daña el medio ambiente por ser un combustible de origen vegetal en su estado 100% puro. Su uso en el referido estado sería completamente inocuo con nuestro medio.

Para poder usarse se debería efectuar unas pequeñas modificaciones técnicas en los motores diésel, como sería modificar el compuesto de la goma y/o cauchos de los manguitos y latiguillos del circuito del combustible. Ello es debido a que el biodiésel 100% tiene la particularidad de disolver la goma. Desde los años 90, casi todos los fabricantes de vehículos (principalmente marcas alemanas), ya han sustituido dichos conductos fabricados con materiales plásticos o derivados, que el Biodiésel 100% puro no los disuelve.

En España, y ante la imposibilidad de controlar si los vehículos que lo reposten en las EESS están o no preparados para la utilización de Biodiésel 100% puro, se comercializa una mezcla Bionor MX-15 (12% Biodiésel +88% Gasóleo), y así cualquier vehículo lo puede utilizar sin ningún tipo de problema.

#### **No contiene prácticamente nada de azufre. Evita las emisiones de SO<sub>x</sub> (lluvia ácida o efecto invernadero).**

El Biodiésel no contiene azufre, agente que se encuentra en el gasóleo por su poder de lubricación. En la actualidad los modernos gasóleos bajos en azufre, por su proceso de desulfuración pierden el poder de lubricación, incrementando el ruido y desgaste de los motores. Las compañías petroleras deben por este motivo aditivar el gasóleo con aditivos químicos y sintéticos para paliar esa anomalía. En Francia se aditiva todo el gasóleo que se comercializa en EESS con Biodiésel al 2% como aditivo lubricador.

#### **Mejora la combustión, reduciendo claramente emisiones de hollín (hasta casi un 55% desapareciendo el humo negro y olor desagradable).**

Dado que la molécula de biodiésel aporta, por unidad de volumen, más átomos de oxígeno que lo que aporta el mismo volumen de gasóleo convencional, la presencia de inquemados es menor utilizando biodiesel dado que hay menos moléculas de carbono elemental (hollín) y menos de monóxido de carbono (CO).

#### **Produce, durante su combustión menor cantidad de CO<sub>2</sub> que el que las plantas absorben para su crecimiento (ciclo cerrado de CO<sub>2</sub>).**

El dióxido de carbono CO<sub>2</sub> que emite a la atmósfera el Biodiesel durante la combustión es neutro, ya que es el mismo que captó la planta oleaginosa utilizada para extraer el aceite

durante su etapa de crecimiento. Con lo cual, la combustión de Biodiesel no contribuye al efecto invernadero, es neutra y ayuda a cumplir el protocolo de Kyoto.

**No contiene ni benceno, ni otras sustancias aromáticas cancerígenas (Hidrocarburos aromáticos policíclicos).**

El Biodiesel, como combustible vegetal no contiene ninguna sustancia nociva, ni perjudicial para la salud, a diferencia de los hidrocarburos, que tienen componentes aromáticos y bencenos (cancerígenos). La no-emisión de estas sustancias contaminantes disminuye el riesgo de enfermedades respiratorias y alergias.

**Posee un alto poder lubricante y protege el motor reduciendo su desgaste, así como sus gastos de mantenimiento.**

El Biodiesel por ser su origen los aceites vegetales, tiene un alto poder de lubricación, alargando la vida de los motores, reduciendo el ruido en los mismos, así como notablemente abaratando los costes de mantenimiento. Así mismo como característica del Biodiesel, cabe reseñar el poder detergente, que mantiene limpios los sistemas de conducción e inyección del circuito de combustible de los motores.

**Es el único combustible no contaminante alternativo a los motores de gasóleo convencional.**

El Biodiesel, es el único combustible renovable alternativo en los motores diésel. Por su composición vegetal, es inocuo con el medio, es neutro con el efecto invernadero, y es totalmente compatible para ser usado en cualquier motor diésel, sea cual sea su antigüedad y estado. La mezcla que se comercializa, siguiendo la normativa recién aprobada en España, cumple con todas y cada una de las especificaciones de Gasóleo de Automoción (EN-590), mejorando los parámetros deficitarios de dicha norma.

### **Desventajas**

- A bajas temperaturas puede empezar a solidificar y formar cristales, que pueden obstruir los conductos del combustible.
- Por sus propiedades solventes, puede ablandar y degradar ciertos materiales, tales como el caucho natural y la espuma de poliuretano. Es por esto que puede ser necesario cambiar algunas mangueras y retenes del motor antes de usar biodiesel en él, especialmente con vehículos antiguos.
- Sus costos aún pueden ser más elevados que los del diésel de petróleo. Esto depende básicamente de la fuente de aceite utilizado en su elaboración.

### **MATERIALES**

- Triturador; Tanque de macerado; Tela de macerado; Tanque de decantación, Tanque de fermentación; Equipo de destilación; Mezcladores magnéticos grandes; Estufa; Ollas grandes; Tanque para digestor anaeróbico; Pulmones recuperadores; Termómetro.

### **REACTIVOS**

- NaOH (sosa caustica); Residuos sólidos orgánicos; Aceites comestibles usados; Fenolftaleína; Alcohol isopropílico; Agua (H<sub>2</sub>O); Metanol; Etanol.

## **PROCEDIMIENTO**

- Triturado de la basura; Macerado; Filtrado del mosto; Fermentación; Destilado de metanol; Destilado de etanol; Metano a biodiesel; Recuperación de metano y CO<sub>2</sub>

### **Triturado**

Se tritura la basura con el fin de convertir esta materia orgánica en un material mucho más fácil de descomponer cualquier resto de almidón o polisacáridos en mono sacáridos o azúcar fermentable. Además, este es un proceso muy útil para un compostaje anaeróbico posterior.

### **Macerado**

Se añade alrededor de unos 10 kilos de basura triturada con 35 litros de agua a 75 grados centígrados lo cual se colocará en el tanque de macerado que dispone de una tela de filtrado o macerado y unos exprimidores en la parte superior. Aquí se deja la mezcla 90 minutos aproximadamente que es lo que dura el proceso de conversión de los almidones que se encuentren en la basura en azúcares fermentables.

### **Filtrado del mosto**

Se exprime todo el líquido que contiene el tanque de maceración y se añade unos 10 litros de agua para lavar todo el azúcar que se produjo en la maceración el residuo de basura que queda será reutilizado como sustrato en compostaje anaeróbico.

### **Fermentación**

Se añade en el decantador el mosto separado en el filtrado junto con las levaduras precautelando siempre que la temperatura sea bajo los 35 grados centígrados para que las levaduras no se inactiven o mueran (la temperatura dependerá del tipo de levadura que se esté utilizando).

Se dejará en reposo en un ambiente anaeróbico de 10 a 15 días controlado por un globo de captación de CO<sub>2</sub> y metano que servirá para la reutilización de energía por reutilización de gas natural CH<sub>4</sub> cuando el barómetro se mantenga completamente estable la conversión metabólica por acción de las levaduras que convierten las azúcares fermentables en alcohol se habrá terminado.

### **Destilado de metanol**

Este es el primer paso en el destilado ya que este tipo de alcohol se destila a temperaturas bajas de 65°C (condiciones normales), en Quito 59.8°C y es el primer alcohol que vamos a separar controlando la distancia de la mecha o con una estufa y una niquelina regulada en función de nuestras necesidades este alcohol será utilizado para la producción de biodiesel. Utilizaremos una temperatura de 65°C ya que es una temperatura en la cual no destilaremos nada más que metanol.

### **Destilado de etanol**

Este es el segundo paso en cuanto a destilación ya que su punto de ebullición a los 78.37°C (C.N) y en Quito Quito es 72.1°C; siendo mayor al punto de ebullición del metanol por lo cual una vez destilado el metanol elevaremos la temperatura hasta los 80 °C destilando así el

alcohol etílico deshidratado casi en su totalidad ya que el punto de ebullición del agua es 92 °C en Quito. El alcohol etílico tiene muchas utilidades como combustible en reemplazo de gasolina comercial, como antibacteriano y en subproductos derivados, así como para fabricar biodiesel.

## **METANOL Y ACEITES COMESTIBLES USADOS A BIO-DIESEL**

### **Filtrado y deshidratado de aceites comestibles usados**

Filtramos el aceite y al resultante pasamos a deshidratarlo llevándolo hasta su punto de ebullición para evaporar el agua existente en el mismo, la cual interferirá en el proceso generando más glicerina como subproducto en la conversión a biodiesel.

### **Valoración ácido base**

Se realizará una valoración ácido base con el objetivo de verificar la cantidad de hidróxido de sodio que debemos añadir a la muestra de aceite, donde se utiliza alcohol isopropílico, una muestra del aceite a utilizar, una solución al 1 % de NaOH y el indicador (fenolftaleína).

### **Preparación del metoxi**

Este es un compuesto generado al realizar la mezcla de la cantidad requerida de NaOH por litro de aceite con el alcohol. Mezcla que debe estar completamente homogénea y sin partículas sedimentables.

### **Adición del aceite**

El metoxi generado en el paso anterior se mezcla con la cantidad de aceite comestible usado previamente tratado y se agita fuertemente por lo menos durante unos 40 minutos para que el proceso de transesterificación se realice por completo si se desea se puede añadir un catalizador extra como calor para acelerar la reacción. Después se dejará en reposo para que se realice la decantación de glicerina del biodiesel.

### **Separación de la glicerina del biodiesel**

Por decantación una vez que se agito y se dejó en reposo el tiempo apropiado, las partículas de glicerina que son más pesadas que el biodiésel se ubican en la parte inferior del tanque o recipiente donde por decantación será separado del biodiesel. Este subproducto puede ser utilizado en la industria para hacer jabones ya que es la materia prima. (En este paso se puede utilizar un acelerador de decantación a partir de una separación electroestática, ya que el proceso de decantación natural de la glicerina es bastante lento puede tardar incluso días.)

## **RECUPERACIÓN DE GAS METANO Y CO<sub>2</sub>**

### **Proceso de digestión anaeróbica**

Como se sabe hay diferentes diseños de sistemas de digestión anaeróbica como el método chino y el método Indore, pero el principio es el mismo generar condiciones de ausencia de oxígeno para que exista proliferación de microorganismos anaeróbicos por lo cual, sacando lo mejor de todos estos y con el principio de generar las condiciones anaeróbicas con humedades por encima del 80% como la fácil recuperación del gas metano y de la materia digerida dentro

de los digestores para enmiendas orgánicas. Se diseña un modelo de digestor anaeróbica con propósitos investigativos del proceso y de aprovechamiento de sus productos.

Rellenaremos con fuentes de nitrógeno (hojas verdes, material fresco vegetal, carne, desechos con alto contenido proteico), fuentes de carbono como son hojas secas ramas trituradas este se rellena el digestor con estiércol, fuentes de nitrógeno y carbono; en el caso de estos dos últimos el sustrato de carbono y parte del nitrógeno proceden del desecho generado en el proceso de maceración en la fermentación que ya ha sido previamente triturado y descompuesto parcialmente por maceración en moléculas más simples como son los almidones en di y trisacáridos; estos a su vez en monosacáridos. Los residuales que quedan en el sustrato forman parte de la digestión anaeróbica, la misma que se verá maximizada en su eficiencia en cuanto a la producción de metano como en la producción de enmiendas orgánicas ya que han pasado como hemos visto por un proceso de predigestión, disminuyendo el tiempo de retención del digestor generando mayor beneficio ambiental y económico.

El metano principalmente lo recuperaremos a partir del desecho metabólico anaeróbico microbiano que se da en mayor cantidad en el compostaje anaeróbico y en menor cantidad en la fermentación para la obtención de alcoholes a partir de basura, esto lo realizaremos por medio de pulmones de gas que evitarán una explosión por aumento de presión en el gas metano y mediante tuberías reutilizarlo en el calentamiento de agua para el proceso de maceración.

### **Mecanismos de maximización del proceso**

A pesar de que hay muchos mecanismos metabólicos para la generación de metano como son arqueobacterias (Methanococcus, Methanocaldococcus, Methanobacterium, Methanothermus, Methanosarcina, Methanosaeta y Methanopyrus), según los sustratos que se encuentren en el medio, por ejemplo se puede efectuar a partir de formiato ( $\text{HCOO}^-$ ), de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), de piruvato ( $\text{CH}_3\text{COOCOH}$ ), de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), de acetato ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ), entre otros. El gas metano producido por acción de la digestión anaeróbica será maximizado por la adición de bacterias productoras de acetatos (acetatobacterias) utilizadas en la industria del vinagre que a pesar de ser pocas las bacterias metanogénicas que utilizan acetato para la producción de metano, son muy eficientes y pueden producir alrededor del 60 al 70% (Jeris et al., 1965, citado en Ferguson y Mah, 1987).

Los dos géneros que tienen especies acetotróficas son Methanosarcina y Methanotherix, siendo el principal exponente Methanosarcina barkeri, que es capaz de crecer en diversos sustratos, entre los que están  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$ , acetato, metanol, metilaminas y  $\text{CO}$  (Cairó y París, 1988) del metano de una digestión anaeróbica. En la producción de metano es muy importante recalcar que los desechos húmedos obtenidos de el filtrado del mosto en el proceso de filtrado en la elaboración de alcohol a partir de basura es la materia prima en condiciones perfectas para introducir en un digestor anaeróbico por la consistencia y tamaño de las partículas ya trituradas previamente; lo cual facilitará la proliferación de actividad microbiana anaeróbica, fermentaciones acética, alcohólica y la fácil descomposición de ácidos grasos y aminoácidos; mejorando la producción de gas metano en el digestor anaeróbico el mismo que será utilizado para el calentamiento tanto en la destilación como en otros fines energéticos.

### **Mecanismo de recuperación del gas metano y $\text{CO}_2$**

Nosotros proponemos como mecanismo de recuperación de gases tanto  $\text{CO}_2$  en la fermentación, como el metano en la biodigestión anaeróbica los pulmones recuperadores que

evitan cualquier posible riesgo de explosión por aumento de presión en el gas metano y que son de fácil reinyección para la generación energética utilizando al metano como combustible. Los pulmones recuperadores hacen las veces de un globo hermético que contiene el gas recuperado que por medio de un pequeño compresor y válvulas de apertura y cierre redireccionarán el gas producido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las levaduras modificadas especiales para la elaboración de la cerveza a las cuales se les añade zinc y magnesio, presentan una mayor producción de alcohol desde el primer día de ser añadidas en un medio con azúcares en un análisis organoléptico por olor a fermento, mientras que las levaduras de pan normales a pesar de que ambas son el mismo tipo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* se logra el mismo punto de fermento en más del doble de tiempo, esto se debe a que el Zn es un cofactor de la enzima alcohol deshidrogenasa responsable de la producción de alcohol principalmente etanol. En cuanto a la reproducción de igual manera se puede observar a simple vista en un análisis macrométrico que es más elevada en las levaduras a las que se les añade Zn y Mg ya que al ser añadidos se ayuda a que existan condiciones apropiadas para activar la reproducción sexual de las levaduras coexistiendo tanto la reproducción por gemación, como la sexual por células haploides  $\alpha$  y  $a$ . Teóricamente hablando el Zn ha sido utilizado para la estimulación en la reproducción, por ejemplo, la razón de que a los mariscos se los considere afrodisiacos es debido a su alto contenido de Zn.

En la producción diferenciada de alcohol etílico y metílico se ve un rendimiento mayor en el alcohol etílico de alrededor del 70% al 90% a pesar de esto la producción de metanol es mucho más alta que en la elaboración de alcoholes consumibles por fermentación como: cerveza y vinos donde son ínfimos los porcentajes; esto parece ser que se debe a la mayor presencia de pectinas un heteropolisacárido presente en las cáscaras (materia que normalmente se desecha) de los frutos y vegetales; sustrato con el cual las levaduras producirían mayor cantidad de metanol que el producido con otro tipo de azúcares.

En tanto a pruebas realizadas con azúcar en presencia de cítricos se ve que el proceso de fermentación y reproducción de las levaduras se ve ralentizado y si se añade mucho incluso puede detenerse dependiendo de la proporción utilizada; razón por la cual debemos verificar que no exista un alto porcentaje de cítricos en nuestra materia prima para la fermentación para que estos no intervengan en el proceso. Esto se debe a la capacidad antimicótica presente en los cítricos y debido a que las levaduras son hongos unicelulares estas se verán afectadas por la presencia de los mismos.

En cuanto a pruebas realizadas con glucosa (monosacárido), maltosa (disacárido) y almidón (polisacárido) se observa una mejor producción alcohólica en un análisis organoléptico por olor a fermento en la fermentación realizada con monosacáridos después seguía el disacárido y por último el polisacárido; por lo cual adelantándonos al proceso posterior de biodigestión anaeróbica, este se verá optimizado al realizar una predigestión en el proceso de maceración para la fermentación, ya que aquí por adición de calor, se rompen los almidones para formar tri y disacáridos y estos a su vez para formar monosacáridos, lo mismo que facilitará la producción de alcohol y otros sustratos utilizados en la biodigestión anaeróbica motivo por el cual mejorará la producción de metano en estos digestores.

En la producción de biodiésel, el proceso de transesterificación se ve ralentizado por la utilización de etanol y además se produce mayor cantidad de glicerina como coproducto (mismo que puede ser utilizado por la industria cosmética para la producción de jabones) en la reacción, lo cual nos indica que es menos eficiente que el metanol; pero por otro lado

alrededor del 80%, incluso más en algunos casos del alcohol generado en la fermentación es etanol; razón por la cual podría ser utilizado fácilmente para el proceso de transesterificación, así como para sustituirlo directamente por gasolina en una concentración elevada lograda con destilación; aquí el uso de alcohol etílico es más eficiente que el uso de metanol ya que a pesar de tener una cadena más larga la densidad del etanol  $789 \text{ kg/m}^3$  es menor que la del metanol  $792 \text{ kg/m}^3$  lo que nos indica que en un motor de gasolina tendrá un mejor rendimiento al fluir más fácilmente por el motor y se presentará menos problemas de taponamiento de inyectores por la misma razón.

## CONCLUSIONES

En la fermentación los ácidos cítricos deben ser escasos ya que al tener acción antimicrobiana y al ser las levaduras un hongo unicelular interfieren en el proceso de fermentación.

Es mejor utilizar metanol que etanol para la producción de biodiesel ya que su cadena es más corta pudiendo incorporar más fácilmente los triglicéridos a la cadena ya que, en la utilización de etanol el proceso se realimenta por ser la cadena de carbono más larga al producirse un proceso llamado efecto estérico en su fenómeno de impedimento estérico donde el efecto se produce cuando el volumen ocupado por parte de una molécula impide que otra parte de la misma reaccione.

La trituración y predigestión de los desechos optimizan el proceso de biodigestión ya que es un proceso de pre-descomposición por acción de calor y trituración que optimiza la producción de alcoholes y otros sustratos necesarios en la generación de metano además que disminuiría el tiempo de retención del proceso.

La mayor producción alcohólica por medio de las levaduras es posible con la generación de un ambiente controlado de temperatura, pH y la adición de minerales como zinc que aumentan la reproducción de las levaduras en su fase sexual y ya que el Zn es un cofactor de la enzima alcohol deshidrogenasa responsable de la producción de alcohol.

## BIBLIOGRAFÍA

<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-metanogenesis.pdf>

[http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/Octubre\\_2011/IF\\_DECHECO%20EGUSQUIZA\\_FIPA/CAPITULO%20N%BA%2010.pdf](http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Octubre_2011/IF_DECHECO%20EGUSQUIZA_FIPA/CAPITULO%20N%BA%2010.pdf)

<http://web.udl.es/usuaris/r5213847/metanog.html>

<https://enciclopedia-Encarta/Acetobacteria>

<http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=181>

<http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/927/1/1608004x.pdf>

[http://www.todocerbeza.com.ar/docs/Catalogo\\_lallemand.PDF](http://www.todocerbeza.com.ar/docs/Catalogo_lallemand.PDF)

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975007000262>

<http://www.biodieselpain.com/que-es-el-biodiesel/>

[http://www.hielscher.com/index\\_es.htm](http://www.hielscher.com/index_es.htm)



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-51

**Título del trabajo:** Gestión de la formación ambiental a través de la dimensión extracurricular del proceso de formación profesional. Propuesta desde la Universidad de Pinar del Río, Cuba.

**Autor (es):** Dora Lilia Márquez Delgado, Mayra Casas Vilardell, José Alberto Jaula Botet, Luis Humberto Márquez Delgado, Luis Guillermo Castillo González, Evelyn Pérez Rodríguez, Noarys Pérez Díaz, Rosa Hernández Acosta

**Ponente (s):** Mayra Casas Vilardell

**E-mail:** [mcasas@upr.edu.cu](mailto:mcasas@upr.edu.cu)

**Institución:** Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”

**País:** Cuba

#### RESUMEN

La temática de la formación ambiental supone un profundo reto en la formación de los profesionales en el contexto actual desde la complejidad de la problemática ambiental y su incidencia cada vez mayor en el plano social. Este reto plantea a la Universidad la necesidad de favorecer enseñanzas que se deriven de las prácticas concretas del ambiente, estimulen la creatividad, el pensamiento crítico y promuevan una visión más integradora. En este sentido se reconocen las potencialidades de la dimensión extracurricular, al sistematizar en la búsqueda, construcción e implementación de acciones dirigidas al mejoramiento y/o solución de problemas ambientales asociados a las prácticas de las profesiones. A través del presente trabajo se caracteriza la formación ambiental en la dimensión extracurricular, definiendo momentos para el desarrollo de propuestas prácticas.

## **INTRODUCCIÓN**

La sociedad contemporánea caracterizada por los múltiples y complejos problemas ambientales: pérdida de la diversidad biológica y cultural, el cambio climático, la contaminación, desertificación, inseguridad alimentaria, los desplazamientos humanos, entre otros fenómenos, plantean a la Universidad, el reto que supone la formación ambiental.

“La necesidad de la formación ambiental de profesionales dimana del proceso de deterioro provocado por una globalización homogeneizante que amenaza no solo con destruir la diversidad biológica del planeta, sino con barrer en el mismo proceso con la soberanía y la diversidad cultural de nuestros pueblos”. (Bérriz, R. y otros, 2003).

Este planteamiento subraya la significación que alcanza la formación ambiental en el contexto de la Educación Superior, y plantea sus retos a partir de la comprensión de que constituye, según se expresara desde la Conferencia de Tbilisi en 1977, un proceso de construcción de un saber interdisciplinario y de nuevos métodos holísticos para analizar los procesos socio ambientales complejos que emergen del cambio global. (UNESCO, 1994). Todo lo cual constituye un importante reto a enfrentar por la universidad en su misión de formar profesionales.

En este sentido el presente trabajo se dirige al perfeccionamiento del proceso de formación ambiental en la dimensión extracurricular de la formación profesional, a través de su fundamentación, lo que permite el desarrollo de acciones dirigidas a sistematizar en esta dimensión, el tratamiento a problemas ambientales asociados a las prácticas de la profesión.

Entendido el proceso extracurricular como el que permite validar conocimientos, habilidades, formar o reforzar valores como profesional, y por ende esencial para promover una nueva cultura ambiental, guiada por los principios de democracia, diversidad, equidad social y por nuevos valores y patrones de conducta.

La cuestión ambiental reclama de una verdadera transformación del saber, no solo en el sentido de las exigencias en el manejo integral de los recursos naturales, sino en el de la aparición de una nueva ética, “pues junto con la crisis ambiental que pone en riesgo la vida, hoy vivimos una crisis moral que cuestiona el sentido de la vida humana” (Leff, 2011)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para cumplimentar el objetivo de la presente propuesta, los métodos utilizados fueron los siguientes:

Como métodos teóricos:

Se utilizó el método histórico - lógico en el análisis de la bibliografía para la determinación de las principales particularidades en el proceso de formación ambiental en el contexto de la educación superior, y su especificidad en la dimensión extracurricular. Este método permitió además establecer el marco conceptual, así como determinar las principales manifestaciones en el objeto de la investigación.

Al utilizar el método de modelación, fue posible hacer las abstracciones necesarias para fundamentar el proceso de formación ambiental en la formación de los profesionales en la dimensión extracurricular.

El método sistémico- estructural unido al de modelación, permitió determinar las relaciones y dinámica, del proceso estudiado.

Como métodos empíricos esenciales, se utilizó el análisis documental.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Medio ambiente y desarrollo**

A fin de fundamentar el proceso de formación ambiental en el contexto de la formación de profesionales, se considera significativo partir del análisis de las concepciones sobre medio ambiente y desarrollo.

A nivel internacional el binomio medio ambiente y desarrollo se pronuncia en un amplio marco, en la llamada Cumbre de Río de 1992. La comprensión de esta relación ha variado la concepción sobre el medio ambiente, que ya no solo abarca los elementos biofísicos, sino también el elemento cultural. "(...) la relación de la humanidad con el medio ambiente natural se ha considerado hasta ahora sobre todo en términos biofísicos pero, cada vez más, se reconoce que el medio ambiente está íntimamente ligado a la actividad de los grupos humanos, al uso que hacen de los recursos naturales y al valor y significados que atribuyen a sus ecosistemas. (UNESCO, 2000).

El concepto de medio ambiente ha ido evolucionando de tal forma, que se ha pasado de considerar fundamentalmente sus elementos biofísicos, a una concepción más amplia, en la que se destacan las interacciones entre sus diferentes aspectos, acentuándose la vertiente económica y sociocultural, y que lo asocian al modelo de desarrollo.

Desde la Conferencia de Belgrado "se considera que el medio ambiente está integrado por las relaciones fundamentales que existen entre el mundo natural y biofísico y el mundo artificial o sociopolítico" (UNESCO, 1977). Por lo que el medio ambiente debe entenderse, no solo como fuente de recursos que alimenta la humanidad, sino como el ámbito donde esta evoluciona y desarrolla sus formas culturales, que elabora como respuesta a su propia condición de ser vivo.

En consecuencia se identifican como problemas ambientales, no solo la contaminación, degradación del suelo, sequía, pérdida de la diversidad biológica, etc., sino también otros relativos a cuestiones sociales, culturales, económicas, relacionadas con el modelo de desarrollo.

Profundizando en el término medio ambiente, en la literatura revisada se encuentran diversas definiciones. Leff (1997), analiza que: "el ambiente está integrado por procesos, tanto de orden físico como social, dominados y excluidos por la racionalidad económica..." y continúa expresando que el ambiente, "no es pues el medio que circunda a las especies y a las poblaciones biológicas; es una categoría sociológica (y no biológica), relativa a una racionalidad social, configurada por comportamientos, valores y saberes..."

Por su parte Martínez (2008), reconoce que el medio ambiente puede entenderse como un macro sistema formado por varios subsistemas que interactúan entre sí.

De manera general, a partir del estudio de criterios de autores, tales como: Leff, E. (1997); Sejenovich, H. (1998); Foucault, M. (1980); Jaula, J. (2004) se considera que el medio ambiente es:

- Sistema complejo y dinámico que integra tres grandes subsistemas: naturaleza, sociedad y economía, y donde se produce una relación dialéctica entre la sociedad y la naturaleza.
- Estrechamente ligado al desarrollo.
- Abarca no solo elementos biofísicos, sino también el elemento cultural.
- Papel central de la cultura en su estudio.

Por su parte, el desarrollo se expresa en numerosos postulados bien controvertidos, el de ser interpretado mayormente por los economistas como ciertos incrementos del Producto Interno Bruto (PIB) o proporciones entre variables macroeconómicas. Sin embargo, se considera actualmente esta visión como una de las más tergiversadas que no aciertan a conectar el crecimiento económico con su dimensión cultural. La interpretación del desarrollo a partir de tanta inequidad, donde una minoría vive en amplia opulencia, mientras la gran mayoría se debate en la sobrevivencia, es inmerecedor de un calificativo de progreso.

Al respecto, Amartya Sen Indio, Premio Nóbel de Economía de 1998, señala la existencia de dos maneras de percibir el proceso de desarrollo en el mundo contemporáneo. Una de ellas profundamente influenciada por la economía del crecimiento y sus valores subyacentes, llamándola “noción opulenta del desarrollo”. Y en contraste, la otra noción de desarrollo la nombra de la “libertad real”, en tanto lo considera como un proceso que enriquece a los involucrados en la búsqueda de sus propios valores.

No obstante, el modelo de desarrollo dominante en la actualidad está basado en una racionalidad instrumental dominado por el crecimiento económico indefinido, en el progreso material como principal indicador de “bienestar”.

Esta visión del desarrollo es la que ha generado la crisis ambiental que hoy tiene una profunda incidencia cada vez mayor en el plano social, expresada en la agudización de la pobreza, en las migraciones de los países pobres a los ricos y a las ciudades, proliferación del desempleo, elevado aumento de los precios de los alimentos haciendo que los países pobres sean más vulnerables a la inseguridad alimentaria, extinción de las culturas tradicionales e imposición de una cultura hegemónica y homogénea, etc.

El impacto negativo de la degradación ambiental a escala social ha profundizado a su vez, en el deterioro de los sistemas naturales, la deforestación, el calentamiento de la atmósfera, la pérdida de la diversidad, la degradación de los suelos, etc. A decir de Enrique Leff “...la degradación del ambiente genera un círculo perverso de pobreza que a su vez acentúa el deterioro ecológico...” (Leff, 1997)

Todo lo antes expuesto fundamenta la necesidad de una formación ambiental en la formación de profesionales, que sea analizada como un proceso y en vínculo con las prácticas concretas que se desarrollan en el medio.

### **Formación ambiental en el proceso de formación profesional. La dimensión extracurricular como vía para su desarrollo.**

En la Conferencia Regional sobre Políticas y Estrategias para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, el académico Axel Didriksson destacó que una de las tendencias principales de la Educación Superior para el siglo XXI es la formación de profesionales con una cultura y una conciencia ambiental.

Para abordar el proceso de formación ambiental, en el contexto de la formación de profesionales, se parte del análisis del término formación en la educación superior cubana, el cual se emplea para caracterizar el proceso sustantivo desarrollado en las universidades, con el objetivo de preparar integralmente al estudiante en una determinada carrera universitaria, y abarca tanto los estudios de pregrado (o de grado, como se le denomina en algunos países) como los de postgrado.

"La formación se considera como un proceso de adquisición de conocimientos, habilidades, valores y la experiencia de la actividad creadora de los profesionales que habilitan al sujeto para el desempeño de una determinada actividad, de esta manera la formación profesional debe garantizar una preparación científica en los aspectos generales, esenciales y básicos de su objeto de trabajo para preparar al profesional en la detección y solución de los problemas profesionales más generales y frecuentes que se manifiestan en el objeto de la profesión en los diferentes contextos (tanto teórico como práctico), lo que reclama un estudio teórico-metodológico del objeto de la profesión y una ética que lo identifica con esa profesión y le permite implicarse con responsabilidad en las tareas profesionales, proporcionándoles satisfacción personal y profesional por la labor que realiza" (Álvarez, 2001).

Profundizando en la formación ambiental, (Novo, 1998), en el ámbito del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), sostiene "es comprendida, como una educación ambiental especializada, en cuanto que se dirige a un grupo restringido de profesionales".

La formación ambiental "implica un proceso más orgánico y reflexivo de reorganización del saber y de la sociedad en la construcción de nuevas capacidades para comprender e intervenir en la transformación del mundo, cobrando así un doble sentido, al ser un proceso de creación de nuevos valores y conocimientos vinculado a la transformación de la realidad para orientar una formación ambiental, entendida como una estructura socioeconómica que internalice las condiciones ecológicas del desarrollo sustentable y los valores que orientan la racionalidad ambiental. En ello, el concepto de formación ambiental articula las formaciones ideológicas y conceptuales, con los procesos de producción y adquisición de conocimientos y saberes, en un proyecto histórico de transformación social" (Leff, 1998)

Desde la complejidad de la problemática ambiental, y de los múltiples procesos que la caracterizan, se ha cuestionado el fraccionamiento y la compartimentación del conocimiento disciplinario, incapaz de explicarla y resolverla. Sin embargo al decir de Leff (1997), la retotalización del saber que reclama la problemática ambiental es más que la suma y articulación de los paradigmas científicos existentes; implica la transformación de sus conocimientos para internalizar el saber ambiental emergente. La necesaria inter y transdisciplinariedad del saber ambiental trasciende los alcances de un paradigma globalizante, la unificación de las homologías estructurales de diferentes teorías o la integración de saberes diversos.

Desde esta perspectiva la formación ambiental se entiende como un proceso permanente y sistémico dirigido a la adquisición de conocimientos, habilidades, valores, competencias para la solución y/o mitigación de los problemas ambientales, asociados a las prácticas de las profesiones y que se dinamiza en el contexto de la formación de profesionales a través de la dimensión curricular y extracurricular.

La formación ambiental se analiza cómo proceso y como resultado al producirse a través de tres procesos interdependientes, que en la realidad se dan integrados en uno solo: instrucción, educación y desarrollo.

Desde lo instructivo, la formación ambiental se dirige al dominio del sistema de conocimientos y habilidades que favorezcan la explicación de las causas y efectos de los problemas ambientales, basados en los aportes de las ciencias y a partir de un análisis interdisciplinario.

Lo educativo debe propiciar la formación de valores que den lugar a una nueva ética ambiental. Y desde lo desarrollador debe contemplar la adquisición de competencias que permitan su actuación en el mejoramiento de tales problemáticas.

De ahí que, la formación ambiental en el contexto de la formación de profesionales se fundamenta en la necesidad de aprendizaje para gestionar la solución y/o mitigación de problemas ambientales asociados a las prácticas de la profesión.

Sobre la base de esta necesidad, y que se expresa en el problema de este proceso formativo, se determinan los siguientes aprendizajes que caracterizan este proceso:

- Identificar problemas ambientales
- Caracterizar problemas ambientales
- Diseñar posibles soluciones a los problemas ambientales
- Implementar propuestas de solución a los problemas ambientales
- Evaluar el impacto de las soluciones implementadas en el mejoramiento de los problemas ambientales.

Estos aprendizajes se convierten en los momentos a través de los cuales se desarrolla este proceso tanto en la dimensión curricular como extracurricular, permitiendo definir los contenidos de este proceso formativo, expresado en sistema de conocimientos, habilidades y valores. Este proceso se representa como aparece en la Figura 1.



Figura 1: Representación del proceso de formación ambiental en la dimensión curricular y extracurricular del proceso de formación profesional

Desde esta visión, la formación ambiental es analizada como un eje transversal, resultado de potenciar relaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias, a partir de establecer las necesarias interrelaciones entre los contenidos de las áreas disciplinares y los contextos sociales, logrando su materialización en la implementación de propuestas prácticas que contribuyan a su desarrollo en las dimensiones curricular y extracurricular del proceso formativo.

En la medida que adquieren los aprendizajes de identificación de problemáticas ambientales, caracterización, diseño de soluciones, implementación de soluciones y de evaluación del impacto de las soluciones implementadas, se forman o reafirman actitudes como la sensibilidad, creatividad, respeto a la diversidad, tolerancia, solidaridad, participación, responsabilidad, entre otras.

Desde esta perspectiva se entiende el proceso de formación ambiental como los momentos a través de los cuales el profesional adquiere los contenidos ambientales para la solución y/o mitigación de problemas asociados a las prácticas de la profesión.

Estos momentos se materializan en la dimensión curricular y extracurricular del proceso formativo a través de acciones prácticas.

En el caso de la dimensión extracurricular estas acciones prácticas se dimensionan a partir de la necesidad de sistematizar los contenidos ambientales, lo que determina los métodos, formas y medios de este proceso formativo.

La complejidad del contenido ambiental impone métodos de carácter interdisciplinario, flexibles, problematizadores y activos. Deben promover la participación activa, la resolución de problemas y la formación de valores. Para ello se propone utilizar el método de proyecto, investigativo y problémico.

Entre las formas que pueden ser utilizadas en la dimensión se proponen la visita a espacios naturales y a centros culturales o de la producción, grupo de investigación, el taller, exposición, concursos, muestra fotográfica, campañas de sensibilización, experimentos, actividad comunitaria, campaña de higienización, dramatización, proyecto, taller artístico-literario, etc.

Los medios a utilizar pueden ser diapositivas, gráficos, láminas, carteles, textos de lectura, películas, casetes, informáticos, papelógrafos, pizarrón, etc.

Así el proceso de formación ambiental en la dimensión extracurricular, sistematizará los aprendizajes recibidos en lo curricular, a partir de una adecuada utilización de métodos, formas y medios, logrando la necesaria integración entre estas dos dimensiones en el desarrollo del proceso formativo, y que se materializan en el caso de la Universidad de Pinar del Río, Cuba, en la concepción del proyecto educativo del año.

A través del proyecto educativo del año se proponen, con el objetivo de sistematizar la formación ambiental de los estudiantes, el desarrollo de actividades tales como:

- Visitas a espacios naturales, centros culturales y de la producción.
- Realización de concursos, exposiciones, ferias.
- Presentación de muestra fotográfica
- Trabajos de campo.
- Campañas de higienización
- Actividad comunitaria

- Campaña de sensibilización
- Taller artístico.-literario
- Grupo de investigación
- Restauración de espacios naturales
- Revitalización de tradiciones

## **CONCLUSIONES**

La formación ambiental supone un profundo reto en la formación de los profesionales, debido a la complejidad de la problemática ambiental y su incidencia cada vez mayor en el plano social.

La formación ambiental en el contexto de la formación de profesionales se fundamenta en la necesidad de aprendizaje para gestionar la solución y/o mitigación de problemas ambientales asociados a las prácticas de la profesión, lo que permite determinar momentos para su desarrollo en la dimensión curricular y extracurricular.

La formación ambiental en la dimensión extracurricular se analiza como un proceso permanente y sistémico, en relación con lo curricular y dirigido a sistematizar los contenidos ambientales, en vínculo con las prácticas de la profesión, lo que permite definir los métodos, formas y medios a emplear.

La formación ambiental en lo extracurricular se materializa en el caso de la Universidad de Pinar del Río, Cuba, a través de la concepción del proyecto educativo del año, sobre la base de la capacitación al colectivo pedagógico.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Álvarez, C (2001). El Diseño Curricular. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Bérriz, R. y otros. (2003). Sistema de Formación Ambiental permanente de profesionales de la educación en Ciudad de la Habana. En IV Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, La Habana, Cuba.
- Leff, E. (1997) Conocimiento y Educación ambiental, en: Revista de Formación Ambiental del PNUMA, Vol. 9-10, No.17-16, México D.F.
- Leff, Enrique. (1998). Saber Ambiental. México, Edit. Siglo XXI.
- Leff, E. (2011). La esperanza de un futuro sustentable: Utopía de la educación ambiental. En Transatlántica de educación. Editorial Esfinge, S. de R.L. de C.V. Estado de México.
- Martínez Huerta, J.F. (2008). Fundamentos de la Educación Ambiental. Disponible en: <http://www.unescoeh.org/ext/manual/html/fundamentos2.html>.
- Novo, M (1998). La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas. Ediciones UNESCO, París y Editorial Universitas, Madrid.
- UNESCO (1977) Seminario Internacional de Educación Ambiental (Belgrado, 1975. Informe Final. Doc. ED-76/ws/95. París.
- UNESCO. (1978) Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. Tbilisi (URSS).
- UNESCO. (1994). Tendencias de la Educación Ambiental a partir de la Conferencia de Tbilisi, Bilbao, Los libros de la Catarata.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-60

**Título del trabajo:** Evaluación microbiológica de la resistencia de bacterias a los metales pesados (HG, CR, CD, PB) en la microcuenca del río Chibunga, provincia de Chimborazo.

**Autor (es):** Liliana Soria, Byron Cajamarca, Cristian Salgado, Gerardo Medina

**Ponente (s):** Liliana Soria

**E-mail:** [lunita.lili@hotmail.com](mailto:lunita.lili@hotmail.com)

**Institución:** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En la presente investigación se muestra un estudio microbiológico de las aguas residuales del Río Chibunga en el cantón Riobamba, perteneciente a la provincia de Chimborazo, que tiene importancia sobre toda la colectividad y a las personas que radican en las proximidades del río y que utilizan sus aguas como medio de riego, con la finalidad de evaluar a los microorganismos que sean resistentes a los metales pesados. Definiendo de esta manera a la microbiota bacteriana resistente a metales pesados como fuente de biodiversidad microbiana y que nos ayudará a dar un uso sostenible a las cepas bacterianas aisladas, para que pueda ser aplicada en estudios posteriores en biorremediación de agua. El estudio se realizará en cuatro puntos de muestreo representativos los cuales comprenderán el inicio, el final de la microcuenca del río Chibunga tanto en el páramo del Río Chimborazo y en al final en la descarga del Río Chibunga en el Río Chambo y dos puntos más de muestreo en su cauce los cuales serán en la fábrica Cemento Chimborazo por representar un punto de descarga con concentración de metales pesados y dentro de la ciudad de Riobamba en un punto de descarga de agua residual. Para el aislamiento de bacterias se realizará por el método de placas Petrifilm en medios de cultivos distintos donde se les someterá a pruebas de resistencia a los metales pesados con el fin de aislarlas y poder usar estas cepas. Se espera que las bacterias aisladas sean tolerantes a los metales pesados debido a su crecimiento en un medio con altos niveles de concentración de metales pesados.

**Palabras claves:** metales pesados, resistencia metales pesados, microorganismos resistentes, aguas residuales, río Chibunga



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-61

**Título del trabajo:** Establecimiento de un nuevo índice de calidad de aguas basado en la presencia de diatomeas epilíticas y epífitas en los andes ecuatorianos.

**Autor (es):** Katherine Jhoanna Rosero Córdova

**Ponente (s):** Katherine Jhoanna Rosero Córdova

**E-mail:** [kathyrousse@hotmail.com](mailto:kathyrousse@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Estudiar la dinámica de las condiciones fisicoquímicas en sistemas muy variables como los ríos requiere el desarrollo de varias aproximaciones debido a que la química del agua varía espacial y temporalmente. Dentro de las comunidades de organismos que habitan los sistemas lóticos, las diatomeas han sido ampliamente utilizadas como indicadores de las condiciones del medio acuático. Su importancia radica en la capacidad que tienen para registrar rápidamente cambios en las características fisicoquímicas del agua, por lo que se puede inferir o asociar niveles de contaminación dependiendo de la abundancia relativa de las diferentes especies de diatomeas según su grado de tolerancia. Éste es un sistema de monitorización inmediato, fiable y de bajo costo. En este proyecto se ha establecido un índice de calidad de aguas basado en diatomeas epilíticas en la cuenca del río Tahguando, provincia de Imbabura. Se han tomado muestras de la cabecera del río, el curso medio y el curso bajo. Los niveles de eutrofización varían desde nulo en la cabecera hasta muy eutrofizado después de atravesar la ciudad de Ibarra. Las poblaciones de diatomeas que más variabilidad han mostrado en su número de individuos entre uno y otro tramo han sido las escogidas para establecer el índice biótico de calidad de aguas basado en diatomeas epilíticas, extrapolable a diferentes cuencas hidrográficas de la sierra ecuatoriana.

**Palabras claves:** diatomeas, calidad de aguas, Imbabura

## INTRODUCCIÓN

La contaminación de los sistemas fluviales representa un gran problema a nivel mundial, ya que altera negativamente las condiciones del agua de los mares, ríos, lagunas, entre otros. Evaluar la calidad de agua de los ríos del Ecuador es el objetivo científico de este proyecto, el cual se basará en las poblaciones de diatomeas epilíticas.

Este proyecto permitirá evaluar la calidad de agua de los ríos Andinos del Ecuador, mediante el análisis y la identificación de poblaciones de diatomeas epilíticas como bioindicadores de la calidad de ecosistemas acuáticos. En la actualidad, las leyes establecidas en muchos países respecto a la calidad de agua establecen el uso de bioindicadores biológicos como microalgas, macroinvertebrados, etc. Para evaluar la calidad de agua de ríos de algunos países desarrollados se utiliza microalgas y análisis fisicoquímicos, en cuanto al Ecuador no existe estudios relacionados a diatomeas como sensores medioambientales, a pesar de considerar a estos organismos como excelentes bioindicadores ambientales (Soler, et al. 2012).

Las diatomeas epilíticas son unos excelentes sensores naturales de la calidad ambiental de sistemas fluviales, además se encuentran adheridos a sustratos fijos presentes en los ríos como piedras o vegetales, suponen un punto fijo de monitoreo durante todas las estaciones del año, a diferencia de otros organismos que se encuentran en sedimentos fluviales. Son microorganismos muy abundantes en los ecosistemas acuáticos, porque cuentan con una amplia distribución geográfica y gran capacidad de colonizar ambientes extremos (Lobo et al, 2014).

Algunas especies de este grupo son muy sensibles a factores ambientales, como la contaminación, mientras que otros son muy tolerantes (Round, 1993). Por esta razón serán utilizados como indicadores de la calidad de agua. Su importancia radica en la capacidad que poseen para registrar rápidamente los cambios en las características fisicoquímicas del agua (Lobo, 2014). El grado de tolerancia a la contaminación de las diatomeas epilíticas permite determinar los niveles de contaminación de agua en los ríos. Para obtener el índice biótico basado en poblaciones de diatomeas epilíticas se deberá clasificar e identificar claramente las características morfológicas de cada especie (Wetzel, 2006).

### Antecedentes

El agua constituye un recurso natural de gran importancia, en diversos aspectos como económico, cultural, científico, actualmente estos ecosistemas están experimentando cambios en sus características afectando la biodiversidad y la calidad del agua por diversas actividades humanas (Lobo, 2014). El agua corresponde a las tres cuartas partes del planeta, se considera a este recurso como prácticamente inagotable por que se encuentra accesible para todos los requerimientos de la humanidad, sin embargo de toda esa cantidad de agua solamente una pequeña parte puede sea aprovechada de manera directa, tomando en cuenta que el 96 % es agua salada, localizada principalmente en los océanos y mares; el 3% restante es dulce, y solamente el 1% se encuentra en estado líquido (Toledo, 2012).

Ante este análisis debemos considerar si el agua es un recurso abundante e inagotable, ya que para el consumo humano solo se cuenta con una pequeña parte de todo el agua existente en nuestro planeta. La mala administración de este recurso como contaminación de agua, desperdicio exagerado y el uso insostenible del agua generará grandes conflictos y problemas ambientales en cuanto al acceso de este recurso (Barrantes, 1997).

Las actividades antropogénicas desarrolladas cerca de los recursos hídricos como, ríos, lagos, entre otros, provocan daños a los recursos naturales, poniendo en riesgo a las personas y a los ecosistemas, con graves problemas para la salud y alterando el equilibrio ambiental (SENAGUA, 2012). La contaminación de los recursos hídricos del Ecuador como el vertido de sustancias químicas, orgánicas e industriales ocasionan cambios en las características físicas, químicas y biológicas del agua, generando un impacto ambiental, económico, ecológico y social que influye de manera negativa en la salud humana y en el ecosistema.

El agua es un recurso natural de mayor importancia económica y social en el Ecuador, debido a que de este recurso depende el desarrollo de las actividades de la población. En el Ecuador el agua es fuente de producción y energía, por esta razón es necesario conocer sus características y sus particularidades para concientizar a la población y mejorar el desarrollo sostenible del recurso hídrico en el Ecuador, gestionar los recursos hídricos es una actividad prioritaria que debe realizarse a nivel de todo el país, para desarrollar estrategias de protección del agua (Barriga, 1991).

### **Importancia del estudio**

Los ríos del Ecuador son de gran importancia para el desarrollo de todas las actividades de los habitantes de nuestro país, los ríos Andinos del Ecuador han sido considerados con un alto valor económico, turístico, y muy utilizados por las industrias alimenticias, textiles y agropecuarias. El manejo inadecuado de este recurso afecta negativamente a la población y al ambiente; la falta de información y falta de medidas de control de la contaminación del agua ocasiona el deterioro de la calidad del agua generando un impacto negativo en los seres humanos y alterando las condiciones naturales de los ecosistemas fluviales (Ramírez, 1991). El objetivo de este estudio es determinar las condiciones fisicoquímicas de los ríos Andinos del Ecuador, para identificar el grado de contaminación en la que se encuentra un determinado río, para tomar las medidas apropiadas rápidamente en cada caso para evitar problemas en la salud humana y al ambiente y de esta manera contribuir con el desarrollo sostenible del agua (SENAGUA, 2012).

El presente estudio pionero contribuirá a establecer un índice de calidad biótico de sistemas acuáticos para evaluar la calidad medioambiental del agua de los ríos Andinos presentes en el Ecuador. También servirá de fuente de datos relacionados con las diatomeas en los ríos andinos del Ecuador, que hasta hoy en día no han sido citadas en la bibliografía científica de diatomeas en el Ecuador.

### **Objetivo del Proyecto**

Establecer un índice biótico para determinar la calidad del agua de los ríos andinos del Ecuador, basado en poblaciones de diatomeas epilíticas.

### **Desarrollo del Proyecto**

El proyecto se desarrollará en el río Ambi ubicado al noreste del Ecuador, la frecuencia de Muestreo será de uno a dos meses, Las muestras recolectadas se realizarán en periodos climáticos templado-secos con el fin de evitar condiciones hidrológicas extremas que puedan interferir con nuestra investigación.

Según los datos obtenidos por GPS el río Ambi se encuentra a una altitud de 1,674 metros sobre el nivel del mar, sus coordenadas son 0°07'52" N y 78°79'12" W en formato DMS (grados, minutos, segundos).

Se tomaran muestras de rocas localizadas en el caudal alto, medio y bajo del rio, el tamaño de las rocas oscilara entre 20 cm y 30 cm y muestras de rocas completamente sumergidas en el agua.

El río Ambi se encuentra en la cordillera de los Andes y otra parte del caudal en la región Interandina. Su caudal cubre una superficie de 1111,92 Km<sup>2</sup>, Como nacimiento del rio Ambi se considera al cerro Imbabura que se encuentra sobre los 4000 msnm, y desemboca al rio Chota (Almeida, 2014).

En cuanto a la calidad del agua en el nacimiento del río Ambi, el agua es de apariencia cristalina debido a que su caudal baja del cerro Imbabura el flujo de corriente de agua es muy rápida. En cuanto al caudal bajo o desembocadura del rio, el agua tiene un color turbio marrón y el flujo de corriente es muy baja (Almeida, 2014).

Los datos obtenidos por Almeida en el 2014 en su trabajo de titulación, nos indican las condiciones iniciales de los caudales del río Ambi, en la investigación de campo también se observó que el caudal bajo del río Ambi es utilizado por los habitantes de esa zona, para el lavado de ropa, además de descargas de basura y escombros al río.

Imagen 1: Puntos de Muestreo del río Ambi



Fuente: Prefectura de Ibarra, 2016

También se tomaron los datos abióticos básicos del río Ambi a través de un Multiparametro

**Tabla 1.** Datos abióticos básicos tomados *in situ* en los caudales alto, medio y bajo del río Ambi

CAUDAL	Alto	Medio.	Bajo
pH	7,06	7,18	8,8
Temperatura °C)	17	20,4	22,9
Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> )	9,8	8,44	6,6
Conductividad (μ S cm <sup>-1</sup> )	81,9	70	22,1

Realizado por (Rosero, 2016)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Procesamiento de muestras**

Una vez que se recolecto el material de las rocas se toma 10 ml de la muestra y se colocó en un tubo de ensayo al cual se añadió agua destilada, seguido por la centrifugación del material, luego se desechó el sobrenadante y se añadió 6mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) con ayuda de una pipeta tocando la pared del tubo de ensayo, posteriormente se colocó la muestra a hervir por aproximadamente 60 minutos en un vaso de precipitación con pequeños fragmentos de porcelana para evitar el riesgo de quebrar los tubos por el burbujeo del agua. Se dejó enfriar.

A continuación se añadió 0,8 gramos de dicromato de potasio en cada tubo ( $K_2Cr_2O_7$ ) y se calentó a 90 grados centígrados por aproximadamente 60 minutos. Esperamos 24 horas para continuar con el tratamiento, luego se centrifugo la muestra a 3000 rpm por dos minutos para retirar el dicromato potásico, se descarta el sobrenadante en un recipiente de desechos tóxicos, posteriormente se añade agua destilada a la muestra y se realizó esta operación hasta que la muestra este completamente transparente.

Se colocó la muestra en tubos más pequeños previamente etiquetados y se añadió 2 mL de ácido clorhídrico (HCL) para remover la materia orgánica, luego se colocó la muestra a hervir por aproximadamente 60 minutos. Se dejó enfriar. Posteriormente se descartó el sobrenadante en un recipiente de desechos tóxicos y se añadió agua destilada al sedimento para llevar nuevamente a centrifugación a 3000 rpm durante 2 minutos, se realizó esta la operación con el objetivo de retirar todo el HCL de las muestras (Lobo et al., 2010).

### **Fijación de muestras en placas permanentes**

Para la fijación de la muestra se tomó un cubreobjetos (18 x 18mm) y se colocó en la plancha de calentamiento, se añadió unas gotas de la muestra de diatomeas con ayuda de una pipeta Pasteur, luego se añadió 2 a 3 gotas de agua destilada para homogenizar la muestra, también se añadió algunas gotas de etanol al 70 % para que toda la muestra este esparcida y no se formen acumulaciones de diatomeas (Round, 1993), posteriormente se esperó hasta el secado completo del cubreobjetos en la plancha de calentamiento a una temperatura aproximada de 80 c, evitando la ebullición de las muestras.

Después del secado el cubreobjetos se invirtió y se colocó en un portaobjetos que contiene una pequeña gota de Naphrax, que es un medio de montaje con un alto índice de refracción, el portaobjetos se colocó sobre la plancha de calentamiento hasta la evaporación completa del Naphrax, finalmente se etiqueto las placas. (Lobo et al., 2010).

### **Microscopía óptica (MO): Captura y procesamiento de imagen**

Para examinar las placas permanentes se utilizó el microscopio binocular Olympus equipado con una cámara digital, también se utilizó el software Applied Vision 4 (Ken-A-Vision digital) Se registró las medidas de longitud y el número de especies de diatomeas.

Para el formato y edición de imágenes se utilizó el software Adobe Photoshop CS © (Adobe Systems Incorporated) tomadas las imágenes se tomaron con el lente (100x).

## CONCLUSIONES

Se determinó que las especies más abundantes se encuentran en los caudales más limpios y en los caudales altamente contaminados se observó menor número de especies. El mayor número de especies se observó en el caudal alto del río Ambi.

Según los datos de los parámetros físico químicos analizados y el número abundante de especies encontradas en el nacimiento del río Ambi la calidad de agua es buena, mientras que el caudal medio del río Ambi presentan una calidad de agua moderada, mientras que el caudal bajo del río presenta una calidad de agua baja.

Las especies de mayor abundancia en el nacimiento del río fueron, en su orden, las siguientes *cocconeis placentula*, *geissleria schoenfeldii*, *cocconeis lineata*, *cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Navicula cryptotenella*, *Gomphonema lagenula*.

En el caudal medio, *nitzschia amphibia*, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia inconspicua*, *Luticola goeppertiana*. En el caudal bajo *Luticola goeppertiana*, *nitzschia amphibia*.

El presente estudio representa uno de los pocos trabajos en Ecuador, que propone el uso de diatomeas epilíticas como indicadores de la calidad de agua de los ríos andinos ecuatorianos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Almeida, B.A. (2014).** Una revisión de la evaluación de la calidad de agua de los ríos de la provincia de Imbabura, (trabajo de titulación). UTPL, Quito, Ecuador.

**Barrantes. (1997)** *World Commission on Environment and Development*.

**Barriga, R. (1991).** Lista de Vertebrados del Ecuador. Peces de agua dulce.

**Jairo J. Escobar Ramírez (1991).** La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela. Comisión Permanente del Pacífico Sur /Bogotá, Colombia.

**Lobo et al. (2010).** Diatomáceas Epilíticas Como Indicadores Da Qualidade Da Água Em Sistemas Lóticos Subtropicais e Temperados Brasileiros. EDUNISC Publisher, Santa Cruz do Sul, 2014

**Manuel Gómez. (2010)** Disponibilidad de agua para la salud y la vida. Lo que todos debemos saber Availability of water for health and life. What everyone should know.

**Round, F.E (1993).** *A review and methods for use epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality.* HMSO Publisher, London,

**SENAGUA (2012).** DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR Pdf.

**Toledo, Saud (2012).** *Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas con escases de agua/ Tesis de grado. Universidad San Francisco de Quito, Quito Ecuador.*

**Wetzel, C. E. (2006)** *Diatomáceas da Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho, RS, Brasil. Monografía de Conclusão de (Curso de Ciências Biológicas/ Ecologia) Universidad de Santa Cruz do Sul.*



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-66

**Título del trabajo:** El tratamiento de las aguas residuales en Jipijapa: ¿Una alternativa necesaria?

**Autor (es):** Arturo Andrés Hernández Escobar, Alex Joffre Quimis Gómez, Yamel Álvarez Gutiérrez, Eduardo Alcívar Rivas y Elvia Eligia León Baque

**Ponente (s):** Alex Joffre Quimis Gómez

**E-mail:** [alex.quimis@unesum.edu.ec](mailto:alex.quimis@unesum.edu.ec)

**Institución:** Universidad Estatal del Sur de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jipijapa se encuentra ubicada en la comuna Joá, vía a la parroquia Puerto Cayo, coordenadas 1°23' Latitud Sur y 80°38' Longitud Oeste, por cuyas instalaciones circula el río Jipijapa; es un área netamente agrícola, en la que predominan cultivos propios de la zona. La planta de tratamiento consta de una laguna de maduración que es donde llegan las aguas procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar las aguas residuales de la ciudad de Jipijapa. Para el trabajo de laboratorio fueron empleados digestor de DQO, respirador DBO, tubos de ensayos, agua destilada y HACH. En el plan de muestreo se definieron 8 puntos, de los cuales los más importantes e influyentes para la investigación, son el afluente y el efluente. El análisis se realizó empleando el equipo HACH HQ40d (multimedidor digital de dos canales). La realización del análisis físico – químico, en el afluente y efluente de las aguas residuales, demostró la presencia de indicadores localizados fuera del rango permisible; Oxígeno 0.13 mg/l en el efluente siendo 10mg/l el permisible, salinidad 1.26% mg/l en el efluente contra 1mg/l el permisible; la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente 140mg/l , siendo el limite permisible 100mg/l; y la demanda química de oxígeno en el efluente 297mg/l , siendo el limite permisible 250mg/l;

**Palabras claves:** evaluación ambiental, aguas residuales, planta de tratamiento de aguas residuales

## INTRODUCCIÓN

Uno de los reclamos más acuciantes de la sociedad contemporánea está relacionado con los problemas que afectan al medio ambiente, cada vez más graves y necesitados de una solución inmediata, en función del desarrollo económico, social y, sobre todo, para la salud y supervivencia de la especie humana en todo el planeta.

La evaluación de los factores y agentes que pueden generar impactos significativos en la estabilidad del ambiente una de las vías para identificar sus problemas. Este proceso evaluativo se caracteriza por integrar un esquema de investigación ambiental, cuyos resultados pueden constituir la base para el diseño de políticas y, la creación de planes y programas (Liberta, 2007, p. 8).

Según Gómez (2011) la evaluación ambiental debe entenderse como “un procedimiento mediante el cual se integra el medio ambiente a políticas de saneamiento y a los planes y programas que de ellas se deriven, por lo que es necesario estudiar el problema, para iniciar el procedimiento de evaluación” (p. 9-16). Las evaluaciones ambientales ayudan a mejorar proyectos o planes, para minimizar sus impactos sobre el medio ambiente; posibilitan el manejo de los problemas de manera positiva, además de la reducción de la necesidad de limitarse en los proyectos y, por otro lado, evitan demoras al analizar los problemas ambientales no anticipados.

Una afirmación de Oñate (2002), “la evaluación debe ser guiada hacia la mejora de planes y programas, establecidos o por establecerse, a fin de lograr una visión a corto, mediano o largo plazo que permita identificar problemas de tipo ambiental, en base a la sustentabilidad, la cual reflejará preocupaciones locales o de tipo externo” (p.357).

La evaluación del ambiente, es una tarea susceptible a cambios en sus elementos, ya que cuando el objeto de estudio ha sufrido contaminación o daño, es preciso aplicar normas y acciones específicas, en correspondencia con el marco legal establecido, en tanto que la evaluación implica el cumplimiento de objetivos y de prácticas. Además, se debe considerar el establecimiento de posibles consecuencias de afectación ambiental en los diferentes proyectos y los procedimientos de control a aplicar para evitar su aparición.

La evaluación ambiental, como instrumento para la gestión y conocimiento del ambiente, emplea un conjunto de técnicas que abarcan todas las fases de reconocimiento de la problemática, a partir de cuya aplicación es posible obtener la información necesaria para proponer programas de recuperación ambiental en función de las posibilidades del entorno.

En los últimos años la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) señala en sus estudios que el uso de las aguas residuales para agricultura es sinónimo de múltiples beneficios para el ambiente ya que reduce el consumo de aguas dulces para el riego, dejando inalteradas las fuentes de aguas que pueden servir para consumo. (FAO, 2008, p. 09) Este señalamiento, se comprueba con el estudio realizado por Pérez, Vera, Bravo, Delgado y González (2015) en el cual, la germinación de las semillas a base de aguas residuales no sufrió afectaciones y se comportó semejante a otros grupos germinados con agua corriente, en algunos casos los resultados de afectación fitotóxica se manifestaron sobre la radícula y el hipocótilo de la planta. Lo anterior indica que los efectos tóxicos de las aguas residuales sobre las semillas no fueron drásticos y se clasifican como subclínicos. Los resultados de los estudios físico-químicos (DQO, DBO, pH, conductividad, turbidez, proteínas y polisacáridos) sirvieron como indicadores de la calidad y de correlación con parámetros fitotóxicos de las diferentes muestras (p. 141).

Esta tendencia ha ganado terreno como una modalidad que influye, además, en la reducción del consumo de agua dulce que puede ser destinada a otros usos; sin embargo, existe la posibilidad de que la contaminación producida por las aguas residuales genere efectos negativos en la composición del suelo, deteriorándolo por su frecuente uso y produciendo la presencia de patógenos que causan enfermedades en el ser humano.

Es necesario tener en cuenta que, debido al aumento de la población, en los últimos años se ha elevado el caudal de entrada de agua en la planta de tratamiento de aguas servidas, lo que se acompaña de un aumento en los contaminantes o patógenos.

La planta funciona mediante un mantenimiento manual por lo que, de manera continua, se deben realizar inspección a los procesos que le resultan propios, en función de detectar deficiencias o violaciones que puedan afectar a los beneficiarios, directos e indirectos, de sus servicios.

Una alternativa mostrada en este artículo se refiere al uso de humedales para el tratamiento de aguas residuales y a la reutilización de aguas grises principalmente en agricultura. Este tratamiento se puede dar en humedales artificiales, y donde el tratamiento se da por medio de plantas, lo que se conoce como fitorremediación (Naranjo, F; 2010). En nuestra investigación proponemos utilizar el género *Scirpus*, especies acuáticas y herbáceas de la familia de las Ciperáceas. Son plantas anuales o perennes, arrosetadas o caulescentes, cespitosas y/o rizomatosas o estoloníferas, culmos y escapos teretes o triangulares, sólidos; plantas hermafroditas.

El material biodegradable disuelto es descompuesto por microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos) que viven en la superficie de las plantas y el suelo. La materia orgánica disuelta y particulada es transformada por estos microorganismos en agua y dióxido de carbono. El resultado es agua con un nivel bajo de oxígeno y de pH. Las plantas juegan un papel importante en la remoción de estos contaminantes. Algunas bombean oxígeno desde la superficie hasta las partes sumergidas. Este oxígeno es utilizado por bacterias que degradan los contaminantes. Las plantas también toman nitrógeno, fósforo y otros compuestos del agua.

De lo señalado antes se deriva la necesidad de mejorar bajo criterios medioambientales y sustentables el proceso de tratamiento a las aguas residuales en la ciudad de Jipijapa, lo que constituye el problema científico a solucionar en el proyecto de investigación, para lo cual se define el objetivo general siguiente: objetivo caracterizar el proceso de tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Jipijapa.

En la práctica contemporánea se aplican variantes tecnológicas no convencionales para tratar estas aguas, que no requieren de soportes energéticos elevados y se caracterizan por requerir de operaciones y procesos sencillos, que garantizan la calidad del agua y el respeto al medio ambiente. Los ejemplos más acertados de tecnologías no convencionales son: filtros, lagunas, humedales artificiales, filtros percoladores, depuración simbiótica y filtros de arena.

Algunas de las tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales y sus experiencias, muestran que las tecnologías limpias son efectivas y pueden emplearse en cualquier circunstancia. Al respecto Bermejo (2012), manifiesta que:

“Con el tratamiento final de las aguas en base a la metodología de depuración simbiótica, el agua presenta un gran rendimiento en cuanto a calidad hidráulica (sin pérdidas por evaporaciones) y esto sumado al elevado grado de depuración de los patógenos, permite que la desinfección de las aguas se cumpla en forma natural sin necesidad de desinfectante alguno,

en el que se demostró que el efluente obtenido después del tratamiento de las aguas, reúne los requisitos establecidos por las leyes en cuanto al tratamiento de aguas residuales” (p.114).

Esta metodología se basa en la depuración natural y subterránea de las aguas con la adición de que se generan áreas verdes sobre la superficie de la depuradora. Está compuesta de dos partes importantes que son *la zona de depuración*, constituida por un lecho de grava y en la que el agua residual a tratar se aplica a través de una red de goteros subterráneos, *la zona de cultivo* situada sobre la de depuración y compuesta por un soporte arenoso. El proceso de depuración consta de un número de etapas de tratamiento en serie que depende de la carga orgánica del agua residual a tratar.

Los resultados obtenidos, confirman que la tecnología de depuración simbiótica es adecuada para el tratamiento de aguas residuales proporcionando gran calidad al efluente desde el punto de vista ambiental, y además, se comprobó que es adecuado para el uso del regadío en las zonas verdes y cumple con el reglamento sobre depuración de aguas residuales.

Por su parte de Rivas, Pérez y Nevárez (2002) abordando el tratamiento de aguas residuales con bajo impacto al ambiente, en base al tratamiento biológico, consideran que:

“La turbiedad y la demanda química de oxígeno (DQO) del afluente varían en sus rangos contaminantes, y la cantidad de patógenos en el efluente es visiblemente más bajo porque la materia orgánica fue removida en más del 95 %; esta reducción de contaminantes se da gracias al tratamiento biológico, el cual se basa en desarrollar un sistema de tratamiento por medio de un biorreactor de flujo ascendente con lecho de arena como soporte, utilizando aguas residuales de origen doméstico, manteniendo un flujo de agua constante. (p. 14).

Por otro lado, en España, la aplicación de tendencias actuales para el tratamiento de aguas residuales, demuestran que el lagunaje, los filtros de turba y filtros verdes, son las tecnologías más usadas en las plantas de tratamiento, y Ferrer, Ortega y Salas (2012) en su investigación, justifican esta alternativa cuando indican que “en los últimos años las tecnologías en experimentación para del tratamiento de las aguas residuales, se basan en el uso de tecnologías limpias aplicando energía solar para la desinfección y eliminación de contaminantes patógenos” (p. 142).

Estos procesos son novedosos y se fundamentan en la sostenibilidad ambiental ya que, de igual forma, es importante descargar a los cuerpos receptores, aguas con bajos índices de contaminación, los cuales no afectarán el curso natural de la vida acuática. De esta forma se puede obtener aguas depuradas con tecnologías limpias que no afecten el ambiente.

De esta evaluación, se concluye que toda agua residual debe dar como resultado un efluente óptimo, dentro de los parámetros permisibles, para que pueda ser descargada de manera segura al ambiente.

En el Ecuador, la Ciudad de Portoviejo es pionera en el uso las aguas residuales tratadas, ya que esta sirve como fuente primaria para riego de suelos agrícolas; aunque en la actualidad se ha demostrado que la calidad del efluente es baja, lo que se relaciona con un inadecuado empleo de la tecnología. En el año 2001 numerosas eran las hectáreas dedicadas al cultivo de productos de la zona como parte de un proyecto que utilizaba aguas residuales tratadas en lagunas de oxidación de la ciudad conectada, principalmente, al río Portoviejo a través de un sistema de extracción de agua, cuando se determinó que el efluente no era apto para usos de tipo agrícola (Castro, 2001, p. 05). El en Cantón Jipijapa muchos han sido los recursos

destinados a mejorar la coberturas de agua potable, su calidad y el tratamiento de las mismas, pero aún falta mucho para alcanzar la optimización del tratamiento de estas.

De seguir presentando esta problemática las consecuencias serán negativas al ambiente, tanto por la contaminación existente día a día de la planta de tratamiento hacia el suelo, como por las actividades agrícolas que se desarrollan en la misma. Por ello es necesario identificar las causas y consecuencias de la contaminación del suelo, para aplicar correctivos en caso de que la contaminación se dé por medio de la variable investigada.

Las aguas residuales se caracterizan por poseer en ellas materiales inorgánicos los cuales pueden ser eliminados por métodos mecánicos y químicos; sin embargo existe material orgánico y por lo tanto involucra actividades con la ayuda de microorganismos que oxidan la materia orgánica, es por esto que el tratamiento de las aguas residuales tiene como objetivo la eliminación de microorganismos patógenos, e impedir que estos lleguen a fuentes de aguas naturales que sirven de abastecimiento para el ser humano y sus actividades; cabe destacar además que el tratamiento biológico de las aguas residuales, se considera tratamiento secundario, porque está ligado a procesos aerobios y anaerobios muy importantes en el orden microbiológico.

El tratamiento de las aguas residuales es la base de muchos procesos complejos, en los que se incluyen digestión y fermentación de diferentes bacterias, el resultado de esto es la transformación del CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y gas metano. Este último es, además, importante porque se puede usar como una fuente de energía. Y ya que ambos son volátiles, se espera que al llegar al efluente, el agua haya disminuido la composición de sustancias orgánicas. El DBO (demanda bioquímica de oxígeno) sirve para determinar si ha existido una disminución del mismo, que puede ser medida en termino de porcentajes. (Crites, 2000).

Para el diagnóstico, o estudio de campo, se identificó el área de estudio en el que se ubicaron los puntos de muestreo para la realización de los análisis, se determinaron los parámetros a controlar y se definieron los métodos de análisis a utilizar.

El segundo proceso por el que pasan las aguas residuales es la del desarenador, donde se sedimentan los sólidos, para luego pasar a la recolección de desechos sólidos en las rejillas, siguiendo el paso a canales de distribución que son los encargados de depositarlos en los tanques anaeróbicos, que cumplen la función de reducir la contaminación por medio de la formación de bacterias que consumen la materia orgánica; siguiendo el proceso, los lodos procedentes de los tanques son colocados en lechos de secado, conformando abono orgánico. Mientras tanto, el agua residual tratada sigue su curso hacia la laguna de pistón, donde se eliminan los microorganismos patógenos residuales y es vertida directamente al Río Jipijapa.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Jipijapa se encuentra ubicada en la comuna Joá, vía a la parroquia Puerto Cayo, coordenadas 1°23' Latitud Sur y 80°38' Longitud Oeste, por cuyas instalaciones circula el río Jipijapa; es un área netamente agrícola, en la que predominan cultivos propios de la zona. La planta de tratamiento consta de una laguna de maduración que es donde llegan las aguas procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial.

Para cumplir con las tareas prácticas propias de la investigación se emplearon, como materiales de campo guantes, botas, frascos de vidrio y soportes de metal. Para el trabajo de

laboratorio fueron empleados digestor de DQO, respirador DBO, tubos de ensayos, agua destilada y HACH.

El plan de muestreo que se realizó a las aguas residuales en la Planta de Tratamiento definidos según las diversas etapas en el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Estos fueron: 1) Entrada de agua cruda, 2) Reactor-1, 3) Reactor-2, 4) Reactor-3, 5) Laguna de maduración, 6) Cajetín, 7) Laguna de pistón, 8) Efluente.

Para la toma de muestras de las aguas residuales se usó la protección adecuada en la que se recolectaron 8 muestras, utilizando envases de vidrio para luego proceder a lavar los envases de 2 a 3 veces. En casi todos los puntos de muestra se hizo una toma directa de las aguas, para someterla al análisis correspondiente en cuestión de minutos. El análisis se realizó empleando el espectrofotómetro HACH HQ40d (multimedidor digital de dos canales).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de la evaluación realizada a cada uno de los parámetros establecidos para el análisis de las aguas residuales, destinadas a ser descargadas a un cuerpo de agua dulce, según lo indica el Texto Unificado de Legislación Secundaria, del Ministerio del Ambiente, en su Libro VI - Anexo 1.

Temperatura. De acuerdo al gráfico los valores de temperatura en el afluente y el efluente presentaron valores similares (31,20°C) que se encuentran por debajo de los 35,00°C, considerado como límite máximo permisible.

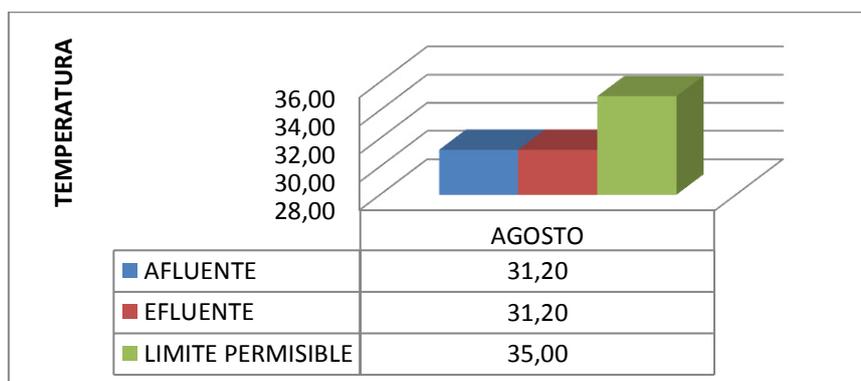


Gráfico 1. Comportamiento del indicador de temperatura registrado en el afluente y el efluente

Potencial hidrógeno (pH). Este indicador no presenta cambios significativos, ya que el límite permisible se encuentra dentro del rango de 5-9; en la primera toma de muestra el afluente registró un 8,02 y el efluente un 8,53 lo cual indica que el agua residual de la planta de tratamiento es básica y los resultados, aunque son permisibles, determinan que el proceso de eliminación de contaminantes no modifica esta característica en el agua.

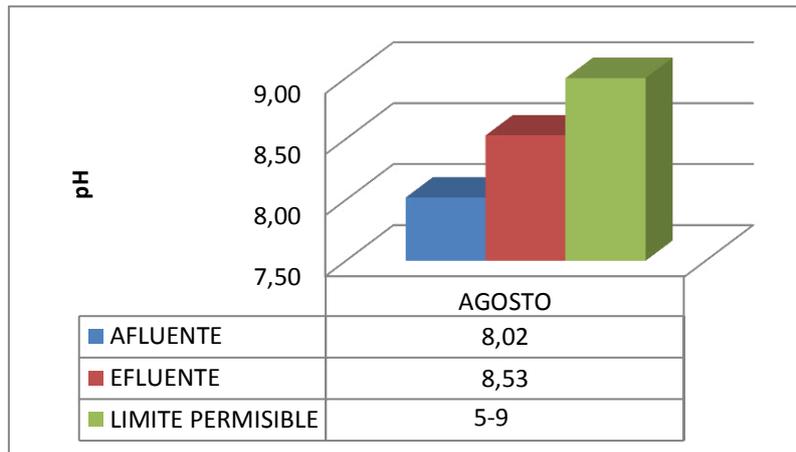


Gráfico No.2 Comportamiento del indicador de pH (potencial hidrogeno)

Sólidos totales disueltos (S.T.D.). En el gráfico se muestran los valores de sólidos totales disueltos, el parámetro es de 1,774 mg/l en el afluente y 1,251mg/l en el efluente. Este resultado pone de manifiesto que los valores del indicador se localizan dentro del límite permisible (1,600 mg/l) pero, aun así, el rango de la disminución registrada debe considerarse bajo.

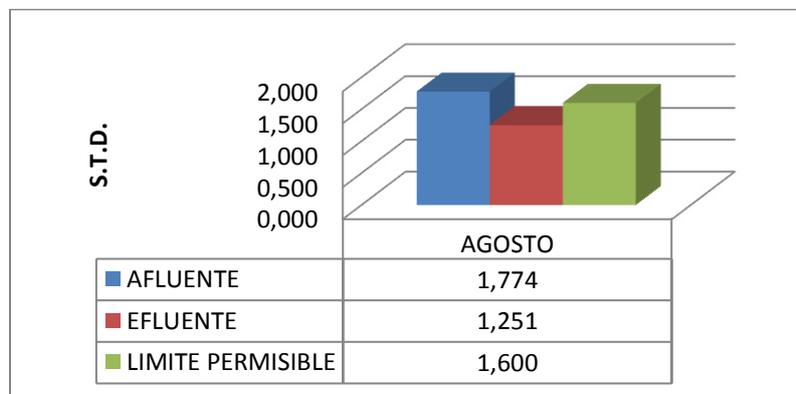


Gráfico No.3 Comportamiento del indicador de sólidos residuales registrado en el afluente y el efluente

Salinidad. Los valores obtenidos en cuanto a salinidad muestran un 1,24 % en el afluente y 1,26 % para el efluente; de estos valores se desprende que, al considerar como el límite permisible un 1%, las aguas residuales entran y salen de la planta con valores no apto para descargas.

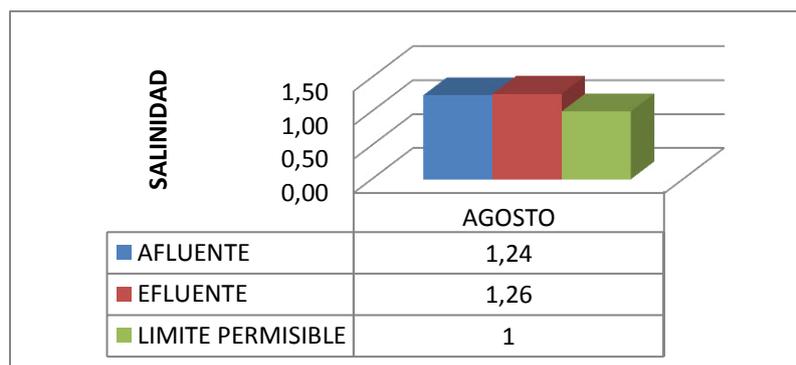


Gráfico No. 4 Comportamiento del indicador de registrado en el afluente y el efluente

En la gráfica se muestra que los valores de conductividad, se mantienen similares y con poca variación, puesto que en el afluente se presenta un 2,51ms/cm y en el efluente un 2,46 ms/cm, estos resultados están por debajo del límite permisible que es 3 ms/cm.

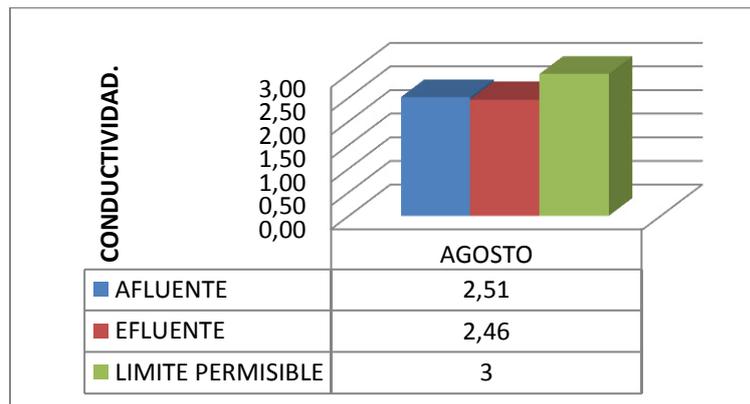


Gráfico No.5 Comportamiento del indicador de conductividad en el afluente y el efluente

Oxígeno. El comportamiento de este indicador demuestra que los valores de 0,24 mg/l en el afluente y un 0,13 mg/l en el efluente, distan de los índices aceptados (10 mg/l) lo que pone de manifiesto que alguno de los subprocesos internos en el funcionamiento de la planta se debe mejorar, en la intención de elevar la calidad del tratamiento las aguas residuales.

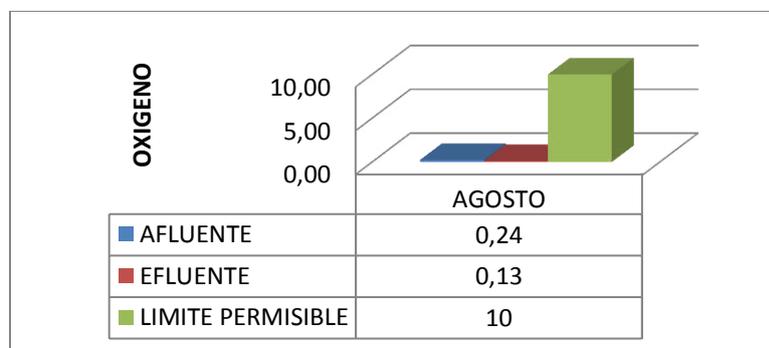


Gráfico No.6 Comportamiento del indicador de oxígeno registrado en el afluente y el efluente

Demanda bioquímica de oxígeno (D B O). Dentro de los parámetros analizados, la demanda bioquímica de oxígeno, en su análisis de afluente, registro 165 mg/l, y el efluente 140 mg/l, lo que demuestra que este nivel está por encima del límite permisible (100mg/l) y que deben hacerse cambios en el proceso para mejorar el comportamiento del indicador.

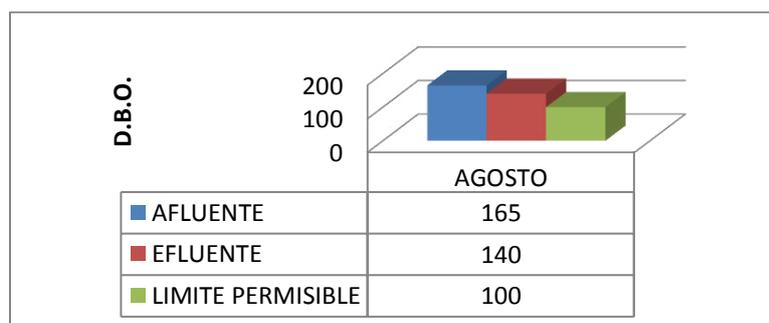


Gráfico No.7 Comportamiento del indicador demanda bioquímica de oxígeno (DBO) registrado en el afluente y el efluente.

Demanda química de oxígeno. (DQO). En este indicador, el afluente de las aguas residuales muestra 365 mg/l, y el efluente 297mg/l, lo cual evidencia que ambos se localizan por encima del límite permisible, que es 250mg/l, por lo que el proceso no cumple con los requerimientos necesarios para la depuración de las aguas residuales.

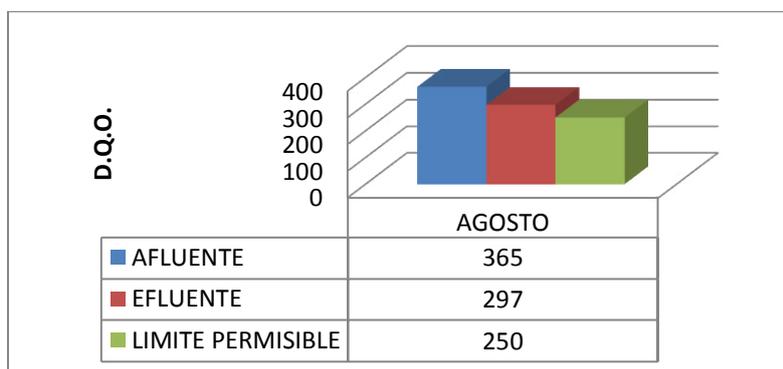


Gráfico No.8 Comportamiento del indicador de demanda química de oxígeno (DQO) Registrado en el afluente y el efluente.

Los resultados obtenidos en la investigación preliminar ponen de manifiesto que las aguas residuales derivadas de procesos domésticos e industriales relacionados con el aumento de la población en la ciudad, han contribuido negativamente al incremento del caudal del agua y a la entrada de mayor cantidad de contaminantes en esta, que requieren de un proceso de depuración eficiente en la Planta de Tratamiento, lo que no se logra en la medida deseada.

A partir de ello y considerando los resultados de las valoraciones físico-químicas realizadas, se determina que es necesario un segundo tratamiento al efluente de las aguas, que han pasado por un primer proceso de tratamiento de tipo biológico. Además se justifica el tratamiento de las aguas residuales, porque el objetivo de la misma es la búsqueda de mejoras al medio ambiente, evitando así la contaminación en función de crear sustentabilidad en el entorno.

Para no tener efectos adversos al momento de este segundo tratamiento, se propone la creación de humedales artificiales con vegetación acuática, las cuales permiten la remoción de contaminantes.

A lo anterior se une la necesidad de prestar atención a las razones de salud pública y la prevención de posible de destrucción de los ecosistemas, ya que es muy importante que no se altere el medio físico.

Algunas de las alternativas estudiadas por Zurita, Rojas, Carreón y Gutiérrez (2015) indican que “los procesos construidos de una sola etapa no son suficientes para lograr los estándares con respecto a patógenos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para garantizar el reúso seguro del agua residual, solo mediante la combinación de por lo menos dos etapas es posible lograrlo. La eliminación de dichos patógenos se logra en los humedales a través de varios mecanismos, tales como la exposición a biocidas excretados por las raíces de las plantas, la adsorción al medio filtrante y a la materia orgánica sedimentable, la inactivación natural y la depredación por nematodos y protozoarios entre otros” (p. 414).

La tecnología que se propone para esta segunda etapa se basa en procedimientos naturales de depuración en la que no se emplean agentes químicos, a partir de considerar que los humedales artificiales controlados son capaces de eliminar las sustancias contaminantes en el agua, por medio de sus tallos, durante el proceso de crecimiento. Aunque pudiera parecer

contraproducente e incluso más lento, es evidente que las ventajas son muchas, ya que al crear un sistema natural esta puede aplicarse en zonas rurales tal como lo es la Comuna Joá, en donde está ubicada la actual planta de tratamiento, la misma no requiere de grandes extensiones de terreno y la tecnología se puede aplicar en pequeñas parcelas, lo que asegura su bajo costo.

A diferencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales, esta tecnología no usa grandes cantidades de energía, reduciendo así los costos de mantenimiento y operación, que puede ser un problema en otros casos.

Aplicar este tipo de alternativas, en base a tecnologías innovadoras, permitirá la creación de nuevos ecosistema y como se trata de una solución de bajo mantenimiento, las comunidades aledañas pueden estar inmersas en ella y participar del cuidado del ambiente. En esencia se recomienda, como solución alternativa para el tratamiento de las aguas residuales, un modo de proceder que se caracteriza por pretender dar respuesta al objetivo siguiente: Perfeccionar el tratamiento de las aguas residuales por medio de humedales artificiales superficiales con vegetación herbácea.

En comparación con las tecnologías convencionales, los humedales son más económicos, fáciles de operar y mantener, ya que su estructura está pensada para operar a poca profundidad, y no se necesita de monitoreo constante. La creación de un sistema de tratamiento de aguas por medio de humedales, es una tecnología limpia que puede ser aplicada en la Ciudad de Jipijapa, como opción para un segundo tratamiento, en las que se puede emplear grandes o pequeñas extensiones de terreno, según consideraciones futuras.

La propuesta es factible, ya que los humedales son capaces de eliminar contaminantes patógenos que los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas no realizan; estos son utilizados como tratamiento secundario o terciario de aguas residuales, porque estas ya poseen un pre-tratamiento que remueve sólidos en el agua. Tal y como se demostró en los análisis físico – químicos realizados, algunos de los parámetros no cumplen con los requerimientos necesarios, por lo que es importante la aplicación de este segundo tratamiento, para liberar en el río Jipijapa un efluente de calidad. Los alcances de esta propuesta, se evaluaron a través de las observaciones y los resultados de la investigación, puesto que las tecnologías limpias son la meta propuesta, para la búsqueda de mejora en los procesos y tratamiento de las aguas residuales de la Ciudad de Jipijapa.

Espinoza (2014) en su trabajo de investigación, manifiesta que “los sistemas de flujo superficial generalmente son realizados con aguas pre-tratadas, por lo que son esenciales y muy efectivos para tratamientos secundarios y de remoción de contaminantes” (p. 32). De igual manera, la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales disueltos, demanda química de oxígeno y metales puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención en el sistema. Mediante el paso del agua residual a través del lecho de grava u otro material, se produce un contacto con determinadas zonas aerobias y anaerobias. La zona aerobia se encuentra en la superficie y alrededor de las raíces de las plantas, los microorganismos presentes degradan la materia orgánica y con este sistema, se pueden evitar problemas como plagas u otros.

Según Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010) “el sistema de humedales artificiales se fundamenta en tres principios integrales que son: actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales y el apoyo físico de un lecho de soporte para los vegetales” (p. 07).

Se conoce, además, que en los humedales se cumplen tres funciones necesarias que son: fijación física de los contaminantes y de la materia orgánica en el suelo, uso y transformación de un sinnúmero de elementos en base a los microorganismos y, por último, se obtienen niveles de tratamiento óptimos con poquísimos usos de energía y poco mantenimiento por parte de otros procesos (Lara, 1999).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se identifica que las descargas a un cuerpo de agua dulce que se realizan desde la Planta de Tratamiento no cumplen con las exigencias requeridas.

La realización del análisis físico – químico, en el afluente y efluente de las aguas residuales, demostró la presencia de indicadores localizados fuera del rango permisible; Oxígeno 0.13 mg/l en el efluente siendo 10mg/l el permisible, salinidad 1.26% mg/l en el efluente contra 1mg/l el permisible; la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente 140mg/l , siendo el límite permisible 100mg/l; y la demanda química de oxígeno en el efluente 297mg/l , siendo el límite permisible 250mg/l.

Resulta evidente la necesidad de aplicar una alternativa de tratamiento a las aguas residuales que de continuidad al proceso que cumple la Planta de Tratamiento, de manera que se logren alcanzar los índices considerados adecuados para el empleo de esta en actividades relacionadas con la agricultura, asegurando que su impacto ambiental no conspira contra la calidad de la salud de la población.

La utilización del género *Scirpus*, especies acuáticas y herbáceas de la familia de las Ciperáceas en un humedal artificial sería una alternativa viable y una tecnología limpia para mejorar la calidad de las aguas residuales; y puedan ser utilizadas en la agricultura con los índices permisibles para que no conspira contra la calidad de vida de la población.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bermejo, D. (2012). Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible. Universidad de Alicante. Trabajo final de maestría en arquitectura y urbanismo sostenible.
- Castro, F (2001). Proyecto Regional. Sistemas Integrados de Tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Estudio General del caso Portoviejo, Ecuador. Convenio IDRC-OPS/HEP/CEPIS.
- Crites, R. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*.
- Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010) Identificación de las propiedades del agua y sus usos: humedales artificiales; algunas experiencias en Europa.
- Espinoza (2014). Aplicación de las aguas residuales. Una experiencia rural. México.
- FAO (2008). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Beneficios de las aguas residuales en la agricultura*. Roma.

- Ferrer, Ortega y Salas (2012). Tendencias actuales en las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas aglomeraciones urbanas. Ingeniería Civil. Hispagua.
- Gómez, D. (2011). Evaluación Ambiental Estratégica. Mundi-Prensa. España.
- Lara, 1999. Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Modelo de gestión y optimización de procesos biológicos y físicos.
- Liberta, B.(2007). Impacto, impacto social y evaluación del impacto. *ACIMED*. 2007, vol.15, n.3, pp. 0-0. ISSN 1024-9435.
- Naranjo, F. (2010). Alternativas ecológicas para el manejo de aguas residuales. No. 152, 2010, CEGESTI.
- Oñate, J. (2002) *Evaluación Ambiental Estratégica: la evaluación ambiental de Políticas, Planes y Programas*. Ed. Mundi-Prensa.
- Pérez, J; Bravo, L; González , E; Vera, L; Delgado, S. (2015). Valoración físico-química y fitotóxica de las aguas residuales depuradas/regeneradas destinadas al riego agrícola. *Revista de Toxicología* 2015, 32: 140-143. España
- Rivas, L., Pérez, H., y Nevárez, M. (2002) Tratamiento de aguas residuales de uso agrícola en un biorreactor e lecho fijo. *Agrociencia*.
- Rivera, C. (2010). Humedales Artificiales: una solución para el manejo de aguas residuales. Fundación Cerros de Bogotá.
- Tulas (2012). Texto unificado de legislación ambiental. Libro VI. Anexo 1, Normas del Recurso Agua.
- Zurita, F; Rojas, D; Carreón, A; y Gutiérrez, M. (2015). Desinfección de aguas residuales en tres sistemas de humedales construidos híbridos. *Interciencia*, Vol. 40. Junio, 2015. Venezuela.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-72

**Título del trabajo:** Modelos matemáticos como herramienta para la gestión de la calidad del agua en sistemas fluviales.

**Autor (es):** Carlos Marcelo Matovelle Bustos

**Ponente (s):** Carlos Marcelo Matovelle Bustos

**E-mail:** [cmmatovelleb@ucacue.edu.ec](mailto:cmmatovelleb@ucacue.edu.ec)

**Institución:** Universidad Católica de Cuenca

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

EL agua es uno de los recursos naturales más apreciados en la actualidad, mantener la calidad es hoy en día uno de los objetivos principales de las administraciones públicas que controlan el mismo. Para esto se han desarrollado herramientas como los modelos de calidad de agua que permiten una adecuada gestión y conservación del recurso. En este trabajo se presentan los resultados del modelo de calidad de agua *Water Quality Analysis Simulation Program (WASP)* aplicado a la microcuenca del río Tabacay, cuenca del río Paute en la ciudad de Azogues. Para llegar al desarrollo final del modelo se analiza y valora la información disponible tanto de calidad como de caudales y geometría de la zona, se establecen los parámetros y constantes a ocupar en las simulaciones de acuerdo al sistema que se analiza, se realizan las primeras simulaciones con los datos útiles y los resultados no son los deseados pues no coinciden los valores simulados con los observados. Así, este trabajo previo al proyecto de Investigación “DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUA BASADA EN LA COMPARACIÓN DE PROGRAMAS DE SIMULACIÓN EXISTENTES QUE SEA APLICABLE PARA SISTEMAS FLUVIALES ANDINOS” que desarrolla la Universidad Católica de Cuenca, sitúa un precedente que indica la necesidad del desarrollo de un modelo de calidad aplicable a sistemas fluviales andinos, que permita obtener simulaciones con menores errores que los modelos comerciales usados, garantizando de esta manera una herramienta de gran utilidad para la gestión de la calidad de los recursos hídricos.

**Palabras claves:** modelos, calidad, agua, redes neuronales

## INTRODUCCIÓN

El agua en la actualidad se ha constituido en un bien muypreciado debido a la escasez con la que se encuentra en buen estado y a que muchas de las actividades económicas están ligadas a este recurso.

Existen diferentes masas de agua que están sometidas a la intervención y actividad del hombre, en este punto se habla del “buen estado” que debe tener un río. Muchos autores hablan sobre como determinar en qué estado se encuentra un río y la mayoría hace referencia a los lineamientos que engloba la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), en la cual establece al estado de una masa de agua como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales.

Se debe tener en cuenta que la calidad del agua depende del uso para el cual va a ser destinada y está ligada a varios parámetros físicos y químicos con límites de concentraciones establecidos. Entonces un agua puede tener una buena calidad para un fin pero esa misma agua no puede ser apta para otro uso.

En la actualidad existen normativas, criterios y políticas que se encargan de asegurar que los impactos de las descargas a los cuerpos de aguas sean aceptables, para esto se establece límites de calidad y cantidad de los efluentes.

El estado de calidad de las aguas superficiales está determinado por el peor valor de sus parámetros químicos y ecológicos, según esto la Directiva Marco del Agua establece cinco clases de estado ecológico en función del grado de alteración de presenten los ríos comparados con sus condiciones naturales (Figura 1):

- Muy buen estado.
- Buen estado.
- Estado moderado.
- Estado deficiente.
- Mal estado.

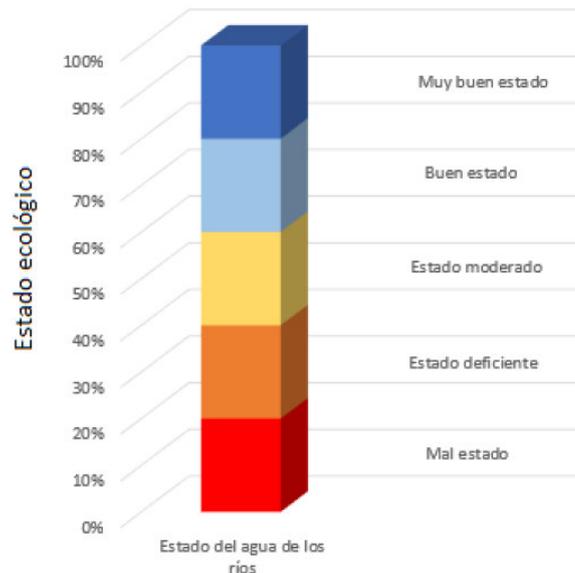


Figura 1. Clasificación de estados ecológicos de los ríos según Directiva Marco.

La contaminación del agua siempre ha estado ligada a las actividades del hombre ya que esta se ha utilizado para el vertido de sus residuos por su gran capacidad de purificación pero, el desarrollo ha hecho que exista un aumento demográfico y por lo tanto un aumento en la demanda y la presencia de sustancias contaminantes más difíciles de autodepurar.

Los problemas de contaminación del agua incluyen daños ecológicos, escasez para satisfacer las demandas urbanas y agrícolas, problemas de salud pública ya que el agua con un grado de contaminación elevada se vuelve un medio receptor y de transmisión de enfermedades.

## **MODELOS DE CALIDAD DE AGUA COMO HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES**

Los modelos son representaciones formales de la realidad que nos permiten analizar, comprender y estudiar un determinado fenómeno. Los modelos pueden tener varias formas desde la simple descripción verbal, la conceptualización y el desarrollo matemático.

Los modelos de calidad de agua son relaciones matemáticas que permiten entender y cuantificar las relaciones causa-efecto de los procesos físicos, químicos y biológicos de los compuestos descargados en cuerpos receptores, como ríos, lagos y estuarios. Más importante aún, estos modelos han sido utilizados para evaluar distintas alternativas de gestión para mejorar la calidad del agua. El enfoque clásico para la gestión de la calidad del agua es, una vez desarrollado y calibrado, utilizar el modelo para predecir la concentración de los contaminantes para distintas alternativas de tratamiento.

Un modelo matemático para calidad de agua que tenga la información necesario para ser realizado de una manera efectiva servirá de herramienta fundamental en la toma de decisiones y más aún cuando en la mayoría de las veces las acciones demandas costes económicos. Los recursos para invertir en tratamiento de aguas residuales son limitados y es necesario priorizar las inversiones.

Planear una política de gestión adecuada en una determinada cuenca es tener la capacidad de adoptar soluciones que sean efectivas y con una óptima relación costo/eficacia. Así también se puede diseñar soluciones que sean estructurales y no estructurales para alcanzar los niveles de calidad que exijan las normativas según los usos para los cuales vaya a ser destinado este recurso.

## **COMPONENTE MATEMÁTICO DE LOS MODELOS DE CALIDAD DE AGUA**

El núcleo de cualquier modelo de calidad de agua son los balances de materia. Los balances se aplican a cada una de las sustancias objeto de interés. Pueden ser contaminantes químicos, oxígeno disuelto, microorganismos, etc., según el tipo de problema en estudio. Dichas sustancias constituyen los "componentes del modelo". (Martín, 2004)

La ecuación diferencial general de conservación de la materia que representa la variación de concentración de un contaminante al cabo de un tiempo que se encuentra en un elemento diferencial de volumen es:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(u_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(u_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(u_z C) + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(E_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) + S_K \quad \text{Ec. (1)}$$

**C:** concentración del contaminante (mg/l o mol/l).

**t:** tiempo (s).

**$u_x, u_y, u_z$ :** componentes del vector velocidad real del agua; velocidad longitudinal, transversal y vertical (m/s).

**$E_x, E_y, E_z$ :** componentes del tensor de dispersión en el seno del fluido; coeficientes de dispersión longitudinal, transversal y vertical (m<sup>2</sup>/s).

**$S_K$ :** fuente o sumidero del contaminante, por unidad de volumen de fluido y de tiempo (mg/L.s ó mol/L.s).

## SIMPLIFICACIONES PARA SISTEMAS NATURALES. RÍOS

La mejor manera de representar un sistema es ocupando las tres dimensiones, pero resulta muy complejo y costoso obtener la información necesaria para alimentar este tipo de modelo además de la alta capacidad computacional que esto requeriría; se debe decidir si todo este esfuerzo para obtener un modelo tridimensional compensa los resultados que se pretende obtener desde el punto de vista de calidad del agua.

De aquí que se puede realizar simplificaciones a los sistemas naturales sin variar considerablemente los resultados que se obtiene al final. Para ríos podemos trabajar con un sistema unidimensional o bidimensional dependiendo de las características del mismo.

La mayoría de veces se considera a los ríos sistemas unidimensionales porque su longitud es muchas veces mayor a su anchura, de esta consideración podemos obtener una simplificación para la Ecuación 2.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(u_x C) + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + S_K \quad \text{Ec. (2)}$$

Otra consideración que se puede realizar en los ríos es que no existe transporte dispersivo por lo que se elimina el término de este tipo de transporte, resultando la ecuación simplificada la siguiente:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(u_x C) + S_K \quad \text{Ec. (3)}$$

## RESULTADOS DEL MODELO WASP

El WASP es un modelo que permite simular el comportamiento dinámico de un sistema acuático, incluyendo la columna de agua y los bentos. Este modelo permite analizar sistemas en 1, 2 y 3 dimensiones y para un variado número de contaminantes. (EPA 2002).

El WASP es un modelo de tipo caja por lo que el esquema la segmentación de los sistemas fluviales analizados, incluyendo las fronteras de interés se presenta en la figura 2.

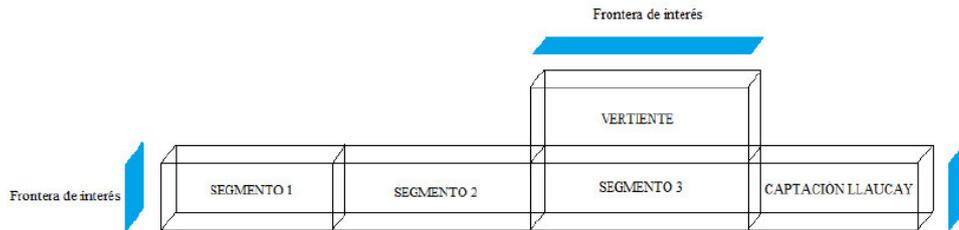


Figura 2. Segmentación del sistema para modelar.

Para el desarrollo del modelo en el río Tabacay se analiza un sistema de una dimensión segmentando cada una de las quebradas que son analizadas. Los parámetros que intervienen en las simulaciones son analizados y justificados dentro de los rangos típicos y el correcto funcionamiento del modelo.

El objetivo del modelo es reproducir las condiciones que se tienen observadas en la captación suponiendo las condiciones aguas arriba hasta lograr tener los datos observados y simulados con el mínimo error.

En todas las simulaciones consideramos que el agua que recorre el río no presenta contaminación, así determinamos la concentración de contaminantes que ingresan solamente en el vertido.

**PRIMERA SIMULACIÓN: ESTADO ESTACIONARIO (Q = CONSTANTE Y T = CONSTANTE), MATERIA ORGÁNICA Y OXÍGENO DISUELTO**

El objetivo de esta simulación es comprobar si la disminución de oxígeno disuelto que existe desde la naciente del río hasta la captación es debida solamente al consumo que existe en la degradación de la materia orgánica.

Para la primera simulación se considera el caudal que circula por el río y el de la vertiente constantes al igual que la temperatura, para estos caudales se utilizan valores promedios. Las cargas de materia orgánica que ingresa también son constantes. Solamente se considera el consumo de oxígeno por la degradación de la materia orgánica que ingresa al sistema acuático. En la captación tenemos un dato observado de 7.12 mg/l de oxígeno disuelto, a este valor se trata de ajustar la simulación. En la figura 3 se presenta el dato que se obtiene para oxígeno disuelto en la captación luego de realizar la simulación.



Figura 3. Oxígeno disuelto simulado en la captación Llaucay. Simulación 1.

Para llegar al valor de oxígeno disuelto en la captación existe una carga desde el vertido de materia orgánica que llega al segmento 3, este segmento corresponde al anterior al de la captación y es en él que se supone que llega la agrupación de las vertientes por tanto donde existe la carga de materia orgánica. En la tabla 1 se encuentran los valores para datos observados y simulados:

Tabla 1. Comparación de resultados. Simulación 1

Parámetro	Valores observados	Valores simulados
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,12	7,2
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	0,7	505
DBO <sub>lim</sub> (mg/l)	0,98	710

Se observa en la simulación que para que exista una disminución de oxígeno disuelto hasta los valores observados la concentración de materia orgánica que debe existir está muy por encima de los valores observados, por lo tanto se debe considerar otro sumidero de oxígeno.

**SEGUNDA SIMULACIÓN: ESTADO ESTACIONARIO (Q = CONSTANTE Y T = CONSTANTE), MATERIA ORGÁNICA, OXÍGENO DISUELTO, NITRÓGENO**

Al comprobar en la primera simulación que el consumo de oxígeno no corresponde solamente al proveniente por parte de la materia orgánica el objetivo de la segunda simulación es conocer la cantidad de nitrógeno que ingresa al sistema para que exista la disminución de oxígeno que usamos para ajustar el modelo.

En esta simulación también se considera el caudal y la temperatura constante, se analiza el consumo de oxígeno disuelto por la presencia de materia orgánica y nitrificación del amonio. Se añade a la simulación el nitrógeno y las cargas que existen de este parámetro también son constantes en el tiempo al igual que las de materia orgánica.

En la figura 4 se presenta el resultado para la simulación de oxígeno disuelto en la captación con un valor de 7.2 mg/l.

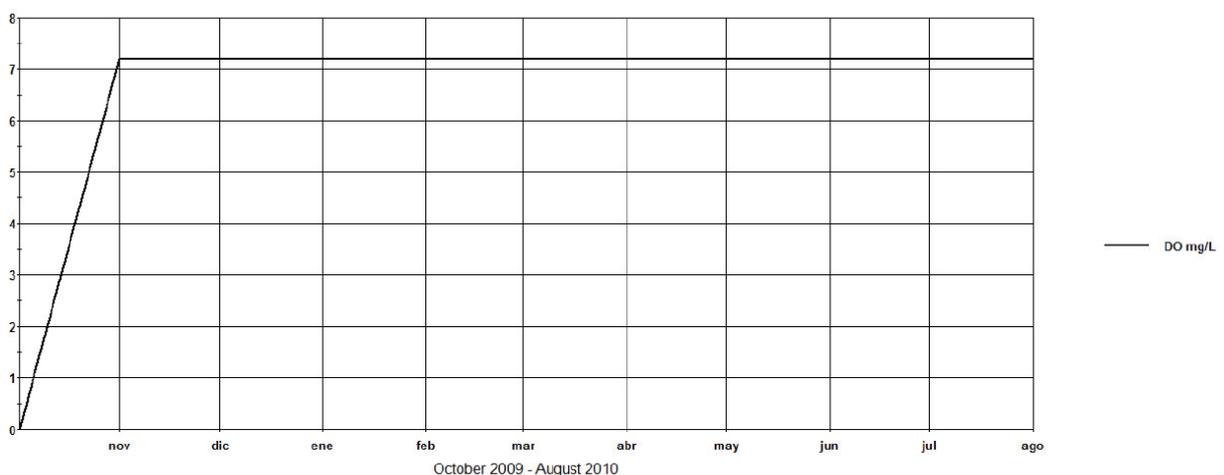


Figura 4. Oxígeno disuelto simulado en la captación Llaucay. Simulación 2.

En la tabla 2, se encuentran los valores de los parámetros observados y simulados incluidos los de las cargas que ingresan al sistema para que exista la disminución de oxígeno disuelto.

Tabla 2. Comparación de resultados y cargas que ingresan al sistema. Simulación 2

Parámetro	Valores observados	Valores simulados
<b>Captación</b>		
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,12	7,2
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	0,7	144
DBO <sub>lim</sub> (mg/l)	0,98	203
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,04	9,83
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,09	0,76
<b>Vertiente</b>		
Carga materia orgánica (kg DBO <sub>lim</sub> /d)	s/v	5300
Concentración materia orgánica (mg DBO <sub>lim</sub> /l)	s/v	612
Carga amonio (kg NH <sub>4</sub> /d)	s/v	265
Concentración de amonio (mg NH <sub>4</sub> /l)	s/v	30,1
Carga nitrógeno orgánico (kg NO/d)	s/v	265
Concentración de nitrógeno orgánico (mg NO/l)	s/v	30,6
Carga nitratos (kg NO <sub>3</sub> /d)	s/v	1
Concentración de nitratos (mg NO <sub>3</sub> /l)	s/v	1,06

Al analizar los datos de la simulación 1 y compararlos con los de la simulación 2 podemos observar que reduce la carga de materia orgánica que ingresa por la vertiente ya que al existir nitrificación del amonio también hay un consumo mayor de oxígeno en el agua. También se observa que las cargas de materia orgánica que ingresan siguen siendo elevadas y la concentración de DBO<sub>5</sub> y DO<sub>lim</sub> en la captación siguen muy por encima de los valores observados que se tiene. Lo mismo ocurre con el amonio y los nitratos cuya concentración simulada es muy elevada comparada con la observada.

### **TERCERA SIMULACIÓN: ESTADO ESTACIONARIO (Q = CONSTANTE Y T = CONSTANTE), MATERIA ORGÁNICA, OXÍGENO DISUELTO, NITRÓGENO Y DEMANDA DE OXÍGENO POR EL SEDIMENTO**

En la primera y segunda simulación se observa que existe cargas muy altas de materia orgánica y de amonio para lograr la disminución de oxígeno disuelto necesario para ajustar el modelo, por esa razón el objetivo de esta simulación es incluir un parámetro fundamental en el consumo de oxígeno en los cuerpos de agua y es el que ejerce el sedimento. El consumo de oxígeno por parte lo consideramos en los segmentos 3 y 5 (Captación) que pueden ser los segmentos más afectados por la acumulación de sedimentos que demanden oxígeno ya que suponemos los segmentos 1 y 2 libres de contaminación.

Simulamos con las mismas cargas de materia orgánica y amonio ingresadas anteriormente pero le añadimos la demanda de oxígeno del sedimento un valor de 2 gr/m<sup>2</sup> d, que es el valor máximo recomendado de consumo de oxígeno por parte del sedimento.

Existe una disminución mínima del oxígeno disuelto en la captación, en la figura 5 se presenta la disminución de oxígeno con la demanda de oxígeno incluida con los mismos datos de la simulación 2.

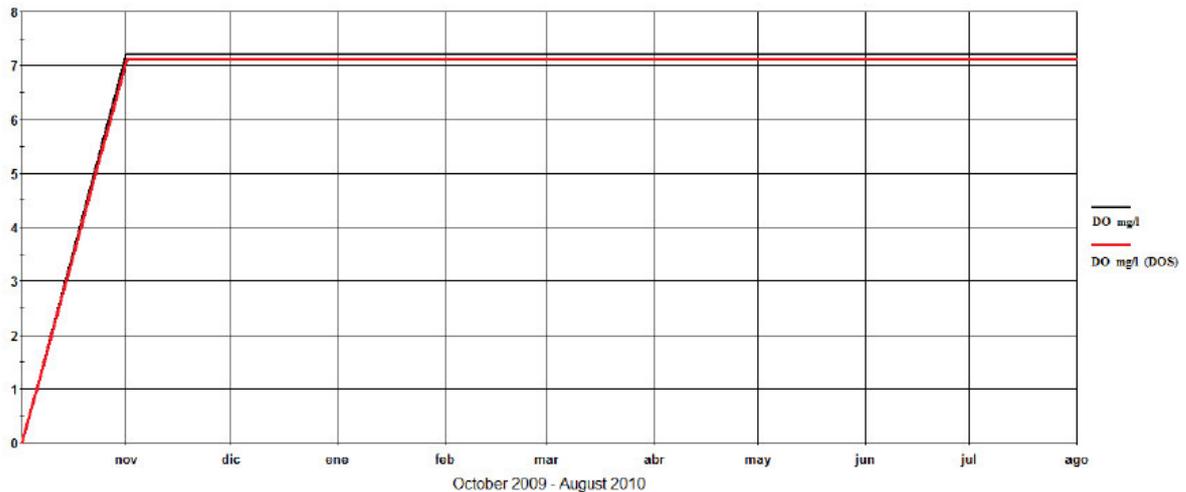


Figura 5. Comparación de OD en la captación con la presencia de una demanda por parte del sedimento.

El oxígeno disuelto disminuye 0.05 mg/l con la presencia de la demanda por parte del sedimento, la presencia de concentraciones de materia orgánica y amonio sigue siendo elevada.

**CUARTO SIMULACIÓN: CAUDALES VARIABLES, TEMPERATURA VARIABLE, MATERIA ORGÁNICA, OXÍGENO DISUELTO, NITRÓGENO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y DEMANDA DE OXÍGENO POR EL SEDIMENTO, COLIFORMES FECALES**

El objetivo de esta simulación es lograr un modelo completo, ingresando parámetros que no habían sido considerados en las simulaciones anteriores como los sólidos suspendidos y coliformes fecales que son parte fundamental del modelo.

En las simulaciones anteriores se toma como constantes los datos de caudales, temperatura y las cargas de contaminantes que ingresaban. En este apartado se utiliza los datos mensuales que se tienen de caudales y de temperatura para que cada mes exista una variación de los parámetros que se analiza, así mismo las cargas que se coloca van variando para ajustar el modelo.

Al igual que en las primeras simulaciones el modelo intenta ajustarse a los datos de oxígeno disuelto en las captaciones suponiendo lo que sucede aguas arriba y las cargas que ingresan con la vertiente.

El tiempo de simulación es de 26 meses, desde octubre de 2009 hasta noviembre de 2011 ya que en este periodo es donde se posee la mayor disponibilidad de datos.

**Resultados para Oxígeno Disuelto**

Como se puede observar en la figura siguiente se consigue un ajuste que sigue la tendencia de los datos que disponemos, el ajuste tiene un error absoluto promedio de 1.8%. Al ser el objetivo del modelo ajustarse a las concentraciones de oxígeno en la captación mientras menor sea el error en el ajuste van a ser más certeras las condiciones supuestas aguas arriba. Luego de ajustar el oxígeno disuelto podemos observar los resultados en la siguiente figura:

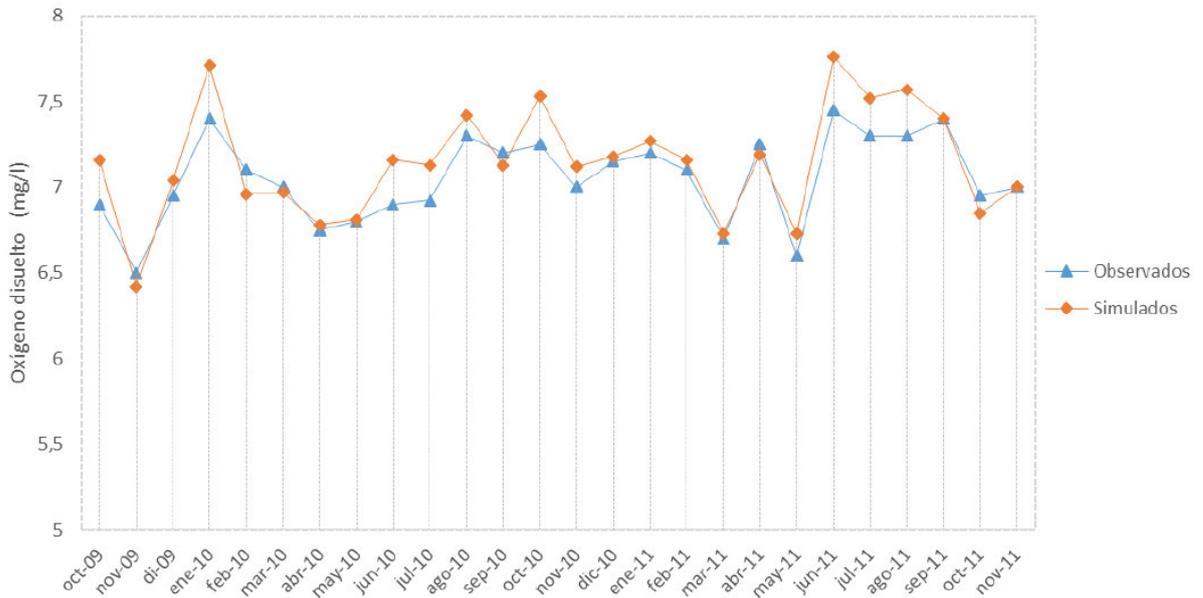


Figura 9. Comparación de valores de oxígeno disuelto observados y simulados.

Para lograr el ajuste en el oxígeno disuelto en la captación se debe disminuir la concentración desde el valor de saturación hasta los datos que se dispone, para esto en la vertiente ingresan cargas de materia orgánica y de amonio cuya presencia provoca la disminución del oxígeno, además de ingresar con la vertiente nitrógeno orgánico, nitratos, sólidos suspendidos y coliformes fecales.

En la figura 10 y figura 11 se presenta la concentración de materia orgánica medida como DBOlim en la captación, se presenta en figuras distintas por la diferencia de magnitud que existe entre los datos observados y simulados.

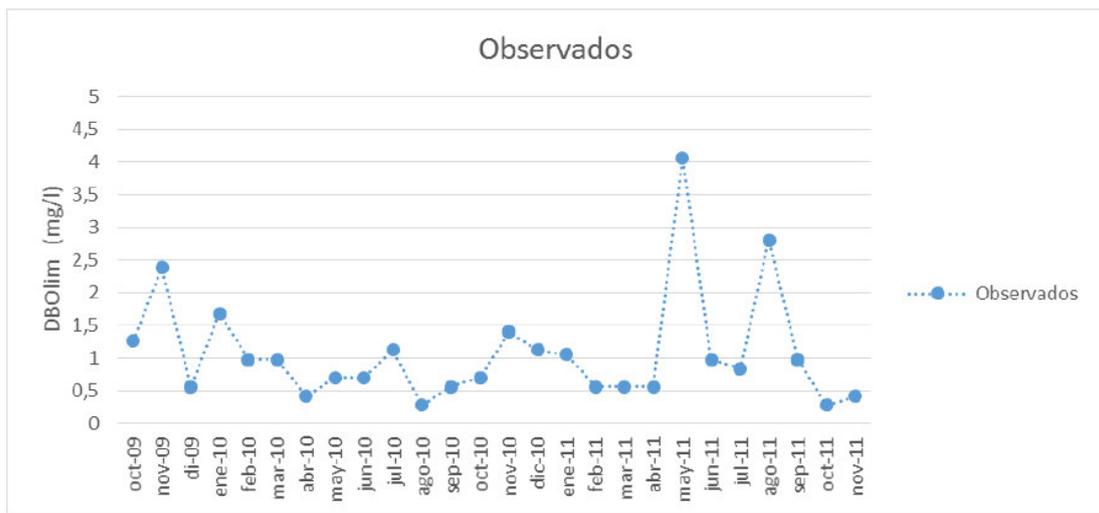


Figura 10. Concentraciones de materia orgánica medida como DBOlim en la captación. Datos observados

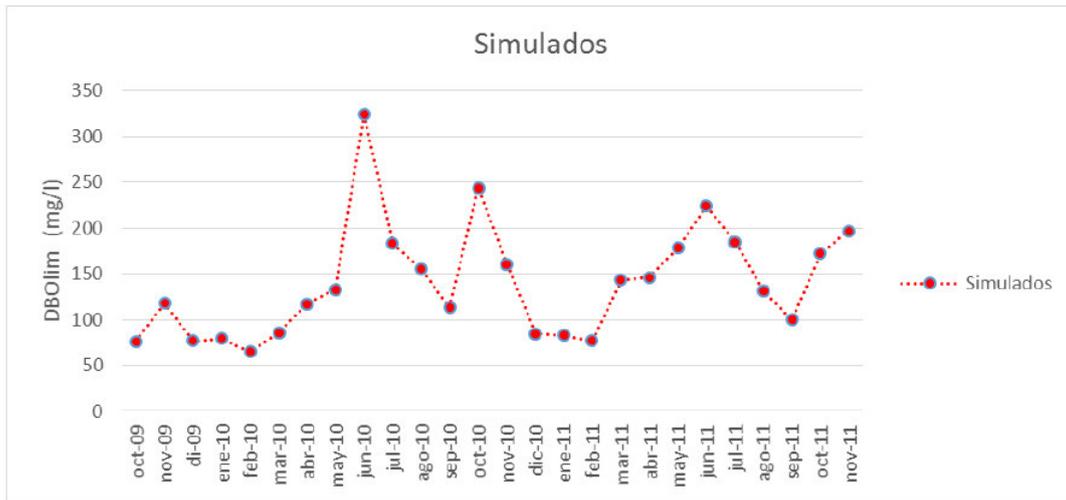


Figura 51. Concentraciones de materia orgánica medida como DBOlim en la captación. Datos simulados

En las dos figuras es evidente la gran diferencia que existe entre las concentraciones simuladas y las observadas. Se puede comenzar a deducir que existen errores en los datos observados o como el modelo usado para las simulaciones no se ajusta de la mejor manera al sistema fluvial analizado.

La materia orgánica entra al sistema por la vertiente, las cargas con las que ingresa se presentan en la figura 12:

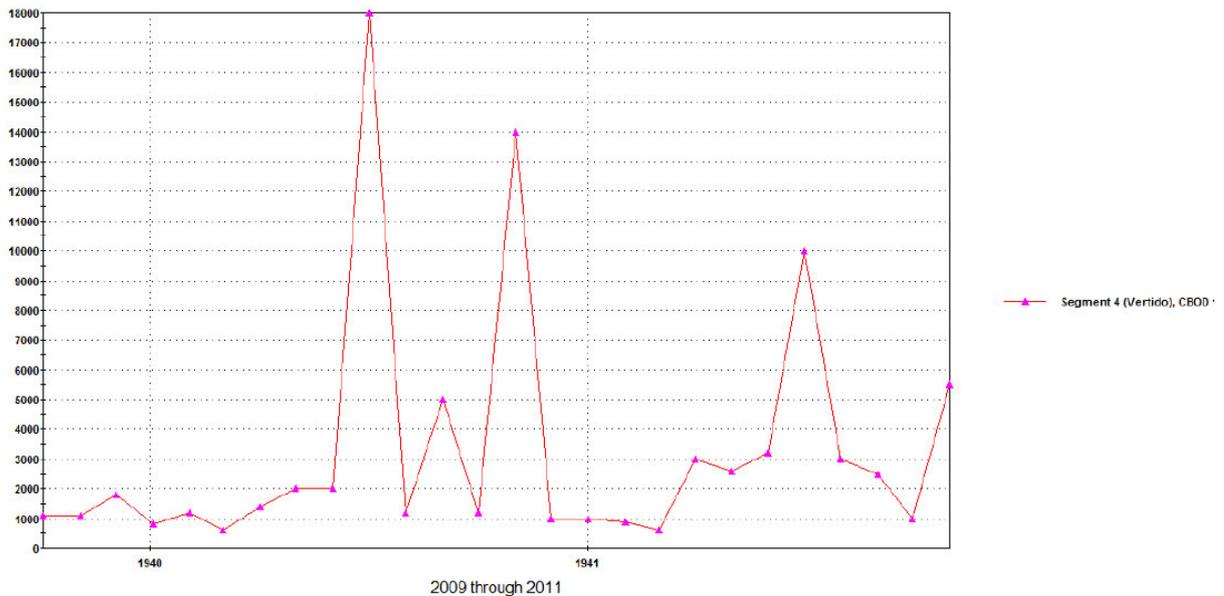


Figura 12. Carga de materia orgánica medida como DBOlim que ingresa al sistema. Datos simulados.

En la figura anterior se ve meses cuyas cargas de materia orgánica al sistema son muy elevadas, pero si se analiza la carga promedio que ingresa se puede tener una idea de dónde viene toda esta materia orgánica. Se obtiene un valor promedio de la carga que ingresa al sistema durante el tiempo de simulación de 2811 kg DBOlim/d, con este valor se puede saber los habitantes equivalentes que existe en la microcuenca.

Considerando que cada habitante equivalente aporta una carga de 60 gr DBO5/d se tiene una población de 33416 HE, esta es una carga directa al río ya que no se posee sistema de alcantarillado ni estaciones depuradoras de agua residual que cumplan con la norma.

Ya que no existe ese número de habitantes en la microcuenca se considera además que no toda la carga viene de población doméstica, por este motivo se analiza la población de origen ganadero e industrial cuyos vertidos son directos o vienen mediante escorrentías de suelos cargados de materia orgánica.

Se ha dividido la carga de origen humano, origen industrial y de origen ganadero que se necesita para alcanzar las concentraciones de materia orgánica que produzcan ese descenso en el oxígeno disuelto.

En la tabla 3 se presentan los porcentajes que se les ha asignado a las cargas.

Tabla 3. Porcentajes de cargas de origen doméstico, ganadero e industrial.

	<b>Carga (%)</b>	<b>Carga (HE)</b>
<b>Población doméstica</b>	5	1670,8
<b>Población ganadera</b>	75	25062
<b>Población industrial</b>	20	6683,2
<b>Total</b>	100	33416

No existe un censo exacto de la población doméstica y ganadera presente en la microcuenca de la quebrada simulada, por lo que los repartos de los porcentajes de población que vierte directamente las cargas no son exactos (Tabla 3), deben ser comprobados por las instituciones pertinentes, pero es una población que puede asemejarse mucho a la realidad de las zonas.

Pero lo que se puede observar por las visitas de campo es que no existe la cantidad de habitantes equivalentes para producir la cantidad de materia orgánica que nos indica las simulaciones.

Para este trabajo particular no se presenta los resultados para nitrógeno, coliformes y sólidos ya que el objeto de la investigación propuesta con base de este estudio en su primera fase se centra en la modelación del consumo de oxígeno y de la materia orgánica.

### **PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUA BASADA EN LA COMPARACIÓN DE PROGRAMAS DE SIMULACIÓN EXISTENTES QUE SEA APLICABLE PARA SISTEMAS FLUVIALES ANDINOS**

En base a los resultados obtenidos en la fase previa de este proyecto de investigación se puede observar que el uso de modelos de calidad de agua desarrollados previamente y comercializados pueden dar resultados con grandes índices de errores en las simulaciones de los contaminantes presentes en el agua. De ahí la necesidad de generar un modelo que sea aplicable a sistemas fluviales andinos, desarrollado mediante una aplicación que permita las simulaciones de materia orgánica y oxígeno disuelto en el agua y que sea calibrado en cuerpos de agua propios de la zona andina del Ecuador.

En la figura 13 se observa los resultados que se pretende obtener al momento del desarrollo y la implementación del modelo UCACUE.

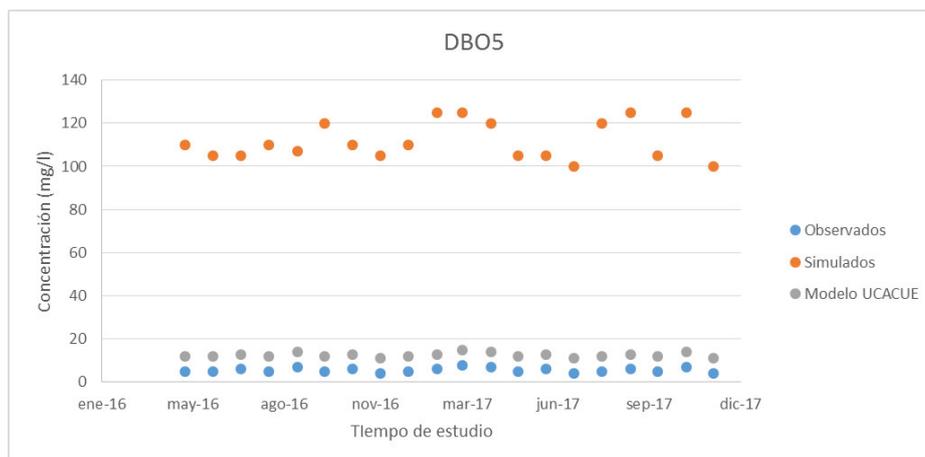


Figura 13. Resultados esperados con menos porcentajes de error para el modelo UCACUE

El proyecto de investigación se plantea en tres fases que se describen a continuación:

### I Fase:

En esta fase se plantea la implementación de una red de calidad en el sistema fluvial base de la investigación, esta red de calidad permitirá tener un conocimiento amplio sobre las características del río. Se propone dividir por segmentos homogéneos en dimensiones y pendientes, colocar estaciones de aforo para medir caudales y tomar las muestras para las analíticas de calidad.

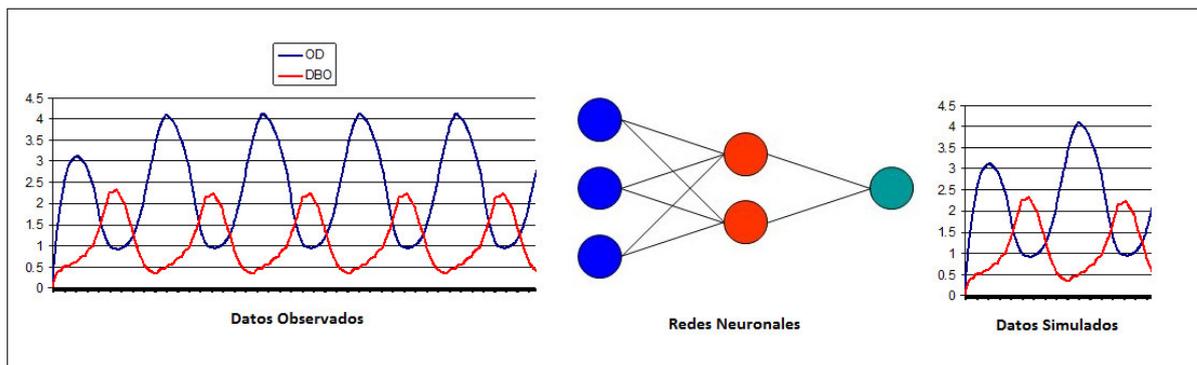
La primera fase tiene una duración aproximada de 6 meses para obtener datos que tengan un peso relevante y puedan ser ingresados a los programas de simulación WASP y AQUATOOL. Con estos datos se plantean simulaciones y si obtiene el grado de error que poseen estos dos modelos comerciales.

### II Fase:

Luego de tener una red de calidad que garantice la fiabilidad de los datos y el conocimiento del sistema en el que se va a aplicar el modelo se plantea la segunda fase del proyecto de investigación que contempla el desarrollo del Modelo Matemático para Calidad de Agua UCACUE.

Para el desarrollo del modelo se utilizarán técnicas de inteligencia artificial, especialmente el concepto de redes neuronales, se entrenará al modelo con datos fiables para que entienda el comportamiento del sistema y pueda simular condiciones futuras con errores muy bajos. En su primera fase el proyecto contempla estudiar parámetros básicos como la demanda bioquímica de oxígeno y el oxígeno residual, además de parámetros hidrodinámicos.

El esquema del modelo aplicando redes neuronales se plantea en la figura 14.



### III Fase:

Para validar el modelo se propone realizar el levantamiento de información, es decir crear una nueva red de calidad en otro sistema fluvial con características similares y luego de esto realizar simulaciones, de esta manera confirmamos que el modelo desarrollado y calibrado en ríos andinos sea extrapolable para sistemas afines.

### CONCLUSIONES

El modelo de calidad de agua para la microcuenca del río Tabacay ha dado resultados que no coinciden con los datos de la mayoría de los parámetros simulados. Se ha ajustado para el oxígeno disuelto pero los demás parámetros no coinciden, esto resulta incoherente pues todo el sistema debe funcionar con la relación que existe entre los parámetros.

No existe una red de calidad en la microcuenca del río Tabacay que permita tener una información clara de lo que sucede y en qué zona de la microcuenca ocurre. Al tener solo las captaciones como punto de muestreo se tiene una visión global de la problemática pero resulta complicado identificar la zona que está contribuyendo con esta problemática para poder actuar puntualmente, esto hace que se destinen recursos a zonas que probablemente no tienen la misma influencia de contaminación que otras.

El modelo WASP fue desarrollado y calibrado en sistemas fluviales con características muy diferentes a los sistemas andinos que se encuentran en la región de la sierra ecuatoriana. Por lo que los errores en las simulaciones se podrían deber a las características diferentes para las cuales el modelo WASP fue calibrado, sin poder ajustarse de la mejor manera a los sistemas que intentamos simular en las zonas andinas.

Detectar estos errores tan altos en las simulaciones deja claro un precedente para iniciar un proyecto con bases suficientes, que plantea la obtención de un modelo matemático de calidad de agua que permita simular características de calidad e hidrodinámicas de los sistemas fluviales andinos.

### BIBLIOGRAFÍA

Ambrose, R., Wool, T., and Martin, J., 1993. The Water Quality Analysis Simulation Program WASP 7.0, Part B: The WASP Input Data Set. Environmental Protection Agency.

Boluda, N., 2003. Modelización de Vertidos de Aguas Residuales en Sistemas Fluviales. Universidad de Alicante.

- Camacho, L., Díaz, M., Rodríguez, E., Ordoñez, J., Manrique, J., 2010. Modelación Dinámica de la Calidad del Agua del Río Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- Canada State Water Resources., 2000. Prospectus 3.1.1.0., Dissolved Oxygen and Temperature.
- Chapra, S.C. 1997. Surface Water Quality Modeling. McGraw-Hill. New York, United States.
- Cuello, J., Trento, A., Álvarez, Ana., 2006. Transporte de Sedimentos y Metales Pesados con WASP 7.0. Santa Fe, Argentina.
- Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Azogues., 2003. Plan de Manejo Microcuenca del Río Tabacay, p 7-85.
- Gobierno de la Rioja, Dirección General del Agua., 2007. Plan Director de Saneamiento y Depuración de la Rioja, p 14-16.
- Martín, M., Marzal, P., 2004. Modelación de la Calidad de Agua. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.
- Metcalf y Eddy., 1995. Ingeniería de Agua Residual. Tratamiento, Vertidos y Reutilización. 3ra Edición. McGraw-Hill. Madrid, España.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2009. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria., TULAS, Libro VI, Calidad Ambiental., Registro Oficial Edición Especial 2, Decreto Ejecutivo 3516.
- Paredes, J., 2004. Integración de la Modelación de la Calidad del Agua en un Sistema de Ayuda a la Decisión para la Gestión de Recursos Hídricos. Tesis doctoral., Universidad Politécnica de Valencia.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea., 2000. Directiva Marco 2000/60/CE.
- USEPA, Environmental Protection Agency., 2005. WASP 7.0. Water Quality Analysis Simulation Program, <http://www.epa.gov/athens/wwptsc/html/wasp.html>.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-74

**Título del trabajo:** Desarrollo Territorial Sustentable Recurso “Agua”.

**Autor (es):** Augusto Polibio Martínez Vega

**Ponente (s):** Augusto Polibio Martínez Vega

**E-mail:** [amartinez@ucacue.edu.ec](mailto:amartinez@ucacue.edu.ec)

**Institución:** Universidad Católica de Cuenca

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En 1993, la Asamblea General de las Naciones Unidas designó el 22 de marzo como el primer Día Mundial del Agua. La sustentabilidad ecológica, supone el uso de los recursos con ánimo de proteger la base de recursos naturales mirando hacia el futuro y cautelando, sin dejar de utilizarlos, los recursos genéticos, suelo y en especial el agua. El crecimiento poblacional exige el constante aprovechamiento del agua, obligándonos a pensar hoy en su uso racional y en planificar su uso futuro. Un modelo para el uso sustentable del agua es de suma importancia y urgencia para la planificación territorial. La investigación realizada sobre un histórico de crecimiento poblacional y el consumo de agua en una ciudad de la sierra ecuatoriana y sobre un histórico de los caudales de las fuentes hídricas de las que se alimenta la captación para la obtención de agua para consumo humano permite identificar e incorporar variables que se deben estudiar y ajustarlas a un modelo que sirva como herramienta para una planificación territorial sustentable relacionada a este recurso. La aplicación de este modelo permite calcular la capacidad de carga sobre este recurso y planificar su uso y consumo a futuro, dando como primer resultado de su aplicación que en la ciudad estudiada este recurso será escaso por los años 2050 aproximadamente. Con este antecedente el resultado obtenido nos permite avizorar que es hoy el momento de planificar el desarrollo sustentable basado en las capacidades de sustento de cada recurso. No puede existir desarrollo sustentable de las regiones utilizando recursos naturales de otros territorios aledaños.

**Palabras claves:** sustentabilidad, ecológica, modelo, recurso, agua

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo territorial es una ciencia que requiere de varios insumos de información que permitan la toma de decisiones a corto mediano y largo plazo. Pensando en el desarrollo territorial sustentable una de las primeras tareas a realizar es el levantamiento de una línea base, que nos permita establecer el estado de los recursos con los que cuenta ese territorio, para tener un diagnóstico territorial y un punto de partida en la planificación a futuro sobre esos recursos. Si deseamos que el desarrollo sustentable sea pragmático y no solamente un enunciado muy humano, debemos empezar de manera inmediata a aplicar métodos y modelos que permitan implementar este tipo de pensamientos y sirvan de guía para una buena planificación territorial. La presente propuesta es un modelo, que surge del análisis de los problemas territoriales de una ciudad andina, que permite generar información sobre el uso de los recursos naturales y proyectarlos a futuro para analizar la sustentabilidad de este y por tanto del territorio. El modelo se basa en el estudio de los recursos que tiene un territorio, en establecer los requerimientos mínimos del sistema biológico natural, luego en diferenciar los usos de los recursos disponibles según el estado después del uso, relacionar los recursos disponibles para el desarrollo humano de acuerdo a una tasa de requerimientos mínimos.

### **Objetivos**

General: Presentar un modelo de desarrollo territorial sustentable aplicado al recurso agua.

Específicos: Identificar las variables; Relacionar las variables identificadas y proponer un modelo

### **Metodología**

La identificación de variables se basó en el levantamiento de información histórica sobre el uso consuntivo y no consuntivo del agua en una ciudad andina del Ecuador.

Se relacionaron las variables identificadas con el criterio de los requerimientos mínimos del recurso que tiene un habitante del área urbana de la ciudad estudiada y mediante el criterio de crecimiento poblacional. Luego se identificaron variables como caudales promedio anuales de las fuentes hídricas, y caudal ambiental (ecológico), a lo largo de un período de tiempo y se estableció una función que relaciona estas variables.

Una vez obtenido el modelo teórico se aplicó con los datos de la ciudad estudiada y se obtuvieron diferentes valores de acuerdo al escenario estudiado, que en este caso fue una ciudad andina del Ecuador.

## **DESARROLLO**

Identificación de variables: Usos consuntivos y no consuntivos del agua.

Los usos consuntivos y no consuntivos fueron determinados de acuerdo a la realidad local estudiada siendo éstos los siguientes:

- Usos consuntivos: Uso doméstico, Agrícola, Industrial.
- Usos no consuntivos: Pesca, recreación, hidroeléctricas.

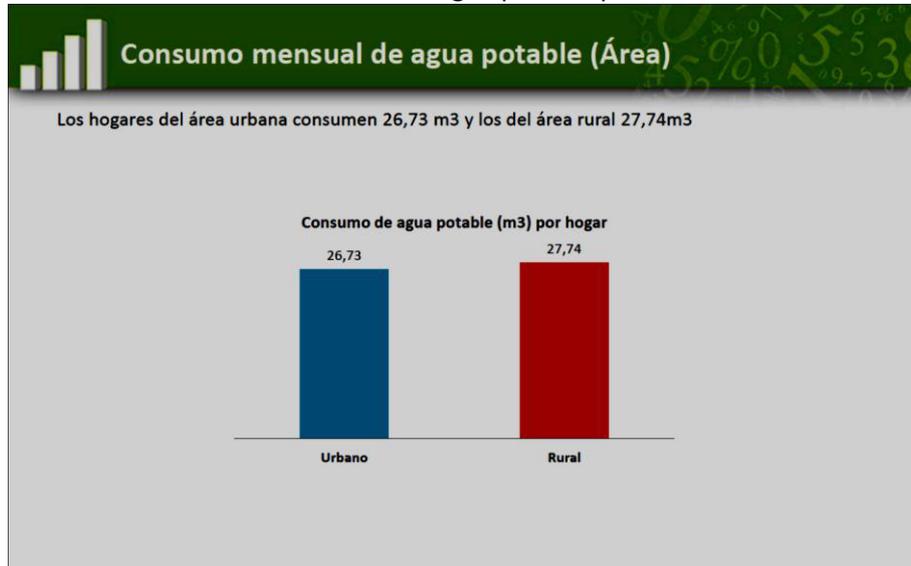
Las variables utilizadas para el estudio fueron los usos consuntivos por ser estos los que utilizan el agua y la retornan en condiciones no adecuadas para su posterior uso, o no retornan a los caudales de los que fue tomado el recurso.

Se observó que existe una relación entre el crecimiento poblacional y el consumo de agua no consuntivo, llevando a establecer que a medida que la población crece los requerimientos de agua para uso doméstico, agrícola, industria y municipales crece.

Uso Doméstico:

En el gráfico 1 se puede apreciar el consumo de agua en el Ecuador de acuerdo al área de estudio, observándose que para el área urbana es del 26,73 m<sup>3</sup> por hogar.

Gráfico 1. Consumo mensual de agua potable por área en el Ecuador.



Fuente: INEC, 2012.

En el gráfico 2 se observa el consumo mensual de agua por hogar y por provincia en el Ecuador, y tenemos que para la provincia del Azuay es de 38,19 m<sup>3</sup>, en el año 2012.

Gráfico 2. Consumo mensual de agua por hogar y provincia en el Ecuador



Fuente: INEC, 2012.

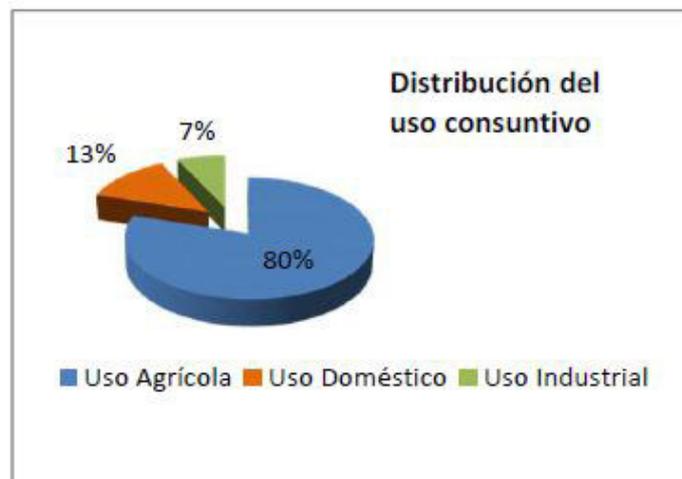
La Organización de las Naciones Unidas -ONU- recomienda que el uso óptimo del agua por habitante deba ser de 100 litros diarios, cantidad que permite cubrir sus necesidades de consumo e higiene.

Al comparar el consumo de litros diarios por habitante, entre ciudades que se encuentran en ubicaciones geográficas similares a Quito, se reflejan los siguientes resultados: En Quito, 200 litros diarios per cápita; en Cuenca, 180; Bogotá, 168; Medellín, 150; y, La Paz, 120, (EPMAPS, 2015).

Usos consuntivos:

En el gráfico 3 se muestra el uso consuntivo del agua en el Ecuador para el año 2011, observando que del agua disponible para usos consuntivos, el 80% es utilizado para labores agrícolas de producción de alimentos, el 7% se utiliza para uso industrial y un 13% se destina al consumo doméstico. En la gráfica 3 no se observa el uso municipal que se le da al agua por lo cual en este estudio se omitió este uso por carecer de datos, estos usos municipales son especialmente en actividades de mantenimiento y riego de parques y jardines, limpieza de instituciones, plazas, vías y mercados.

Gráfico 3. Distribución de los usos consuntivos del agua en el Ecuador 2011

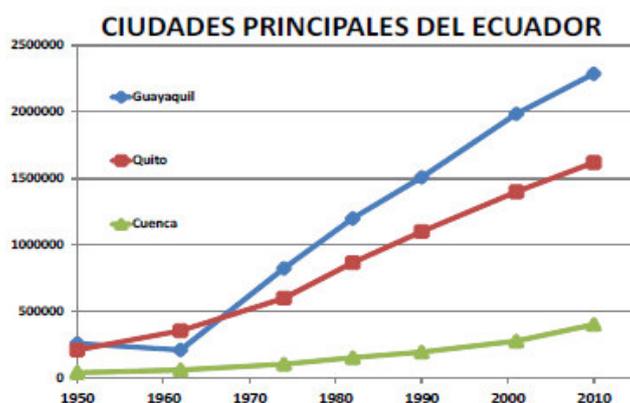


Fuente: Base de datos de concesiones. SENAGUA, 2011

Crecimiento poblacional:

En el gráfico 4 se puede observar el crecimiento poblacional urbano de las principales ciudades del Ecuador, estando entre éstas la ciudad de Cuenca.

Gráfico 4. Crecimiento de las principales ciudades del Ecuador. Jerarquía urbana del Ecuador



Fuente: Banco Central, 2012.

En la tabla 1 se puede observar las tasas de crecimiento poblacional para los diferentes años desde el 2010 hasta el 2020, por cantones, documento emitido el INEC en el 2013.

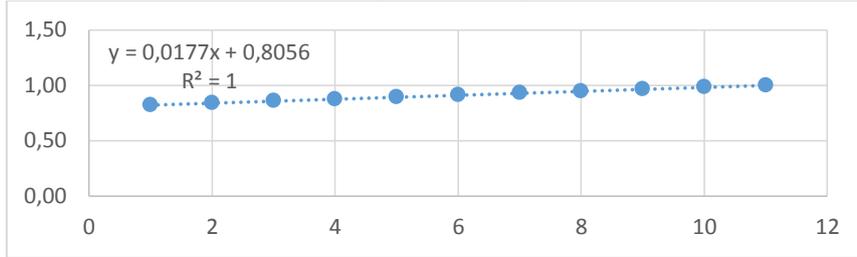
Tabla1. Crecimiento poblacional del Ecuador

Cód.	Nombre de cantón	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
101	CUENCA	524.563	535.624	546.864	558.127	569.416	580.706	591.996	603.269	614.539	625.775	636.996
102	GIRON	13.192	13.196	13.197	13.195	13.187	13.175	13.157	13.134	13.107	13.074	13.037
103	GUALACEO	44.487	44.994	45.501	45.997	46.482	46.954	47.411	47.855	48.286	48.702	49.104
104	NABON	16.593	16.686	16.777	16.863	16.943	17.017	17.084	17.145	17.201	17.250	17.292
105	PAUTE	26.559	26.853	27.146	27.432	27.712	27.983	28.246	28.500	28.747	28.985	29.214
106	PUCARA	10.510	10.533	10.554	10.572	10.586	10.596	10.601	10.603	10.601	10.595	10.584
107	S. FERNANDO	4.177	4.181	4.185	4.187	4.187	4.186	4.183	4.179	4.173	4.165	4.156
108	SANTA ISABEL	19.167	19.365	19.563	19.755	19.943	20.124	20.298	20.467	20.630	20.786	20.935
109	SIGSIG	28.047	28.326	28.603	28.873	29.134	29.387	29.630	29.864	30.089	30.304	30.509
110	OÑA	3.732	3.775	3.818	3.861	3.903	3.943	3.982	4.020	4.057	4.093	4.128
111	CHORDELEG	13.074	13.289	13.507	13.723	13.938	14.150	14.360	14.568	14.773	14.976	15.176
112	EL PAN	3.179	3.175	3.170	3.164	3.157	3.149	3.140	3.129	3.118	3.105	3.091
113	S. DE ORO	6.130	6.211	6.292	6.372	6.451	6.529	6.604	6.678	6.751	6.821	6.890
114	GUACHAPALA	3.553	3.588	3.623	3.656	3.689	3.720	3.750	3.780	3.807	3.834	3.859
115	C. ENRIQUEZ	22.557	23.697	24.895	26.142	27.441	28.793	30.204	31.668	33.191	34.774	36.423
201	GUARANDA	95.720	97.124	98.519	99.897	101.253	102.586	103.884	105.153	106.387	107.590	108.763
202	CHILLANES	18.292	18.175	18.053	17.925	17.792	17.652	17.504	17.350	17.189	17.023	16.850
203	S. J. CHIMBO	16.490	16.607	16.719	16.826	16.926	17.020	17.106	17.185	17.257	17.321	17.378
204	ECHEANDIA	12.631	12.791	12.951	13.107	13.259	13.408	13.552	13.692	13.826	13.956	14.081
205	SAN MIGUEL	28.514	28.614	28.705	28.786	28.856	28.914	28.957	28.989	29.006	29.011	29.004
206	CALUMA	13.645	13.926	14.208	14.490	14.772	15.054	15.333	15.610	15.885	16.158	16.429
207	LAS NAVES	6.339	6.452	6.564	6.677	6.788	6.899	7.008	7.115	7.221	7.325	7.428

Fuente: INEC, 2013.

De lo analizado en la tabla 1 y realizando una normalización de la ecuación lineal del crecimiento poblacional del cantón estudiado se realiza una proyección de la población con la tasa del 1,77%, dato que se encuentra en el gráfico 5.

Gráfico 5. Tasa de crecimiento poblacional promedio del cantón Cuenca



Fuente: El autor.

### Caudal Ambiental (Ecológico)

De lo descrito por Rojas y Tarambis (2012), el caudal ecológico tiene unas 200 formas de cálculo dando la mayoría de resultados valores máximos que varían entre el 10 al 30% del caudal medio inter-anual de la fuente de agua estudiada (ríos).

### Disponibilidad del recurso agua

Caudales promedio anuales de los ríos de una ciudad andina del Ecuador

Del estudio “Análisis de las crecidas de los ríos Tarqui, Yanuncay y Tomebamba, desde 1997 al 2011” realizado por Vallejo, (2014), se encuentra que estos tienen un caudal promedio de 3,21; 7,75; y, 11,88, m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

El río Machángara de acuerdo a lo expuesto por el Consejo de Gestión de la Cuenca del Machángara, presta un servicio de 800 l/s para consumo humano, 1400 l/s para riego y un 5% del volumen total utilizado para el uso industrial.

### Modelo Propuesto

El modelo relaciona la cantidad disponible del recurso agua que se obtiene de sumar los caudales, en litros por segundo (l/s) de las diferentes fuentes hídricas, restando luego, en primera instancia, lo establecido para el caudal ambiental (ecológico) y restando el caudal de los usos consuntivos exceptuando el agua de consumo humano, quedando el volumen que se dispone para este propósito.

Una vez obtenido el volumen de agua disponible este se lo divide entre el volumen de consumo promedio por habitante que permita satisfacer sus necesidades de alimentación y salud, en litros por segundo, teniendo como resultado el número de habitantes que pueden acceder al recurso.

El modelo se expone en las siguientes fórmulas:

Fórmula General:

$$N_h = [\sum (f_1 + f_2 + \dots + f_n) - \sum (U_{c1} + U_{c2} + \dots + U_{cm})] / A_h$$

$$Q_d = \sum (f_1 + f_2 + \dots + f_n) - \sum (U_{c1} + U_{c2} + \dots + U_{cm});$$

Dónde:

Q<sub>d</sub> = es el caudal disponible para consumo humano.

f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>,... f<sub>n</sub> = caudales disponibles de las fuentes hídricas para usos consuntivos

U<sub>c1</sub>, U<sub>c2</sub>,... U<sub>cm</sub> = caudales de los usos consuntivos excepto el de uso humano.

Los valores de  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , se obtienen restando el caudal ambiental de cada fuente hídrica, mediante la siguiente fórmula:

$$f_1 = F_1 - C_{a1}; f_2 = F_2 - C_{a2}; f_3 = F_n - C_{an};$$

De dónde:

$F_1, F_2, \dots, F_n$ , = son los caudales medios interanuales.

$C_{a1}, C_{a2}, \dots, C_{an}$  = son los caudales ambientales (ecológicos) calculados de acuerdo a la metodología que más se adapte a los requerimientos de la fuente hídrica.

Luego de obtenido el caudal disponible para consumo humano, en l/s, este se lo divide entre el consumo medio por habitante en l/s dándonos el número de habitantes que pueden ser usuarios de este recurso, mediante la siguiente relación:

$$N_h = Q_d / A_h$$

De dónde:

$N_h$  = es el número de habitantes con acceso al recurso agua a futuro.

$A_h$  = es el consumo per cápita en l/s.

Por último el valor obtenido de  $N_h$  (que representa el número de habitantes que pueden tener acceso seguro al recurso agua) se los compara con el crecimiento poblacional de la localidad en estudio, utilizando para esto una proyección de la población mediante la tasa de crecimiento poblacional y nos da como resultado el año en el cual el recurso agua puede escasear y no cumplir con los requerimientos poblacionales de ese año.

### Aplicación del método

Caudales

$F_1 = 3,21 \text{ m}^3/\text{s}$  (Río Tarqui);  $F_2 = 7,75 \text{ m}^3/\text{s}$  (Río Yanuncay);  $F_3 = 11,88 \text{ m}^3/\text{s}$  (Río Tomebamba);  
Caudal disponible del río Machángara = 800 l/s (Río Machángara).

En litros por segundo sería:  $F_1 = 3210 \text{ l/s}$  (Río Tarqui);  $F_2 = 7750 \text{ l/s}$  (Río Yanuncay);  $F_3 = 11880 \text{ l/s}$  (Río Tomebamba).

Para el cálculo del caudal ambiental tomaremos el valor del 30% del caudal medio interanual de cada fuente hídrica.

$$C_{a1} = F_1 \times 0,3 = 3210 \text{ l/s} \times 0,3 = 963 \text{ l/s}$$

$$C_{a2} = F_2 \times 0,3 = 7750 \text{ l/s} \times 0,3 = 2325 \text{ l/s}$$

$$C_{a3} = F_3 \times 0,3 = 11880 \text{ l/s} \times 0,3 = 3564$$

$$f_1 = F_1 - C_{a1} = 3210 - 963 = 2247 \text{ l/s}$$

$$f_2 = F_2 - C_{a2} = 7750 - 2325 = 5425 \text{ l/s}$$

$$f_3 = F_3 - C_{a3} = 11880 - 3564 = 8316 \text{ l/s}$$

$$f_4 = 800 \text{ l/s}$$

Caudal de los usos consuntivos: para este cálculo tomamos los porcentajes establecidos en un estudio a nivel nacional que es el 80% para uso agrícola y el 7% para uso industrial del caudal disponible para usos consuntivos  $f_1, f_2, \dots, f_n$ .

#### Agrícola

$$U_{c1} = f_1 \times 0,8 = 2247 \times 0,8 = 1797,6 \text{ l/s}$$

$$U_{c2} = f_2 \times 0,8 = 5425 \times 0,8 = 4340 \text{ l/s}$$

$$U_{c3} = f_3 \times 0,8 = 8316 \times 0,8 = 6652,8 \text{ l/s}$$

#### Industrial

$$U_{c4} = f_4 \times 0,07 = 2247 \times 0,07 = 157,29 \text{ l/s}$$

$$U_{c5} = f_5 \times 0,07 = 5425 \times 0,07 = 379,75 \text{ l/s}$$

$$U_{c6} = f_6 \times 0,07 = 8316 \times 0,07 = 582,12 \text{ l/s}$$

#### Caudal disponible

$$Q_d = \sum (f_1 + f_2 + \dots + f_n) - \sum (U_{c1} + U_{c2} + \dots + U_{cm});$$

$$Q_d = (2247 + 5425 + 8316) - (1797,6 + 4340 + 6652,8 + 157,29 + 379,75 + 582,12)$$

$$Q_d = 2078,44 \text{ l/s}$$

Cálculo del número de habitantes o capacidad de carga del recurso agua

$$N_h = Q_d / A_h$$

$A_h$  = Consumo de agua promedio de un habitante en la ciudad estudiada 200 l/dia.h pasando esto a litros por segundo por habitante da:

$$= 200/24 = 8,3333/3600 = 0,0023148 \text{ l/s.h}$$

$$N_h = (2078,44 \text{ l/s}) / (0,0023148 \text{ l/s.h}) = 897\ 891,8 \text{ habitantes.}$$

Realizando la proyección del número de habitantes podemos encontrar el año en el cual el agua faltaría si se continúa con la distribución actual de los usos consuntivos.

### RESULTADOS

El modelo utilizado muestra que para los usos consuntivos promedio en el Ecuador de 7% para uso industrial y 80% para uso agrícola del caudal destinado para estos usos, la población que podrá ser atendida a futuro y sin intervención de planificación será de 897 891,8 habitantes, población que se alcanzará en el año 2040 aproximadamente, según la proyección poblacional obtenida del ajuste de la proyección del INEC desde el año 2010 al 2020.

El caudal ambiental (ecológico) utilizado fue del 30% como un límite máximo de la aplicación de una variedad de procedimientos existentes (alrededor de 200).

### CONCLUSIONES

El modelo se puede aplicar a todos los recursos pertenecientes a un territorio dado.

El modelo sirve para el análisis de sustentabilidad de cada uno de los recursos que dispone un territorio dado.

Las variables incluidas en el modelo pueden variar en función del territorio estudiado.

La presión sobre los recursos naturales de un territorio determinado depende del crecimiento poblacional y de los requerimientos de cada uno de los usos Biológicos del recurso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPAL, 2012. Diagnóstico de las Estadísticas del agua en el Ecuador.

Consejo de la Cuenca del Río Machángara, 2015. Histórico de la Cuenca del Río Machángara.

Comunidad Andina, 2012. Estrategia andina para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

D. Tarambis, 2012. Análisis de las crecidas presentadas en los ríos Tarqui, Yanuncay y Tomebamba desde 1997 hasta 2011.

E. Vallejo, 2014, "Análisis de las crecidas presentadas en los ríos Tarqui, Yanuncay y Tomebamba desde 1997 hasta 2011"

GEOECUADOR, 2008. Estado del agua.

INEC, 2012. Información Ambiental en Hogares.

V. Arias, 2012. Los caudales ecológicos en el Ecuador: análisis institucional y legal. CEDA.

Linkografía.

<http://uptparia.edu.ve/documentos/DESARROLLO%20SUSTENTABLE.pdf>

<http://www.aguaquito.gob.ec/noticias/quito-registra-un-alto-consumo-diario-de-litros-de-agua-por-habitante#sthash.LQv7iKgJ.dpuf>

<http://countrymeters.info/es/Ecuador>

<file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/AGUA/folletoonrioma.pdf>



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-76

**Título del trabajo:** Diseño de un programa de Interpretación Ambiental para la Reserva Ecológica “La Ceiba” sector Cabeza de Toro, del cantón Zapotillo, provincia de Loja.

**Autor (es):** Edgar Quizhpe Azanza

**Ponente (s):** Edgar Quizhpe Azanza

**E-mail:** [edgardqa\\_93@hotmail.com](mailto:edgardqa_93@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Técnica Particular de Loja

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Dentro de la Reserva Ecológica “La Ceiba” en el sector Cabeza de Toro, del cantón Zapotillo no existe ningún programa de interpretación ambiental que despierte en el visitante el interés de conversar y proteger el medio biológico. Por tal motivo se llevó a cabo un programa de interpretación cuyos objetivos fueron identificar el público específico, determinar la flora y fauna más representativa del lugar como también el equipamiento de infraestructura de la reserva y por último la redacción de mensajes interpretativos. Se entrevistó al guía de la reserva conjuntamente con los moradores más cercanos a este sector, resultando 12 personas. Los resultados del siguiente proyecto técnico arrojaron que el público específico al cual fue dirigido el programa fueron los grupos familiares. La Flora más representativa es de 15 especies, de las cuales las más abundantes son: el guayacán, el ceibo, el Hualtaco, el porotillo, el barbasco y el almendro. En cambio para la fauna más representativa resultaron 20 especies, siendo el puma, la ardilla mono, el zorro, el perico macareño y el perico papagayo son aquellos que más llaman la atención del visitante. Los equipamientos de infraestructura son escasos y en un mal estado, solo existe una pequeña cabaña que sirve de casa de campo cuando el visitante lo requiera, y así mismo dos letreros de madera con un mapa de orientación y descripción general de la reserva. En lo que respecta a la colocación de los temas, se llevó a cabo mediante la señalización de 4 senderos tomando en cuenta el público antes identificado (Familiar), se utilizó un GPS señalando puntos específicos referenciando la flora que existía en ese punto señalado, así como también se estableció áreas destinadas al descanso del visitante, partes altas para miradores y de esta manera lograr que el visitante tenga una mejor impresión al momento de visitar la Reserva.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-86

**Título del trabajo:** Problemas ambientales en la comunidad “Las Mercedes” de la parroquia “Pedro Pablo Gómez”, Manabí.

**Autor (es):** Yhonny Pincay Mendoza, Sonia Rosete Blandariz, Omelio Borroto Leal

**Ponente (s):** Yhonny Pincay Mendoza

**E-mail:** [yhonalpin@yahoo.es](mailto:yhonalpin@yahoo.es)

**Institución:** Universidad Estatal del Sur de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Los problemas ambientales se relacionan con los efectos que las actividades humanas ejercen sobre el ambiente. En Ecuador, la explotación minera y la tala indiscriminada de árboles nativos ha producido grandes pérdidas del bosque, acentuándose en la zona costera. El objetivo del trabajo fue identificar los principales problemas ambientales existentes en el área de influencia de la comunidad Las Mercedes, Manabí. Se realizaron visitas periódicas, entrevistas y observaciones ambientales. Se evidenció que los bosques y la vegetación natural se encuentran en procesos de recuperación lenta. A ambos lados del río, que atraviesa la comunidad, se encuentran una vegetación con cierto grado de deterioro y algunos sistemas agroforestales mezclando árboles frutales con especies características del ecosistema seco. Es una zona con vocación ecoturística y agroforestal, pero estas actividades se ven afectada por la poca extensión de vegetación natural, la escasez de agua potable y la poca preparación del personal de la zona para enfrentar estas actividades de forma sostenible. Se identificaron seis tipos de cobertura vegetal de acuerdo a su fisionomía, composición, estructura y grado de intervención humana, ellas son: asociación pastizal-cultivo, pasto degradado, bosque seco, sistema agroforestal, área erosionada y matorral seco degradado. Los principales problemas ambientales identificados son: deforestación, erosión-desertificación del suelo, agotamiento de los recursos naturales, pérdida de biodiversidad y de espacios naturales. El análisis se realizó en el marco del proyecto “Inventario florístico del bosque de la Comunidad Las Mercedes de la Parroquia Pedro Pablo Gómez” de la Facultad de Ciencias Económicas, Carrera de Ingeniería en Ecoturismo., Universidad Estatal del Sur de Manabí.

**Palabras claves:** problemas ambientales, degradación de bosques tropicales, Las Mercedes, deforestación



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-92

**Título del trabajo:** Transformación sostenible de la matriz energética.

**Autor (es):** María Rodríguez Gámez, Antonio Vázquez Pérez, Washington Castillo Jurado, Wilber Manuel Saltos Arauz

**Ponente (s):** María Rodríguez Gámez

**E-mail:** [mariarodriguez@utm.edu.ec](mailto:mariarodriguez@utm.edu.ec)

**Institución:** Universidad Técnica de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Se propone un Sistema de Información Geográfica para el desarrollo energético sostenible (SIGDES), que contiene información georreferenciada que ayuda a generar conocimientos sobre los diferentes potenciales de fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí, con el objetivo de disponer de información y datos reflejados en un sistema, que propicie al sector educacional, investigativo y empresarial el desarrollo de proyectos con una visión de sostenibilidad territorial que puede viabilizar el cambio de matriz energética. El sistema permite al usuario poder utilizar la información contenida en el sistema, enfocado a la solución de problemas energéticos en el nivel comunitario y direccionado al desarrollo local sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-94

**Título del trabajo:** La Formación Ambiental desde el aprovechamiento de la energía solar, el ahorro y la eficiencia energética. Estudio de caso Universidad Técnica de Manabí.

**Autor (es):** Antonio Vázquez Pérez, María Rodríguez Gámez, Esther Montero Zurita

**Ponente (s):** Antonio Vázquez Pérez

**E-mail:** [antoniov5506@gmail.com](mailto:antoniov5506@gmail.com)

**Institución:** Universidad Técnica de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La generación de energía constituye una de las actividades más invasivas de las condiciones ambientales. La quema de los combustibles fósiles, especialmente el petróleo en el caso del Ecuador, contribuye al calentamiento global dado el alto nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, además que propicia la aceleración del agotamiento de un recurso natural del que pudieran derivarse otros beneficios sociales que resultan claves para asegurar el desarrollo sostenible. En el trabajo se ofrece un análisis conceptual y se muestra la importancia de la educación para el desarrollo sostenible como un motor para la articulación de una conciencia ambiental; Se expone un análisis del uso de la energía y se realiza la evaluación de algunas tecnologías que pueden ser utilizadas en función de propiciar el ahorro energético y el incremento de la eficiencia; Se realiza una caracterización del sitio escogido para la instalación de la tecnología fotovoltaica, la evaluación del potencial solar incidente y la influencia de las componentes climáticas y; finalmente se realiza el diseño de la central fotovoltaica y una propuesta para la reconversión del sistema de iluminación pública de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) con luminarias ahorradoras más eficientes, con la correspondiente evaluación de factibilidad energética, técnico-económico, ambiental y social. Todo ello constituyendo un espacio de formación ambiental, que podrá ser utilizado como una herramienta de apoyo en función de transformar la conciencia del componente social universitario en interés de la protección del medio ambiente.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-95

**Título del trabajo:** El secado solar y los agronegocios.

**Autor (es):** Sebastiana del Monserrate Ruiz Cedeño, María Rodríguez Gámez, José Acedo Suárez

**Ponente (s):** Sebastiana del Monserrate Ruiz Cedeño

**E-mail:** [moncitaruiz@gmail.com](mailto:moncitaruiz@gmail.com)

**Institución:** Universidad Técnica de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Los agronegocios son el sustento de muchas poblaciones rurales, cuando las producciones aumentan muchos productos se corrompen por no tener formas de tratamiento de conservación a escala local. La provincia de Manabí tiene como base fundamental la agricultura, muchos productos agrícolas se pierden en el campo perdiéndose recursos naturales que no se aprovechan. El secado solar es una forma de deshidratar los productos como son verduras, frutas y plantas aromáticas con ello se puede lograr un proceso de conservación, en la misma área de producción, usando tecnologías fáciles de construir como son los diferentes tipos de secadores solares que ya se usan en diferentes partes, en el trabajo se propone introducir esta tecnología en la provincia de Manabí y lograr con ello recuperar gran parte de producto agropecuario que hoy se queda en los campos mejorando así el negocio de los productos del agro no solo de la provincia, sino también en el país.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-101

**Título del trabajo:** Fundamentos de la investigación y publicación científica. Una mirada desde lo ambiental.

**Autor (es):** Tito Morales Pinzón

**Ponente (s):** Tito Morales Pinzón

**E-mail:** [tito@utp.edu.co](mailto:tito@utp.edu.co)

**Institución:** Universidad Tecnológica de Pereira

**País:** Colombia

#### RESUMEN

Desarrollar investigación con fines de divulgación y publicación científica debe partir de la necesidad real de generación de nuevo conocimiento y su esperada apropiación social para la atención de problemáticas reales de la sociedad. En este sentido, es claro que no se pueden desligar los resultados esperados en cualquier desarrollo que se llame científico de unos mínimos principios y fundamentos de generación de dicho conocimiento, más aun cuando se espera su divulgación ante una comunidad académica o científica, ya que la credibilidad del investigador puede ser cuestionada. Los fundamentos de la investigación científica son claramente definidos por la objetividad, sin embargo, este atributo es solo es un ideal cuando se trata de objetos de estudio que involucran lo ambiental. En este punto se debe entender que la complejidad propia de las relaciones sociedad-naturaleza configuradas en los denominados problemas ambientales desborda cualquier intento simplista de resolución absoluta.

Toda investigación científica debe ser concluyente, aun así, desde lo ambiental, solo es posible garantizar ciertas aproximaciones en cuanto a la comprensión de los elementos estructurales o factores claves que bien pueden ser encontrados en la delimitación del objeto de estudio. Se ha encontrado entonces que una alternativa de objeto es el “sistema”, entendido como un constructo que puede ayudar a abstraer lo importante de la realidad compleja.

No podemos olvidar que la investigación científica se guía del planteamiento de hipótesis estructuradas (y matematizadas), con tal rigor que puedan ser contrastadas para confirmarlas o refutarlas y si un investigador puede demostrar un resultado, entonces este debería ser replicable. Ahora bien, desde el enfoque ambiental no basta solo con plantear una hipótesis, más bien es un agregado sistémico de hipótesis que se articulan en relaciones de causalidad, y

en conjunto superan los efectos individuales, consecuencia de la emergencia de resultados insospechados.

Si se considera la investigación científica fundamentada única y exclusivamente en el método científico (aunque es preferible hablar de metodología de la ciencia), debe ser entendida como la búsqueda de conocimiento que involucra la observación de los hechos, la proposición de hipótesis y su verificación, la formulación o aplicación de la teoría que busca la explicación de los hechos que ella estudia a partir de las hipótesis propuestas y la consecuente predicción de nuevos fenómenos no observables o no conocidos. En consecuencia la investigación con enfoque ambiental es posible por lo menos en sus etapas iniciales o cuando el propósito no es la complejidad o la totalidad de la problemática ambiental, sino un aspecto particular de ella. Caso contrario ocurre cuando se pretende abordar lo complejo, es aquí donde el método científico no puede aportar todas las respuestas, porque no es posible construir la totalidad a partir del conocimiento fraccionado.

Finalmente cuando se pretende comunicar el conocimiento adquirido, resultado de estudios e investigaciones, la gran pregunta es si verdaderamente este va a ser considerado científico o no. En este sentido la gran reflexión que se debe hacer es preguntarse ¿a quién se desea convencer sobre la validez de dicho conocimiento?

Como recomendaciones generales, el sometimiento de un artículo científico a la mirada crítica de pares seleccionados meticulosamente por una revista especializada, no está exento a las dificultades propias de la subjetividad de quien parece ser objetivo. Se debe recordar que existen tantos puntos de vista como revisores que prefieren trabajos empíricos sobre los de reflexión, exigiendo usar métodos válidos y ampliamente reconocidos, sin embargo si es un nuevo método o desarrollo, caso común en lo ambiental, este debe presentarse completamente en el estudio y no dejar ambigüedades en lo propuesto.

En un mundo académico tan competido, se debe recordar que quien publica primero tiene la ventaja y el prestigio sobre el tema, pero quien publica segundo puede dar nuevas contribuciones y miradas no encontradas por los predecesores. Esto siempre será más válido en el conocimiento ambiental que no está exclusivamente mediado por el determinismo, ni la linealidad, así los resultados estarán contribuyendo permanentemente al campo de la ciencia ambiental en continuo desarrollo como ciencia emergente.



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL Feria Expositiva Asociada de Tecnologías, Proyectos y Experiencias Ambientales

**Código:** FERIA4-105

**Título del trabajo:** Proyección de un ecomuseo de la ruralidad en la comunidad de Tuinucú, Sancti Spíritus, Cuba.

**Autor (es):** Omaidá Romeu Torres, Ignacio González Ramírez, Andrea Galli, Osmany Ceballo Melendres, José Neira Milián

**Ponente (s):** Omaidá Romeu Torres

**E-mail:** [omaidaromeu1966@gmail.com](mailto:omaidaromeu1966@gmail.com)

**Institución:** Polytechnic University of Marche

**País:** Italia

#### RESUMEN

La participación resulta un estado ideal de intervención activa de los sujetos en la construcción de su propia realidad y se espera que en su dinámica de intercambio horizontal, se produzcan procesos de aprendizaje e implementación que devengan hábitos. Sin embargo, para alcanzar una participación auténtica y democrática, es necesario generar las condiciones con las que hoy no se cuenta, construyendo una cultura de participación que se enraíce en la conciencia social, y la única manera de lograrlo es desarrollando una educación pertinente para alcanzarlo.

Para formular una estrategia encaminada hacia un desarrollo sostenible, es imprescindible que los miembros de la comunidad tienen que creer que ellos mismos para resolver sus problemas y establecer su propio futuro. La red de una araña parece frágil. Sin embargo, es capaz de sostener mucha fuerza sin dañarse. El proceso de fortalecer la capacidad de la comunidad es parecido al proceso de tejer una red, una red que profese enlaces sociales por toda la comunidad, que proporcione apoyo para todos sus miembros y que refuerza la cooperación y la colaboración entre las instituciones, las organizaciones y los habitantes presentes en la comunidad. Aunque pueda ser pequeña al principio, la red se extiende y se incorporan más miembros. Se acrecienta la cohesión y su resiliencia por las alianzas, la colaboración y alcanzar una visión común del futuro.

El caso de estudio referencia el Consejo Popular de Tuinucú, perteneciente a la provincia de Santi Spíritus, Cuba. Caracterizado por un relieve de llanuras onduladas, paisaje cultural asociado al cultivo de la caña de azúcar, cultivos varios y una arquitectura vernácula en peligro de desaparecer. Desde el punto de vista político administrativo a su jurisdicción pertenecen tres comunidades: Tuinucú, Tejar de Madrigal y Caja de Agua.

Intentamos llevar a cabo proceso sostenible de la planificación y gestión del paisaje, con vistas a lograr una estrategia de desarrollo más amplia, mediante la integración de diferentes actores creando un nuevo conocimiento y estimulando la participación de los sujetos institucionales y no institucionales, el trabajo realizado se ha basado en reflexiones y acciones colectivas orientadas a lograr su propio desarrollo a través de la valorización del patrimonio, la utilización de los recursos así como concientizar y resolver los problemas con posibles soluciones sostenibles.

Nos hemos basado en las funciones y servicios del paisaje, como una plataforma ideal para comunicar las expectativas de los valores atribuidos por los actores locales y para interpretar el conocimiento científico en un marco operativo en grado de integrarlo al proceso de toma de decisiones, jugando un rol significativo la identidad territorial interfaciado en tres pilares de la sostenibilidad (medio ambiente, economía, sociedad).

La metodología utilizada tiene como objetivo integrar la gestión del territorio y el medio ambiente, así como otras políticas e iniciativas nacionales o locales que participan en este proceso. Para ello, las áreas que se han identificado son el "medio ambiente, uso del territorio, la gestión sostenible de los suelos, las iniciativas locales de la agroecología presentes en Cuba y el territorio espirituano.

Los procedimientos fundamentales utilizados en la primera fase de nuestra investigación son: la síntesis de información a través del análisis-diagnóstico-prognosis, profundizando en el análisis e inventario de las potencialidades y recursos existentes, incorporando métodos participativos se ha construido la historia de vida, se laboró un sistema de información geográfica (SIG), que contiene una base de datos sobre los recursos naturales, los elementos socioeconómicos e histórico-documentales, otras técnicas aplicadas son el Focus Grupo, el Parish Mapp, para comprender y profundizar la mirada y percepción que poseen los habitantes de su propio territorio así como lograr la participación elevada de los actores y expertos, unidos todos en proceso cíclico-dialógico para la toma de decisiones, base fundamental hasta definir una guía para su propio desarrollo.

Se desarrollaron talleres, reuniones, cursos de capacitación para facilitar la construcción del Parish Mapp orientado a profundizar en las propiedades de los componentes naturales y culturales para su mejor gestión y planificación, mediante el mapa se pretendió expresar e interpretar las conexiones históricas entre el medio natural y las formaciones socioculturales, asociadas a los valores autóctonos de lugar.

Para la aplicación de los cuestionarios se tuvo en cuenta los grupos representativos por edad, sexo, nivel de escolaridad y distribución territorial así como la organización sociocultural respectivamente, se procesaron de modo cuantitativo y cualitativo. Se obtuvo como resultados que las habitantes no reconocen las fiestas, los juegos populares como parte del patrimonio o sea no identifican en su totalidad el patrimonio intangible. A su vez, identifican como elementos identitarios de su comunidad, la industria azucarera, la arquitectura y el Danzón como baile tradicional, seguidos reconocen las actividades religiosas, las fiestas populares y el paisaje.

Los Focus grupos realizados permitieron comprender los elementos prioritarios de los habitantes y sus necesidades además de reconocer lo más llamativos dentro de lo autóctono y en general hacer una valoración general sobre la calidad de vida de la comunidad para su propio desarrollo socioeconómico.

## La Comunidad, centro del Desarrollo Sostenible

Actualmente se requiere de un plan de acción para llevar a cabo el desarrollo social, ambiental y económico en cualquier contexto. Visto a nivel internacional y nacional los problemas puedan parecer tantos y tan complejos que no se puede tomar acción efectiva. Sin embargo, los problemas como el crecimiento urbano, la degradación ambiental, se vuelvan muy reales y personales en las comunidades donde vivimos, si trabajamos a nivel comunitario podemos minimizarlo y resolverlos y más aún si la metas abstractas se transforman en la acción concreta y efectiva.

Por lo tanto, es importante tomar en cuenta estos tres componentes juntos en el proceso de la toma de decisiones. Por ejemplo, los consumidores toman en cuenta el papel de los agricultores locales en proteger el ambiente y su contribución a la economía local cuando deciden donde comprar los alimentos. Los profesionales dedicados al manejo de los recursos naturales consideran no solamente la capacidad de los recursos naturales para soportar la comunidad, sino también la capacidad social y la infraestructura requerida para mantenerla. Los líderes de la comunidad piensan no solamente en el corto plazo y en sus desacuerdos, sino en el largo plazo y en sus intereses en común.

Según M. E. Swisher y K. N. Monaghan: una comunidad sostenible debe cumplir varias pautas entre las cuales están: proteger el Ambiente: la toma de decisiones se enfoca en la reducción de los impactos del crecimiento de la población y del desarrollo en los recursos naturales y el ambiente, en segundo lugar ser económicamente productiva: en la cual los miembros de la comunidad invierten su capital local para sostener los recursos humanos y naturales locales y para lograr un retorno en sus inversiones y en tercer lugar promover la Justicia Social: el acceso a los recursos y al proceso de la toma de decisiones estimula la distribución de bienes por todos los sectores.

Las comunidades sostenibles reconocen los enlaces entre la economía, la estructura social y la calidad del ambiente. Entienden que los programas y las políticas que estimulan un sólo aspecto del desarrollo, sea el crecimiento económico, el progreso social o la protección del ambiente, sin tomar en cuenta los otros componentes, no promueven el progreso sostenido para la comunidad.

Para formular una estrategia para el desarrollo sostenible, los miembros de la comunidad tienen que creer que ellos mismos pueden resolver sus problemas y crear su propio futuro. La red de una araña parece frágil. Sin embargo, es capaz de sostener mucha fuerza sin dañarse. El proceso de fortalecer la capacidad de la comunidad es parecido al proceso de tejer una red, una red que profese enlaces sociales por toda la comunidad, que provee apoyo para todos sus miembros y que refuerza la cooperación y la colaboración entre las instituciones, las organizaciones y los negocios presentes en la comunidad. Aunque pueda ser pequeña al principio, la red se extiende y se incorporan más miembros de la comunidad. Lográndose la cohesión y su resiliencia por las alianzas, la colaboración y una visión común del futuro.

Tales premisas sustentaron nuestra investigación en el caso de estudio del Consejo Popular de Tuinucú, localizado en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

## Caracterización general del Consejo Popular Tuinucú.

Desde el punto de vista político administrativo a su jurisdicción pertenecen 3 comunidades: una urbana "Tuinucú", "Tejar de Madrigal," semiurbana, y la rural llamada "Caja de Agua (Fig 1).

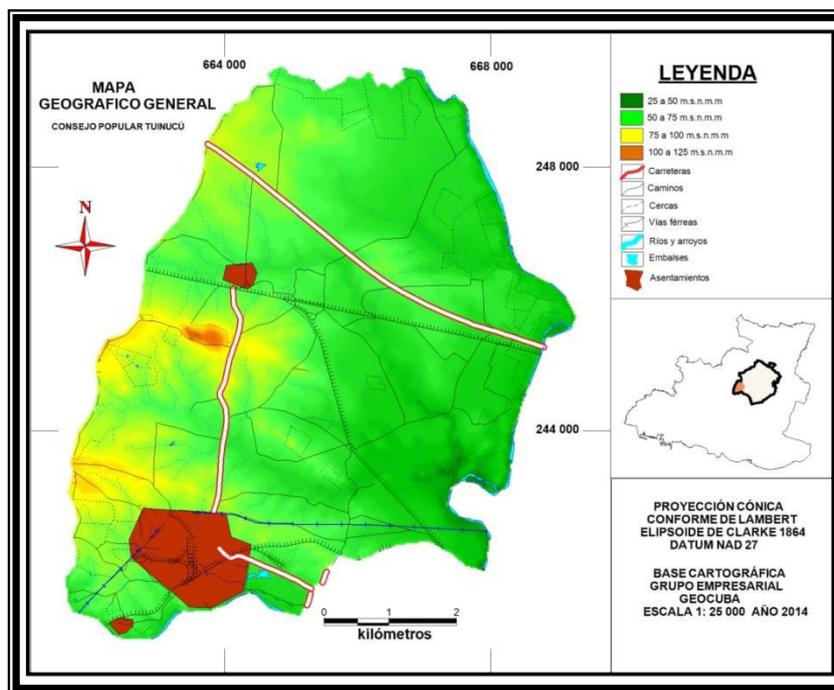


Fig 1: Mapa geográfico general del Consejo Popular Tuinucú

El relieve constituye el substrato de toda actividad terrestre y ofrece una visión integrada del territorio y su funcionamiento, las principales formas del relieve en el Consejo Popular son llanura media denudativo-erosiva, medianamente ondulada formadas por la erosión laminar y la presencia de cauces fluviales, que han sido los principales factores de modelado del relieve. No sobrepasan los 120 m de altitud.

Los suelos más abundantes son los del Agrupamiento Pardos (Siálicos), que ocupan el mayor por ciento del Consejo Popular. En las partes más bajas de la llanura, predominan suelos Oscuros plásticos no gleyzados en las terrazas aluviales más antiguas y aluviales en las partes más cercanas a los cauces fluviales.

El uso de suelo predominante es el cultivo de la caña de azúcar, en segundo lugar los cultivos varios, hacia el norte del consejo popular existen pequeñas zonas de pastos y forrajes hacia el centro oeste y sureste se desarrolla el cultivo del Tabaco pero en menos escala.

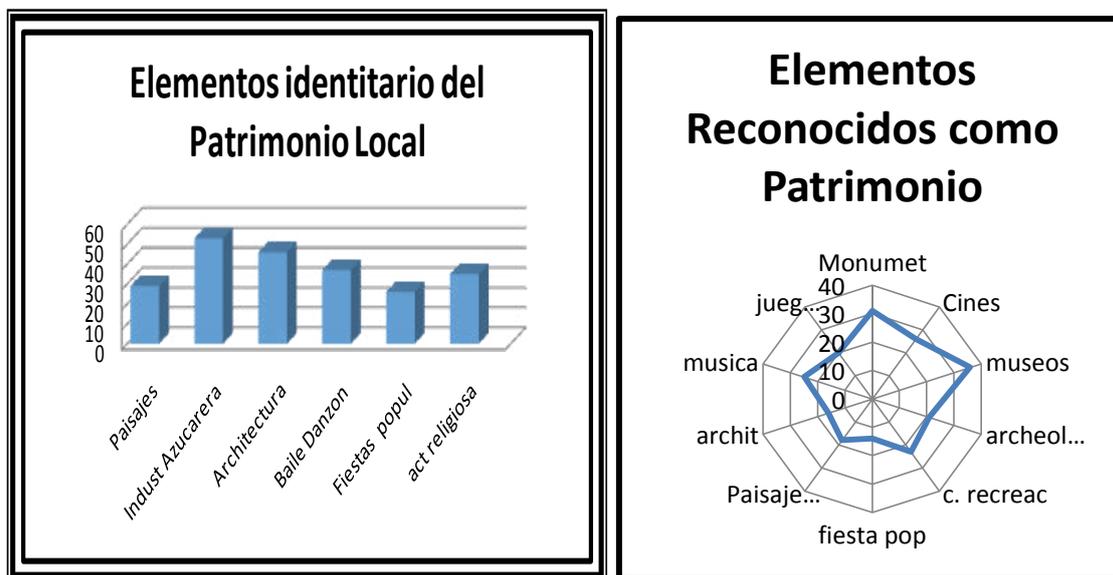
### Resultados de materiales y métodos aplicados en el área de experimentación.

La metodología utilizada tuvo como objetivo integrar la gestión del territorio y el medio ambiente, así como otras políticas e iniciativas nacionales o locales que participan en este proceso. Para ello, las áreas que se han identificado son el "medio ambiente, uso del territorio, la gestión sostenible de los suelos, las iniciativas locales de la agroecología presentes en Cuba y el territorio espirituano.

Los procedimientos fundamentales utilizados en la primera fase de investigación fueron: la síntesis de información a través del análisis-diagnóstico-prognosis, profundizando en el análisis e inventario de las potencialidades y recursos existentes, incorporando métodos participativos se ha construido la historia de vida, se laboró un sistema de información geográfica (SIG), que contiene una base de datos sobre los recursos naturales, los elementos socioeconómicos e histórico-documental, otras técnicas aplicadas son el Focus Grupo, el Parish Mapp, para comprender y profundizar la mirada y percepción que poseen los habitantes de su propio territorio así como lograr la participación elevada de los actores y expertos, unidos todos en proceso cíclico - dialógico para la toma de decisiones, base fundamental hasta definir una guía para su propio desarrollo.

Se desarrollaron talleres, reuniones, cursos de capacitación para facilitar la construcción del Parish Mapp orientado a profundizar en las propiedades de los componentes naturales y culturales para su mejor gestión y planificación, mediante el mapa se pretendió expresar e interpretar las conexiones históricas entre el medio natural y las formaciones socioculturales, asociadas a los valores autóctonos de lugar.

Se aplicaron un total de 476 cuestionarios, teniendo en cuenta grupos representativos de edad sexo, nivel de escolaridad y distribución territorial y organización sociocultural respectivamente. Obteniendo como resultados que no reconocen las fiestas, la arquitectura, los juegos populares como parte del patrimonio (Figura 2 a), en cambio reconocen en mayor cuantía los museos, monumentos y la música, en menor medida los centros recreativos y los paisajes naturales como elementos patrimoniales importantes.



A escala de comunidad identifican como elementos identitarios de su comunidad, la industria azucarera, la arquitectura y el Danzón como baile tradicional, seguidos las actividades religiosas y en menor medida las fiestas populares y el paisaje. (Figura 2 b).

Importante destacar los resultados arrojados por los 7 focus grupos realizados en los cuales los habitantes reconocen sus prioridades para alcanzar el desarrollo de su comunidad destacándose los siguientes: situación de las viviendas, los viales y los centros recreativos mientras que la problemática ambiental la enmarcan en el cuarto lugar de las prioridades.

En la Tabla siguiente se presentan las prioridades reconocidas por los habitantes del consejo popular.

PRIORIDADES PARA EL DESARROLLO DE LA LOCALIDAD								
	P1		P2		P3		P4	
1	viales	21	transporte	19	agua potable	9	recreación	8
2	vivienda	30	transporte	20	viales	15	recreación	10
3	c. recreativos	29	viales	28	transporte	23	consultorios	19
4	transporte	20	cuidar M.A	18	viales	17	recreación	12
5	viales	22	transporte	18	recreación	18	cuidar M.A	14
6	vivienda	19	transporte	11	viales	9	recreación	7
7	transporte	26	Recreación	16	viales	11	consultorios	5
Total		169		130		102		75

Consideran que el transporte público no responde a las necesidades, en particular la ruta hacia la cabecera provincial y Zaza del medio por ser estas destinaciones necesarias para los trabajadores y estudiantes que frecuentan la escuela media y universitaria las que son desprovistas en la comunidad.

Otra prioridad reconocida por la población es el estado de las viviendas que se refleja en el predominio de la tipología II, otro indicador de la calidad de vida es la ausencia de espacios para la recreación y para realizar las actividades para jóvenes y niños. Es importante destacar que durante el proceso de investigación se coordinó con las organizaciones e instancias gubernamentales las demandas y fue reparado el parque infantil e instalado un gimnasio en un área antes inutilizada.

En las entrevistas a la población la opinión prevaleciente es la falta de una verdadera participación popular, abogan que debería existir un mayor vínculo entre los gobiernos regionales, los organismos y organizaciones del territorio. Los jóvenes no están satisfechos con la vida social y cultural de la comunidad, porque a pesar de los esfuerzos ejecutados por la casa de cultura faltan proyectos de para la recreación de los jóvenes que satisfagan verdaderamente sus expectativas. Otra dificultad lo constituyen los servicios gastronómicos que no cumplen con las demandas, debido a que sus ofertas se realizan solamente en los días festivos importantes.

### **Valoración de los Recursos culturales potenciales**

Existe la institución cultural "Casa de la Cultura", con una capacidad de 150 personas que desarrollan proyectos comunitarios de tejido, bordado, trabajo con el nylon, estos utilizan materiales reciclados, tales producciones puede ser una fuente de empleo. El centro cultural también tiene un grupo de aficionado infantil "Tren de Fantasía", un club de baile, típica nacional "Danzón", y un grupo de teatro. Hay un grupo de artesanos integrados por adultos y jóvenes que trabajan con madera y terracota. El club socio-cultural es actualmente en renovación para convertirse en la sede del centro de interpretación del patrimonio socio-cultural viviente de la comunidad.

### **Valoración de los Actores potenciales**

La colaboración entre las escuelas, los ciudadanos y organizaciones constituyen un recurso sostenible para el futuro educando y manteniendo la memoria histórica de los lugares en una perspectiva dinámica puede garantizar un futuro mejor, incluso desde el punto de vista económico, en el territorio y el patrimonio que conserva. Por tanto, este camino de descubrimiento y reflexión constituye una premisa para la educación de los niños, los niños y los jóvenes a la valoración sostenible de su territorio sostenible de su territorio, en una

perspectiva que parte del pasado y de la memoria para llegar a diseñar escenarios futuros, aumentando el sentimiento de pertenencia en una determinada comunidad.

En la comunidad existe una gama de actores potenciales para el desarrollo del futuro ecomuseo que resultan interesadas y que constituyen los partner del proceso de construcción ecomuseable, actores activos en el sector de educación, líderes de la comunidad, un comité de la historia, las organizaciones y grupos culturales con proyectos comunitarios y deportivos integrados por artistas y artesanos de la comunidad: instructores de arte, expertos de centros universitarios e instituciones de la ciencia y del territorio espirituano, cooperativas de campesinos, instituciones religiosas, el movimiento de los trabajadores de la agricultura urbana, la federación de las mujeres cubanas, la organización de los pioneros, el movimiento de exploradores, grupos de estudiantes científicos que desarrollan habilidades y destrezas en temas de agro-ecología, ecosistema, la salud y la alimentación.

### **Etaa operativa para el diseño de Ecomuseo.**

El mapa de la comunidad: es una herramienta mediante la cual los habitantes de un lugar determinado tienen la oportunidad de representar el patrimonio, el paisaje y el conocimiento que reconocen y desean transmitir a las futuras generaciones. Refleja la forma en que la comunidad local valora y percibe su propio territorio, su historia, los cambios o transformaciones en el tiempo, sus recuerdos añorados y no menos importante la mirada de la situación actual y cómo le gustaría que fuera en el futuro. Constituye en sí una representación cartográfica en la que los habitantes de la propia comunidad se desarrollan y se identifican.

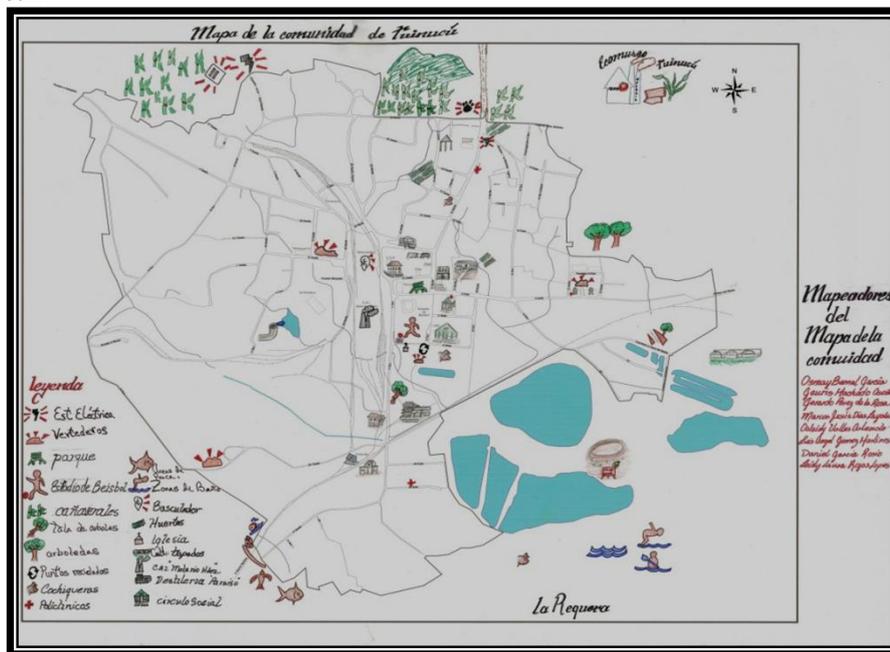


Fig 3: Primera versión del Mapa de la comunidad "Ecomuseo Tuinucú", obtenido mediante participación de niños y jóvenes.

El mapa aporta un concepto "nuevo" de territorio, no solo relacionado con el lugar donde las personas hacen su vida sociocultural y habitan sino que también entre todos deforma unida revitalizan y conservan su propia historia matizada de hechos y personajes que la vivieron y elementos que la caracterizan. Refuerza la conciencia de que el territorio contiene un patrimonio común, rico en detalles, y sobre todo de un tejido de interrelaciones entre los elementos que lo distinguen.

El mapa de la comunidad es un proceso cultural que tiene su génesis en Inglaterra en la década de los ochenta y luego sometido a pruebas exhaustivas, a través del cual una comunidad conforma sus propios límites y contornos; es algo más que un inventario de elementos tangibles e intangibles, ya que incluye un conjunto de relaciones que se establecen entre todos sus elementos. Debe ser construido con la ayuda de los habitantes de la comunidad, no debe ser una simple "fotografía" del territorio, sino que es el reflejo de un proceso participativo de cómo se construye la fotografía.

La utilización del instrumento "mapa de la comunidad" se realizó por varios motivos: en primer lugar constituye un instrumento didáctico muy válido (científico e informal), en segundo lugar en el proceso de su elaboración se reencuentran grandes emociones y facilita la colaboración, la ayuda mutua entre los ciudadanos que participan directamente e indirectamente, en tercer lugar no establece necesariamente un punto común definitivo y rígido, origina un documento que quedara constantemente para actualizar como un archivo de la comunidad. En la fase de la restitución del contenido gráfico crea un interés de confrontar y meditar sobre la selección de los elementos a representar en el mapa, por otra parte contribuye a sensibilizar a las familias en el pacto comunitario e involucrarlos con las temáticas y las oportunidades que ofrece el programa de actividades y por último es estimulante y propedéutico para en el futuro pasar del proceso de construcción del mapa inicial al trabajo sistemático y práctico de mapear el interior del territorio.

Preparar un mapa de la comunidad significa iniciar un proceso no muy simple orientado fundamentalmente a la obtención de un "archivo" permanente, y siempre actualizable, que pueden hacer las personas de su lugar y su entorno. Evita la pérdida de un conocimiento preciso de los lugares, permite identificar la expresión de la sabiduría sedimentada sobre la contribución de varias generaciones. Es un sitio que incluye memorias colectivas, acciones y relaciones, valores y hechos complejos que a veces están más cerca de las personas que a la geografía y a los sentimientos de la extensión territorial.

Para la realización de la primera versión del mapa de la comunidad Tuinucú (Fig 3) se desarrollaron 6 encuentros, los primeros encaminados a involucrar y capacitar a las personas involucradas en el proceso, se hicieron varios talleres y reuniones se impartieron conferencias sobre la caracterización físico geográfica y patrimonial del territorio y se analizaron en conjunto cuales eran los elementos que consideraban y deseaban representar (lugares, construcciones, hechos, recursos naturales).

Para ello se realizaron una serie de acciones locales entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Construir el grupo de trabajo para realizar el mapa de la comunidad.
- Presentación de ejemplos de caso de proyectos europeos, específicamente relacionados con la técnica de Parish Mapp.
- Se realizaron focus grupos con el objetivo de identificar por parte de los propios habitantes cuales consideraban que debían ser los elementos que incluyera el mapa de su comunidad (problemáticas ambientales existentes, elementos del patrimonio natural y arquitectónico, identificaron espacios que podían ser utilizados para el ocio y la recreación, etc).



Fig 4: Reunión con líderes comunitarios.

En la comunidad de forma espontánea entre los habitantes se desarrolló un programa general para la confección del mapa en la cuales participaron actores representativos de las instituciones, organizaciones gubernamentales y sectores sociales, dentro de las actividades desarrolladas se destacan:

- Intervención del grupo de investigación de la universidad de Sancti Spíritus, adjunto a la Facultad de Humanidades (Grupo de Investigación Desarrollo Humano Local): presentación del proyecto de investigación ecomuseable propuesto a la comunidad y muestra de ilustraciones varios mapas de comunidad y casos de estudio de experiencias europeas.
- Vistas a sitios de interés así como excursiones por la comunidad (Fig.5 ).
- Distribución y aplicación de cuestionarios a niños, jóvenes, padres y abuelos
- Realización de concursos en varias modalidades: composiciones, relatos, cuentos, de dibujos y fotográficos.
- Actividades en grupos: “Construyamos el mapa de la comunidad: “Qué elementos deseas que incluya el mapa? Se inició realizando la siguiente reflexión; ¿Que elementos de los siguientes consideran importantes representar en el mapa: costumbres y tradiciones, patrimonio arqueológico, patrimonio natural, saberes y la producción local?
- Actividades de socialización: los participantes realizarón reflexiones coletivas logrando incorporar otros miembros de la comunidad en el proceso de actualización del mapa.



Fig 5: Excursión didáctica a la Loma Hilario, punto culminante de la localidad, con la participación de estudiantes y pobladores

## **Proceso de Participación/didáctica**

Se realizaron actividades sobre el paisaje en las cuales se incorporaron no solo los niños de la escuela, sino también jóvenes y ancianos conocedores del territorio, quedando como sujetos principales de las acciones que posteriormente desarrollaran y seguirán jugando un papel importante en la formación de valores utilizando las actividades extraescolares donde se adquieren conocimientos, se hacen reflexiones y pueden profundizar sobre la temática y componentes del paisaje, en muchos casos de los participantes fue la primera vivencia experimentada.

Para las escuelas del Consejo Popular se realizaron actividades sistemáticas en colaboración con instituciones educativas y socioculturales principalmente. El propósito de estas actividades educativas se puede resumir en cinco puntos:

- Profundizar en las características del paisaje.
- Aprender a ver como un requisito previo para aprender correctamente.
- Observar y preservar el paisaje.
- Transmitir el paisaje como elemento identitario para las generaciones futuras.
- Involucrar e interrelacionar a varias generaciones.

Otras actividades desarrolladas en el Consejo Popular que facilitaron el proceso de construcción del mapa de la comunidad fueron las siguientes:

- Exposiciones de diversas investigaciones
- Actividades culturales
- Actividades con primer ciclo de la escuela: "Hierbas Medicinales"
- Otras actividades: "El herbario fantástica" (actividades extraescolares realizadas en las escuelas pertenecientes al I Consejo Popular Tuinucú con ayuda de la escuela de padres).
- Exposiciones de las Asociaciones de investigación sobre la caña de azúcar y otros círculos de interés.
- Siembra de árboles en la comunidad
- Reciclaje de residuos
- Limpieza y utilización del espacio inutilizados.
- Concursos de vídeo, fotos, diseño, cuentos y narraciones, actividades de excursiones.

Actualmente el proceso participativo sigue en curso y está dirigido y coordinado por las escuelas e instituciones culturales apoyadas por los líderes de la comunidad. y expertos de la universidad específicamente miembros del grupo de investigación "Desarrollo Humano local", adscrito a la Facultad de Humanidades de la Universidad "José Martí Pérez" en la provincia de Sancti Spíritus. Cuba.

## **Consideraciones finales**

Los ecomuseos de la ruralidad son alternativas viables para el desarrollo local en Cuba, mediante el estudio de los potenciales de las localidades rurales y la incorporación de actores individuales, institucionales y organizaciones no gubernamentales. El marco legal para ello en la actualidad es bastante estrecho, a partir de principios jurídicos determinantes que favorecen el centralismo económico social.

Existe una política y una actuación institucional y en general gubernamental orientada a promover proyectos de desarrollo local que ha ganado fuerza en los últimos tiempos. Bajo este

prisma, las oportunidades de proyectos locales creados y gestados por las comunidades o entes internos a estas, gana aceptación y apoyo tanto desde el gobierno como de otros gestores externos a las comunidades. Cuba está en un periodo de modificación social y económica en el cual se están valorando nuevas condiciones de relaciones contractuales entre el estado y la actividad productiva, así como en otras áreas de interés local, tanto en lo social como en lo económico.

La aplicación de una investigación acción en un estudio de caso para determinar la capacidad de respuesta popular a una iniciativa de este tipo en el Consejo Popular Tuinucú, con resultados favorables en la participación ciudadana y la determinación de liderazgos y roles locales capaces de portar adelante cualquier iniciativa del género.

A partir de estos resultados, se ha determinado que una alternativa para implementar ecomuseos comprendería en primer lugar establecer las líneas directrices a trabajar para comenzar esta labor. Como las condiciones naturales, legales, organizativas y socioculturales. Líneas directrices de una alternativa para la implementación de un ecomuseo de la ruralidad: Determinación de los potenciales para ecomuseos de la ruralidad.

- a) Identificación de actores claves, a partir de sus roles dentro de la comunidad y sus conductas dadas por emotividad y afectividad en el colectivo comunitario. Existen públicos claves como los líderes locales, personas con responsabilidad civil y los niños y jóvenes, cuya integración es de suma importancia.
- b) Desarrollo de experiencias de intervención, mediante la integración de actores locales que permitan evaluar su conducta e identificar áreas de actuación y problemática local. Debe comprender la aplicación de diversas técnicas participativas en las que confluyan los intereses de los actores, mediante la sinergia de las actividades cotidianas con las nuevas acciones y su fortalecimiento. La evaluación del liderazgo y el premio al esfuerzo individual y colectivo, son elementos claves de estas experiencias. Los objetivos de las experiencias deben ser definidos con claridad y ser alcanzables. Deben tener una base legal y ética que permita soslayar conflictos innecesarios.
- c) Diagnóstico local de la situación ambiental y sociocomunitaria, para orientar las fuerzas hacia acciones de fuerte motivación a partir de su interés colectivo.
- d) Crear acceso a la capacitación y formación de capacidades en aquellas actividades que fomenten el desarrollo local y la formación de un imaginario propio alrededor del concepto de ecomuseo de la ruralidad como paradigma de desarrollo comunitario.
- e) Integración de agentes externos imprescindibles para el desarrollo local, mediante el compromiso participativo junto a la comunidad.

A partir de las líneas directrices que deben ser autenticadas a partir de las características comunitarias, se debe elaborar un plan de gestión conformado con programas, que responda al cambio del escenario histórico tendencial en la comunidad hacia la creación de un ecomuseo de la ruralidad. Este plan debe ser por un periodo no mayor a cinco años, con posibilidad de actualización al finalizar, de acuerdo al cambio de las condiciones de partida.

El plan de gestión debe tener objetivos cumplibles, de acuerdo a las posibilidades y potencialidades de la comunidad. Sus futuras actualizaciones, serán el modo de incorporar nuevas posibilidades a medida que la comunidad avance en dirección del objetivo. El plan debe ser consensuado y dirigido por líderes de la comunidad. Debe comprender programas, de acuerdo a las necesidades identificadas en el diagnóstico, su principal objetivo es transformar la cotidianidad para el bien colectivo. Entre los programas que debe conformarlo puede considerarse:

Programa de capacitación: Comprenderá la formación de capacidades en los intereses comunitarios mediante cursos sobre cuestiones de interés local. Los cursos deben ser impartidos por los mejores agentes externos que puedan involucrarse en el programa, con posibles réplicas por personal formado en la comunidad. Las Universidades, escuelas técnicas y otros sistemas de formación, pueden ser invitados a estos cursos. Pueden incluir cursos de formación en desarrollo local que incluya el estudio de los ecomuseos, cursos sobre marco legal, gestión de proyectos locales para la búsqueda de financiamiento y además, cursos que permitan formar habilidades manuales para los habitantes, tanto en las actividades económicas tradicionales, como otras nuevas que sean de interés local.

Programa sociocultural: Debe comprender primeramente el estudio del patrimonio y su recuperación. Estará orientado a diseñar y organizar actividades culturales sanas, teniendo como base las tradiciones locales y las capacidades individuales de los habitantes. Sus objetivos deben orientarse al sano esparcimiento, la revalorización del patrimonio y de los individuos insignes por su labor artística, social o económica dentro de la comunidad.

Programa ambiental: Permite conocer la situación ambiental comunitaria, los valores naturales que forman parte del patrimonio y los procesos degradativos de estos y de la salud ambiental en la localidad. Lo conformarán acciones de denuncia de la contaminación y malas actuaciones, acciones de exaltación de buenas prácticas en el uso de los recursos y la conservación del patrimonio, así como acciones de capacitación en coordinación con otros programas.

Programa de desarrollo económico local: Se orientaría a estudiar los potenciales para la actividad económica, determinar las estrategias para su aprovechamiento sustentable y la capacitación en actividades rediticias tradicionales y nuevas que permitan el mejoramiento de los ingresos colectivos e individuales en la comunidad.

Estos 4 programas serían acompañados de otros específicos o formados por subprogramas definidos a partir de especificidades e intereses comunitarios. En todos los casos establecerían objetivos escalonados, pensando en transformar la realidad hacia lo deseable mediante el tiempo que sea necesario. El resultado alcanzado en estos programas, importa más por su integración a la historia de la comunidad que por lo que logre en sí, porque tiene la capacidad de transformar el patrimonio y la historia de la comunidad. Los procesos de transformación comunitaria que nacen dentro de ellas, tienen un alto potencial emotivo y afectivo, que en sí permite su explotación para la recreación y el turismo.

Como otra acción, se considera necesaria la creación de una institución externa, que sirva de referente a estas experiencias, permitiendo el intercambio y la diseminación de los resultados. Esta institución tendría el objetivo, de servir de referente teórico y asesoría a los procesos que se desarrollen en la provincia de Sancti Spiritus y fomentar la divulgación y sistematización de los resultados que se alcancen, así como de soporte académico a los procesos que se inicien. Se propone que sea una cátedra de gestión de ecomuseos de la ruralidad, adscrita a la Universidad provincial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arana, Federico (2004). "Ecología Para Principiantes". Trillas, México, D.F.
- Aghón, G.; F. Alburquerque y P. Cortés (2001). "Desarrollo Económico Local y Descentralización en América Latina: un análisis comparativo, LC/L.1549, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Alburquerque, F. (2004). "Desarrollo económico local y descentralización en América Latina". Revista de la CEPAL. 82, pp 172.
- Alliegro Enzo Vinicio (2006). "Ecodesarrollo. Identidad, el Idioma, Políticas", Akiris.
- AAVV. (2004). "Situación Ambiental Cubana". Ministerio de la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente. La Habana. Cuba.
- Bellaigue, Mathilde (1993). "El Ecomuseo como Posible Medio de Integración." Memorias del simposio "Patrimonio, Museo y Participación Social". INAH, Colección Científica. México, D.F.
- Barroso Purificación Pérez et al (2007). "Plan de creación del museo casa de la Yunquera." Editorial Universidad de Granada, DL : GR . 868 ISBN 978-84-338-4306-7.
- Boisier S. (1996). Modernidad y Territorio, (Cap. II), Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, ILPES, Santiago de Chile
- Boisier S. (2001). "Regional Development and the Construction of Synergetic Capital: A Contribution to the Discussion on Intangibility of Development".
- Boisier S. (2002) "¿Y si el desarrollo fuera una emergencia sistémica?" Documento de trabajo N. 6. Instituto de Desarrollo Regional. Fundación Universitaria. Sevilla, España.
- Boylan P. (1992), Ecomuseums and yhe new museology: some definitions, Museum Journal.
- Colectivo de autores (2009). "Planificación y la Educación del Museo del Paisaje". Departamento de la política ambiental coordinación. Ciudad de Parabiago
- Colectivo de autores, (2007). "Carta de Catania: Hacia una coordinación nacional de ecomuseos: Un proceso para compartir". Documento elaborado para la red nacional "Catania 12-13 de octubre.
- Colantonio-Venturelli R.( 2004 )."Il Potenziali dil Paesaggio". La Marche, Italia.
- Coraggio J. L. (2007) La participación popular, ideología y realidad. XIII Seminario Latinoamericano de trabajo social. Quito, Ecuador.
- Clifford, et all. (2006). "¿Por qué, Cuándo y cómo hacer un mapa de la comunidad". Ires, Piemonte.
- De Carli, Georgina, Duckles, Richard y Solano, Mayela (1993) "El Museo Productivo: una propuesta de cambio", Museo de Cultura Popular, Heredia, Costa Rica,. Documento inédito.

- Davis, P. (1995), Places, cultural touchstones and the ecomuseum, in : G. Corsane (ed.) Heritage, Museums and Galleries: an introductory reader, Routledge, New York. pp 378.
- De Varine Hugues, (2005)." Las raíces del futuro", Club, Bolonia
- Dissegna Vera. (2010)." El ecomuseo se convierte sostenible. Un proyecto de desarrollo para el alto milanese" Tesis Maestría. Universidad Milano Bicocca. Inédito.
- Domínguez A. (1991). "Geografía y Agricultura en el municipio de Taguasco, provincia de Sancti Spíritus". Departamento de Geografía. ISP de Sancti Spíritus, Sancti Spíritus (Inédito). pp 74.
- Domínguez A. (1991). "El Medio Ambiente y el Medio Geográfico, como categorías operativas". Material didáctico para la docencia de postgrado y las investigaciones. Ministerio de Educación. La Habana. pp 37.
- Espinosa Ruiz, Antonio. Enero (2004). "Los Nuevos Tipos de Museo a comienzos del siglo XXI y la interpretación del patrimonio cultural (II)". Boletín de Interpretación, #. 10.
- Fernández, M. G. (2000). Analisis de la realidad social. Madrid: Alianza.
- Gallopin G. (1986). "Ecología y ambiente". En: Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. Siglo XXI Editores. México D.F. pp 126 - 172.
- Gilli Luigi, (2007),"Aspectos Organizativos de los Ecomuseos. Proyecto."
- González I., A. Orozco, B. Pérez y A. Domínguez. (1999). "Diversidad Natural de la Cuenca Zaza". Informe final de investigación. Unidad Provincial de Medio Ambiente. Sancti Spiritus.
- González Ramírez I. (2007). "Modelo Alternativo de diagnóstico para la planificación ambiental en cuencas hidrográfica. Aplicación a las subcuencas Tuinucú-Yayabo, Sancti Spiritus, Cuba.". Informe de tesis doctoral en Gestión y evaluación territorial. Universidad Politécnica de La Marche, Italia.
- Hernández Hernández, Francisca. (1998). "El Museo como Espacio de Comunicación. Ediciones Trea, Gijón.
- Hirschmann A. (1999). "A Través de las Fronteras. Los lugares y las ideas en el transcurso de una vida", F.C.E, México
- Colectivo autores, Ires (2005). La nueva museología y Complejidad.
- Kliksberg B. y L. Tomassini. (2000)." Capital Social y Cultura: claves estratégicas para el desarrollo," BID/ F.Felipe Herrera/U. de Maryland, Fondo de Cultura Económica, Argentina.
- Kostrowicki A. (1990). "Ecological management of landscape". AKAPIT- DTD. Warsaw, Poland, pp 195.
- Labrada Silva C. M. (2008) "Desarrollo local. Un estudio de caso en el municipio "Rafael Freyre", provincia de Holguín". Informe de tesis doctoral en Ciencias Sociológicas, año 2008, Universidad de La Habana.

- Lacouture Fornelli, Felipe (1996). "La museología y la práctica del museo – Áreas de Estudio", En: Revista Cuicuilco, INAH, México, vol.3, #7,
- Linares, C., Puig, P. E., & Baxter, B. R. (2004). "La Participación. Dialogo y Debate en el Contexto Cubano." CIDCC Juan Marinello. Inédito.
- Linston H. (1987) "La Necesidad de Perspectivas Múltiples en la Planificación", Revista de la CEPAL # 31, Santiago de Chile.
- Maggi Maurizio y Falleti Vittorio (2000). "Ecomuseos. Lo que son, lo que puede convertirse," Allemandi, Torino
- Maggi Maurizio, (2005). "Museo y Ciudadanía; Capital social para Promover la Participación y la Educación Cívica," Ires.
- Maggi. (2002). " Ecomuseos, museos de la zona, museos de la Identidad", Milán.
- Maggi, (2005). "Ecomuseos en Piamonte, Condiciones y futuros" .Ires Piemonte,
- Méndez Lugo, Raúl Andrés. (2006). " Teoría y Método de la Nueva Museología en México." <http://nuevamuseologia.com.ar/ecomuse2.htm>.
- Mateo J. C. Cruz, E. Ponce de León, R. González, E. Fernández y A. Fernández. (1995). "Pensar el ambiente". En: Revista Temas. No 3. La Habana. pp 69-87.
- Mateo Rodríguez J. M. (2002). "Planificación Ambiental". Materiales del curso de Geoecología de los paisajes. Facultad de Geografía. Universidad de la Habana. La Habana.
- Morales, Camarena, Valeriano (1994). "Pasos para crear un Museo Comunitario", INAH-DGCP, México.
- ONU. 1986. "Declaración sobre el derecho al desarrollo".
- Perella Germana. (2008) "Estrategia Innovativa de Desarrollo Local Sostenible. Para un Ecomuseo en del Esino Frasassi".Informe de tesis doctoral en Gestión y evaluación territorial. Universidad Politécnica de La Marche, Italia.
- Pires Martins, Maria Helena. (2000). "Ecomuseo". Diccionario crítico de política cultural cultura e imaginario. ITESO-CONACULTA- Secretaría de Gobierno del Gobierno de Jalisco. Guadalajara, Jalisco.
- Putnam R. (1993). " Making democracy work: civil traditions in modern Italy," Princeton University Press.
- Riviere, Georges Henri (1985). "Definición evolutiva del Ecomuseo", Revista Museum, UNESCO, París, # 148.
- Ricotta C., P. Corona y M. Marchetti. 2003. "Beware of contagion". Landscape and urban planning. pp 173-177.
- Salinas E. (1991). "Análisis y evaluación de los paisajes en la planificación regional en Cuba". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. Facultad de Geografía, Universidad de la Habana (Inédito), pp 187.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-07

**Título del trabajo:** Utilización de material de espuma flex (Poliestireno) para la construcción de modelos en los procesos de fundición de aluminio.

**Autor (es):** José Elí Saltos Zambrano

**Ponente (s):** José Elí Saltos Zambrano

**E-mail:** [joseelisaltos@hotmail.es](mailto:joseelisaltos@hotmail.es)

**Institución:** Universidad Técnica de Manabí

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo disminuir los costos de fundición mediante la utilización de material de espuma flex (*poliestireno*) reciclado, para la elaboración de los modelos en los procesos de fundición en aluminio y bronce. Se enfatiza la importancia de la utilización de este tipo de material, ya que se reduce el tiempo del proceso de diseño del modelo y cuya implementación de este método hace un aporte al medio ambiente reduciendo en un gran porcentaje las grandes montañas de contaminación por causa de la espuma flex, los desechos o chatarra de aluminio y bronce que no se reciclan, la tala de árboles para la construcción de modelos y la contaminación que todo este conjunto emite al medio ambiente. La investigación determinó nuevas formas para lograr que los procesos de fundición sean más económicos y se realice en el menor tiempo posible, aporten a la conservación del medio ambiente y se obtengan mejores resultados a la hora de la obtención de la pieza fundida. La fundición es el proceso de fabricación de piezas, comúnmente metálicas pero también de plástico, consistente en fundir un material e introducirlo en una cavidad, llamada molde, donde se solidifica y se obtiene la pieza en el metal deseado. Esta tecnología es de fácil implementación para desarrollar emprendimientos, los cuales pueden solucionar o resolver una necesidad de una comunidad. Las conclusiones de la presente investigación apuntan hacia la vital importancia de implementar este novedoso método ya que reduce las grandes montañas de chatarra de aluminio, bronce y desechos de espuma flex, contribuyendo a desarrollar nuevos métodos de fundición y cuidando el medio ambiente y a la población que haga uso de ello.

## INTRODUCCION

A lo largo del tiempo, la fundición y el maquinado se han considerado algunos de los procesos de fabricación más importantes en la manufactura de piezas metálicas. Estos procesos se remontan cerca de 2000 años A.C. y han tenido grandes repercusiones en la historia debido a su gran uso en la industria y la tecnología (Gonzales, 1986) .

La fabricación moderna incluye todos los procesos intermedios requeridos para la producción y la integración de los componentes de un producto. El sector industrial está estrechamente relacionado con la ingeniería y el diseño industrial. El proceso puede ser manual (origen del término) o con la utilización de máquinas. Para obtener mayor volumen de producción es aplicada la técnica de la división del trabajo, donde cada trabajador ejecuta sólo una pequeña porción de la tarea.

Así, se especializa y economiza movimiento, lo que va a repercutir en una mayor velocidad de producción. Aunque la producción artesanal ha formado parte de la humanidad desde hace mucho tiempo (desde la Edad Media), se piensa que la manufactura moderna surge alrededor de 1780 con la Revolución Industrial Británica, expandiéndose a partir de entonces a toda la Europa Continental, luego a América del Norte y finalmente al resto del mundo. La manufactura se ha convertido en una primordial economía del mundo moderno (Chevalier, 2011).

Y es precisamente, el estudio de estos procesos de fabricación lo que nos conlleva a la realización de esta investigación.

La investigación busca determinar nuevas formas de lograr que los procesos de fundición sean más económicos y se los realice en menor tiempo, aporten a la conservación del medio ambiente y se obtengan mejores resultados a la hora de la obtención de la pieza fundida. La fundición es el proceso de fabricación de piezas, comúnmente metálicas pero también de plástico, consistente en fundir un material e introducirlo en una cavidad, llamada molde, donde se solidifica y se obtiene la pieza en el metal deseado.

El proceso más común es la fundición en arena, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido (Askeland, 2011).

Es en este punto donde empleamos la espuma flex (*poliestireno*) como modelo y no es retirado de la caja de moldeo, ya que este al momento que se vierte el metal fundido se derrite con ello, ocupando la colada el espacio que hacia el modelo de espuma Flex.

De esta manera, esta investigación apuntan hacia la importancia que tiene la implementación de esta técnica ya que reduce las grandes montañas de chatarra de aluminio, bronce y desechos de espuma flex, donde todo estos materiales son reciclados y contribuyen al cuidado del medio ambiente y a la comunidad que haga uso de ello, reduciendo costos y tiempo de empleos para la obtención de los resultados contribuyendo a desarrollar nuevos métodos de fundición y cuidando el medio ambiente y a la población que haga uso de ello.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó durante un año. Se han ejecutado varios experimentos de aplicación de esta técnica de reemplazar los tradicionales modelos de madera por modelos diseñados en espuma Flex (*poliestireno*) para obtener resultados favorables al estudio.

Estos estudios tuvieron como objetivo, evaluar los efectos y características que se podían obtener al aplicar un nuevo método de moldeo y fundiéndolo sin retirar la pieza de modelo.

La fundición en arena consiste en colar un metal fundido, típicamente aleaciones de hierro, acero, bronce, latón y otros, en un molde de arena, dejarlo solidificar y posteriormente romper el molde para extraer la pieza fundida (Gonzales, 1986)(Robert C. Juvinall, 2013).

Para la fundición con metales como el hierro o el plomo, que son significativamente más pesados que el molde de arena, la caja de moldeo es a menudo cubierta con una chapa gruesa para prevenir un problema conocido como "flotación del molde", que ocurre cuando la presión del metal empuja la arena por encima de la cavidad del molde, causando que el proceso no se lleve a cabo de forma satisfactoria (Hibbeler, 2011).

Durante el desarrollo de los experimentos se controlaron muchos factores que se detallan a continuación

### MOLDE DE ARENA

Para esta investigación se tomó muy en cuenta los siguientes factores que permitieran el correcto desempeño de la espuma flex (poliestireno) dentro del molde en arena:

- **Resistencia:** La capacidad que permite mantener sus características geométricas (SINGER, 2011).
- **Permeabilidad:** Capacidad de permitir el paso de aire (gases) por los vacíos de arena (Vasquez & L., 2013).
- **Estabilidad Térmica:** La capacidad de resistir el agrietamiento y deformación cuando sea puesto en contacto con el metal fundido al momento del vertido de la colada(Hibbeler, 2011).
- **Colapsabilidad:** Esta se tomó en cuenta ya que es la capacidad de limpiar con facilidad y quitar la arena del fundido.

Para los procesos de fundición en arena, como en otros procesos de fundición, se utiliza un "patrón" que consiste en un modelo en tamaño real de la pieza, con un margen de sobredimensionamiento, para tener en cuenta las tolerancias por contracciones y maquinado en la fundición final (Gonzales, 1986).

### ESTILOS DE MODELOS PARA LA FUNDICIÓN EN ARENA

#### En el modelo sólido

El tamaño está ajustado para la contracción y el maquinado.

Este modelo posee la misma forma que el fundido.

Están limitados para bajas cantidades de producción(Budynas & Nisbett., 2012).

#### Los modelos deslizantes

Constan de dos piezas, las cuales dividen la parte en un plano coincidente con la línea divisoria del molde.

Este tipo de moldes es utilizado para piezas complejas con cantidades de producción no muy altas. Es decir la pieza es hecha en varias partes (Lieu & Sorby, 2009).

#### **Los modelos de placas ajustadas**

Constan también de dos piezas que están ajustadas a los lados opuestos de una placa. La placa contiene agujeros permitiendo que los marcos superior e inferior se alineen de esta manera se hacen grandes diseños con espuma flex (*poliestireno*)

#### **En los modelos de capucha y base**

Se encuentra una situación similar a los de placas ajustadas, con la diferencia que las mitades no se ajustan a la misma placa, sino que se fabrican independientemente.

### **LOS HORNOS PARA FUNDIR**

Existen hornos de combustión directa, cubilotes, crisoles, de acero eléctrico y de aleación. Los más utilizados en esta investigación fueron:

#### **Horno de combustión directa**

La carga de metal se calienta en un pequeño hogar abierto con quemadores de combustible que se ubican a un lado. Pueden alimentarse de gas natural. Los productos de la combustión se expulsan a través de un cañón, este tipo de horno se encuentra en el taller donde se realizó la práctica.

#### **Cubilotes**

Son de forma cilíndrica vertical. Constan de un canal de paso cerca de su base. Sus mayores usos son para hierros colados.

#### **Crisoles**

El metal no hace contacto directo con la mezcla de combustible. Pueden ser móviles, estacionarios o de basculantes.

### **DEFECTOS EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN**

Se puede observar los distintos defectos que se pueden presentar en el proceso de fundición. Los vacíos se producen antes de llenar por completo la cavidad del molde, por mala fluidez del metal derretido, bajas temperaturas de vertido, bajas velocidades de vertido y bajas secciones transversales de la cavidad del molde.

Los cierres fríos se producen cuando fluyen juntas dos porciones del metal y no se produce fusión entre ellas porque se solidifican prematuramente, por razones similares a las de los vacíos. Los gránulos fríos ocurren por salpicaduras durante el vertido, formando glóbulos sólidos del metal atrapados en el fundido (Gonzales, 1986).

#### **La cavidad de fuga**

Es una depresión en la superficie o un vacío interno en el fundido. Se forman por fugas en la solidificación restringiendo la cantidad de metal derretido disponible en la última región que se solidifica.

#### **La microporosidad**

Es una red de vacíos pequeños distribuidos a lo largo del fundido. Se forman por falta de solidificación localizada del metal derretido.

### **El desgarre caliente**

Se forma porque el fundido se ve impedido de contraerse por el molde y este no lo propicia durante las etapas finales de la solidificación, o en las primeras etapas del enfriamiento.

## **DEFECTOS RELACIONADOS CON LOS MOLDES DE ARENA TOMADOS EN CUENTA EN ESTA INVESTIGACIÓN**

### **La sopladura**

Es una cavidad de gas en forma de globo que se forma por la libertad de gases del molde durante el vertido.

### **Los agujeros**

Son muchas cavidades pequeñas formadas ligeramente bajo la superficie por las mismas razones por las que se forman las sopladuras.

### **El lavado de arena**

Se ocasiona por la erosión del molde de arena durante el vertido y consiste en una irregularidad en la superficie del fundido.

### **Las costras**

Son áreas rugosas en la superficie del fundido.

### **Las penetraciones**

Son defectos de la superficie por alta fluidez del metal líquido.

### **El desplazamiento del molde**

Se forma por el movimiento lateral de la capucha con respecto a la base escalonando el producto fundido en la línea de separación(SINGER, 2011).

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

La espuma flex o (*poliestireno*) es un materia que ofrece fácil manejo al momento de hacer los diseños de las piezas que deseamos obtener en el proceso de fundición, además de que el mismo no se lo retira ya que ofrece característica como su punto de fusión a más de 100 °C lo que permite que este modelo no se retire de la caja de moldeo ya que la colada de aluminio si vierte a más de 600 °C derritiendo por completo el modelo y ocupando el espacio del mismo sin detectar problemas en la caja de moldeo.

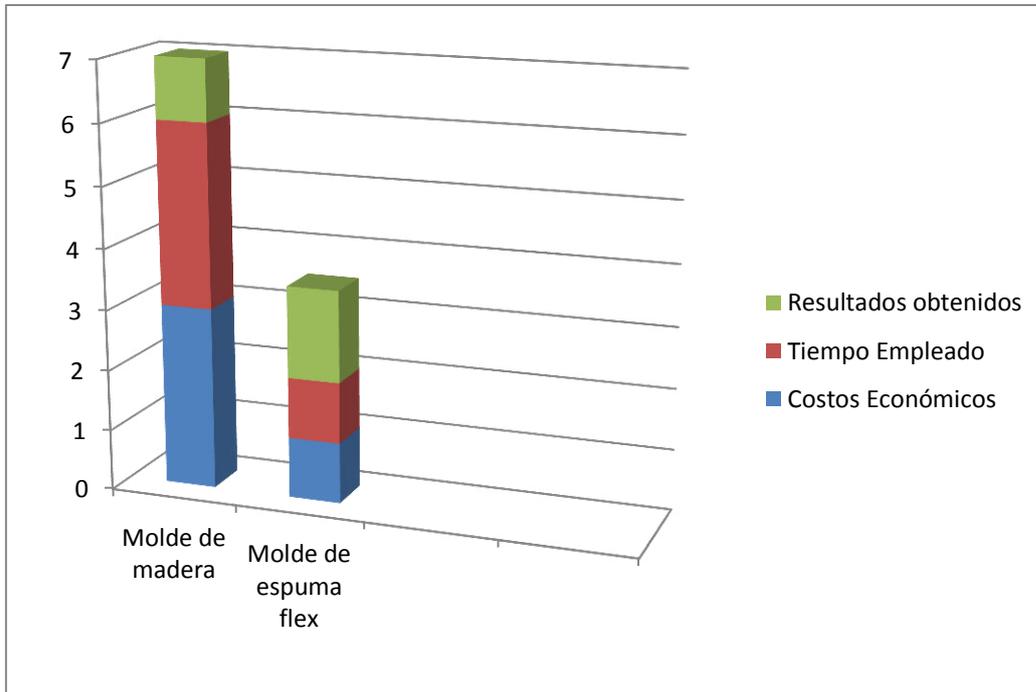
Se pudo determinar el bajo costo económico que representa obtener espuma flex para diseñar los modelos, la facilidad de uso, el tiempo que se emplea en el proceso en comparación con la utilización de modelos de madera, el aporte que se brinda a la naturaleza obteniendo todo estos materiales de un proceso de reciclaje.

Los resultados en comparación a utilizar los modelos tradicionales son muy satisfactorios ya que se obtienen los mismos resultados y en ocasiones cuando el proceso de fundido y diseño de modelos se lo ha llevado con cuidado se obtienes excelentes resultados a bajos costos económicos y en menor tiempo.

Ante lo expuesto se puede concluir que utilizar chatarra de aluminio, bronce y residuos de espuma flex (*poliestireno*) se mejora la calidad de vida, reciclando material que no se usa para obtener un nuevo producto con muy poco impacto ambiental.

Por último reciclar el aluminio desechado requiere solamente el 5 % de la energía que se consumiría para producir aluminio de la mina. Ya que el reciclaje no daña la estructura del metal, el aluminio puede ser fundido indefinidamente y ser usado para producir cualquier producto que necesite nuevas piezas de este material.

CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS



Resultados obtenidos en la implementación de espuma flex

Si bien es cierto existen controversias a la hora de elegir entre el mejor tipo de modelos para el proceso de fundición, la investigación realizada y los resultados obtenidos a base de experimentos y el control de los factores que se deben tomar en cuenta en el momento de fundir o preparar la caja de moldeo determinamos que el correcto diseño que se dé a la espuma flex (*poliestireno*) se corresponden con una pieza de muy buena calidad con buenos acabados.

Con base en los resultados comparativos entre los modelos tradicionales de madera y los innovadores de espuma flex (*poliestireno*) hemos obtenido resultados favorables al estudio, enfatizando que la presente investigación se orientó a la eficiencia de utilizar dicho material para obtener mejores resultados a costos mínimos, empleando menor tiempo y de una manera reduciendo la contaminación.

## CONCLUSIONES

Las aplicaciones de nuevas formas de construir los modelos en el proceso de fundición de Aluminio y Bronce está en aplicar técnicas que contribuyan con disminuir la contaminación ambiental y evitar la tala de árboles que se destinaba al uso de modelos en madera.

La técnica de usar residuos de espuma flex (*poliestireno*) para diseñar los modelos en el proceso a fundir la chatarra de aluminio y bronce nos permite ahorrar tiempo, dinero y es ideal porque:

- Se derrite al contacto con la colada.
- Disminuye la actividad de preparar la caja de moldeo.
- Se obtienen buenos resultados al momento de preparar la caja de moldeo ya que esta pieza de espuma flex(*poliestireno*) no es retirada.
- Los resultados finales de la pieza obtenida en el proceso de fundición son muy buenos.
- Los detalles y acabados que se diseñan en la espuma flex(*poliestireno*) se conservan en perfectas condiciones

Esta tecnología es de fácil implementación para desarrollar emprendimientos, los cuales pueden solucionar o resolver una necesidad de una comunidad.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adame Romero, A. (2010). *Contaminación ambiental y Calentamiento global*. México: TRILLAS.

Askeland, D. R. (2011). *Ciencias e Ingeniería de materiales*. México: VACHA, S.A. de C.V.

Budynas, R. G., & Nisbett., J. K. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Novena edición*. México: Mc Graw Hill .

Chevalier, A. (2011). *TECNOLOGIA DEL DISEÑO Y FABRICACION DE PIEZAS METALICAS*. México: LIMUSA, S. A de C.V.

Gonzales, I. N. (1986). *TEGNOLOGIA DE FUNDICION III*. Cuba: Dpto. Fundicion, Soldadura, y tratamiento Térmico.

Hibbeler, R. C. (2011). *Mécanica de materiales. Octava edición*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Lieu, D. K., & Sorby, S. (2009). *Dibujo para diseño de Ingeniería*. Mexico: CENGAGE Learning.

Robert C. Juvinall, K. M. (2013). *Diseño de Elementos de máquinas*. México: LIMUSA WILEY.

SINGER. (2011). *RESISTENCIA DE MATERIALES* . México: Alfaomega S.A. de C.V.

Vasquez, M., & L., J. R. (2013). *MECANICA DE MATERIALES. sexta edición*. México: Mc GRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES S.A. de C.V.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-23

**Título del trabajo:** Estudio del comportamiento de diferentes pastas de Dióxido de Titanio con el empleo de tintes naturales para las fabricaciones de celdas solares.

**Autor (es):** Carlos Stalin Torres López, Daniela Carolina Aguas Iturralde, María Cristina Calero Armas

**Ponente (s):** Carlos Stalin Torres López, Daniela Carolina Aguas Iturralde

**E-mail:** [ctorresl@est.ups.edu.ec](mailto:ctorresl@est.ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En Ecuador dentro de los planes estratégicos que se lleva a cabo, se encuentra el cambio de la matriz energética. Este proceso se considera tanto en función de los tipos de fuentes de energía así como en la diversificación de opciones. En este sentido, el empleo de las celdas fotovoltaicas, las cuales permiten transformar la radiación solar en electricidad, es un aporte positivo. Sin embargo, al considerar esta tecnología como una opción, se presentan algunos desafíos. Uno de estos es que la fabricación de celdas de silicio, que son las más comerciales actualmente, es una tarea bastante compleja. Entonces, dentro del campo de la investigación, se ha visto la posibilidad de comenzar a ensayar en la fabricación y uso de otro tipo de celdas solares, de tecnología realmente menos elaborada. Este es el caso de las celdas solares sensibilizadas por pigmentos (Dye Sensitized Solar Cells, DSSC), que fueron presentadas por primera vez por Grätzel y O' Reagan en 1991, como una opción diferente. Estas celdas consisten en tener películas delgadas de Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>) u Óxido de Zinc (ZnO) y sensibilizarlos con pigmentos para la captación de la luz solar y su funcionamiento. Tanto el TiO<sub>2</sub> como el ZnO son materiales de fácil acceso, no tóxicos y biodegradables. Por otra parte el uso de pigmentos es un complemento muy interesante. Este hecho abre el camino para investigar en el potencial que pueden presentar diferentes plantas en nuestro país para este tipo de aplicaciones. En el presente trabajo, se ha investigado acerca del comportamiento de diferentes pastas de TiO<sub>2</sub> con el uso de dos tintes naturales extraídos de Flor de Jamaica y Mortiño, en el desempeño de la DSSC. Se ha caracterizado las pastas por microscopía electrónica (AFM), los tintes por espectroscopia UV-VIS y medido las propiedades eléctricas de la celda bajo condiciones controladas de laboratorio, permitiendo así comenzar a tener bases para el desarrollo de esta tecnología.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno de los avances tecnológicos, la energía se ha convertido en una de las necesidades básicas de la vida. Con el crecimiento de la población mundial ha ido aumentando la demanda de energía. Se espera que en las próximas tres décadas el consumo de energía en todo el mundo se duplique y los combustibles fósiles como suministro limitado no hará frente a esta situación (Md Imran, 2013, pág. 1).

En Ecuador dentro de los planes estratégicos que se lleva a cabo, se encuentra el cambio de la matriz energética. Este proceso se considera tanto en función de los tipos de fuentes de energía así como en la diversificación de opciones. En este sentido, el empleo de las celdas fotovoltaicas, las cuales permiten transformar la radiación solar en electricidad, es un aporte positivo (M.C. Zumeta, 2004, pág. 1). Sin embargo, al considerar esta tecnología como una opción, se presentan algunos desafíos. Uno de estos es que la fabricación de celdas de silicio, que son las más comerciales actualmente, es una tarea bastante compleja. Entonces, dentro del campo de la investigación, se ha visto la posibilidad de comenzar a ensayar en la fabricación y uso de otro tipo de celdas solares, de tecnología realmente menos elaborada. Este es el caso de las celdas solares sensibilizadas por pigmentos (Dye Sensitized Solar Cells, DSSC), que fueron presentadas por primera vez por Grätzel y O' Reagan en 1991, como una opción diferente.

Las celdas DSSC's consisten en tener películas delgadas de Dióxido de Titanio ( $TiO_2$ ) u Óxido de Zinc (ZnO) y sensibilizarlos con pigmentos para la captación de la luz solar y su funcionamiento. Tanto el  $TiO_2$  como el ZnO son materiales de fácil acceso, no tóxicos y biodegradables. Por otra parte el uso de pigmentos es un complemento muy interesante de esta tecnología. Este hecho abre el camino para investigar en el potencial que pueden presentar diferentes plantas en nuestro país para este tipo de aplicaciones. La propuesta de este trabajo es estudiar cuatro pastas de dióxido de titanio (transparente, altamente transparente, opaca y de microcanales) y su comportamiento con pigmentos naturales como el mortiño y la flor de Jamaica en el desempeño de celdas solares sensibilizadas por pigmentos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Los materiales que se ocupó para el desarrollo del trabajo experimental, se encuentra descritos en la siguiente tabla:

Tabla 3. Equipos, Materiales para la construcción DSSCs y Reactivos para limpieza–

EQUIPO	MATERIALES PARA CONSTRUCCION DSSCs	REACTIVOS PARA LIMPIEZA
<ul style="list-style-type: none"><li>• Spin coating</li><li>• AFM.....</li><li>• Espectrofotómetro, Jasco V630</li><li>• Malla de serigrafía.</li><li>• Plancha</li><li>• Estufa</li><li>• Sonicador</li><li>• Multímetro</li><li>• Simulador solar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vidrios conductores (TCO), Solaronix</li><li>• Pastas Dióxido de Titanio: Difusa (D), Microcanales (MC), Transparente (T), Altamente Transparente (HT).</li><li>• Pigmentos naturales: Mortiño en HCl a 0.001%, Flor de Jamaica en HCl a</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Isopropanol,</li><li>• Agua destilada</li><li>• Metanol</li><li>• Diluyente para screen printing</li><li>• Solución concentrada micro 90</li></ul>

- 
- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocupla</li> <li>• Variac</li> </ul> | <p>0.001%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrolito AN150, Solaronix</li> <li>• Paper points</li> <li>• Resina selladora, Meltonix SX1170-6PF, Solaronix</li> <li>• Vidrios portaobjetos de 1 micra de espesor</li> <li>• Vidrio cubreobjetos</li> <li>• Papel aluminio</li> <li>• Pipetas</li> <li>• Cortador de vidrio</li> <li>• Pastilleros</li> </ul> |
|--|---|
- 

Elaborado por: Aguas, D., Torres C

### **Métodos**

Para la caracterización de las pastas de TiO<sub>2</sub> se tomara en cuenta: rugosidad, ancho, y espectros UV/visible.

### **Rugosidad**

La rugosidad se describe a menudo como irregularidades muy próximas entre sí, o con términos tales como “textura áspera” y otros similares como “irregularidades”. La rugosidad de la superficie depende de la escala de medición, además toma en cuenta factores tales como el tamaño muestra y el intervalo de muestreo (Bellitto, 2012, pág. 155)

El estudio de la rugosidad se relaciona con el área disponible para que el pigmento se adsorba en el TiO<sub>2</sub>.

Para la medición de la rugosidad se tomará en cuenta los siguientes parámetros:

- Sa (media aritmética de las desviaciones del perfil): es la media aritmética del valor absoluto de las distancias desde la línea al perfil dentro de la longitud de la muestra (Rodriguez, 2009)
- Sq: (media de la raíz cuadrada de las desviaciones del perfil): es el valor medio de la raíz cuadrada de las desviaciones del perfil respecto a la línea media, dentro de la longitud de muestra. (Rodriguez, 2009)
- Sy (Máxima altura del perfil): es un valor extremo, y describe la distancia entre la altura del máximo pico y la profundidad del mayor valle dentro de la longitud de la muestra (Rodriguez, 2009)
- Sp (Altura de diez puntos irregulares): es el valor medio, del valor absoluto de los cinco picos más altos, más el valor medio del valor absoluto de los cinco valles más profundos (Rodriguez, 2009)

La rugosidad se determinó mediante el equipo Nanosurf Naio AFM, el cual puede realizar mediciones de forma superficial y lineal, para esta medición se utilizó el modo Dynamic Force y la punta Tap190Al-G.

Para determinar la rugosidad promedio se realizó dos mediciones distintas:

- La primera medición se efectuó sin utilizar el equipo Spin Coating realizando deposiciones de cada una de las pastas TiO<sub>2</sub> (D, MC,T, HT).
- La segunda medición se efectuó utilizando el equipo Spin Coating realizando deposiciones de cada una de las pastas TiO<sub>2</sub> (D, MC,T, HT).

### **Ancho**

Para determinar este parámetro se utilizó el equipo Nanosurf Naio AFM, el cual puede realizar mediciones de la altura nanométrica que existe entre la base del vidrio TCO y las pastas aplicadas, para esta medición se utilizó el modo Dynamic Force y la punta Tap190Al-G.

Establecer el ancho de las pastas de TiO<sub>2</sub> es importante ya que con este se puede determinar al igual que la rugosidad la cantidad de pigmento absorbido y en si la eficiencia de la celda.

Para efectuar las mediciones en las deposiciones realizadas con el equipo de spin coating y sin éste, se realizó el siguiente procedimiento:

- En las deposiciones se realizó agujeros para la medición de este parámetro, se utilizó un equipo con láser aplicando 8 pulsaciones a una intensidad de 1000; en estas muestras se tomó en cuenta 4 perfiles alrededor de y en cada punto se realizó 3 mediciones.

### **UV/ Visible**

Para la determinación de éste parámetro, se utilizó el espectrofotómetro marca Jasco modelo V630 serial No. C269961148, el cual puede realizar mediciones de la absorbancia de una muestra en los espectros de luz ultravioleta y visible en un rango de longitud de onda de 400 a 900nm.

Para determinar UV/Visible se realizaron doce muestras con las diferentes estructuras de dióxido de titanio: tres deposiciones con pasta difusa (D), tres deposiciones con pasta de micro canales (MC), tres deposiciones con pasta transparente (T), tres deposiciones con pasta altamente transparente(HT),y se procedió a realizar las siguientes mediciones:

- Para la primera medición se utiliza una muestra de cada estructura de las pastas versus vidrio
- La segunda medición se utiliza otra muestra de cada estructura de las pastas versus una de las muestras de estructuras de dióxido de titanio pigmentadas con Mortiño.
- La tercera medición se utiliza otra muestra de cada estructura de las pastas versus una de las muestras de estructuras de dióxido de titanio pigmentadas con flor de Jamaica.

### **Metodología para la construcción de las DSSCs**

#### **Limpieza del contra-electrodo**

- Se corta los vidrios conductores de 1 x 2 cm. Una vez cortados los vidrios TCO son sometidos a un breve protocolo de limpieza.
- Se lava con agua y jabón líquido con estropajo y se enjuaga con abundante agua.

- Se coloca los vidrios conductores en un recipiente con una solución al 1% de Micro-90 y se sónica por 5 minutos. Se enjuaga con agua destilada y se sónica por 5 minutos más con isopropanol y se seca.

### **Deposición de las pastas**

La deposición se realiza utilizando una malla de serigrafía, esta malla tiene moldes de 5x5mm, se encuentra en un marco de madera 25 x 30 y tensado para realizar la deposición de las diferentes pastas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>): La deposición de cada una de las pastas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) se realiza en tres capas una sobre otra de la siguiente manera.

#### **Deposición de la primera capa**

- Verificar si los moldes de la malla de serigrafía se encuentran limpios
- Colocar el lado conductor del vidrio TCO debajo de los moldes de la malla
- Bajar la malla y proceder a colocar cualquier pasta de TiO<sub>2</sub>, pasar a velocidad y presión fija la racla.
- Colocar el vidrio TCO con la pasta en el spin coating a una velocidad de 2000 rpm, por 25 segundos.
- Poner en una estufa a 60°C por 1 minuto, luego subir a 120°C por 6 minutos.
- Una vez culminado dejar enfriar, y proceder a la deposición de la segunda capa

#### **Deposición de la segunda capa**

- Colocar el vidrio TCO con la primera deposición debajo de los moldes de la malla
- Bajar la malla y proceder a colocar la pasta de TiO<sub>2</sub> utilizada para la primera deposición, pasar con la racla sobre la pasta.
- Colocar el vidrio TCO con la pasta en el spin coating a una velocidad de 2000 rpm por 25 segundos.
- Poner en una estufa a 60°C por 1 minuto, luego subir a 120°C por 6 minutos
- Una vez culminado dejar enfriar, y proceder a la deposición de la tercera capa

#### **Deposición de la tercera capa**

- Colocar el vidrio TCO con la dos deposición debajo de los moldes de la malla
- Bajar la malla y proceder a colocar la pasta de TiO<sub>2</sub> utilizada en las dos deposiciones, con la racla quitar el exceso de pasta.
- Colocar el vidrio TCO con la pasta en el spin coating a una velocidad de 2000 rpm, por 25 segundos
- Poner en una estufa a 60°C por 1 minuto, luego subir a 120°C por 6 minutos
- Una vez culminado dejar enfriar, y proceder a la sinterización
- SINTERIZACIÓN
  - En la misma estufa, incrementar la temperatura en pasos de de 50°C por un minuto hasta llegar a 450°C. Dejar en la estufa por treinta minutos.
  - Al cabo de los treinta minutos disminuir la temperatura en pasos de 50°C por un minuto y dejar enfriar a temperatura ambiente

#### **Colocación del pigmento**

- Después de haber realizado las deposiciones de las pastas, colocar en la estufa a 60°C por 5 minutos y sumergir los vidrio en un vaso de precipitación o en pastilleros, en el

que se encuentre los pigmentos naturales de flor de Jamaica y mortiño y dejar tapado durante 21 a 24 horas

- Una vez pasado ese tiempo, sacar y enjuagar con agua destilada y dejar secar en forma que no llegue la luz

### **Colocación del platisol, electrolito y Sellado de la DSSCS**

- Antes de proceder al sellado de las celdas colocar el platisol alrededor del agujero del vidrio TCO en lado conductor, ubicar en la estufa rápidamente y proceder a incrementar la temperatura de 50°C en 50°C por 1 minuto hasta llegar a 450°C y dejarlo por 10 minutos, pasado ese tiempo disminuir la temperatura en pasos de 50°C por 1 minuto hasta llegar a 0°C y dejar enfriar
- Una vez colocado el platisol proceder a cortar el Meltonix, realizando un molde de 1x1cm y un con espacio de 2.3mm y el 0.6 x 0.6mm
- El borde de 1x1cm colocar encima de la pasta junto al otro vidrio conductor y sellar con la plancha a una temperatura 120°C a 130°C por 40 segundos
- Una vez sellado colocar un ganchito en la jeringa y proceder a inyectar el electrolito, por el agujero creando un vacío y tratando que se llene el cuadrado de la pasta con cuidado; quitar el exceso con paper points
- Ya colocado el electrolito tapar el agujero de la celda con el cuadrado de Meltonix de 0.6 x 0.6mm junto con un cubre objetos aproximadamente del mismo tamaño; conectar el caudín en el Variac a un voltaje de 110V y medir la temperatura del caudín con la termocupla la cual debe estar entre 100°C - 120°C, proceder a sellar.
- Una vez armada la celda proceder a llevar al simulador solar

### **Caracterización del funcionamiento de la celda**

Para la verificación del funcionamiento de las DSSCs se utiliza un Simulador Solar de 100 mW/cm<sup>2</sup> para la incidencia de radiación. Mediante una fuente sensor de Corriente Voltaje Kithley, se obtiene los valores de corriente –voltaje para las celdas. Estos valores se visualizan en una interfaz gráfica de Labview conjuntamente con:

- Corriente de corto circuito (Isc):
- Voltaje de circuito abierto (Voc)
- Factor de llenado (Fill Factor):
- Resistencia en series (Rseries)
- Resistencia en paralelo (Rshunt)
- Potencia máxima (Pmax):
- Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmp)
- Intensidad en el punto de máxima potencia (Imp)
- Eficiencia (efficiency (%))

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Rugosidad**

- Resultados de la primera medición efectuada sin utilizar el equipo Spin Coating realizando deposiciones de tres capas con cada una de las pastas TiO<sub>2</sub> (D, MC,T, HT), estas se realizó con tamaño de imagen 1 um, vibración de amplitud 60-80 mV, 49-50%

Tabla 4. Datos de rugosidad

PASTAS	Sa (nm)	Sq(nm)	Sy(nm)	Sp(nm)
D	11,17288	14,3476	100,6576	46,2364
MC	10,4259	13,07192	90,9464	39,6158
HT	4,93484	6,32112	52,0534	29,0934
T	6,09906	7,6036	54,2538	26,8536

Elaborado por: Aguas, D., Torres C

Los resultados obtenidos de la segunda medición utilizando el equipo Spin Coating realizando deposiciones solamente de tres capas con cada una de las pastas TiO<sub>2</sub> (D, MC,T, HT), estas se realizó con tamaño de imagen 2 um, vibración de amplitud 120 mV, 50-53%

Tabla 5. Datos de rugosidad de tres capas con equipo de spin coating

PASTAS	Sa (nm)	Sq(nm)	Sy(nm)	Sp(nm)
D	21,3786	27,2784	163,758	87,0418
MC	17,4092	22,8892	170,3818	105,0974
HT	9,1941	5,58422	40,7924	22,3204
T	14,6756	19,101	147,7124	75,7286

Para la discusión se tomara en cuenta los datos de las tablas de tres capas con el equipo de spin coating y sin el equipo y solo se tomara en cuenta en función de la rugosidad Sa y Sy

- La rugosidad Sa (media aritmética de las desviaciones del perfil) con el método de spin coating, la pasta Difusa (D) aumenta en un 91,34%, la pasta de Microcanales (MC) aumenta en un 67,6%, la pasta Altamente Transparente (HT) aumenta en un 86,3% y en la pasta Transparente (T) aumenta en un 140,0%
- En la rugosidad Sy (Máxima altura del perfil) con el metodo de spin coating, la pasta Difusa (D) aumenta en un 62,7% , la pasta Microcanales (MC) aumenta en un 87,3%, la pasta Altamente Transparente(HT) el no presenta cambio y la pasta Transparente (T) aumenta en un 172,3%

### Resultados Ancho

Los datos obtenidos de la medición del ancho mediante el equipo Nanosurf Naio AFM, son los siguientes:

Tabla 6. Datos de ancho de capa sin spin coating

ANCHO 3 CAPAS	
PASTA	ANCHO (um)
D	3,305
MC	4,333
HT	3,460
T	2,213

Los resultados obtenidos de la segunda medición utilizando el equipo Spin Coating realizando deposiciones solamente de tres capas con cada una de las pastas TiO<sub>2</sub> (D, MC,T, HT)

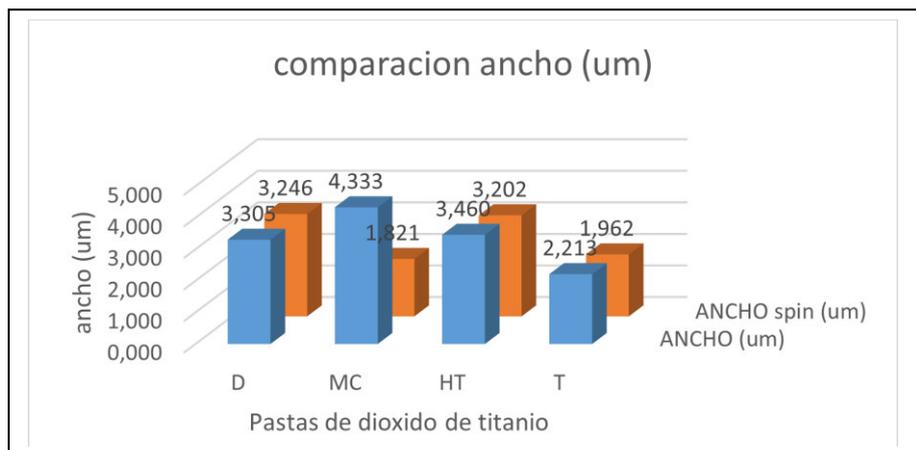
Tabla 7. Datos de ancho de capa con spin coating  
**ANCHO 3CAPAS SPIN**

PASTA	ANCHO spin (um)
<b>D</b>	3,246
<b>MC</b>	1,821
<b>HT</b>	3,202
<b>T</b>	1,962

### Discusión del ancho

Para la discusión se tomara en cuenta los datos de las tablas de tres capas con el equipo de spin coating y sin el equipo:

Las gráficas muestran los resultados promedios del ancho de cada pasta expresados en micrómetros (um). Los resultados obtenidos muestran una disminución considerable en el ancho de capa de cada una de las pastas con spin coating. La pasta Difusa (D) disminuye en un



0,059um, la pasta Microcanales (MC) disminuye en un 2,512um, la pasta Altamente Transparente (HT) disminuye en un 0,258um y la pasta Transparente (T) disminuye en un 0,251um

### DISCUSIÓN

Para la discusión se tomara en cuenta cada muestra de las pastas vs vidrio. La graficas de UV/Visible da a conocer que la muestra con deposición de Difusa(D) presenta mayor absorbancia de 2,5 aproximadamente que las muestras de Microcanales (MC) que tiene aproximadamente 1.67, Altamente Transparente (HT) que tiene aproximadamente 0.56 y

Transparente que tiene aproximadamente 0.5(T) con respecto a la muestra de vidrio.

La segunda medición se utiliza otra muestra de cada estructura de las pastas versus una de las muestras de estructuras de dióxido de titanio pigmentadas con mortíño obtenidas mediante HCl.

Para la discusión se tomara en cuenta cada muestra de las pastas pigmentadas con mortíño vs pasta sin pigmento. La graficas de UV/Visible da a conocer que la muestra Microcanal (MC) con mortíño presenta mayor absorbancia de 1.25 aproximadamente que las muestras Difusa (D) que tiene aproximadamente 0.7, Transparente (T) que tiene aproximadamente 0.08y Altamente Transparente (HT) que tiene aproximadamente 0.07 con respecto a las muestra de cada una de las pastas sin pigmento

La tercera medición se utiliza otra muestra de cada estructura de las pastas versus una de las muestras de estructuras de dióxido de titanio pigmentadas con flor de Jamaica obtenidas mediante HCl

Para la discusión se tomara en cuenta cada muestra de las pastas pigmentadas con flor de jamaica vs pastas sin pigmento. La graficas de UV/Visible da a conocer que la muestra no presenta una diferencia significativa en lo que respecta a absorbancia

## **CONCLUSIONES**

La técnica de spin coating disminuye las marcas de la malla de serigrafía en la pasta depositada. Por otra parte mejora el ancho de las pastas una vez sinterizadas tanto en la pigmentación con mortíño y con flor de jamaica, presentando la disminución de ancho en un 58% en la pasta Microcanales (MC) y un 7.5% en la pasta Altamente Transparente (HT).

Por otra parte, la técnica de spin coating influye como una mejora en el parámetro de rugosidad Sa tanto en la pigmentación con mortíño y con flor de jamaica, presentando en rugosidad una mejora del 91.34% con la pasta Difusa (D) y un 67.6% en la pasta Microcanales (MC).

Las pastas que presentaron mayor absorbancia entre la muestra de vidrio y la muestra con deposiciones de pastas son Difusa (D) y Microcanales (MC) ya que presentan un mejor comportamiento para el funcionamiento de una celda solar.

Las pastas que presentaron mayor absorbancia entre la muestra de las pastas pigmentadas con mortíño y la muestra de la pasta sin pigmento son Microcanales (MC) con una absorbancia de 1.25 y Difusa (D) con 0.7 aproximadamente ya que esto representa un mejor absorbancia de luz para este pigmento.

La absorbancia con pigmentación de flor de Jamaica no presenta ninguna alteración representativa dando a saber que las variación de las pastas no afecta al rendimiento de la absorbancia de luz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas. (2008). Propuesta de Lineamientos Ambientales, Riesgos y Patrimoniales que contribuyan al Ordenamiento Territorial del Barrio de Guápulo. *XXXVI Curso Internacional de Geografía: Ordenamiento Territorial de Áreas de Patrimonio Natural y Cultural*. Quito.
- Bellitto, V. (2012). *ATOMIC FORCE MICROSCOPY – IMAGING, MEASURING AND MANIPULATING SURFACES AT THE ATOMIC SCALE*. Croacia: Published by InTech.
- Castro, W., & Guachamín, L. (Agosto de 2014). Castro Lima, W. and Guachamín Corella, L. (2014). Desarrollo de un sistema web para la administracion de la infraestructura fisica de la Escuela Politecnica Nacional. Ingenieria. Escuela Politécnica Nacional. *Obtencion del Titulo de Ingeniero en Sistemas Informaticos y de Computación*. Quito, Ecuador.
- M.C. Zumeta, I. (2004). Estudio de capas nanoestructuradas de TiO<sub>2</sub> para celdas fotoelectroquímicas. *TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN CIENCIAS FÍSICAS*. La Habana.
- Md Imran, K. (Enero de 2013). A Study on the Optimization of Dye-Sensitized Solar Cells. *Master of Science in Electrical Engineering*. Florida.
- Rodriguez, A. (2009). Inspeccion del acabado superficial para procesos de rectificado y fresado mediante un espacimetro de luz laser. *Tesis para obtener el grado de maestro de tecnologia avanzada*. Santiago de Querétaro.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-32

**Título del trabajo:** Fortalecimiento de los procesos comunicativos ambientales para potenciar la participación juvenil en la Universidad Libre-Colombia.

**Autor (es):** Lizeth Paola Ferro Suarez, Jonathan Camilo Romero Ávila

**Ponente (s):** Lizeth Paola Ferro Suárez, Jonathan Camilo Romero Ávila

**E-mail:** [lizethp.ferros@unilibrebog.edu.co](mailto:lizethp.ferros@unilibrebog.edu.co)

**Institución:** Universidad Libre-Bogotá

**País:** Colombia

#### RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo fortalecer los procesos comunicativos en temas ambientales dentro de la Universidad Libre, potencializando la participación juvenil interdisciplinaria e interinstitucionalmente. Esta Iniciativa que nace producto de la baja participación estudiantil en temas ambientales en la Universidad, generó la vinculación a Organizaciones Juveniles como la Red Nacional de Jóvenes de Ambiente, parte del programa de Educación Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, quienes trabajan con principios como: 1. Joven trabaja con Joven, 2. La educación es práctica, 3. Joven educa a joven y 4. Una Generación aprende con otra. Buscando replicar un modelo no solo a la sede de Bogotá D.C sino a las diferentes sedes a nivel Nacional de la Universidad. Los principales resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de este proceso ha sido brindar apoyo a la emisora en la franja Ambiente Libre, Creación del boletín ambiental del SGA de la Universidad, aportes al NotiAmbiental del programa de Ingeniería Ambiental y fortalecimiento en redes sociales y correo institucional, creación de espacios de celebraciones ambientales, participar en entrevistas sobre cambio Climático a nivel de medios de comunicación nacionales (El Tiempo), sensibilizar a jóvenes universitarios por causas ambientales y un alto reconocimiento como grupo Universitario ante la RNJA y el MADS. El vincularse con la RNJA despertó una pasión por generar conciencia ambiental en la comunidad académica, ya que había una desunión entre programas de la Universidad, y esto ha permitido que como grupo de jóvenes, ser un canal de comunicación entre programas académicos e incluso entre los diferentes actores como el SGA y el Consultorio Ambiental pero lo principal en este proceso es ver cada vez como llegan más jóvenes queriendo ser parte del grupo.

**Palabras claves:** medios de comunicación, participación, proceso universitario, liderazgo



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-33

**Título del trabajo:** Sistema de Gestión Ambiental basado en buenas prácticas de manufactura en empresas embotelladoras de licores.

**Autor (es):** Freddy Oswaldo Tamayo Granja

**Ponente (s):** Freddy Oswaldo Tamayo Granja

**E-mail:** [ffred\\_tama@hotmail.com](mailto:ffred_tama@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La implementación de Buenas Prácticas de Manufactura dentro de un Sistema de Gestión Ambiental innova la Planificación Ambiental englobando parámetros que buscan el correcto uso de recursos y materias primas con la finalidad de que estos sean optimizados dentro de los procesos productivos. La empresa tomada como modelo se dedica al envasado de licores, y ha sido elegida debido a su necesidad de optimizar procesos, mejorar rentabilidad y velar por el bienestar de sus empleados. El alcance del proyecto está determinado por el número de empleados y los procedimientos productivos con los que cuenta la empresa, así como por los desechos generados tanto sólidos como efluentes líquidos y gaseosos, de los diferentes procesos operativos de la empresa, esto conlleva a un manejo adecuado e integrado que tiene como finalidad establecer procedimientos con criterios de mejora continua así como buen manejo de recursos y materia prima. Los objetivos que se plantean en el proyecto son establecer un diagnóstico del sistema productivo de la empresa basado en la normativa vigente de buenas prácticas de manufactura del Ministerio de Industrias de Ecuador, este diagnóstico permitirá concatenar a estos requerimientos con el manejo ambiental de la empresa, culminando en el diseño de procedimientos de gestión ambiental que priorizan las buenas prácticas de manufactura para la empresa. El presente proyecto es altamente innovador, debido a que se aplican metodologías que, aunque complementarias, no se las asocian normalmente para los sistemas de gestión ambiental. Esta idea cambiará el enfoque tradicional de la planificación ambiental para las empresas manufactureras.

**Palabras claves:** gestión ambiental, buenas prácticas de manufactura, producción

## INTRODUCCION

La implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) dentro de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) en la industria alimenticia, radica su importancia en que abarca parámetros que buscan el correcto uso de recursos y materias primas con la finalidad de que estos sean optimizados dentro de los procesos productivos (Torres, 2012).

La inocuidad en la elaboración de productos alimenticios, es sumamente importante en todos los procesos productivos, esta se define según Torres, (2012) como: “la ausencia de peligro asociado a los alimentos, ya que estos al pasar por una serie de procesos, podrían ser potencialmente contaminados por factores físicos, químicos y biológicos”. Es por ello que las BPM, buscan el mejoramiento continuo, no solamente de los procedimientos productivos de la empresa, si no que influyen directamente en el personal para que el sistema operacional funcione, dando como resultado el uso correcto de los recursos disponibles, el mejoramiento de calidad del producto final y un manejo sustentable tanto de materias primas como de desechos sólidos y efluentes, resultado de los procesos productivos (Torres, 2012).

El envasado de licores, es un sector que está dentro de la industria alimenticia, por lo cual la regulación en cuanto a calidad se refiere es sumamente estricta, ya que si bien el licor no es considerado como un producto de primera necesidad, este es uno de los elementos que posee altos porcentajes de demanda a nivel mundial. Por este motivo se debe tener un control de los procesos de envasado, almacenamiento y distribución de estos productos mediante la implementación de medidas operativas, es decir la creación de procedimientos y programas relacionados a la mejora continua y funcionamiento óptimo de todo el proceso productivo. La parte ambiental tiene un aspecto fundamental dentro del sistema de gestión y de BPM, ya que si se da un control y mejoramiento de procesos en cuanto al producto final, este deja como resultado desechos y efluentes, los cuales deben ser gestionados adecuadamente (Ministerio de Fomento s.f.).

Los procedimientos van dirigidos al cumplimiento del Ciclo de Mejora de Deming, esto hace referencia a todo el proceso de elaboración del producto desde su arribo como materia prima, procedimientos de elaboración, hasta su deposición final como desecho. Los procedimientos van a implementar una adecuada gestión de materias primas previo al ingreso de estas en el proceso de producción y los residuos generados demandarán un menor tratamiento, optimizando costos de producción. Esta gestión se llevará a cabo tanto técnica como administrativamente, es decir se contará con documentación de materias primas, generando un control adecuado de distribución, utilización y excedentes de la misma, optimizando el recurso; por otro lado se tomará en cuenta las condiciones de almacenamiento de la materia prima con la finalidad de que esta mantenga sus propiedades en buen estado y no se genere una pérdida para la empresa (Torres, 2012). La mejora continua se aplicará adicionalmente a los procesos productivos, aumentando su rentabilidad y minimizando su impacto al ambiente, lo que se reflejará en sistemas de tratamiento de efluentes y residuos menos complejos. Este ciclo, permite a la empresa reducir costos de producción, ya que al crear procedimientos que ayuden a controlar el sistema productivo se reducen pérdidas de productos, lo cual no solamente ayudan a incrementar la productividad y eficiencia, disminuyendo la generación de gastos por pérdidas. Adicionalmente, es importante hablar de tiempos de producción ya que al crear un sistema optimizado y eficiente, el tiempo de producción decrece, de tal manera que se pueda generar un alcance productivo mucho más amplio del que se tenía implantado previamente dentro de la empresa (Ministerio de Fomento s.f.).

Es importante mencionar que el Ciclo de Mejora Continua de Deming es la base fundamental en la implementación de un SGA. Dentro de la empresa, la implementación de un SGA y BPM,

va a generar un valor agregado al producto final, en el cual no se toma en cuenta, al momento de negociar la base del precio de venta, el producto en sí, si no que se mejora el precio de venta en función de un concepto integrado de calidad, de esta manera se reduce el costo total de producción, adquiriendo una amplia apertura en el mercado, ya que el marketing del producto no solamente se basará en la calidad del mismo, sino en el cuidado ambiental, el control de los procesos de producción, y sobre todo la optimización de recursos, lo que redundará en el mejoramiento continuo y la sostenibilidad de la empresa, garantizando la fuente de ingresos de los empleados y empleadores, así como su calidad de vida. (Ministerio de Fomento s.f.).

Para el presente proyecto se ha tomado como modelo, una empresa que se encarga del envasado de licores y jugos, en la cual no se ha implementado un sistema de gestión ambiental en el tiempo de vida de la misma, tampoco se lo ha hecho con las BPMs; estos sistemas son de total importancia en torno a los procesos productivos, aumentando la competitividad de la marca en el mercado.

### **Objetivo General**

Elaborar un Sistema de Gestión Ambiental basado en Buenas Prácticas de Manufactura en la Empresa modelo, a través de un diagnóstico de las fortalezas y debilidades de su sistema productivo con fines de optimización de recursos y sostenibilidad.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer un diagnóstico del sistema productivo de la empresa basado en la normativa vigente de buenas prácticas de manufactura del Ministerio de Industrias de Ecuador.
- Desarrollar un diagnóstico ambiental en función de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados en el proceso productivo de la empresa.
- Diseñar procedimientos de gestión ambiental basada en buenas prácticas de manufactura para la empresa.

### **DESARROLLO**

La Empresa Modelo se encuentra en funcionamiento hace 31 años en el sector de La Armenia. Se encuentra aproximadamente a 500 metros de un Parque Protegido en el Distrito Metropolitano de Quito. La empresa se dedica al envasado de licor y de jugo de pulpa, siendo los productos de la casa los licores: Ron, Tequila, Vodka, Whisky.

Mientras que el envasado de jugos es realizado para empresas que deseen las prestaciones de servicios, esto es importante ya que indica que la empresa modelo está en capacidad de regirse a parámetros de calidad impuestos por sus clientes, garantizando un mayor compromiso con respecto a este tipo de estándares.

La producción de los diferentes productos de la empresa se realiza por lotes, es decir se efectúa la producción en base a los pedidos de los clientes, lo cual determina una producción no constante, ya que los picos más altos de producción, se encuentran en los meses de octubre, noviembre y diciembre, por la mayor demanda debido a las festividades que se presentan en estas fechas.

La empresa cuenta con 25 empleados que cumplen funciones en el área operativa de los sistemas de producción de la fábrica embotelladora, cuatro empleados que se encuentran en el área administrativa que consta de la administración general, marketing y ventas de los

productos generados por la empresa. Se trabaja en un horario de ocho horas, que van de ocho de la mañana a cinco de la tarde, con una hora de almuerzo para los trabajadores. La producción, en ciertos casos, requiere que los empleados, especialmente del área de producción, tengan una jornada laboral en el fin de semana.

Para conseguir los objetivos planteados se realizó investigación primaria, mediante páginas de internet, artículos científicos y recopilación de información en las páginas de las instituciones públicas, referentes a la implementación del proyecto, su aplicabilidad, requerimientos y base legal vigente. Las fuentes bibliográficas establecidas para direccionar el proyecto se aplicaron en base a la confiabilidad de las mismas, priorizando artículos científicos y técnicos, con la finalidad de obtener resultados confiables y fundamentados para la investigación.

En base a la bibliografía tomada y las visitas de campo realizadas, se desarrolló el tema, tomando en cuenta las necesidades prioritarias de la empresa, las cuales fueron reflejadas mediante un diagnóstico levantado, así como la normativa aplicable a los procedimientos de fabricación donde se va a implementar el proyecto.

El levantamiento de información para la realización del diagnóstico del proyecto, se basó en dos principales pilares: visitas de campo y entrevistas a los actores involucrados. Las visitas de campo se realizaron de manera periódica, basadas en la necesidad de la recopilación de información y documentación objetiva que sirvan de sustento para el desarrollo del proyecto, el levantamiento de información permitió visualizar, diagnosticar, verificar y descartar información que sirvió de lineamiento para el desarrollo del presente trabajo. Se realizaron entrevistas a los encargados de las áreas de producción, de esta manera se pudo recopilar información que no era factible obtenerla por visualización directa en las visitas de campo. Por otro lado las entrevistas tuvieron la finalidad de conocer al detalle los diferentes procesos productivos que se emplean para la fabricación de los productos de la empresa, para direccionar el diagnóstico y tomar medidas correctivas.

La lista de chequeo fue elaborada en función de la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, de la Dirección Ejecutiva de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, que establece requisitos de buenas prácticas de manufactura. De todos los requisitos establecidos en esta resolución, se seleccionaron aquellos vinculados directamente con los procesos productivos. A través de la lista de chequeo, se elaboraron matrices de cumplimiento, en las cuales se verificó los hallazgos obtenidos tanto en las visitas de campo como en las entrevistas realizadas.

En base a lo anteriormente mencionado se realizó el diagnóstico de buenas prácticas de manufactura para servicios y facilidades, el manejo de desechos, el personal, las materias primas, las operaciones de producción, el almacenamiento y distribución de producto terminado, seguridad y salud ocupacional. Complementariamente se realizó la evaluación ambiental para efluentes industriales, emisiones a la atmósfera, ruido ambiental, desechos industriales y manejo de combustibles. Se tomó como herramientas diagramas de flujo, inventarios, históricos de análisis y registros fotográficos. Con esta información se pudo evidenciar el cumplimiento legal y tomar medidas correctivas.

Los instrumentos anteriormente descritos permitieron seleccionar los requisitos de no cumplimiento, cumplimiento parcial y cumplimiento con oportunidad de mejora para desarrollar el sistema de gestión ambiental con base en buenas prácticas de manufactura.

## RESULTADOS

Como resultado de la investigación se generó el Sistema de Gestión Ambiental basado en buenas prácticas de manufactura de la empresa, que cuenta con planes de manejo, los cuales a su vez cuentan con programas de gestión estructurados en base a actividades, dichas actividades disponen de sus respectivos procedimientos. El desarrollo del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura generó nueve planes de manejo, los cuales están sustentados en los mismos ítems analizados en los diagnósticos. Cada una de las actividades planteadas en los planes de manejo se conjugaron en el Manual de Procedimientos del Sistema de Gestión Ambiental basado en Buenas Prácticas de Manufactura.

Este Sistema de Gestión ha sido elaborado en base de los diagnósticos establecidos en la metodología. Se basa tanto en las buenas prácticas de manufactura como en el análisis ambiental de los procesos productivos.

Su aplicación es responsabilidad de la empresa modelo y consta de los siguientes planes:

- Plan de Manejo de Servicios y Facilidades
- Plan de Manejo de Desechos
- Plan de Manejo de Materias Primas
- Plan de Manejo de Operaciones de Producción
- Plan de Manejo del Almacenamiento y Distribución de Producto Terminado
- Plan de Salud y Seguridad Ocupacional

Adicionalmente, en base del diagnóstico de Residuos Sólidos, Efluentes Industriales y la Generación de Otros Impactos que comprende el Manejo de Combustibles, Emisiones a la Atmósfera y Ruido Ambiental, se han elaborado los siguientes planes de manejo:

- Plan de Manejo de Efluentes
- Plan de Manejo de Emisiones a la Atmósfera
- Plan de Manejo de Ruido Ambiental

Este sistema servirá de guía metodológica para el mejoramiento de la gestión ambiental de la empresa en función de sus procesos productivos, lo que redundará en la disminución de costos operativos, optimización de insumos y mejora de la calidad de sus productos.

## CONCLUSIONES

Los sistemas de gestión ambiental en las industrias, tradicionalmente, se basan en los diagnósticos levantados en función de parámetros ambientales exclusivamente, sin embargo la innovación de la integración de buenas prácticas de manufactura crea una retroalimentación que optimiza la visión de la gestión productiva aprovechando las materias primas, recursos económicos y cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

La implementación de sistemas de gestión ambiental basados en buenas prácticas de manufactura no solamente minimiza los impactos ambientales generados por las actividades productivas, si no que se controla la generación de los efectos ambientales en el origen, facilitando el tratamiento y la disposición final de los efluentes y residuos generados en el proceso.

La elaboración de jugos y licores debe caracterizarse por su inocuidad. Las buenas prácticas de manufactura desarrollan competencias en el personal para el mejoramiento de la calidad de

los productos en función de los parámetros de inocuidad y de calidad establecidos para estos productos.

La correlación que se puede encontrar entre los sistemas de gestión ambientales tradicionales y las buenas prácticas de manufactura radica en que las dos persiguen la mejor continua de los sistemas, sin embargo la innovación de combinar ambos criterios mejora no solo la calidad del producto, sino también el aprovechamiento de materias primas, disminución de residuos y el buen manejo por parte del personal de los componentes productivos, garantizando productos competitivos y dando sostenibilidad a la empresa.

Los lineamientos que dan los ministerios tanto el de industrias y productividad como el de ambiente, se correlacionan en tanto estos establecen normativas y reglamentos obligatorios y no obligatorios, los cuales al conjugarlos permiten establecer parámetros más específicos en el sentido de producción y sostenibilidad ambiental, permitiendo a las industrias un mejor desempeño operacional, productivo y ambiental.

Se ha cumplido con el objetivo general del proyecto al elaborarse un sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura, lo que permitirá a la empresa optimizar sus recursos, sin embargo será responsabilidad de la empresa ajustarlos a su operatividad, disponibilidad de personal y recursos que se puedan poner a disposición del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura propuesto.

Para el diagnóstico ambiental de la empresa, de una lista de chequeo inicial de 260 ítems, se seleccionaron aquellos que se ajustaban en mayor medida al sistema productivo de la empresa, esto se lo hizo para garantizar acoplamiento de los requerimientos de la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG a las operaciones realizadas en la empresa modelo, así como el cumplimiento de la normativa legal del DMQ. Se logró apreciar, que si bien ambos sistemas persiguen diferentes objetivos, ambos velan por la minimización de impactos ambientales y el correcto funcionamiento operativo de la empresa.

Se cumplieron con los objetivos específicos del proyecto yendo más allá, al no enfocarse exclusivamente en los procesos productivos de la empresa, sino también al diagnóstico ambiental y de seguridad y salud ocupacional, dando una visión holística y completa de la gestión productiva en la empresa.

La empresa tiene gran potencial productivo y de calidad, lo que conjuntamente con la aplicación de este sistema va a redundar en una mayor utilización de tiempos, espacios y equipos haciendo a la empresa más productiva y garantizando la estabilidad laboral de los trabajadores.

La empresa al solicitar el diseño de una planta de tratamiento y al realizar el análisis de las descargas de efluentes industriales, creo la necesidad de evaluar con mayor profundidad la fuente del incumplimiento de los parámetros ambientales establecidos en la legislación ambiental. Esto derivó en la evaluación de cada uno de los procedimientos en la producción de los diferentes productos realizados por la empresa, tomando en cuenta equipos, personal capacitado y la adecuación de infraestructuras que permitan el correcto manejo de los componentes ambientales, lo cual permitió el planteamiento de un sistema de gestión que controla procesos antes que vertidos.

Del análisis de estudios realizados previamente, tanto para gestión ambiental como para buenas prácticas de manufactura, fue posible determinar que las empresas grandes y prósperas han basado parte de su desarrollo y éxito empresarial en la implementación por

separado de los sistemas de gestión utilizados en el presente estudio por lo que la combinación de ambos conceptos permitirá a la empresa un mejor manejo de sus recursos financieros permitiéndole expandirse en un futuro cercano.

La metodología planteada, si bien larga y meticulosa, permite obtener resultados satisfactorios, adecuados al sistema productivo de las empresas, exactos en cuanto a diagnóstico y fáciles de comprender por los involucrados en el proceso productivo, aun a pesar de no haber sido ellos directamente los diseñadores de este sistema. Es fundamental, en esta metodología, tener conocimiento detallado de los diferentes procesos productivos, así como el funcionamiento en cuanto a producción, almacenamiento y distribución de los productos terminados, instalaciones y personal capacitado. De esta manera se puede correlacionar los datos obtenidos en visitas de campo para el desarrollo del sistema.

La apertura y colaboración por parte de la alta gerencia de la empresa es indispensable a la hora de desarrollar la metodología planteada en el presente trabajo ya que existe información restringida que fue fundamental a la hora de diagnosticar los parámetros y requerimientos previstos para el desarrollo del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura.

El conocimiento sobre la normativa legal obligatoria y los reglamentos optativos que establece el Ministerio de Industrias y productividad, deben ser manejados con consistencia ya que permitirá determinar la relación que estos poseen y priorizar su cumplimiento sin descartar la sinergia que existe entre lo obligatorio y lo voluntario.

El desarrollo de listas de chequeo de Buenas Prácticas de manufactura de los procesos de la empresa modelo permitió establecer la dirección a la que se va a dirigir el sistema de gestión, determinando como puntos críticos los servicios y facilidades que requiere la empresa, manejo de desechos generados, manejo de materias primas, operaciones de producción, almacenamiento y distribución de producto terminado, seguridad y salud ocupacional. Por otro lado, se realizó la evaluación ambiental donde se complementaron los requisitos necesarios para disponer de un sistema de gestión ambiental integro en función de los procesos productivos de la empresa.

La lista de chequeo fue evaluada en función al cumplimiento, cumplimiento con oportunidad de mejora, cumplimiento parcial y no cumplimiento, la evidencia objetiva se obtuvo a través de entrevistas, visitas de campo, reportes fotográficos y otros que se compararon con los requerimientos establecidos por la ARCSA y la Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, Normas INEN y Decreto ejecutivo 2393.

De la lista de chequeo realizada se obtuvo como resultado el 55% de cumplimiento, 12% de cumplimiento con oportunidad de mejora, 48% de cumplimiento parcial y 40% de no cumplimiento de los requerimientos establecidos en la ARCSA.

El inventario de residuos realizado en la evaluación ambiental fue obtenido a través de información primaria proporcionada por la empresa, estos valores variaran en función del ciclo productivo y de los pedidos a la empresa, pudiendo aumentar en tamaño, pero gracias a la gestión no aumentarán en impacto. Se espera que luego de la aplicación del sistema de gestión propuesto todos los residuos sólidos sean adecuadamente gestionados e incluso disminuyan su generación.

Los parámetros analizados de los efluentes industriales sobrepasan los máximos permitidos de la normativa ambiental vigente en DBO y DQO en la mayoría de los meses analizados. Esto se

debe al mal manejo operativo de los procesos de producción, principalmente en el proceso de limpieza de los tanques, tanto de licor como jugo, ya que la merma en estos procesos es de 100 a 150 L de producto que se descarga en las aguas industriales alterando los parámetros descritos.

Si se controla la evacuación de materia prima vertida directamente al sistema de recolección de efluentes, principalmente en los procesos de limpieza, mejorará la calidad de los efluentes, sin embargo se considera prudente la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales que garantice el cumplimiento legal de la empresa.

En cuanto al manejo de combustibles, se evidenció un correcto manejo de los mismos, los cuales se acoplan a los requerimientos establecidos en la normativa ambiental vigente.

El Caldero 1 tiene problemas de funcionamiento, sobre todo en el ingreso de oxígeno, lo cual se ve reflejado en el incumplimiento de emisión de CO a la atmósfera.

La empresa no genera ruido ambiental en los exteriores de sus instalaciones, sin embargo de los análisis presentados se puede deducir que los ligeros incumplimientos son debido a fuentes sonoras ajenas a las actividades de la empresa.

Para el sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura, se deja a libre discreción de la empresa los responsables de los diferentes planes implementados en el sistema, así como la determinación de metas, las cuales se establecerán de acuerdo a los recursos, tiempo y personal que la empresa pueda dedicar a la implantación de este sistema.

El sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura contempla una estructura conformada por planes, programas, subprogramas, manuales y procedimientos, lo que lo hace comprensible para cualquier persona que desee ponerlo en práctica, de tal forma que con una mínima capacitación por parte de la empresa se garantice la continuidad del sistema implementado.

A lo largo del sistema de gestión se plantearon indicadores y medios de verificación para las actividades sugeridas, de tal manera que dichas actividades reflejen un cumplimiento y mejora continua en el sistema implementado. Se procuró que la mayoría de los indicadores sean cuantitativos, sin embargo en muchas actividades se vio la necesidad de plantear indicadores cualitativos que no por ello son menos significativos que los cuantitativos.

El sistema es abierto, por lo cual la empresa tiene la oportunidad de modificar los indicadores estableciendo medios de verificación que permitan comprobar que la actividad se está cumpliendo adecuadamente.

De la evaluación realizada se puede concluir que una de las debilidades de la empresa es la capacitación al personal, así como instrucciones específicas y asignaciones para las diferentes actividades laborales de los empleados, lo que no permite la especialización de los mismos generando deficiencias operativas, sobre todo en buenas prácticas de manufactura.

En las visitas realizadas a la empresa se constató la falta de registros y documentación de respaldo que permitan la verificación de cumplimientos legales, operacionales y administrativos (salud y seguridad ocupacional), lo cual incertidumbre y puede causar problemas al momento de que las entidades reguladoras realicen auditorias o verificaciones dentro de la empresa.

Los procedimientos establecidos en los manuales de procedimientos del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura dan cumplimiento a la normativa ambiental vigente así como a los requerimientos operativos necesarios para las buenas prácticas de manufactura, sin embargo estos procedimientos pueden ser revisados por la empresa y acoplados a las necesidades y disponibilidad de recursos. Igualmente los manuales dejan a buen criterio de la empresa la designación de responsables y recursos para el cumplimiento de dichos procedimientos.

## **RECOMENDACIONES**

La aplicación del sistema combinado entre diagnóstico ambiental y buenas prácticas de manufactura, se recomienda aplicarlo en la empresa modelo para garantizar la optimización de la gestión productiva, calidad de los productos, seguridad industrial de los empleados, beneficio económico y en definitiva la sostenibilidad de la empresa.

Para la minimización de los impactos ambientales en el origen, se recomienda aplicar el sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura ya que reducirá costos en el tratamiento final y optimizará los procesos de producción que reducirán los impactos ambientales generados.

Se recomienda concientizar al personal en la higiene personal, limpieza y desinfección de equipos y utensilio, manejo de utensilios, operatividad de equipos para garantizar la inocuidad y calidad de los productos producidos.

Se recomienda correlacionar los sistemas de gestión tradicionales y las buenas prácticas de manufactura, ya que su combinación aumenta la mejora continua de los sistemas dando sostenibilidad a la empresa.

Se recomienda seguir las guías de buenas prácticas de manufactura del Ministerio de Industrias y Productividad a pesar de que estas son voluntarias, ya que la calidad de los productos lo hace competitivos y desde el punto de vista de imagen mucho más aceptados en el mercado.

La metodología utilizada para el presente trabajo se puede aplicar a otro tipo de industrias ya que es flexible y operativamente viable. Se recomienda la difusión de esta metodología entre las empresas ecuatorianas que deseen mejorar su competitividad.

Se recomienda combinar los criterios de la base legal obligatoria con los reglamentos voluntarios establecidos por los diferentes ministerios hacia las empresas, con el fin de obtener mejora continua, optimización de recursos, cumplimiento legal y calidad de vida de sus empleados.

Se recomienda la implantación del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura, ya que al abarcar las 5S, aumentará el verdadero potencial productivo de la empresa e incrementar su alcance en el mercado nacional.

Se recomienda que la empresa a más de aplicar el sistema diseñado, verifique la calidad de sus efluentes y de ser necesario se diseñe, construya y ponga en funcionamiento la planta de tratamiento de efluentes industriales, que muy probablemente resumirá actividades y procedimientos comparativamente con los requerimientos actuales sin el sistema implementado.

Se recomienda aplicar la metodología planteada en el presente proyecto, para otro tipo de empresas contribuyendo a la difusión del sistema propuesto.

Para la correcta puesta en marcha de esta metodología se recomienda mantener un acercamiento adecuado a la alta gerencia de la empresa para desarrollar la confianza de la misma y obtener los datos necesarios para desarrollarla.

Se recomienda la revisión periódica y actualización de la legislación ambiental vigente, para la correcta correlación con los requerimientos de las normas voluntarias, de tal manera que se pueda desarrollar correctamente el sistema.

Se recomienda que la evaluación de las listas de chequeo deba ser la misma que la propuesta en esta metodología sin descartar los cumplimientos con oportunidad de mejora que permiten repotenciar la aplicación del sistema.

Luego de la aplicación del sistema será oportuno realizar una nueva verificación de la lista de chequeo inicial para determinar los porcentajes de cumplimiento total y parcial, así como de los no cumplimientos y de esta manera evaluar la efectividad del sistema propuesto siguiendo el ciclo de Deming.

La realizar la limpieza de tanques tanto de licor como de jugo, se recomienda no verter directamente al sistema de recolección de aguas residuales los fondos de tanque, pues estos aumentan potencialmente la DQO y DBO. Se recomienda recolectar los fondos de tanque en recipientes adecuados y tratarlos como residuos especiales.

Se recomienda dar un mantenimiento preventivo y correctivo al Caldero 1 para pueda tener un funcionamiento óptimo.

Se deben seguir realizando monitoreos de ruido ambiental, a pesar del cumplimiento de parámetros ya que esto permitirá tomar medidas correctivas en caso de que sea necesario.

Se recomienda establecer responsables en función de la aptitud para desenvolverse en los diferentes planes establecidos en el sistema. Las metas serán establecidas en función del alcance económico y disponibilidad de personal para el cumplimiento de la meta propuesta.

Se recomienda mantener la estructura propuesta para el sistema de gestión, debido a que mantiene una lógica estructural que facilita su implementación, cualquier cambio que la empresa realice debe mantener la lógica estructural propuesta.

Se sugiere que los indicadores propuestos en el sistema sean controlados a través de histogramas y registros periódicos que permitan la evaluación de las actividades propuestas, así como su mejora continua. En caso de no detectarlas, se podrán medidas correctivas oportunas que den sostenibilidad al sistema.

Para contrarrestar la falta de capacitación al personal, así como la falta de competencias específicas en los procesos de cada responsable de los mismos, se recomienda desarrollar el programa de capacitación propuesto e innovarlo una vez que este se haya cumplido en función de las necesidades de la empresa.

Se recomienda disponer de un área de archivo de documentos, donde los mismos sean correctamente separados, identificados y clasificados según su tipo y requerimiento legal.

Los sistemas de gestión ambiental no son estáticos, a través de su revisión permanente no solo que se acoplan de mejor manera a la industria en evaluación, sino que, pueden ser modificados para mejorar su implementación, control y evaluación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Días & Rosario Uría (2009). Buenas Prácticas de Manufactura. Una guía para Pequeños y Medianos Agroempresarios. Serie Agronegocios

A. Lara (2011). Diseño y proceso Productivo. Universidad Autónoma de México.

Agencias Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) (2016). Normativa para Buenas Prácticas de Manufactura. Alimentos.

Apple (2016). Responsibility & Environmental Management. Tomado de: <http://www.apple.com/es/environment/>. El 01/03/2016 a las 13h04

E. Almeida (2010). Elaboración de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para el Taller de Facilidades de Superficie de la Gerencia de Exploración y Producción en Lago Agrio. Universidad Internacional SEK. Quito – Ecuador.

FEMSA (2015). Informe de Sostenibilidad FEMSA Enero-Junio 2015 “Así Somos, Así Vamos”. México

FEMSA (2016) Acciones con Valor, “Nuestra Estrategia se Transforma con Acciones, Conócela”. Tomado de: <http://www.femsa.com/es/acciones-con-valor>. El 28/02/2016 a las 17h32.

H. Molina (2010). Seguridad e Higiene en el Trabajo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Escuela Superior de Tapeji.

I. Salazar (2014). Plan de Mejora del Proceso Productivo y Desarrollo del Manual de Buenas Prácticas de Manufactura (NPM) para la Microempresa Frutas y Miel. Quito. Año 2013. Universidad Internacional SEK. Quito – Ecuador

INSHT (2016). Evaluación de Riesgos Laborales. España. Tomado de: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias\\_Ev\\_Riesgos/Ficheros/Evaluacion\\_riesgos.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Ficheros/Evaluacion_riesgos.pdf) el 29 de Abril de 2016

ISO 14000:1 (2014). Sistema de Gestión Medio Ambiental. Código de Buenas Prácticas Ambientales.

J. Alemmany (2004). El Ciclo Shewhart o el Ciclo Deming. Centro Tecnológico de Plásticos y Elastómeros.

Ley de Gestión Ambiental con Registro Oficial Suplemento 418 de 10 – Septiembre del 2004, con Codificación 19

M. Falagán, A. Canga, P. Ferrer, J. Fernández (2000). Manual Básico de Prevención de Riesgos Laborales: Higiene Industrial, Seguridad y Ergonomía. Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación médicos Asturias. España.

M. García, C. Quispe & L. Ráez (2003). Mejora Continua en la Calidad de los Procesos. Industrial Data. Notas Científicas

- M. Intriago (2011). Implementación de un Programa de Producción más Limpia (PML) en la Empresa Metalmeccánica ESACERO S.A. Universidad Internacional SEK. Quito – Ecuador.
- Ministerio de Fomento (s.f.). Puertos del Estado. Calidad (Nivel 1). Tomado de: [http://www.apmarin.com/download/691\\_cal1.pdf](http://www.apmarin.com/download/691_cal1.pdf) . El 15/02/2016 a las 0h22.
- Ministerio de Industrias y Productividad (2016). Reglamento de Buenas Prácticas para alimentos procesados. Sello Hace bien.
- Ministerio del Ambiente (2016). Punto Verde. Tomado de: <http://www.ambiente.gob.ec/punto-verde/>. El 01/03/2016 a las 20h02.
- N. Torres (2012). Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Contra en el Complejo Industrial Licorero del Centro C.A. Universidad Simón Bolívar. Decanato de estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Química. Venezuela
- Nestle (2012). Revista Valor Compartido. Ecuador
- NTP 481 (1998). Orden y Limpieza de Lugares de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España
- OHSAS 18001 (2007). Sistemas de Gestión de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional: Requisitos
- OMS, (2007). CODEX ALIMENTARIUS. Quinta edición
- Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG La Dirección Ejecutiva de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. Dado en Quito D.M., a los 21 días de diciembre de 2015
- SAGPYA (2009). Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) Boletín de Difusión. Programa de Calidad de los Alimentos Argentinos.
- Tapia A. (2012). Mantenimiento en Instalaciones Eléctricas. Constructor Eléctrico, Negocios y Desarrollo de la Industria
- Wilsoft (2016). BSI PAS 220 2008: Gestión de compras y materiales en la industria alimentaria. Obtenido de: <http://www.wilsoft-la.com/index.php/articulos/item/11-bsi-pas-220-2008-gesti%C3%B3n-de-compras-y-materiales-en-la-industria-alimentaria.html> el 28 de Abril de 2016, 18h34.
- Wilsoft (2016). Higiene del personal en la industria alimenticia. Obtenido de: <http://www.wilsoft-la.com/index.php/articulos/item/19-higiene-del-personal-en-la-industria-alimenticia.html> el 28 de Abril de 2016, 18h34.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-36

**Título del trabajo:** Diseño de Memoria de Sostenibilidad para la fase de construcción del poliducto Pascuales – Cuenca.

**Autor (es):** Mery Gabriela Jarrín Jácome, Victoria Massiel Ortega Torres

**Ponente (s):** Mery Gabriela Jarrín Jácome, Victoria Massiel Ortega Torres

**E-mail:** [gabyta1003@gmail.com](mailto:gabyta1003@gmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

Se diseñó una Memoria de Sostenibilidad para el proyecto de construcción del Poliducto Pascuales-Cuenca de la EP PETROECUADOR, fundamentada en los lineamientos, metodología y parámetros conceptuales propuestos en la Norma ISO 26000, la Guía para Elaboración de Memorias de Sostenibilidad del *Global Reporting Initiative* versión G4, en un marco técnico de obtención de datos. Se levantó información de carácter socio ambiental con el objetivo de elaborar una línea base de percepción del área de influencia del proyecto y de otros grupos de interés para la empresa, para la sistematización de una matriz de Aspectos Materiales y la elaboración de 16 indicadores distribuidos en Economía, Ambiente y Prácticas Laborales. Estos indicadores reflejan la realidad de la gestión llevada a cabo por la EP PETROECUADOR durante la construcción del Poliducto. El estudio comprende además una revisión bibliográfica de la Responsabilidad Social y su contraposición con la filantropía, enfatizando su relación e importancia con el Desarrollo Sostenible. Considera la situación regional del concepto y su nivel de acción nacional en el contexto legal socio-ambiental. Se plantearon 23 estrategias para la gestión de Responsabilidad Social como Sistema Integrado, aportando a la oportunidad de mejora continua y al seguimiento para futuras investigaciones. Se determinó que la EP PETROECUADOR, mediante la Jefatura Corporativa de Responsabilidad Social y Relaciones Comunitarias ha fortalecido su gestión en términos sostenibles, mediante la implementación de políticas y actividades. Deberá apoyarse en la internalización transversal del concepto y su aplicación en todas sus dependencias y en la ejecución de futuros proyectos del sector.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable ha creado una matriz de sinónimos para que su concepto pueda ser concebido y aplicable en cualquier ámbito, entidad, sociedad y organización. Se plantea entonces este sinónimo organizacional definido hace varias décadas como Responsabilidad Social, un concepto en discusión teórica y empírica que ha sido pocas veces desarrollado por la naturaleza técnico socio-ambiental más que por un carácter estrictamente empresarial.

El nacimiento de la Responsabilidad Social no puede estar definida en una época específica de la historia, pero se empieza a tomar conciencia de su práctica en la mejora de las condiciones laborales sobre todo en Estados Unidos y países europeos alrededor del siglo XIX. Para la década de los años veinte del siglo XX surge la filantropía empresarial liderada por las empresas, fundamentada principalmente en la “caridad y participación empresarial en asuntos de comunidad” (Barrera Jurado & Quiñones Aguilar, 2009).

Sobre esta base social empieza a crecer la preocupación y cuestionamiento de las prácticas productivas que causaba la contaminación ambiental en los años cincuenta (ídem, 2009) junto con los primeros indicios del desarrollo sustentable como tal. Entre acuerdos establecen en los años setenta el concepto de Sostenibilidad (Informe Brundtland, 1972) y, por lo tanto, el de Responsabilidad Social de la Empresas.

La intervención estatal comienza a tomar fuerza sobre todo por la exigencia de organizaciones no gubernamentales denominadas del “tercer sector”, que sucediendo a los procesos críticos experimentados en los años sesenta inician procesos de reprobación hacia el Estado y su incapacidad de responder a las necesidades sociales, proponiendo iniciativas privadas para solventar estas deficiencias (Veintimilla en Fontaine 2006).

De manera análoga a esta proyección, se crea el “presupuesto social” y el “balance social” como respaldo para la rendición de cuentas y transformación social planificada (Barrera Jurado & Quiñones Aguilar, 2009), cronograma que da sus inicios en la definición de principios que empiezan a modelarse a través de foros, cumbres, etc., condensados en los 10 principios establecidos por el Pacto mundial en 1999.

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) ha sido contemplada por organizaciones a nivel global como AccountAbility y Global Reporting Initiative (GRI), creadas en 1995 y 1999 respectivamente. Ambas generan guías de aplicación empresarial en el ámbito ético y ambiental junto con la responsabilidad de la gobernanza social (Global Reporting Initiative, 2013). Esta organización se encarga de generar un formato para la presentación de informes anuales o Memorias Sostenibles, de carácter voluntario, para evidenciar “comportamientos sociales y éticos sostenibles” en la empresa, que pasaron de un carácter cualitativo para en el 2002 transformarse en cuantitativos, reagrupándose en tres categorías: “prácticas laborales, derechos humanos, y comunidad/ sociedad/desarrollo” (Barrera Jurado & Quiñones Aguilar, 2009; Global Reporting Initiative, 2013).

En el 2010 además, la Organización Internacional Normalización (ISO por sus siglas en inglés) publica la ISO 26000, una norma específica para RSE. Esta guía es de carácter voluntario para operar de manera responsable (Organización Internacional de Normalización, 2010).

La incorporación de las variables socio-ambiental sucede en actividades hidrocarburíferas a partir de la creación de Petroecuador en 1989, donde se crea la Unidad de Protección Ambiental (Franco en Fontaine, 2006).

Actualmente el Estado ha creado ciertas normativas relacionadas a la Responsabilidad Social articuladas bajo la Constitución y el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 (objetivos 2,3,7),

por ejemplo: el Código de la Producción del Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad con el incentivo además de los sellos “Hace bien-Hace mejor” como reconocimiento a las unidades productivas comprometidas con las 4 éticas del Gobierno Nacional: Trabajadores, Comunidad, Ambiente y Estado (Ministerio de Industrias y Productividad, 2015).

Para el aspecto socio-ambiental ha existido normativa e institucionalización para operaciones hidrocarburíferas desde que se crea el Ministerio del Ambiente en 1996 para dar lugar a una Ley de Gestión Ambiental en 1999 y obtener desde 1998 el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, sustituyendo al de 1995 para una mejor sistematización en “aspectos socio-ambiental, aspectos técnicos no considerados y flexibilización de los mecanismos de regulación, control y monitoreo de la gestión ambiental”.

En el 2013 se da inicio al nuevo proyecto mencionado para el abastecimiento de productos limpios a las provincias del sur del país. Hasta la fecha la zona ha sido suministrada mediante auto tanques que transportan los productos hasta el Terminal Chaullabamba en la ciudad de Cuenca para almacenamiento, y para las gasolineras de expendio de combustible (EP Petroecuador, Caminosca (b), 2012). La simplificación de este proceso crea el Poliducto Pascuales-Cuenca, proyecto que atraviesa la provincia del Guayas y Cañar con una extensión de 210 km.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El proceso de elaboración de la Memoria comprendió cuatro fases importantes:

Revisión bibliográfica primaria y secundaria, Trabajo de Investigación en campo, obtención de Indicadores y elaboración de la Memoria, basados en la metodología para la realización de la Memoria Sostenible establecida por la G4: Guía de Elaboración de la Memoria publicada por el Global Reporting Initiative (GRI) en el 2010.

### ***Recolección información primaria***

El contenido de la memoria se basa en los resultados de los procesos de Participación de los grupos de interés que se han llevado a cabo en el proyecto (Global Reporting Initiative, 2013). Se cuantifica de manera directa e indirecta, a través de los indicadores, el nivel de afectación o impacto que el proyecto ha tenido sobre cada grupo y viceversa. Se determinan entonces los principales actores en la construcción del Poliducto Pascuales-Cuenca, tramo Pascuales-La Troncal:

#### ***Comunidad***

Grupo de interés externo a la empresa. Se determinó una población afectada en el Área de Influencia Directa (AID) por la construcción del poliducto con un total de 6308 familias

#### ***EP Petroecuador***

Grupo de interés interno donde se considera a la alta gerencia de la empresa inmersa directamente en el proyecto junto con el personal de apoyo en la parte técnica ambiental, social y económica.

#### ***Organización Norberto Odebrecht***

Grupo de interés externo. Organización internacional contratista para la construcción del poliducto. Como proveedor cumple también con algunos requisitos establecidos por EP Petroecuador en temas ambientales, sociales, económicos y técnicos específicos, posteriormente evaluados.

#### ***Gobierno***

En lo que concierne a esta Memoria no se tomó en cuenta la percepción del proyecto del grupo de interés gubernamental. Su carácter público y nacional coloca a esta consideración fuera de los alcances de la logística en cuanto a tiempo y disposición de la empresa.

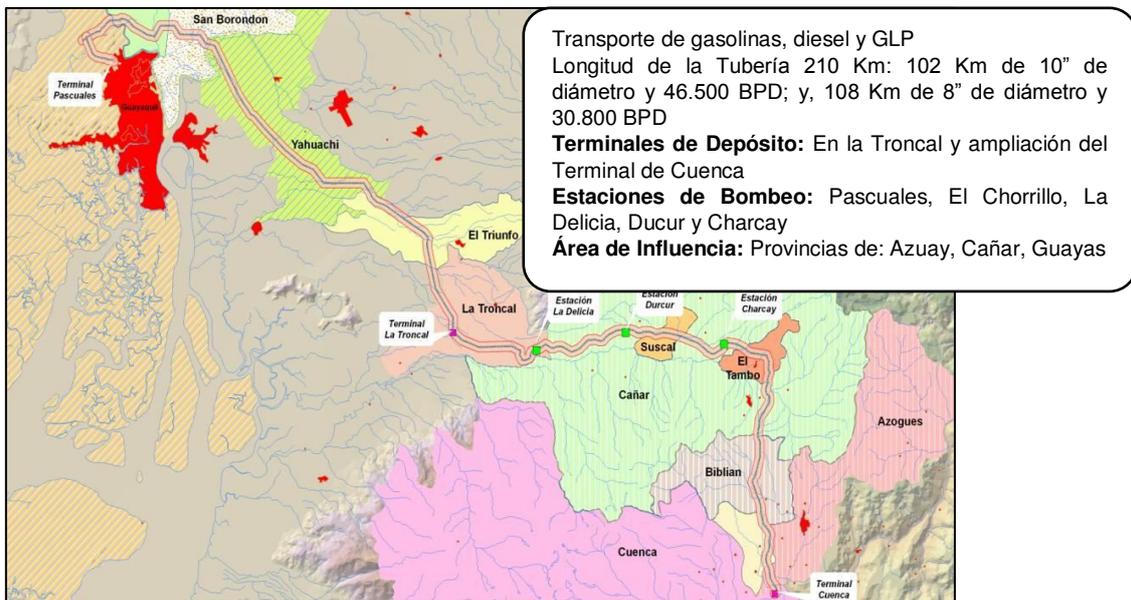
### *Clientes*

Para el período de esta Memoria no han sido considerados, dentro de este tiempo el proyecto no pasa de la etapa de construcción, por lo que no existe ningún tipo de consumo o beneficio de los clientes previstos.

### **Determinación del área de estudio**

El proyecto “Poliducto Pascuales – Cuenca” tiene una extensión aproximada de 210 km, este proyecto atraviesa las provincias del Guayas, Cañar y Azuay, con una extensión total intervenida de 327,19 hectáreas.

Gráfico 1. Ubicación geográfica del poliducto en el país



Los terrenos comprenden haciendas o fincas de gran tamaño, en el tramo de la costa, dedicadas principalmente a la producción de caña de azúcar, cacao, banano y arroz y pequeñas parcelas de tierra, en el tramo de la sierra, donde la principal actividad es la agricultura a pequeña escala y la cría de bovinos.

### **Diseño muestral**

Se emplearon dos tipos de muestreo: en etapas múltiples o conglomerados y muestreo estratificado, debido a la necesidad de reducir los “costos organizacionales y de transporte” (Hoddinott, 2002, pág. 84).

El muestreo en etapas múltiples consiste en dos etapas, la selección de unidades muestrales primarias (UMP) definidas geográficamente sin traslape y la selección aleatoria de un cierto número de unidades básicas de muestreo secundarias (UMS). “La forma en que determinan los conglomerados depende de la disponibilidad y exactitud del marco muestral completo” (Hoddinott, 2002, pág. 84).

Webster (2000) manifiesta que esta combinación de muestreos propuesta es viable. El muestreo estratificado permite forzar las proporciones de la muestra de cada estrato, o UMP en este caso, para que “esté conforme al patrón poblacional” (pág. 162), incrementando la precisión en comparación con otro tipo de muestreo. Se precisa de este muestreo pues el tramo total resultó en un número viable de comunidades o UMS a encuestar, por lo que se toma la población por familias en su totalidad.

En Poliducto Pascuales-Cuenca se levantó un total de 6308 familias según los datos recogidos en la revisión bibliográfica (Medios, 2014).

Como indica Pita (2010), para determinar el tamaño óptimo de muestra de una población finita se aplica la siguiente fórmula estadística:

Gráfico 2. Fórmula estadística de obtención de muestra

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Ecuación 1. Cálculo de la muestra

Donde:

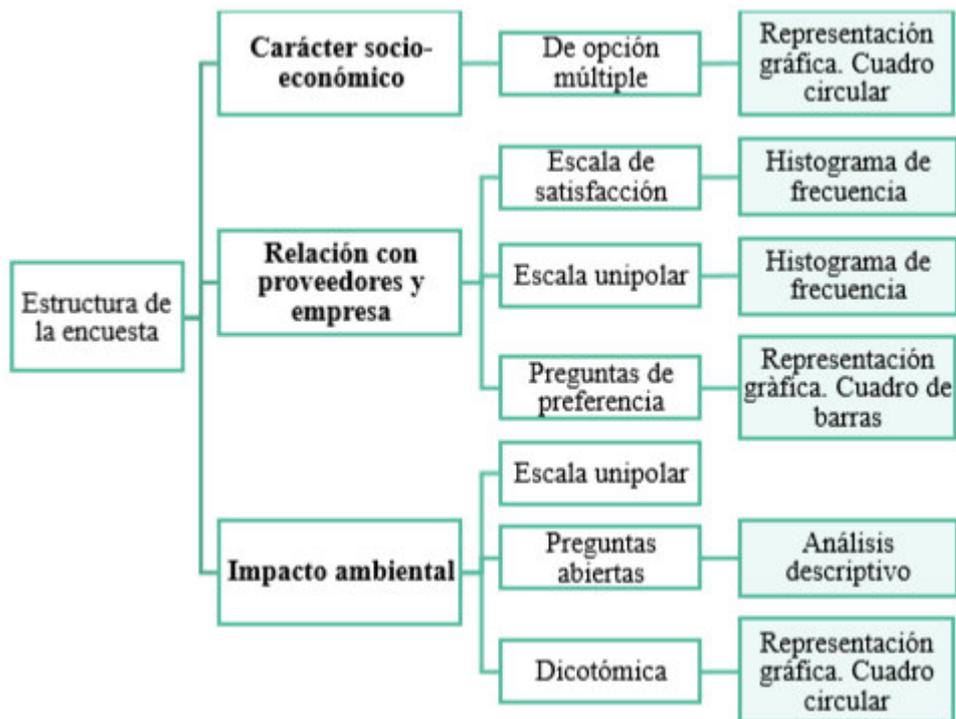
n	Tamaño de la muestra	p	Proporción esperada/ probabilidad de ocurrencia
M	Total de la población	q	Probabilidad de no ocurrencia (1-p)
Z	Nivel de confianza	d	Precisión

### **Diseño de encuesta**

#### **Comunidad**

El tipo de encuesta aplicada corresponde a un cuestionario semi estructurado, un conjunto articulado de preguntas que se combinan entre abiertas y cerradas. Este tipo de encuestas permite efectuar preguntas concretas, dar homogeneidad a la recopilación de datos y contribuye en la obtención de información por parte del encuestado (Abascal & Grande, 2005).

Gráfico 3. Estructura de la encuesta y método de tabulación.  
Adaptado de Abascal & Grande, 2015; Albiol & Saura, 1998.



Se realizó una encuesta piloto dirigida a los promotores representantes de cada comunidad de las provincias del Guayas y Cañar, reconociendo la complejidad del lenguaje de la encuesta, el orden de las preguntas y el planteamiento de nuevas opciones. A partir de ella, se definió la estructura final de la encuesta aplicada en campo.

### **Empresa y proveedores**

Las encuestas aplicadas en estos grupos fueron de carácter dicotómico o de “tipo binario”, y de profundidad, con el formato establecido por el Instituto ETHOS (2007). Se compone de 5 temas: Valores, transparencia y gobierno corporativo, Público interno, Medio ambiente, Proveedores, y Comunidad.

#### Indicadores de profundidad

Este tipo de indicador permite evaluar la etapa de gestión de la compañía respecto a determinada práctica. Está representado por cuatro cuadros contiguos presentando etapas de determinada práctica, cuyo nivel de desempeño evoluciona de la primera a la cuarta etapa, lo que le permite a la compañía ubicarse fácilmente en la escala (Instituto ETHOS, 2007).

#### Indicadores binarios

Estos indicadores cualifican la respuesta elegida en el Indicador de Profundidad (Instituto ETHOS, 2007, pág. 5). Contiene elementos de validación y profundización de la etapa de RSE identificada por el grupo de interés y la empresa.

Se evaluó un total de 28 indicadores en lo que respecta a público interno y alta gerencia de EP Petroecuador, y un total de 20 para Odebrecht como proveedor; de acuerdo a la aplicabilidad y realidad de cada grupo de interés.

### **Estudio de Materialidad**

El estudio de materialidad es el determinante de los asuntos relevantes de la empresa, por lo tanto del contenido de la memoria. Para su realización se siguió la metodología establecida en el G4: Guía para elaboración de Memoria Sostenible, documento vigente publicado por el GRI

en el 2010. La materialidad de un asunto determina si merece ser incluido en la memoria (Global Reporting Initiative, 2013)

**Metodología de tabulación de datos**

Para los histogramas de frecuencia se definieron límite superior e inferior de intervalo o clase, dentro de una caracterización por rangos que permitió definir posteriormente un valor único de acuerdo a su importancia para el cuadro de materialidad.

Para el formato ETHOS, a valoración de cada indicador se basa técnicamente en la estandarización de un rango dentro de cada etapa, con los valores asignados en la tabla. De esta manera, cada etapa tiene la posibilidad de tener dos o tres valores que se definen por el número de respuestas positivas de las preguntas dicotómicas. Se obtiene el valor más bajo del rango si todas las respuestas son positivas, pues significa que, dentro de la etapa, la gestión está bien realizada.

Tabla 1. Rangos y valores establecidos para la encuesta con formato del Instituto ETHOS (2007)

<b>Etapas de gestión</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>Nivel de gestión en la etapa</b>	<b>Poca</b>			<b>Moderada</b>			<b>Buena</b>		<b>Muy buena</b>	
<b>Valor</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Determinación de la materialidad**

La G4 establece de manera obligatoria el seguimiento de los Principios de elaboración de memorias, que son: Materialidad, Participación de los grupos de interés, Contexto de sostenibilidad y Exhaustividad. Estos principios se aplican a lo largo de la elaboración de la Memoria, y la empresa decide los métodos que se aplicarán en cada paso utilizando análisis cualitativo y evaluación cuantitativa (Global Reporting Initiative, 2013)

Gráfico 4. Metodología de elaboración de memorias de sostenibilidad (GRI, 2013)



Para la Memoria Sostenible del Poliducto Pascuales-Cuenca se identificaron los Aspectos establecidos en los Contenidos Básicos Específicos de la Guía, distribuidos en tres categorías:

1. Economía
2. Medio Ambiente
3. Desempeño Social
  - 3.1. Prácticas laborales y trabajo digno

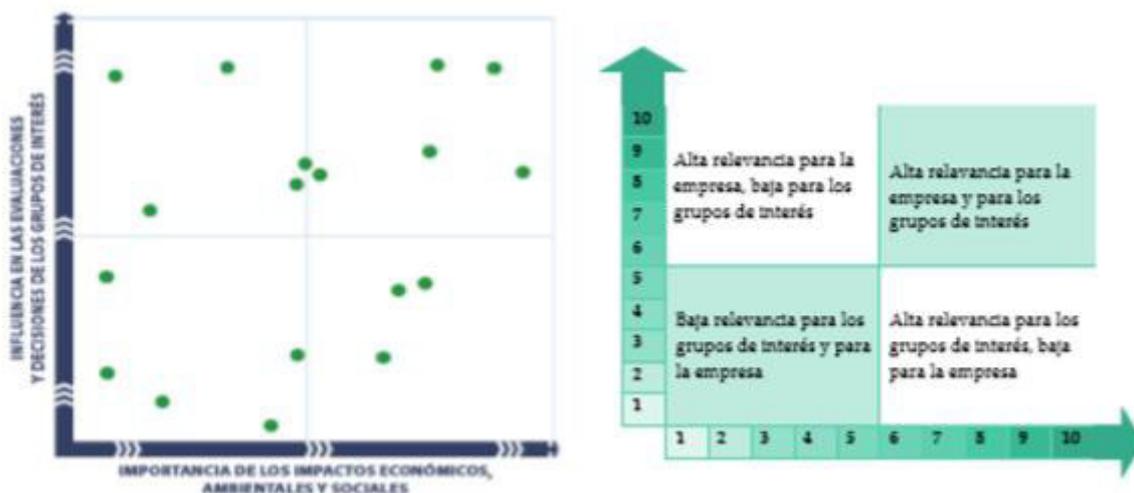
### 3.2. Derechos humanos

### 3.3. Sociedad

### 3.4. Responsabilidad sobre productos

Este proceso se sintetiza en la representación gráfica de una Matriz de Materialidad, que se compone de un par ordenado como se observa en el Gráfico.

Gráfico 5. Izquierda: Representación visual de la materialidad de los Aspectos, Diseño elaborado por el GRI (2013). Derecha: Diseño de Matriz propuesta para Memoria de Sostenibilidad de EP Petroecuador. Adaptado de Global Reporting Initiative, 2013.



El objetivo de este primer paso es descubrir posibles “brechas de percepción entre la empresa (impactos) y los grupos de interés (identificación de temáticas significativas)” (ídem, 37).

En la variable de prioridad estratégica, eje horizontal, se coloca el valor que ha medido la importancia de los impactos económicos, ambientales y sociales de la empresa. Se tomó en cuenta la bibliografía primaria descrita al inicio de este capítulo, es decir, documentos referentes al proyecto en su etapa de construcción hasta el final del año 2014 (período objeto de la memoria), y la evaluación interna a través de encuestas realizadas a la Alta Gerencia de la empresa.

En la variable de prioridad a los grupos de interés, eje vertical, se coloca el valor de la influencia de las evaluaciones y decisiones de los grupos de interés, compuesto por el promedio entre los valores obtenidos de las encuestas aplicadas a todos los grupos de interés que apliquen en los aspectos determinados.

#### Obtención de indicadores

Para la elaboración de los indicadores de desempeño, se seleccionó la información necesaria de los documentos entregados y, como sugiere la Guía, en algunos casos no fue imperativo el establecimiento de una relación para la obtención de un porcentaje; es decir, se reportó el valor señalado en el documento (para los aspectos económicos, por ejemplo); sin embargo, para otros aspectos, como los ambientales, fue necesario establecer una relación que indique el porcentaje de gestión en este aspecto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Resultados grupos de interés*

#### *Realidad Socioeconómica*

Las encuestas realizadas a la comunidad permitieron conocer la situación socioeconómica y ambiental en la que se desenvuelven.

Se destacan los siguientes datos:

- 84% de la población encuestada tiene un nivel de instrucción primario
- Su conformación familiar es mayoritariamente de 5 o más personas
- La actividad económica realizada en mayor proporción es la Agricultura, donde gran parte de las mujeres encuestadas se dedican solamente a los labores de la casa (59%)
- El ingreso económico promedio de una familia en el área de estudio es menor a \$500, no obstante existe un pequeño porcentaje (10%) cuyos ingresos se encuentran en el rango de \$500 a 100
- Dentro del área “La Troncal-Cuenca”, el acceso a servicios básicos se divide de la siguiente manera: 94 familias tienen acceso a agua de pozo, 95 al servicio de energía eléctrica, 70 cuenta con un baño propio, 57 con teléfono fijo y 15 con alcantarillado. Cabe mencionar que toda la población encuestada pertenece al área rural del las provincias de Cañar y Azuay.  
En el tramo referente a la parte costera del proyecto los porcentajes son similares, sin embargo, se debe resaltar en este punto el contraste ocurrido en lo que se refiere a agua potable y alcantarillado, solamente el 2% de las familias 3% respectivamente contaban con estos servicios.
- La influencia del proyecto sobre la comunidad es alta en dos sentidos pues, representa una fuente de trabajo temporal alta para los pobladores de las zonas aledañas al tendido de tubería, pero la percepción también refirió a una afectación debido a la destrucción de tierras laboradas o laborables con productos de consumo familiar.
- El beneficio percibido por los individuos del área de estudio es bajo, ya que consideran injustas las indemnizaciones y lo perciben como un impacto ambiental alto.
- Es importante destacar el grado de conocimiento de los encuestados frente al proyecto, conocen claramente las actividades realizadas y próximas a realizarse en el área de influencia.
- En este punto también es interesante el porcentaje de población que se interesa en la generación de trabajo para la comunidad y el bajo porcentaje que considera una indemnización como medida compensatoria. Esto demuestra la alta expectativa de relación entre la comunidad y las empresas en la intervención

#### *Relación Comunidad Empresa*

Establecer una relación satisfactoria entre la empresa y la comunidad es un punto fundamental, que contribuye al buen desarrollo del proyecto y a una notable disminución de impactos socio-ambientales, además del establecimiento de una buena gestión de Responsabilidad Social Empresarial.

En el estudio se confirmó que la relación de la comunidad tanto con Petroecuador (proponente del proyecto) como con la constructora Norberto Odebrecht (ejecutor del proyecto) es bastante alta, 74% y 72% respectivamente.

### Percepción de la afectación ambiental

El componente ambiental es uno de los factores más afectados en este proyecto, a pesar de contar con estudios previos que intentan disminuir la incidencia del mismo, la percepción de la comunidad afectada es importante, ya que se evidencia el grado de desconocimiento y significancia que se tiene respecto al tema.

### Afectación al medio ambiente

De acuerdo a lo analizado, aproximadamente el 50% de la población perciben una baja afectación ambiental con el proyecto, similar porcentaje se de en cuanto a la afectación a la biodiversidad local.

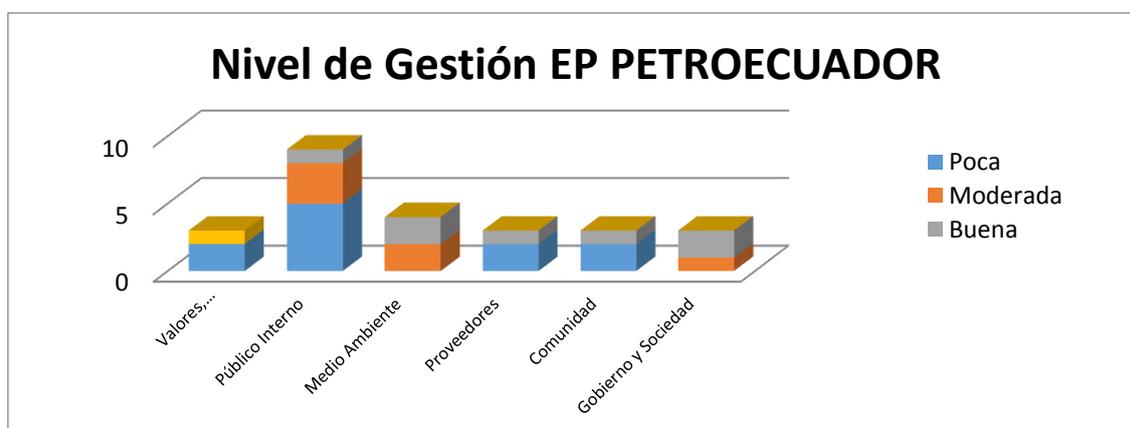
No obstante, la afectación a los cuerpos de agua es percibida como muy alta por casi el 50%, esto debido principalmente al desvío de cauces y a la contaminación de pequeñas acequias que utiliza la comunidad.

Respecto al manejo ambiental llevado a cabo en el proyecto, el 70% considera que es satisfactorio, sin embargo, una vez terminada la encuesta, un porcentaje superior al 25% se expresó negativamente respecto a este componente, sobre todo en lo referente al manejo de desechos sólidos no peligrosos, ruido y desvío de canales de agua. Esta información fue confirmada en campo y se tomó a este componente como aspecto material debido a la ambigüedad de opiniones de los encuestados.

### Percepción del Público Interno

En la encuesta realizada al grupo de interés “público interno” se obtuvo lo siguiente:

Gráfico 6. Nivel de Gestión de EP PETROECUADOR – Público Interno

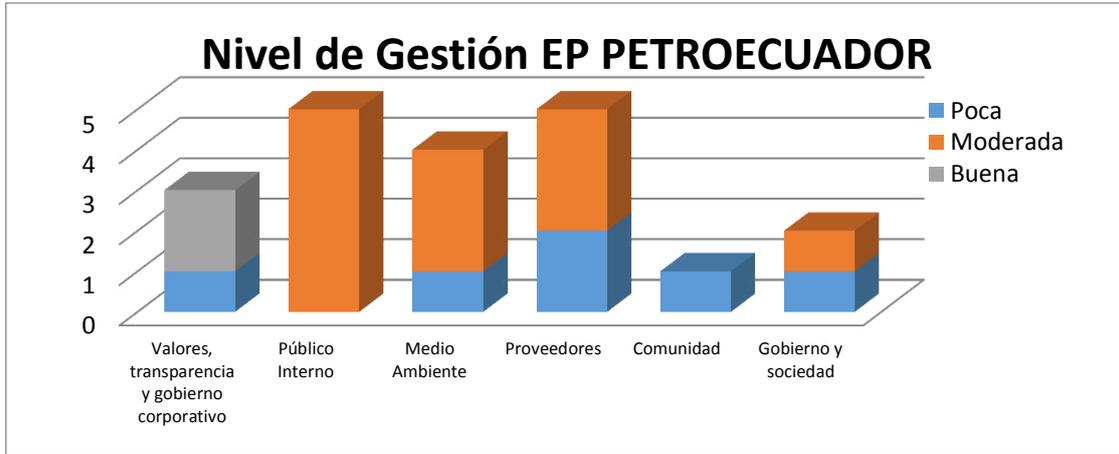


El gráfico evidencia el nivel de gestión llevado a cabo durante el periodo de estudio por la EP PETROECUADOR en distintos aspectos de la Responsabilidad Social. Los valores obtenidos fueron colocados como materiales, debido a que representan la relevancia que estos aspectos tienen para el público interno de la Empresa.

Percepción del Proveedor

En la encuesta realizada al grupo de interés “Proveedores” acerca de su percepción sobre la gestión de la Responsabilidad social durante la construcción del poliducto se obtuvo lo siguiente:

Gráfico 7. Nivel de Gestión de EP PETROECUADOR – Proveedores

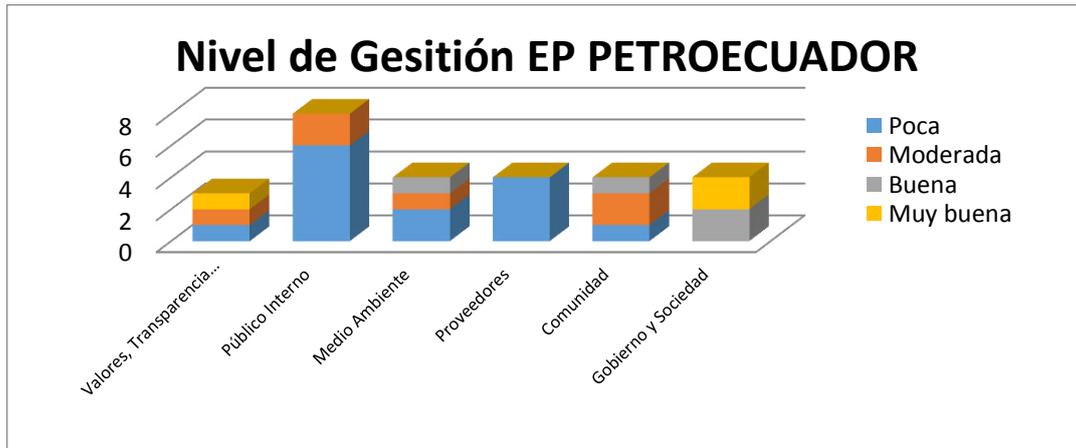


El gráfico representa el nivel de gestión de la EP PETROECUADOR en distintos aspectos de Responsabilidad Social de acuerdo a la percepción del proveedor principal (Constructora Norberto Odebrecht). Debido a la relevancia que éstos representan, se ubicaron en la matriz de materialidad.

Percepción de la Jefatura Corporativa de Responsabilidad Social y Relaciones Comunitarias

En la encuesta realizada al delegado de la alta dirección se obtuvo lo siguiente:

Gráfico 8. Nivel de Gestión de EP PETROECUADOR – Autoridades



Se evidencia el nivel de gestión en distintos aspectos de responsabilidad social de acuerdo a la percepción de la Subgerencia, estos aspectos son considerados materiales, por su relevancia.

Matriz de Materialidad

Con los resultados indicados anteriormente, se elaboró un listado de aspectos materiales en el que se obtuvo el par ordenado entre los valores promediados de todos los grupos de interés analizados en este estudio, Comunidad, Público Interno y Proveedores, y la Subgerencia

representando la relevancia para la empresa; consiguiendo la información necesaria para elaborar la Matriz de Materialidad.

Gráfico 9. Matriz de Materialidad Poliducto Pascuales-Cuenca



Los puntos ubicados en el cuarto cuadrante corresponden a los aspectos materiales de la construcción del Poliducto Pascuales-Cuenca, entre ellos se encuentran temas referentes al gerenciamiento del impacto ambiental (efluentes y residuos generados, impacto en la biodiversidad), aspectos de Salud y Seguridad Ocupacional y relaciones con la comunidad.

Indicadores de Desempeño

Tabla 2. Indicadores de Desempeño para el Poliducto Pascuales-Cuenca

<b>Desempeño Económico</b>	Costo estimado: USD 546.5 MM Montos por expropiación: USD 38 MM
<b>Desempeño Ambiental</b>	Sistema SCADA: Unidad maestra de control, medida paliativa frente a fugas confirmadas.
<u>Materiales</u>	Principal materia prima: Tubería Se encuentra enterrada a 2 m de profundidad junto con un sistema de comunicación por fibra óptica, disminuye impacto visual y riesgo de rupturas o liqueo. Diámetro: 8 plg Longitud: 106 km Caudal de bombeo: 30800 BPD
<u>Energía</u>	Obtenida de generadores y líneas de transmisión. Se consumió aproximadamente 16164 galones de diésel en los generadores de electricidad
<u>Agua</u>	No se reportan fuentes de agua afectadas por procesos de captación, no obstante se reporta el desvío de cauces de ríos y acequias de forma temporal.

	Parte del agua residual es reutilizada para el control de emisiones de polvo en accesos y frentes de trabajo. No se cuenta con un registro.
<u>Biodiversidad</u>	La afectación es alta, sobre todo en etapas iniciales donde se alteró de forma significativa tres zonas con estado de conservación alto, ubicadas en la provincia de Cañar. Las especies más afectadas debido a las operaciones de construcción son los anfibios, reptiles, micromamíferos y algunas especies de plantas importantes. Es importante mencionar que un porcentaje de las especies afectadas se encuentran en la categoría "Amenazado" de acuerdo a la Lista Roja de la UICN
<u>Zonas rehabilitadas</u>	Hasta la fecha de elaboración de esta investigación se rehabilitaron 34671.02 m2 con la técnica de hidrosiembra y revegetación tradicional. Adicionalmente se rescataron y relocalizaron 19347 especies vegetales y 1896 especies animales.
<u>Emisiones</u>	Durante la investigación no se tuvo acceso a un registro de emisiones atmosféricas, no obstante se realizó el cálculo de emisiones indirectas por operación de generadores de energía y otra maquinaria empleada. En el año se emitieron 162.26 toneladas de CO2 y 3.61 de SO2
<u>Efluentes y Residuos</u>	La generación de residuos fue proporcional al número de empleados y al avance de la construcción, es así que en los primeros meses fue mínima, comparada al segundo semestre de 2014 donde se registró un aumento considerable en la producción de residuos, alcanzando un pico en el mes de junio. Se reporta 47308.12 KL de Residuos sólidos generados durante la construcción. Es importante mencionar que el 83.49% de estos fueron gestionados de alguna manera.
<u>Vertidos de efluentes</u>	Se cuenta con dos biodigestores activos en la Estación Charca y la Estación La Delicia, en el resto del tramo los efluentes son almacenados en pozos sépticos. El análisis realizado demuestra que se excede los límites máximos permisibles en algunos parámetros.
<u>Evaluación ambiental a proveedores</u>	Al tiempo de elaboración de este estudio no se realizó una evaluación a los proveedores porque el proyecto se encontraba en construcción. No obstante, la EP PETROECUADOR cuenta con criterios de evaluación de proveedores donde se valora, entre otras cosas, la calidad de la obra, el cumplimiento de normativa interna de seguridad, salud y ambiente.
<u>Mecanismos de reclamación ambiental</u>	No se evidenció un procedimiento de reclamación ambiental, a pesar de que se da cumplimiento a la ley respecto a los mecanismos de participación ciudadana
<b>Desempeño social</b>	
<u>Salud y seguridad en el trabajo</u>	Durante el periodo de estudio se dio atención a 1251 casos de enfermedades laborales, con un promedio de 20 días perdidos, se atendió a 2706 enfermedades reportadas y se realizó el examen médico a 7439 obreros.
<u>Capacitación y educación</u>	En el año 2014 se brindaron 380 horas de capacitación en temas de RSE a los funcionarios de la EP PETROECUADOR. Adicionalmente, Odebrecht realiza charlas de seguridad de 30 minutos antes de iniciar la jornada en todas sus operaciones.
<u>Comunidades locales</u>	Se socializó a 79 comunidades ubicadas en el área de influencia del poliducto, se alcanzó un 139.42% de efectividad en las actividades de socialización a la comunidad. Adicionalmente se realizó un programa de brigadas médicas comunitarias, mismo que atendió a 22168 pacientes, además del planteamiento y compromiso de otras obras de compensación como sistemas de agua potable, alcantarillado y riego.
<u>Mecanismos de</u>	No se cuenta con procedimientos para reclamación

<u>reclamación por impacto social</u>	
<u>Derechos humanos</u>	Se cumple la normativa vigente, pero no se cuenta con políticas y procedimientos
<u>Responsabilidad de Producto</u>	No aplica para la investigación

### Estrategias de Gestión de RSE

Los resultados obtenidos proveen una idea general de la situación de la gestión de la RSE en la construcción del poliducto Pascuales Cuenca, lo que permite la generación de estrategias y actividades en base a los lineamientos propuestos por el GRI y ajustados a la realidad del sitio de estudio.

### **CONCLUSIONES**

El Diseño de la Memoria Sostenible para el poliducto Pascuales-La Troncal ha cumplido con sus objetivos en base a la guía conceptual de la ISO 26000 y la guía de aplicabilidad del GRI, lo que permitió proponer indicadores y plantear estrategias y actividades orientadas a la integración de la Responsabilidad Social en la gestión del poliducto y la empresa.

La Guía de Elaboración de Memorias de Sostenibilidad propuesta por el GRI plantea una metodología de determinación de materialidad abierta, no señala lineamientos ni directrices específicas para la obtención y análisis de las percepciones de los grupos de interés. Proporciona la apertura para que la empresa ajuste la metodología a su realidad, no obstante compromete el planteamiento de estudios futuros al no contar con una estandarización en la determinación de aspectos importantes.

El Estudio de Materialidad resultó en alta relevancia para todos los Aspectos Evaluados y los grupos de interés identificados. Los impactos que EP Petroecuador ha generado en el proyecto de interés para este documento, se caracterizan por la intervención social y ambiental sobre predios de ocupación agrícola o ganadera en su mayoría.

Se obtuvieron un total de 16 indicadores para las dimensiones establecidas por el GRI: ambiental y desempeño social, que incluyen prácticas laborales y sociedad, con 12 y 2 respectivamente.

Una de las aristas de la implementación de un Sistema de Gestión de Responsabilidad Social basado en la Norma ISO 26000 es el cumplimiento legal, no obstante, en la elaboración del presente proyecto se evidenciaron algunas inconsistencias en este aspecto dentro de la documentación ambiental entregada por la empresa, ya que faltaba una metodología estructurada y la explicación de las acciones que condujeron a los resultados propuestos, los mismos que no guardan relación entre sí, en algunos casos.

Durante el trabajo de campo se observaron debilidades en el seguimiento y capacitación en temas ambientales hacia la comunidad del área de influencia del Poliducto Pascuales-Cuenca, situación evidenciada en los resultados arrojados por las encuestas de percepción a la comunidad.

El reporte de la gestión económica, social y ambiental desarrollada en el año 2014 en la construcción del Poliducto Pascuales-Cuenca genera la oportunidad de mejora continua en

todas las actividades a realizar posterior a la publicación del mismo, además aporta con una referencia para la gestión que se llevará a cabo durante la fase de operación.

EP PETROECUADOR es reconocida empresa dentro del escenario petrolero nacional, que, debido a la naturaleza de su giro de negocio, comprende la necesidad de alinear su gestión con el desarrollo sostenible mediante la implementación de estrategias socialmente responsables, de forma transversal en todas sus operaciones.

Este proceso se ha desarrollado de manera paulatina en los últimos años, sin embargo presenta algunas brechas en cuanto a la internalización del concepto de Responsabilidad Social y su vinculación con otros Sistemas de Gestión (ISO 14001 y OHSAS 18001) ya implementados en algunas instalaciones de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, E., & Grande, I. (2005). *Análisis de encuestas*. Madrid, España: ESIC Editorial.
- Albiol, J., & Saura, R. (1998). *Preparación, tabulación y análisis de encuestas para directivos*. Madrid, España: ESIC Editorial.
- Barrera Jurado, G., & Quiñones Aguilar, A. (2009). *Diseño Socialmente Responsable. Ideología y participación*. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Consultora Medios. (2015). *Diagnóstico sociocultural y participación social y comunitaria*. Quito.
- EP Petroecuador (a). (2013). *Estudio de Impacto Ambiental definitivo. Tomo 2. Estación de bombeo Pascuales*.
- EP Petroecuador (b). (2013). *Estudio de Impacto Ambiental definitivo. Tomo 3. Estación de bombeo El Chorrillo*.
- EP Petroecuador (c). (2013). *Estudio de Impacto Ambiental definitivo. Tomo 4. Terminal La Troncal*.
- EP Petroecuador (d). (2013). *Presentación. Proyecto de construcción del Poliducto Pascuales-Cuenca*.
- EP Petroecuador. (2009). *Manual de diseño del proyecto*. Quito.
- EP Petroecuador. (2011). *Informe de gestión 2010-2011*. Quito. Recuperado el Diciembre de 2014, de [http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh\\_otros/000489.pdf](http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh_otros/000489.pdf)
- EP Petroecuador. (2013). *Análisis de diferencias entre el presupuesto referencial y lo ofertado por la compañía Norberto Odebrecht*. Quito.
- EP Petroecuador. (Abril de 2015). *Subgerencia de Responsabilidad Social y Relaciones Comunitarias*. Obtenido de Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador: [http://www.eppetroecuador.ec/Responsabilidad\\_Social/index.htm](http://www.eppetroecuador.ec/Responsabilidad_Social/index.htm)

- EP Petroecuador, Caminosca (a). (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo para construcción y operación del Poliducto Pascuales-Cuenca. Adendum componente Socioeconómico.*
- EP Petroecuador, Caminosca (b). (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo del Poliducto Pascuales-Cuenca. Impactos Ambientales y Plan de Manejo Ambiental.*
- Fontaine, G. (2006). *Petróleo y desarrollo sostenible en el Ecuador. Las ganancias y pérdidas.* Quito, Ecuador: FLACSO, Sede Ecuador.
- Franco, J. (s.f.). *Responsabilidad cultural: el reto de la inclusión de los derechos culturales.*
- Global Reporting Initiative (b). (2013). Manual de aplicación. *G4:Guía para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad.* Obtenido de <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Spanish-G4-Part-Two.pdf>
- Global Reporting Initiative. (2013). *Guía de elaboración de Memorias de Sostenibilidad. Manual de aplicación G4.* Amsterdam, Países Bajos: Global Reporting Initiative.
- Global Reporting Initiative. (2013). Introducción a la G4. Recuperado el Abril de 2015, de <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Introduction-to-G4-Spanish-low-res.pdf>
- Hoddinott, J. (2002). *Métodos para proyectos de desarrollo rural.* Washington, DC: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.
- Instituto ETHOS. (2007). *Indicadores Ethos de Responsabilidad Social Empresarial.* Sao Paulo, Brasil: Instituto Ethos.
- Instituto Ethos. (Abril de 2015). *Instituto Ethos.* Obtenido de [http://www3.ethos.org.br/conteudo/iniciativas/indicadores/indicadores-ethos-na-america-latina/#.VTjF0yF\\_Oko](http://www3.ethos.org.br/conteudo/iniciativas/indicadores/indicadores-ethos-na-america-latina/#.VTjF0yF_Oko)
- Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad. (Abril de 2010). *Código de Producción.* Obtenido de <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2014/01/codigo-de-la-produccion-ecuador-espaniol.pdf>
- Ministerio de Industrias y Productividad. (Abril de 2015). *Aplicación Hace Bien, Hace Mejor.* Obtenido de <http://aplicaciones.mipro.gob.ec/creecuador/>
- Norberto Odebrecht. (2014). *Informe anual de ambiente. Proyecto Poliducto Pascuales-Cuenca, Estaciones y Terminales. .*
- Organización Internacional de Normalización. (2010). *ISO 26000 una visión general del proyecto.* Recuperado el Diciembre de 2014, de [http://www.iso.org/iso/iso\\_26000\\_project\\_overview-es.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_26000_project_overview-es.pdf)
- Petrocomercial. (2009). *Ingeniería básica de detalle del Proyecto Pascuales-Cuenca. Manual de Diseño del Proyecto. .* Gerencia de Transportes.
- Veintimilla, F. (s.f.). *Responsabilidad social empresarial y la industris hidrocarburifera en el Ecuador.*



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-53

**Título del trabajo:** Aprovechamiento del grano obtenido de neumáticos fuera de uso (NFU) del parque automotor de Cuenca para combinarlo en la fabricación de tejas cerámicas.

**Autor (es):** Natalia Jaramillo, Alonso Moreta

**Ponente (s):** Natalia Jaramillo

**E-mail:** [alonso.moreta@uisek.edu.ec](mailto:alonso.moreta@uisek.edu.ec)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El presente trabajo plantea una alternativa de aprovechamiento de las llantas después de ser desechadas por parte del parque automotor de la ciudad de Cuenca, brindándole a un residuo sólido especial la capacidad de ser reintroducido al sistema productivo mediante su energización y disminuir el impacto ambiental que se genera al no contar con tratamientos adecuados a gran escala de las llantas en desuso. De ahí que el objetivo general sea el aprovechamiento del grano obtenido de neumáticos fuera de uso (NFU) del parque automotor de Cuenca para combinarlo en la fabricación de tejas cerámicas y los objetivos específicos: establecer si es factible la implementación de añadir grano de llanta triturada en el proceso habitual de elaboración de tejas; determinar la cantidad adecuada de llanta triturada añadida en la fabricación de tejas para una homogenización eficiente; determinar si las tejas de cerámica elaboradas cumplen con las normas INEN de calidad para su producción. La metodología a utilizar será la realización de pruebas para determinar que las tejas cumplen los requerimientos de la norma INEN 0990, la metodología para cumplir dicha norma está dada por las normas INEN 0988 e INEN 0989. El Procedimiento: Se realizaran 3 prototipos de teja, de los cuales de cada uno se realizan 5 muestras; el primer prototipo será el blanco, es decir, será solo de arcilla sin grano de neumático para comparar con los otros dos prototipos; el segundo prototipo tendrá un 10% de su masa de neumático reciclado; el tercer prototipo tendrá un 5% de su masa de neumático reciclado y el tamaño de las tejas será de 40cm X 40cm para poder realizar las pruebas establecidas en la norma.

## **INTRODUCCIÓN**

El mercado de llantas en el país se ve cubierto por la importación de 33 490 toneladas de llantas y por una producción nacional de 24 624 toneladas de llantas (INVEC, 2011).

En cuanto a lo que se refiere al parque automotor de Cuenca para el año 2014 se ha establecido en un total de 84.176 vehículos matriculados (EMOV, 2014). Según información recopilada durante el 2012 por Índice de Ciudades Verdes de Latinoamérica (SIEMENS) en la ciudad de Cuenca existen en promedio 5,2 personas por vehículo (INVEC, 2011).

Se estima que alrededor de 2,4 millones de neumáticos son desechados cada año en el Ecuador, es decir 55 000 toneladas aproximadamente. Los neumáticos tipo camión radial son aprovechados en un 70% para ser reencauchados (INVEC, 2011).

La disposición actual que recibe la mayoría de los neumáticos en desuso son acumularlos en escombreras, quebradas o apilarlas para una posterior incineración; esto genera un perjuicio ambiental (MIPRO, 2011).

El peligro que se genera al desechar un neumático no es inmediato, ya que al ser un desecho especial no desprende agentes tóxicos al ambiente al no ser alterado. Los neumáticos son diseñados para resistir condiciones extremas como son resistencia a la luz, al ozono, a bacterias, condiciones mecánicas y meteorológicas duras, lo cual les provee una cualidad de “indestructibles” de forma natural. Por lo tanto su disposición final debe ser cuidadosa ya que de lo contrario no se podría recuperar energía ni materia (Cano, Cerezo, & Urbina, 2007).

La Constitución Ecuatoriana del 2008 en los artículos 14 y 15 reconoce el ambiente sano como un derecho de toda la población donde se promueve la sostenibilidad y el buen vivir, para ello se incentivará el uso de tecnologías ambientalmente limpias, energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

El Acuerdo Ministerial 061 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, en su artículo 50 establece que: "Los productores o importadores, según sea el caso, individual y colectivamente, tienen la responsabilidad de la gestión del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil".

Por lo tanto se desea establecer como medida de mitigación si es factible la implementación de añadir grano de llanta triturada en el proceso habitual de elaboración de tejas y determinar la cantidad adecuada de llanta triturada añadida en la fabricación de tejas para una homogenización eficiente.

### **Antecedentes**

La elaboración de tejas y ladrillos artesanales se forjó desde la colonización española, aunque también se conoce que los Incas tenían un proceso de alfarería bastante desarrollado. En la ciudad de Cuenca inicia por los años 1.870 a 1.880 como una actividad característica de la ciudad, a partir de entonces la fabricación de estos productos han tenido momentos de auge y caídas (Sanmartín & Tuba, 2015).

A pesar del transcurso del tiempo el proceso de fabricación artesanal ha sufrido muy pocas modificaciones, eso sí teniendo en cuenta que esta actividad como tal está siendo desplazada

por los procesos semi-industriales e industriales ya que no pueden ser competitivos en costos y cantidad (Álvarez, 2014; Sanmartín & Tuba, 2015).

### **Proceso de Fabricación de Tejas Artesanales**

La calidad de las tejas dependerá de la calidad de los materiales que se utilizan y del proceso de fabricación al seleccionar la cantidad agregados (Almeida, 2011). Para la elaboración de tejas lo artesanos siguen los siguientes pasos básicos:

**Mezcla:** De acuerdo del tipo de teja se selecciona la arcilla a utilizar (Sanmartín & Tuba, 2015).

1. Seleccionar el porcentaje de arcilla para el proceso.
2. Preparación del hoyo en la tierra, el cual debe estar limpio sin piedras, hojas o ramas.
3. Si la teja lleva varios tipos de arcilla, colocarlos en capas dentro del hoyo para facilitar la mezcla.
4. Con la ayuda de una pala se realiza la mezcla de las arcillas.
5. Agregar agua para humedecer la mezcla por un periodo de 12 horas en invierno y 24 horas en verano.

**Batido:** El batido se lo realiza mediante el pisoteo de animales o personas dentro del hoyo, la mezcla que tiene una consistencia pastosa suele requerir una jornada de 6 a 8 horas de trabajo con pisoteo de animales (Álvarez, 2014).

**Moldeado:** Después de haber sido batida la arcilla y con la humedad correcta se la traslada con la ayuda de una carretilla a un terreno donde previamente ha sido acondicionado el suelo con una pequeña capa de aserrín para que absorba un posible exceso de humedad. Sobre el piso se encuentran los moldes de madera para ser llenados con la mezcla, este proceso de colocación de la mezcla no necesita que el molde permanezca mucho tiempo después de haber adquirido la forma la teja (Álvarez, 2014).

**Secado:** Durante de 10 a 15 días se deja que los lotes moldeados pierdan la mayor cantidad de humedad para realizar el siguiente paso, este proceso se lo realiza para evitar que la teja se rompa en el momento de la quema (Sanmartín & Tuba, 2015 ).

**Perfilado:** Se da la forma adecuada de la teja a través del uso de herramientas manuales (Sanmartín & Tuba, 2015)

**Quemado:** Finalmente la teja es sometida a la quema dentro de un horno durante un periodo de 18 a 20 horas, para dicho proceso el horno fue previamente calentado con palos, hojas, combustible y hasta llantas (Álvarez, 2014)

**Almacenamiento:** El horno puede tomar hasta 10 días para que se enfríe, luego de esto los artesanos suelen guardar las tejas en bodegas libres de humedad o también suelen ya ubicarlas dentro de camiones para su comercialización (Álvarez, 2014)

### **MATERIALES**

Los materiales serán adquiridos de distintos sectores, ya que para la realización del prototipo de teja se contó con un producto altamente procesado (grano de NFU) y con arcilla natural.

El grano de NFU se lo obtuvo de la empresa *Rubberaction* que se encarga de gestionar y reciclar de manera integral los neumáticos para obtener distintos productos como grano,

acero y energía, mediante procesos mecánicos. Los productos que se obtienen vuelven al sistema productivo como materias primas útiles.

La arcilla fue obtenida de un taller artesanal que elabora tejas y ladrillos de distintas variedades, en el cual todo el proceso de fabricación se lo realiza a mano y con la ayuda de animales, estos talleres se caracterizan por ser negocios familiares, ya que cada miembro de la familia realiza actividades específicas.

Los demás materiales son equipos que la Universidad Internacional proporcionó para llevar a cabo la elaboración de los prototipos.

### **Materiales de Laboratorio**

- Arcilla Roja
- Arcilla Negra
- Tamiz
- Grano triturado proveniente de Llantas fuera de uso
- Horno
- Compresora
- Recipiente para mezcla

### **MÉTODOS**

La elaboración del prototipo de teja será realizada siguiendo los pasos de una elaboración artesanal, ya que en procesos industrializados cambia la implementación de maquinaria en vez de la persona o animal.

Se realizó un total de 4 prototipos de los cuales se realizar 10 muestras de cada uno, dos prototipos serán los de control ya que no contarán con material granulado de llanta, mientras que los otros dos contarán con un 25% de su composición de material granulado de llanta.

### **Elaboración de Prototipos**

#### **Prototipos de Control**

- Se tomara 400g de arcilla (roja o negra) y se le añadirá agua en un 25% para obtener una consistencia pastosa que se pueda moldear
- Se coloca la masa dentro de la compresora que le dará la forma. Sus medidas dependerán del molde que se utilice
- Después de obtener la pieza de arcilla moldeada, esta será puesta dentro de un horno a una temperatura de 110°C durante 12 horas para que pierda el exceso de humedad
- Luego de que las piezas han perdido la humedad excesiva pasan a un horno a una temperatura de 1200°C para la cocción de las tejas durante 20 horas.
- Finalmente se obtiene los prototipos listos para las pruebas de absorción de agua y resistencia a la flexión según como lo indica la norma INEN 0990.

#### **Prototipos Experimentales**

- Se tomó 300g de arcilla (roja o negra) y 100g de material granulado obtenido de los NFU, se le añadirá agua en un 25% para obtener una consistencia pastosa que se pueda moldear

- Se colocó la masa dentro de la compresora que le dará la forma. Sus medidas dependerán del molde que se utilice
- Después de obtener la pieza de arcilla experimental moldeada, esta será puesta dentro de un horno a una temperatura de 110°C durante 12 horas para que pierda el exceso de humedad
- Luego de que las piezas han perdido la humedad excesiva pasan a un horno a una temperatura de 1200°C para la cocción de las tejas durante 20 horas.
- Finalmente se obtuvo los prototipos listos para las pruebas de absorción de agua y resistencia a la flexión según como lo indica la norma INEN 0990.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tejas experimentales presentan nuevas cualidades ante la explosión de las prueba INEN 0990.

## BIBLIOGRAFÍA

Almeida, N. (2011). *Utilización de Fibras de Caucho de Neumáticos Reciclados en la Elaboración de Bloques de Mampostería para Mitigar el Impacto Ambiental en el Cantón Ambato*. Universidad técnica de ambato.

Álvarez, S. (2014). *Optimización del Proceso de Mezcla de Arcilla para la Producción de Ladrillos, en el Sector Artesanal*. Universidad de Cuenca.

Cano, E., Cerezo, L. &, & Urbina, M. (2007). *Valorización Material y Energética de Neumáticos Fuera de Uso*.

EMOV. (2014). *Rendición de Cuentas 2014*. Retrieved from [http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/PLANIFICACION\\_2015.pdf](http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/PLANIFICACION_2015.pdf)

INVEC. (2011). *Reciclaje de Neumáticos*. Retrieved from [http://www.invec.ec/archivos/menu\\_6/Reciclaje de Neumaticos.pdf](http://www.invec.ec/archivos/menu_6/Reciclaje de Neumaticos.pdf)

Sanmartín, F., & Tuba, M. (2015). *Análisis y Determinación de los Costos de la Explotación, Procesamiento, Acabado y Comercialización de Ladrillo y Teja de los Diferentes Talleres de la Parroquia Rural de Sinincay, Cantón Cuenca Año 2014*. Universidad de Cuenca.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-54

**Título del trabajo:** Diseño de un mortero para la elaboración de adoquines con el uso de material reciclado de llantas usadas.

**Autor (es):** Sofía Yolanda Montalvo Proaño, Alonso Moreta

**Ponente (s):** Sofía Yolanda Montalvo Proaño

**E-mail:** [alonso.moreta@uisek.edu.ec](mailto:alonso.moreta@uisek.edu.ec)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es: diseñar un mortero para la fabricación de adoquines con el uso de material reciclado de los neumáticos fuera de uso mediante el proceso de trituración mecánica, para mitigar el efecto nocivo de este residuo especial. Como objetivos específicos se han planteado: analizar el proceso de trituración de los neumáticos para obtener la materia prima que se empleará en el adoquín; determinar las relaciones de los materiales en porcentaje y volumen para obtener distintas mezclas y realizar los ensayos de resistencia de cada una de las mezclas obtenidas para comparar con las normas existentes en Ecuador y en el mundo. El alcance del estudio: identificar el material reciclado que pueda provenir del proceso de trituración mecánica de las llantas usadas y por consiguiente, establecer aquellos que sean necesarios, con sus respectivas dosis, para elaborar adoquines de caucho de uso peatonal. La investigación abarca únicamente al Parque Automotor del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y específicamente se desarrollará en la Planta de Reciclaje de Neumáticos "RUBBERACTION" en la parroquia de Puembo. El desarrollo del trabajo se basará en: visitas a la Planta de Reciclaje "Rubberaction", recolección de datos (información primaria y secundaria), elaboración del marco teórico (incluyendo normativa legal), diseño del mortero, fabricación de testigos (5 muestras de adoquines de caucho), pruebas de resistencia en laboratorio y finalmente se obtendrá resultados para la respectiva discusión. Debido a la gran cantidad de neumáticos fuera de uso existentes en el DMQ y su inadecuada disposición final, se implementaría con este trabajo un mortero específico para fabricar adoquines de caucho reciclado, y realizando las pruebas de resistencia respectivas se determinaría que estos son adecuados para uso peatonal o recreativo y se pueda mejorar la calidad de vida de los habitantes del DMQ.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Descripción del tema a desarrollar**

Actualmente se puede presenciar que existe una masiva fabricación de neumáticos y grandes dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados, esto constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años a nivel mundial.

Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado y también provoca, si no es convenientemente reciclado, contaminación ambiental al formar parte, generalmente, de vertederos incontrolados. Existen métodos para conseguir un reciclado coherente de estos productos pero hacen falta políticas que favorezcan la recogida y la implantación de industrias dedicadas a la tarea de recuperar o eliminar, de forma limpia, los componentes peligrosos de las llantas de los vehículos y maquinarias (Castro, 2007).

El crecimiento del parque automotor en la ciudad de Quito ha ocasionado un gran problema ambiental debido a la contaminación ocasionada, entre otros, por los neumáticos provenientes de los vehículos que al cumplir con su tiempo de uso son desechados sin control y no tienen un correcto tratamiento ni una disposición final adecuada.

El tema sobre el que tratará el Trabajo de Titulación constituye la implementación de un método de reciclaje para las llantas usadas provenientes del parque automotor de la ciudad de Quito, mediante el diseño de un mortero para la fabricación de adoquines de uso peatonal, a partir del material reciclado de las llantas usadas, que se puede obtener mediante trituración mecánica.

Por consiguiente, los procesos de tratamiento, reutilización y reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) se ha convertido y continuará siendo una oportunidad para lograr que diferentes materiales sean reincorporados a procesos productivos, alargando de esta manera la vida útil y disminuyendo los impactos ambientales negativos que los diversos productos o materiales puedan generar.

### **Antecedentes**

En el Ecuador, el proceso de reciclaje comenzó alrededor del año 1970, fecha en la que inició su actividad productiva una fábrica de papel que utilizó material reciclado como materia prima, lo mismo ocurrió con las fábricas de papel, plásticos, vidrio, y metalúrgicas. Sin embargo en esa época no existía ninguna ley de residuos sólidos, pues eran las ordenanzas municipales las encargadas de la gestión de los mismos (Cuzco, 2015).

En el 2012, el Ministerio del Ambiente (MAE) incluyó a los NFU en su listado de desechos especiales, lo que exige la gestión (recolección, tratamiento y disposición final) de un prestador con licencia ambiental. Además, dispuso a los fabricantes e importadores hacerse cargo de las llantas desde su salida al mercado hasta su disposición final. Se estableció que debían presentar una propuesta de manejo enmarcada en el Plan Nacional de Movilización de NFU que el MAE implementó desde aquel año con el Ministerio de Salud y cuyos requisitos y procedimientos constan en el Acuerdo Ministerial 020, expedido en abril del 2013 (El Universo, 2014).

Con la instauración del Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) se ha ido desarrollando diferentes estrategias para el manejo de residuos especiales, con el fin

de priorizar la reducción en el volumen de desechos generados, y los efectos adversos al medio ambiente. Por ejemplo, mediante el Acuerdo Ministerial 020 publicado en el 2013, se implantó *“Establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Plan de Gestión Integral de los neumáticos usados, a fin de fomentar la reducción, reutilización, reciclaje y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el ambiente”* y para el 2014 se estableció una meta de recolección del 20%.

En el año 2013 el MAE emitió una prórroga de 90 días con el fin de que las empresas importadoras de neumáticos puedan organizarse y presentar planes de gestión de los neumáticos fuera de uso (NFU) solicitados en este Acuerdo.

Hasta la fecha, se han creado alrededor de 34 empresas gestoras de desechos especiales. Entre ellas, las más grandes: RUBBERACTION, GREENWALKS, VERTMONDE, RECYNTER, GADERE, RIMESA, COMEXPORT, etc.

Una de las que se ha mencionado anteriormente, Rubberaction, es una de las cuatro plantas recicladoras de NFU que existen a nivel nacional, y se encuentra ubicada en Puembo, parroquia rural del Distrito Metropolitano de Quito. En el año 2015, Rubberaction recicló 6500 llantas mensuales, y su principal destino ha sido precisamente el uso de este material en pisos deportivos (Prado, 2016).

El recuperar neumáticos en desuso, ha venido formando parte de un plan ambiental estatal y ha resultado *“un golpe de gracia para dos actividades económicas”*, las recicladoras y los gestores de neumáticos, que hasta hace más de dos años no eran atractivas como negocio porque no había una normativa que las promueva (Expreso, 2014).

Volver a reutilizar los neumáticos o los materiales que los conforman sería una forma de afrontar el problema. En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. Las operaciones de reutilización, rencauche y reciclado de neumáticos usados representan una importante oportunidad para la creación de industria y tecnología, así como un importante yacimiento de nuevos empleos.

### **Importancia del estudio**

Uno de los residuos del sector automotriz que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente son los neumáticos debido a dos razones principales: tardan más de 500 años en descomponerse y ocasionan serios problemas de contaminación al agua, suelo y aire.

Según el Ministerio de Ambiente (2013), en el Ecuador se desecha anualmente 2,4 millones de neumáticos que *“muchas veces terminan arrumados”* en los patios de las casas, abandonados en las riberas de los ríos, arrojados en los bordes de las carreteras o, en el peor de los casos, incinerados, lo que produce elementos contaminantes como el monóxido y dióxido de carbono, azufre y grandes cantidades de metano, un gas de efecto invernadero que es 25 veces más contaminante que el CO<sub>2</sub>.

Al impacto ambiental que causan los NFU hay que sumar la propagación de enfermedades ocasionadas por la aparición de roedores e insectos que pueden llegar a convertirse en endémicas. La reproducción de ciertos mosquitos que transmiten enfermedades por picadura llega a ser 4000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza (Castro, 2007).

Existen métodos de reciclaje de NFU desarrollados en países como España, Alemania y Australia e incluso en el continente americano como Estados Unidos, Colombia, Perú y Argentina, pero la falta de políticas que favorezcan la recolección e implantación de industrias dedicadas a la tarea de recuperar y eliminar de forma limpia los componentes peligrosos de los neumáticos, han hecho que estos proyectos no sean viables y por lo tanto, no se lleve a cabo un proyecto como tal en Ecuador. Es por esto que es imprescindible la búsqueda de alternativas para reducir el volumen de este residuo y mitigar los impactos negativos de su acumulación (Garzón, 2013).

### **Objetivo general**

Diseñar un mortero para la fabricación de adoquines de caucho con el uso de material reciclado de los neumáticos fuera de uso mediante el proceso de trituración mecánica, para mitigar el efecto nocivo de este residuo especial.

### **Objetivos específicos**

Analizar el proceso de trituración de los neumáticos para obtener la materia prima que se empleará en el adoquín de caucho.

Determinar las relaciones de los materiales en porcentaje y volumen para obtener distintas mezclas.

Realizar los ensayos de resistencia de cada una de las probetas obtenidas para comparar con las normas existentes en Ecuador y en el mundo.

### **Características del sitio del proyecto**

En la ciudad de Quito el incremento del parque automotor bordea el 12% anual y no el 10% como ocurría anteriormente; según datos de la Agencia Metropolitana de Tránsito entre el 2013 y 2014 el número de vehículos pasó de 420.192 a 468.776, entonces el número de desechos será 937.552 considerando que de cada vehículo, se cambian dos neumáticos anualmente. Esta problemática preocupa no solo a nivel país, sino a nivel mundial porque es un producto que no se degrada rápidamente (Cuzco, 2015).

Según datos del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) del Ministerio de Ambiente, en 2013 ingresaron al mercado ecuatoriano 3'772.204 neumáticos, que luego de cumplir su vida útil pueden convertirse en un problema social y ambiental si no se les da el manejo adecuado. De igual manera en el 2014 se recuperaron 578.505 neumáticos. Cada año se generan en el mundo cerca de 1.000 millones de neumáticos usados, es decir 17 millones de toneladas, en el Ecuador se generan más de 3,6 millones que equivalen alrededor de 50.000 T/año, sin contabilizar aquellos provenientes de vehículos industriales (MAE, 2013). Mediante la obtención de subproductos provenientes de los NFU, se pueden elaborar nuevos productos dando respuesta a una problemática actual por medio de una solución sustentable en el que se genera un producto a partir de la materia prima de un desecho y al mismo tiempo se contribuye con el ambiente en la disminución de residuos.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La modalidad de investigación constituyó procedimientos de campo, laboratorio y de oficina. Los procedimientos de campo y de oficina que se utilizaron para el desarrollo de este trabajo de titulación fueron de tipo exploratorio y se realizaron mediante una amplia revisión

bibliográfica de conceptos, trabajos de investigación relacionados al tema y la recopilación de información primaria y secundaria. Fue así como se eligió a la Planta Recicladora de Neumáticos RUBBERACTION para el desarrollo práctico del presente trabajo y como soporte para la investigación.

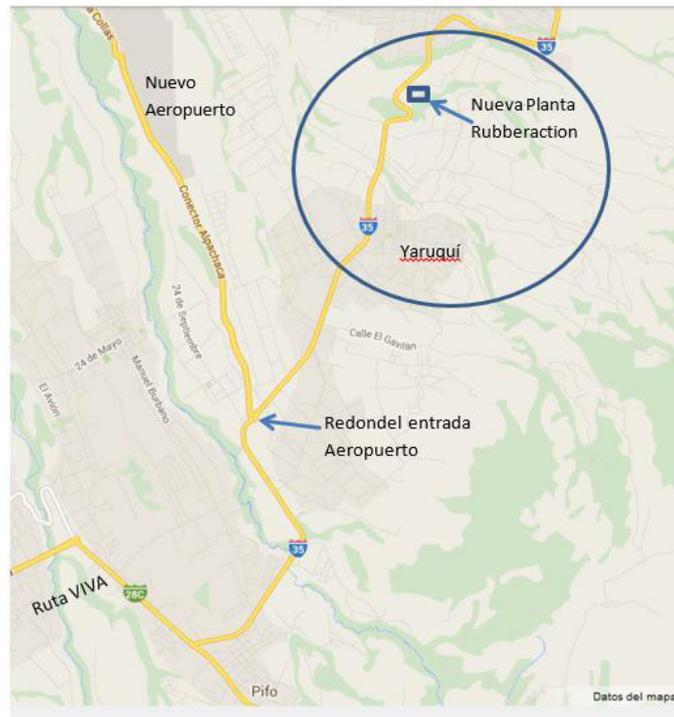


Figura 1. Mapa de ubicación Planta de Reciclaje RUBBERACTION (Google Maps, 2016).

Se recopiló la información concerniente al tema de investigación, así también como el marco legal que podía ser aplicado: normativa legal en el Ecuador, normas técnicas Colombianas y Normativa Europea.

Una vez realizado el análisis de la información primaria y secundaria recopilada, se continuó con el diseño del mortero, es así como se definió las probetas que se realizarían de acuerdo a las tres distintas granulometrías que se obtiene de la trituración del caucho reciclado en RUBBERACTION y a las relaciones de mezcla del Sistema de Poliuretano Flexible (Poliol:Isocianato).

Se realizó el cálculo del volumen del adoquín, de acuerdo a las medidas que se tomaron al molde y al espesor que se definió de acuerdo a la Normativa e investigaciones realizadas previamente. De este cálculo se partió para determinar el peso (kg) del Grano de Caucho Reciclado y de Poliuretano necesarios para cada probeta. Esto se realizó mediante el uso del programa informático Microsoft Office, así también como la escritura del presente trabajo.

Se tomó en cuenta que de acuerdo a la Patente *“Material compactado que comprende un elastómero de poliuretano y caucho, un procedimiento para su obtención y aplicaciones”* (2002), el elastómero de poliuretano puede estar presente en el material de la invención en una cantidad comprendida entre el 5% y el 40% en peso respecto al total, mientras que el caucho puede estar presente en el material de la invención en una cantidad comprendida entre el 95% y el 60% en peso respecto al total; por lo tanto, el porcentaje entre GCR y poliuretano fue de 80% y 20%, respectivamente.

Finalmente, se llegó a establecer el número total de muestras a elaborar por cada probeta, teniendo en cuenta la necesidad de someter varias muestras a las pruebas de resistencia en laboratorio con las dosis de cada una de las probetas para poder llegar a un resultado confiable al momento de definir la mezcla adecuada para fabricar un adoquín de caucho.

Para llegar a determinar el tipo de Grano de Caucho, su cantidad, y la relación de Poliuretano Bicomponente, apropiados para la fabricación de adoquines de caucho, se realizó las pruebas de resistencia en laboratorio de las que se hablará en el apartado 2.2 del presente capítulo.

### **Producción del adoquín de caucho**

Separación de los componentes del neumático es decir el acero, el textil y el caucho. En donde el acero se convierte en un nuevo acero, el textil sirve como combustible en hornos de cemento y finalmente se obtiene el caucho que es el que posee el mayor porcentaje en el neumático con un 65%.

Trituración de los neumáticos: Una vez ya separados sus componentes, el caucho se pasa por una banda transportadora hacia la trituradora, de donde se obtiene el polvo de caucho.

Se pasa el polvo del caucho anteriormente triturado por tamices, obteniendo tres tipos de granulometría. Un material fino cuya granulometría es menor a 1mm, generalmente se utiliza para mezclas asfálticas; otro intermedio cuyo tamaño oscila entre 1 y 3 mm, y finalmente se obtiene uno mucho más grueso que va entre 4 y 6 mm.

Se mezcla el grano de caucho reciclado necesario y los dos componentes del Poliuretano, Polioli e Isocianato, durante dos minutos.

Se coloca la mezcla en los moldes de acuerdo el espesor que se definió. Los moldes se llevan a vulcanización, es decir, son prensados durante 20 minutos a Temperatura ambiente, alrededor de 15 - 17°C.

Luego de transcurrido el tiempo en la vulcanización se retira los moldes y se retira los adoquines.

### **Pruebas de resistencia**

Para determinar las propiedades de resistencia se efectuará el ensayo de compresión; al no existir norma para encontrar las propiedades mecánicas de un adoquín de caucho se ha considerado utilizar las normas INEN para adoquines de hormigón debido a que se someten a las mismas sollicitaciones de carga.

### **Ensayo de compresión**

En el Ecuador la norma INEN 1485 es la que determina el ensayo de compresión que se le debe hacer a los adoquines. La cual como mencionamos anteriormente describe los aparatos de ensayo, preparación de la muestra, procedimiento a seguir y los cálculos a realizar, como desviación estándar, resistencia promedio.

Al referirse a la toma de muestras la norma utilizada es la INEN 1484 donde se indica que un lote se debe dividir en diez secciones y que de cada sección se tomará un adoquín aleatoriamente. En lo que respecta a la cuantificación de la resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima para el área de contacto, y a este valor hay que

multiplicarlo por el factor de corrección que se debe verificar en la Tabla 1, tomada de la norma INEN 1488.

Tabla 1. Factores de Corrección Norma INEN 1488 (1986)

<b>Espesor del adoquín</b>	<b>Tipo de adoquín</b>	
	<b>Liso</b>	<b>Biselado</b>
<b>mm</b>		
60	1.00	1,06
80	1,04	1,11
100	1,08	1.16

Si se habla de resistencia mínima a la compresión en la norma INEN 1488 se encuentra el valor a los 28 días, de acuerdo al uso que se le vaya a dar al adoquín. En el caso de la presente investigación, el tipo de uso es Peatonal. A continuación se presenta un resumen de los valores descritos en la norma.

Tabla 2. Resistencia a la Compresión INEN 1488 (1986)

<b>Tipo de uso</b>	<b>Resistencia característica compresión a los 28 días (Mpa)</b>
Peatonal	20
Estacionamiento y calles residenciales	30
Caminos secundarios y calles y principales	40

Esta resistencia también se puede encontrar en Las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP- 001-F-2002) aquí establece una resistencia a la compresión no menor a 300 kg/cm<sup>2</sup> para tráfico medio o ligero y no menor a 400 kg/cm<sup>2</sup> para vías de tráfico alto.

El lugar de ensayo fue en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica de la Universidad Internacional SEK. La máquina utilizada fue una prensa eléctrica que tiene una gran capacidad debido a la esbeltez y forma que presenta el adoquín, esta cumple perfectamente con lo que estipula la norma INEN 1485 en el numeral 4.1 *“La máquina de ensayo podrá ser cualquier tipo confiable con la capacidad suficiente para aplicar la carga de rotura”*. Y tomando en cuenta la placa de 20 mm de espesor que servirá para lograr una distribución uniforme de la cargas en la muestra a ensayar. Para determinar los valores de resistencia se tomó en cuenta los procesos de cálculo que describe la norma INEN 1485.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento para reciclar neumáticos es más complejo que el reciclaje de otros residuos, esto se debe a que todos sus elementos deben ser eficazmente separados y pueden desprender tipos muy peligrosos de gases al calentarse.

Debido a la gran cantidad de Neumáticos Fuera de Uso existentes en el DMQ y su inadecuada disposición final, se implementaría con este Trabajo, una opción para reducir el volumen de este residuo, sobre el cual no existe un control, y mediante la propuesta de una mezcla específica para la fabricación de adoquines de caucho reciclado, y realizando las pruebas de resistencia respectivas se determinaría que estos son adecuados para uso peatonal o recreativo y así, se pueda mejorar la calidad de vida de los habitantes del DMQ.

Los resultados se obtuvieron a partir de la elaboración de las muestras, las cuales se fabricaron de acuerdo al diseño de las dosis y a las modificaciones que se realizaban sobre las variables, ya sea sobre la relación de porcentaje entre Grano de Caucho Reciclado (GCR) y Poliuretano, o la relación entre Polioliol e Isocianato (Componentes del Sistema de Poliuretano Flexible). Como ejemplo del diseño que se realizó se puede observar la Tabla 3 y la Figura 2 indica el tipo de muestra que se obtuvo.

Tabla 3. Diseño de la Dosificación para muestras con 80% de GCR y 20% de Poliuretano

1° DOSIFICACIÓN	Polvo de Caucho <1mm		
	Relación 2:1	Relación 3:1	Relación 5:1
kg Polvo de caucho	0,437	0,437	0,437
Kg Poliuretano	0,109	0,109	0,109
kg Polioliol	0,073	0,082	0,091
kg Isocianato	0,036	0,027	0,018
2° DOSIFICACIÓN	Grano de Caucho 1 - 3 mm		
	Relación 2:1	Relación 3:1	Relación 5:1
kg GCR fino	0,546	0,546	0,546
Kg Poliuretano	0,137	0,137	0,137
kg Polioliol	0,091	0,102	0,114
kg Isocianato	0,046	0,034	0,023
3° DOSIFICACIÓN	Grano Grueso de Caucho 4 - 6 mm		
	Relación 2:1	Relación 3:1	Relación 5:1
kg GCR grueso	0,655	0,655	0,655
Kg Poliuretano	0,164	0,164	0,164
kg Polioliol	0,109	0,123	0,136
kg Isocianato	0,055	0,041	0,027

Elaborado por: Sofía Montalvo Proaño

Con todas las muestras elaboradas en la Planta de Reciclaje “Rubberaction” y realizando las pruebas de resistencia en el Laboratorio de Materiales, se intenta llegar a determinar la resistencia del adoquín de caucho y realizar una comparación con la resistencia que presenta un adoquín convencional, basándose en las Normas INEN. Y por otro lado, establecer las ventajas que representaría el uso de este tipo de adoquines, ya sea en zonas peatonales, parques infantiles o trayectos para personas discapacitadas.



Figura 2. Prueba de elaboración de Adoquines de Caucho elaborados en la Planta de Reciclaje “RUBBERACTION”

Mediante los datos de la resistencia del adoquín de caucho se podrá determinar la granulometría del GCR adecuada para su elaboración y uso, así como la relación del Polioli frente al Isocianato y el porcentaje de GCR y poliuretano que se debe utilizar.

## CONCLUSIONES

La fabricación de pequeños adoquines a base de caucho de llantas recicladas representa un beneficio para el sector de la construcción, por las características que tiene el adoquín, a diferencia del de arcilla o el de hormigón, este es más flexible, ayuda para que las pisadas de las personas sean más suaves, también es antiruido y antideslizante.

El adoquín de caucho posee una propiedad adicional frente al adoquín convencional, como es la elasticidad, por lo tanto es capaz de absorber gran cantidad de energía y una vez que desaparece la carga que lo deforma recupera su forma original, garantizando que las vías de uso peatonal o lugares recreativos, como parques, tengan un mayor tiempo de vida útil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo Ministerial 020. (2013). *Instructivo para la Gestión Integral de Neumáticos Usados*. Ministerio del Ambiente. Ecuador.

Castro, G. (2007). *Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

Cuzco, A. (2015). *Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas entre el Adoquín Convencional y el Adoquín de Caucho*. Trabajo de Graduación Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Universidad Central del Ecuador.

El Universo. (2014). *Neumáticos, desechos 100% aprovechables*. Recuperado el lunes 4 de Abril del 2016 de: <http://www.eluniverso.com/vida-estilo/2014/12/14/nota/4338281/neumaticos-desechos-100-aprovechables>

Expreso. (2014). *El Reciclaje de los Neumáticos rueda a velocidad en el País, la meta es reencauchar en un 20%*. Recuperado el lunes 4 de Abril del 2016 de: [http://expreso.ec/historico/el-reciclaje-de-los-neumaticos-rueda-a-veloci-CDGR\\_7347474](http://expreso.ec/historico/el-reciclaje-de-los-neumaticos-rueda-a-veloci-CDGR_7347474)

Garzón, K. (2013). *Viabilidad Técnico – Económica para la Implementación de una Planta Recicladora de Neumáticos en el Distrito Metropolitano de Quito*. Trabajo de Fin de Carrera Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Internacional SEK.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2013). Informe Técnico No. 002-2012-MAE.PNGIDS-DPE. Ecuador.

NORMA TECNICA ECUATORIA INEN 1485 (1986-10), *Adoquines Determinación de la resistencia a la compresión:*

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1485.1987.pdf>

NORMA TECNICA ECUATORIA INEN 1488 (1986-10), *Adoquines requisitos:*  
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1488.1987.pdf>

Prado, F. (2016). Entrevista realizada al Gerente General de la Planta de Reciclaje de Neumáticos “Rubberaction”. Puenbo, Ecuador.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-57

**Título del trabajo:** Análisis de la calidad de los efluentes de los biodigestores en los LODGES ubicados en la zona alta de la reserva de Producción de Fauna Cuyabeno–RPFC.

**Autor (es):** Diana Catalina Monasalvas Corrales, Isidro Gutiérrez

**Ponente (s):** Diana Catalina Monasalvas Corrales

**E-mail:** [dayamanosalvas@gmail.com](mailto:dayamanosalvas@gmail.com)

**Institución:** Universidad Tecnológica Equinoccial

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

En la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno, alrededor de la Laguna Grande y río Cuyabeno, se han construido hoteles ecológicos, para atender la creciente demanda turística registrada (MAE. 2015), los que generan aguas residuales provenientes de baños, duchas y cocinas; el volumen de generación depende principalmente de la capacidad del Logde y el número de turistas de acuerdo a la temporada alta o baja. El Ministerio de Ambiente, responsable de la protección de la biodiversidad de la Reserva, dispone la implementación de biodigestores en cada lodge, para el tratamiento de las aguas residuales antes de ser descargadas a la laguna y río. Después de tres años de haberse implementado este sistema, se propone realizar un monitoreo, para conocer la calidad del agua que está siendo eliminada a los cauces naturales. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de los efluentes de los biodigestores, mediante el análisis de parámetros físico-químicos: temperatura, conductividad, pH, sulfatos, nitratos y nitritos, detergentes, DQO, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas; y microbiológicos: coliformes fecales; cuyos resultados fueron comparados con la legislación ambiental vigente: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10 “*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce*” (Acuerdo 028), a fin de establecer el cumplimiento de la normativa y la eficiencia del funcionamiento de los biodigestores. Los resultados de la investigación determinaron que todos los biodigestores cumplen la norma en tres parámetros: *nitratos y nitritos; sulfatos y temperatura*; así mismo todos incumplen la norma en los parámetros: *DBO<sub>5</sub>, DQO y pH*; mientras que en los cuatro parámetros restantes, existe una variación de los resultados.

**Palabras claves:** biodigestores; aguas residuales domésticas, efluentes



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible



## **II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016**

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### **COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)**

**Código:** TEIMA4-58

**Título del trabajo:** Desarrollo de los procesos de erosión en el sector Zabala.

**Autor (es):** Yolanda Graciela Flores García, Erick Pareja, Román Kravchenko

**Ponente (s):** Yolanda Graciela Flores García

**E-mail:** [graciela.94@outlook.com](mailto:graciela.94@outlook.com)

**Institución:** Universidad Tecnológica Equinoccial

**País:** Ecuador

#### **RESUMEN**

Con el fin de estudiar las formas del relieve, el desarrollo de procesos de erosión y buscar las posibilidades de disminuir el efecto negativo de la erosión de suelos y analizar los impactos ambientales. En 2015 se inició la investigación científica de campo en la Parroquia de Calderón, las muestras de suelo fueron seleccionadas para su posterior análisis en el laboratorio de la UTE. Los resultados de las investigaciones servirán de material para los trabajos de tesis, publicaciones científicas y recomendaciones prácticas.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador  
14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-62

**Título del trabajo:** Diseño de un sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia para riego de jardines externos, huerto ecológico e inodoros en la Facultad de Ciencias Ambientales de la UISEK.

**Autor (es):** Carolina Abigail Marcial Gallardo

**Ponente (s):** Carolina Abigail Marcial Gallardo

**E-mail:** [carorebu@hotmail.com](mailto:carorebu@hotmail.com)

**Institución:** Universidad Internacional SEK

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es: diseñar un sistema de recolección de agua lluvia para la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK, teniendo en cuenta los datos de pluviometría de los últimos cinco años, para poder determinar el caudal disponible. Posterior a esto se determinarán los puntos de recolección de agua lluvia, mediante la topografía del lugar. El agua recolectada será caracterizada para poder determinar la calidad de la misma y finalmente se hará un cálculo de costos de construcción de infraestructura básica del lugar. El sistema diseñado permitirá el riego de áreas verdes, huerto ecológico e inodoros de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK. Como primer punto se realiza una inspección previa del área de estudio y una identificación de posibles puntos de muestreo de agua lluvia. Se realizan cálculos de caudal de cuenca con ayuda de datos históricos, posteriormente se determinaran que cantidad de agua es aprovechable. Con este estudio se espera cubrir una parte de las necesidades de agua para uso de riego e inodoros de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, para lo cual se desarrollara el sistema más apropiado de recolección de agua, esto se llevará a cabo mediante la investigación y tomando como modelos otros sistemas de recolección, los cuales se mejorarán.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-67

**Título del trabajo:** Influencia de los sistemas agroforestales y monocultivo de cacao sobre la calidad del suelo, en el cantón Arosemena Tola.

**Autor (es):** Daniel Santiago Paguay Sayay, Carlos Bravo, Alexandra Torres

**Ponente (s):** Daniel Santiago Paguay Sayay

**E-mail:** [santydanieldp@gmail.com](mailto:santydanieldp@gmail.com)

**Institución:** Universidad Estatal Amazónica

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La investigación se realizó en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo, con el propósito de evaluar la influencia del cambio de usos de suelo sobre la calidad del recurso suelo. Se seleccionaron 07 parcelas con distintos usos de la tierra: Cacao agroforestal (CAF), Cacao Monocultivo (CAM) y Bosque Intervenido como tratamiento referencial. La calidad del ambiente del suelo se evaluó a hasta los 30 cm con intervalos de 10 cm y mediante indicadores físicos: Densidad aparente ( $D_a$ ), conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ), porosidad total (Pt), porosidad de aireación (Pa), porosidad de retención (Pr), resistencia a la penetración), químicos (pH, aluminio intercambiable, nitrógeno total (Nt), fósforo (P), potasio (K), Calcio (Ca), magnesio (Mg), carbono orgánico total (CO), relación C/N) y biológicos (respiración basal, respiración edáfica, número de lombrices y biomasa-hojas). Los resultados obtenidos indican que el impacto es muy variado, pero independientemente del uso de la tierra todos presentan adecuados índices estructurales ( $D_a$ ,  $K_{sat}$ , Pt, Pa, Pr y RP) en especial el bosque, con buena aireación, infiltración lo cual indica que no existen problemas de degradación física como la compactación. Los sistemas agroforestales y el Bosque presentaron mejores valores de CO y Nt con respecto al uso de Cacao como monocultivo, sin embargo el resto de las variables químicas en todos los usos evaluados fueron categorizadas bajas. Los suelos son ácidos y de baja disponibilidad de P, bases cambiables, lo cual indica que para un adecuado crecimiento de las plantas se debe complementar con fertilizantes. La actividad biológica fue muy variada sin seguir un patrón definido, sin embargo el bosque y CAF presentaron una alta calidad.

**Palabras claves:** uso de tierra, calidad ambiental del suelo, cacao, Amazonía

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador siendo uno de los países más pequeños en territorio y con factores climáticos y geográficos variados ha llegado a ser uno de los más megadiversos reconocido mundialmente (Tobar, 2010). El territorio ecuatoriano está constituido por 4 regiones, una de ellas es la Amazonia ecuatoriana, con una extensión de 130 000 km<sup>2</sup>, con gran diversidad de fauna y flora, con gran número de ecosistemas terrestres como el bosque húmedo pre-montano, bosque pluvial pre-montano, bosque muy húmedo pre-montano, bosque muy húmedo tropical y bosque húmedo tropical. (Acuario y Rafael, 2009).

El suelo como componente de los ecosistemas constituye uno de los recursos naturales más importantes del planeta debido a las distintas funciones ecosistémicas que cumple. Con el pasar del tiempo se ha formado mediante la disgregación de la roca madre, transformación de materia orgánica y minerales; permitiendo condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos, plantas, animales y el del ser humano (Sanz *et al.*, 2006; Durán, 2009). Dicho recurso hoy en día está siendo afectado por acciones antrópicas; como parte del avance de la frontera agrícola se ha venido deforestando una gran cantidad de bosques primarios; estudios más minuciosos demuestran que la tasa de aumento de la deforestación se ha dado por conjunto de factores como la accesibilidad a las fincas, calidad de la tierra, tiempo de asentamiento y nivel de educación (Mena, 2011); el conjunto de aquellos factores ha generado una serie de procesos de degradación tales como: erosión, salinización, contaminación, y desertificación (Burbano, 2010).

La degradación del suelo es un proceso en el que las características físicas, químicas, biológicas y sus interrelaciones, sufren daños o cambios; no permitiendo el cumplimiento de las funciones, como: soporte de la producción de biomasa; ejercer un efecto de filtro de contaminantes, para evitar la polución de los ecosistemas en general; y servir como habitat para los seres vivos evitando su extinción (Pla, 1990). La pérdida de ciertas funciones del suelo se han ido dando con el transcurso del tiempo, por acontecimientos naturales, he intervención del hombre, en la que se ha desarrollado actividades como, la tala indiscriminada de especies maderables, y a la vez el cambio del uso del suelo; dejándolo descubierto y dando paso a la degradación del mismo (López, 2002).

En el contexto latinoamericano, Ecuador tiene una tasa de deforestación de 1.3%, llegando a ser la más alta de la zona (MAE, 2009). La tala ilegal y la apertura de nuevos lugares para la producción ganadera y agrícola son las principales causas del cambio de uso del suelo (Jadán *et al.*, 2012).

En contraparte al proceso de degradación, la calidad del suelo es conocida por su capacidad de brindar funciones dentro de las fronteras de un ecosistema natural o intervenido en su manejo, sostener la productividad de las plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el habitat; aquello es una de las definiciones más completas y más aceptadas por la mayoría de la población mundial (Bautista *et al.*, 2004). Sin embargo, con el objetivo de mejorar o mantener la calidad del suelo es necesario realizar evaluaciones periódicas y monitoreo continuo (Vallejo, 2013).

Dicha calidad debe ser evaluada, tomando en cuenta variables o indicadores físicos, químicos y biológicos; los cuales deberán permitir entender la situación actual del sitio, determinar los cambios existentes, comprender el impacto posible a causar en el caso de que exista una intervención humana y definir si hay sostenibilidad en el uso del recurso suelo (Prieto *et al.*, 2013).

En base al contexto planteado, este trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el efecto sobre la calidad del suelo de los sistemas agroforestales en comparación con el monocultivo en plantaciones de cacao y el suelo de referencia (Bosque), localizado en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio de investigación se realizó en fincas con parcelas de cacao perteneciente a productores independientes estas se encuentran en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo, ubicada en la vía Puyo–Tena en el Km 54; dicho cantón ocupa una extensión de 502 Km<sup>2</sup> limita al Norte con las parroquias de Tálag y Puerto Napo, al Sur con los cantones Mera y Santa Clara, al Este con el cantón Santa Clara y al Oeste con el cantón Baños de Agua Santa (GAD-cantón Arosemena Tola, 2012). La zona presenta clima variado que va de templado húmedo, hasta un tropical lluvioso, su temperatura promedio es de 26 °C, con una precipitación que llega hasta los 4000 mm al año y una altitud de 500 msnm. De su superficie total, el 50% es vegetación tropical; también cuentan con cuencas hídricas como los ríos Pibi, Anzu, Poroto Negro y el río Punicotona (Napo, 2012; Asociación de municipalidades ecuatorianas, 2012).

Para este estudio se consideró uno de los usos de la tierra más relevante para la zona, cacao fino de aroma (*Theobroma Cacao*) y comprendió: a) Cacao Agroforestal (CAF) y b) Cacao monocultivo (CAMC), los cuales fueron comparados con el uso de tierra de referencia (Bosque Primario). De cada uno de los tratamientos se seleccionaron tres repeticiones homogeneizadas por el tipo de manejo para un total de 6 fincas. Cada uso de la tierra se utilizó como unidad experimental y mediante un muestreo sistemático se estableció una transecta a lo largo del área seleccionada de manera de que fuese representativa y abarcara todas las fuentes de variación.

### **Muestreo de suelo**

En cada transecto se estableció cinco puntos de muestreo en los cuales se localizó una subparcela de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m) donde se recolecto las muestras de suelo y de vegetación. El muestreo de suelo comprendió la toma de muestras no alteradas con un barreno tipo Uhland a tres profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm que se utilizó para la determinación de parámetros físicos. Paralelamente, en cada subparcela se recolecto cinco submuestras de suelo a dos profundidades (0-10cm y 10-30 cm) para la determinación de las propiedades químicas y biológicas. En la parte central de la subparcela se colocó un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> donde se tomó la muestra de hojarasca y se realizó el conteo de lombrices.

### **Determinación de parámetros de Calidad**

#### **Parámetros físicos**

De los parámetros físicos se midieron las siguientes variables: Densidad aparente (Da) usando el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986); la distribución de tamaño de poros (Pt: porosidad total), porosidad de aireación (Pa: poros de radio >15 µm) y porosidad de retención se medirá usando la mesa de tensión a saturación y a un potencial mátrico de -10 kPa (Blake y Hartge, 1986). La conductividad hidráulica saturada (Ksat) mediante el método de carga variable, siguiendo el método descrito en Pla (2010).

## Parámetros Químicos y Biológicos.

El carbono orgánico total (COT) se determinó mediante el método de digestión húmeda Walkley y Black (Nelson y Sommer, 1982), para lo cual se realizó una oxidación con dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1 N con adición de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y posteriormente la cantidad de carbono orgánico oxidado por el Cr fue medido por titulación usando una solución de sal de Mohr 0.5 N ( $H_2SO_4 + FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Para medir el pH se usó el método potenciométrico con una relación suelo-agua 1:2,5), el nitrógeno total será determinado por el método de Kjeldahl y contenido de Fosforo (P), Azufre (S) y las bases cambiables (Ca, Mg, K), fueron medidas por la metodología de Olsen modificado (Bertsch, 1995).

Cada uso de la tierra o tratamiento se utilizó como unidad experimental sus respectivas repeticiones y estadísticamente se analizó como un diseño completamente aleatorizado (Torres *et al.*, 2013). Para ello, antes de ejecutar los análisis de varianza se realizó una evaluación de la normalidad de los datos aplicando la prueba de Will-Shapiro ( $P < 0.05$ ). Luego se estableció las diferencias entre los distintos usos de la tierra considerando el factor profundidad y uso (CAF, CAMC y BOSQUE) mediante el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias Tukey ( $P < 0.05$ ). Igualmente se usó el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ) ( $P < 0.001$ ) para establecer el grado de asociación entre los distintos parámetros y selección de indicadores de calidad del suelo en los usos de tierra seleccionados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades físicas del suelo tienen como función especial, la recepción, acumulación y transmisión del recurso agua a toda vegetación, también controla la disponibilidad del oxígeno, a la vez refleja el desarrollo de la raíz y el movimiento del agua en los distintos tipos de perfiles del recurso suelo (Bravo, 2015).

La textura es una variable que expresa el contenido de partículas sólidas en distintos tamaños, como la arena, limo y arcilla, que se presenta en el suelo y se expresa en porcentajes (%), mediante el contenido de cada uno de los elementos (arena, limo y arcilla) se puede determinar la clase textural que presenta un suelo determinado; tiene mucha influencia en la retención del agua, riesgo de compactación, disponibilidad de nutrientes (Pla, 1983).

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA), efecto profundidad sobre las partículas del suelo como arena, limo y arcilla no se evidenciaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). Con respecto al análisis de varianza (ANOVA) interacción tratamiento-profundidad sobre las partículas que forman la textura, se observa que las variables arena y arcilla de la profundidad 0-10 cm presenta diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) y todo lo contrario sucedió con limo; en la profundidad 10-30 cm las variables con diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) son arena y arcilla, en el caso de limo se presentó sin diferencias significativas.

La tabla 1 muestra los promedios de los parámetros físicos para los distintos usos y profundidades consideradas. Se pudo apreciar diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en tres clases de partículas (arena, limo y arcilla) de la primera profundidad (0-10 cm) la arena presentó el siguiente orden CAMSE > BOSQUE > CAFPC > CAFCV > CAFHV > CAMMM > CAMOS, la profundidad 10-30 cm con el orden CANSE > BOSQUE > CAFPC > CAFCV > CAFHV > CAMOS > CAMMM (**Tabla 1**).

En el caso del porcentaje de limón no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la profundidad 10-30 cm, sin embargo la profundidad 0-10 cm sí tiene diferencias significativas con el siguiente orden CAFHV > CAMSE > CAMOS > CAFPC > CAFCV > CAMMM > BOSQUE; mientras

tanto en el porcentaje de arcilla se presentó diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en las dos profundidades con el siguiente orden en el caso de 0-10 cm CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFHV > CAFPC > BOSQUE > CAMSE, y en el caso de 10-30 cm tiene el orden CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFHV > CAFPC > BOSQUE > CAMSE.

La suma del porcentaje de partículas dio como clase textural en la primera profundidad en su mayoría como franco arcillo (CAFHV, CAFCV y CAMOS), luego franco areno arcillo (CAFPC y BOSQUE), seguido por arcilloso (CAMMM) y por ultimo franco arenoso (CAFSE); en el profundidad 10-30 cm la mayoría de los tratamientos presento clases texturales como arcilloso (CAFVC, CAMOS y CAMMM) seguido de franco arcilloso (CAFHV y CAFPC) y por ultimo al igual que el grupo anterior con dos tratamientos franco arenoso (CAFSE y BOSQUE) (Tabla 1); tales clases texturales fueron encontrados en un estudio realizado por Bravo *et al.*, (2015), en plantaciones de cacao y bosque de la Amazonia Ecuatoriana.

En los suelos estudiados predominan los suelos con partículas finas como es limo y arcilla. Pla, (2010) menciona que en estos suelos se puede presentar de manera más rápida procesos de degradación como erosión, compactación, entre otros. Por lo tanto se sugiere que exista la mayor cantidad de cobertura vegetal como el bosque para así proteger los suelos y no permitir que pierda su fertilidad en corto plazo, los sistemas agroforestales es uno de los más similares que ayudan a la protección del suelo (Bravo *et al.*, 2015).

Tabla 1. Valores promedios de partículas de suelo y su clases textura correspondiente del suelo bajo diferentes usos de la tierra a los 0-10cm y 10-30cm de profundidad en el cantón Arosemena Tola, Provincia de Pastaza.

Tratamiento	Profundidad (cm)	Partículas del suelo %			Textura
		Arena	Limo	Arcilla	
CAFHV	0-10	34,20 b	34,60 a	31,20 c	Franco –arcilloso
CAFPC	0-10	43,20 b	26,80 b	30,00 c	Franco-areno-arcilloso
CAFCV	0-10	39,60 b	25,60 b	34,80 c	Franco-arcilloso
CAMOS	0-10	32,00 b	28,20 a	39,80 b	Franco-arcilloso
CAMMM	0-10	33,00 b	23,80 b	43,20 a	Arcilloso
CAFSE	0-10	59,40 a	29,00 a	11,60 e	Franco-arenoso
BOSQUE	0-10	59,00 a	19,00 b	22,00 d	Franco-areno-arcilloso
CAFHV	10-30	34,00 b	29,40 a	36,60 c	Franco-arcilloso
CAFPC	10-30	40,80 b	23,80 a	35,40 c	Franco-arcilloso
CAFCV	10-30	36,00 b	22,80 a	41,20 b	Arcilloso
CAMOS	10-30	29,60 b	23,00 a	47,40 b	Arcilloso
CAMMM	10-30	28,40 b	21,80 a	49,80 a	Arcilloso
CAFSE	10-30	59,60 a	26,20 a	14,20 d	Franco-arenoso
BOSQUE	10-30	62,00 a	21,00 a	17,00 d	Franco-arenoso

\* = Significación por Tukey; ns = No significativo

### Densidad aparente (Da)

La densidad aparente (Da) es definida como la masa de tierra seca que ocupa un volumen específico en la superficie del suelo, que incluye los espacios porosos y las partículas y se expresada en  $Mg\ m^{-3}$  (Pla, 2010); dicha variable es afectada cuando existente cambio en la estructura, y a la vez es usado como indicador para describir la compactación que existe en un suelo determinado y la resistencia que genera en el desarrollo de las raíces (Bravo *et al.*, 2008).

Cuando existe valores altos de densidad no permite la conducción del agua ni de aire por los perfiles (Arskead *et al.*, 1996). Los valores promedios en función del uso de la tierra para las profundidades consideradas se muestran en la Tabla 2 Se puede apreciar que para todas las profundidades se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). Para la primera (0-10 cm) profundidad el orden fue CAFHV > CAFPC > CAMMM > CAFCV > CAMOS > CAFSE > BOSQUE, en la segunda (10-20 cm) CAFHV > CAFPC > CAFCV > CAMMM > CAMOS > CAFSE > BOSQUE y en la tercera profundidad (20-30 cm). CAMMM > CAFPC > CAFCV > CAFHV > CAMOS > CAFSE > BOSQUE. A pesar de tales diferencias en todos los tratamientos la Da estuvo por debajo del valor crítico ( $1,3 \text{ Mg m}^{-3}$ ) sugerido para las clase texturales finas (Pla, 1983). En todos los casos el uso de la tierra con bosque presentó los valores menores y en general un mayor contenido de materia orgánica se tradujo en menores valores de densidad aparente.

Tabla 2. Valores promedio de propiedades físicas del suelo bajo diferentes usos de la tierra a los 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm de profundidad en el cantón Arosemena Tola, provincia de Napo.

Variables Tratamiento	Da Mg m <sup>3</sup>	K <sub>sat</sub> cm h <sup>-1</sup>	Pt %	Pa %	Pr %
Profundidad 0-10 cm					
CAFHV	0,87 a	30,82 b	68,09 c	12,03 c	56,05 c
CAFPC	0,78 a	73,77 a	70,61 c	14,35 b	56,26 c
CAFCV	0,70 b	21,33 a	73,48 c	17,95 a	55,53 c
CAFSE	0,36 d	26,74 b	88,19 a	14,09 b	74,09 a
CAMOS	0,57 c	37,22 b	77,40 b	17,42 a	59,98 b
CAMMM	0,75 b	24,23 b	76,98 b	11,67 c	65,31 b
BOSQUE	0,34 d	49,74 a	86,77 a	18,77 a	68,00 a
Profundidad 10-20 cm					
CAFHV	0,93 a	7,01 c	65,65 c	8,53 b	57,12 b
CAFPC	0,90 a	32,41 b	65,75 c	9,78 b	55,97 c
CAFCV	0,85 b	43,77 b	66,51 c	12,34 a	54,17 c
CAFSE	0,39 c	32,22 b	81,41 a	10,65 b	70,76 a
CAMOS	0,73 b	62,09 a	69,14 b	11,85 a	57,29 b
CAMMM	0,82 b	0,43 c	72,91 b	9,22 b	63,69 a
BOSQUE	0,35 c	46,44 a	83,53 a	15,11 a	68,42 a
Profundidad 20-30 cm					
CAFHV	0,99 b	1,69 b	66,98 b	6,70 b	60,28 c
CAFPC	1,06 a	15,37 b	61,60 b	5,88 b	55,72 c
CAFCV	1,02 b	1,21 b	63,67 b	5,86 b	57,81 c
CAFSE	0,45 c	4,97 b	84,99 a	8,11 a	76,87 a
CAMOS	0,87 b	0,99 b	67,92 b	6,84 b	61,08 c
CAMMM	1,07 a	2,59 b	69,38 b	5,68 b	63,70 b
BOSQUE	0,44 c	25,51 a	83,14 a	12,31 a	70,83 b

Las letras diferentes en columna, representan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ); CAFHV: Cacao agroforestal Holger Vizuete; CAFPC: Cacao agroforestal Pedro Cuyachamin; CAFCV: Cacao agroforestal Carmen Vega; CAFSE: Cacao agroforestal Sergio Estrada; CAMOS: Cacao monocultivo Oswaldo Segovia; CAMMM: Cacao monocultivo Manuel Maldonado; BOSQUE: Bosque intervenido; \* Las letras diferentes significa diferencia entre tratamientos a un nivel de  $P \leq 0,05$ .

Los resultados muestra que la densidad aparente en la profundidad 0-10cm y en todos los tratamientos mantiene un valor menor a las demás profundidades (10-20 cm y 20-30 cm); lo cual se debe a que la  $D_a$  tiene una relación estrecha con la materia orgánica y esta es mucho mayor en el horizonte superficial (Hernández *et al.*, 2013).

Si bien, se podría esperar que la  $D_a$  en los sistemas agroforestales fuese menor que en aquellos sistemas manejados como monocultivo, los resultados obtenidos muestran valores muy parecidos y un patrón de comportamiento similar en todas las profundidades. En este sentido la  $D_a$  se incrementa con la profundidad independiente del uso de la tierra. En estudio realizado con sistemas agroforestales con café los valores de los parámetros físicos son muy parecidos al uso de referencia (bosque), lo cual está relacionado con la gran variedad de especies y por ende la cantidad de residuos y hojarasca que se genera mejorando la macrofauna.

#### **Conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat}$ )**

La conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) se conoce como la capacidad de infiltrar y conducir el agua por los distintos medios porosos, esta variable principalmente tiene como dependencia la estructura, a la vez se involucra la temperatura y la humedad del suelo (Chirinos & Mattiazzo, 2004).

La conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) presentó diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) por tratamientos en todas las profundidades considerados con alto patrón de variabilidad. En los primero horizontes de muestreo de  $K_{sat}$  presento altos valores, los cuales disminuyen drásticamente a partir de los 10 cm, con excepción del bosque que muestra valores de conductividad más uniforme en todo el perfil.

Los valores de 0-10 cm oscilan de 21,33  $\text{cm h}^{-1}$  (CAFVC) a 73,77  $\text{cm h}^{-1}$  (CAFPC), para la profundidad 10-20 cm son de 0,43  $\text{cm h}^{-1}$  (CAMMM) hasta 62,09  $\text{cm h}^{-1}$  (CAMOS) y de 20-30 cm varían de 0,99  $\text{cm h}^{-1}$  (CAMOS) a 25,51 43  $\text{cm h}^{-1}$  (BOSQUE). Pla, (1983) nos indica que aquellos valores de  $K_{sat}$  que se encuentran por debajo 0,5  $\text{cm h}^{-1}$  en profundidad de 0-30 cm, y 0,2  $\text{cm h}^{-1}$  en profundidad 30-60 cm, tienen problemas con respecto a la conductividad. Como se puede apreciar en la mayoría de los tratamientos evaluados posee valores muy por encima y solo en algunos tratamientos como el CAMMM muestra valor inferior, lo cual indica una fuerte disminución en la velocidad de infiltración.

Una gran variedad de estudios han relacionado la  $K_{sat}$  con la  $D_a$  y la porosidad de aireación del suelo (Bravo *et al.*, 2008, Lobo *et al.*, 2012, Pla, 2010). Con la  $D_a$  existe una relación inversa a mitad que esta aumenta la  $K_{sat}$  disminuye, mientras que con la porosidad la relación es proporcional, es decir una mayor porosidad mejora la conductividad hidráulica del suelo.

A la vez los sistemas agroforestales por poseer la mayor cantidad de cobertura vegetal contribuye en el aporte de materia organica, aumento y variedad de micrororganismos, lo cual ayuda al aumento de macroporosidad; por el contrario los valores en monocultivo son

menores esto podría ser por su minoría en cobertura vegetal y eliminación permanente (Arteaga, 2009 y Cabrera & Gómez, 2009).

### **Porosidad total (Pt)**

La porosidad total se define como el volumen de espacios que no es utilizado por las partículas sólidas, es la suma total de macroporos y microporos; tiene como función ambiental de transportar, receptor y almacenar agua; a la vez desde el punto de vista agrícola, es por donde las raíces crecen y son conducidos en búsqueda de nutrientes y agua (González *et al.*, 2011).

Los análisis de la porosidad total igualmente mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para todos los tratamientos con mayores valores en el BOSQUE Y CAMSE con respecto a los sistemas o usos de la tierra con cacao. Para la primera profundidad (0-10 cm) el orden encontrado fue el siguiente CAFSE > BOSQUE > CAMOS > CAMMM > CAFCV > CAFPC > CAFHV; para la siguiente capa el orden fue BOSQUE > CAFSE > CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFPC > CAFHV, y para el tercer horizonte con el orden CAFSE > BOSQUE > CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFPC.

Pla, (2010) indica que para los lugares en donde no se controla el riego es importante que el % Pt este por encima del 35% para suelos de textura fina. Pla, 2010 señala que la (Pt) mantiene una relación directa con la Da y la vez es muy importante porque esta permite el suministro de agua y oxígeno para que se desarrolle de mejor manera las plantas y también para que la actividad de los organismos vivos del suelo aumente. La disminución de este parámetro hace que la Da aumente, la resistencia a la penetración sea mayor y la capacidad de retener humedad sea muy baja. Los valores obtenidos en todos los tratamientos reflejan que la profundidad más a la superficie posee los promedios más elevados a las demás profundidades, es posible esto por la mayor cantidad materia orgánica que se encuentra en las primeras capas de suelo; el uso con bosque mantiene una Pt alta con respecto a los suelos bajo cultivo. Noguera & Vélez L, (2011) menciona que esto es posible ya que poseen mayor cobertura vegetal con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, esto permite que sea mayor la capa de material orgánico la cual permite que exista un aumento de los poros.

En el caso de los suelos con cacao agroforestal y monocultivo los resultados estuvieron por debajo del valor de bosque. Al respecto Ordoñez *et al.*, (1992) señala que al realizar el cambio de bosque a cultivos hace que la Pt disminuya por la pérdida de cobertura vegetal y capa de materia orgánica. Esto concuerda con un estudio realizado por Aguirre *et al.*, (2010) donde se presentó porcentajes altos de Pt, dado esto posible por la alta cantidad de biomasa que genera los bosques, la actividad de microorganismo y también el alto contenido de materia orgánica. Desde el punto de vista ambiental la cobertura de residuos acumulado no permite que la erosión hídrica ocurra, por ende reduce la posibilidad de que exista encharcamiento y escorrentías y a la vez da más tiempo para que el agua se pueda infiltrar en el suelo (Pla, 1990).

### **Porosidad de aireación (Pa)**

La porosidad de aireación también conocida como el porcentaje de macroporos los cuales son poros de tamaño grande que puede ser generado de manera antrópica (labranza) o natural como grietas y espacios generado en el suelo por actividad microbiana. Dicha Pa tiene dependencia del clima y residuos vegetales que son acumulados en la capa superficial; esta especialmente tiene la función de conducir el agua a suelos más profundos, por la cadena de poros que tiene. (Pires *et al.*, 2008). Un adecuado porcentaje de Pa no permite que se formen encharcamientos de agua, ni que exista escorrentía.

La porosidad de aireación (Tabla 2), presento diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos para las tres profundidades consideradas. De 0-10 cm mantiene el orden BOSQUE > CAFCV > CAMOS > CAFPC > CAFSE > CAFHV > CAMMM, de 10-20 cm BOSQUE > CAFCV > CAMOS > CAFSE > CAFPC > CAMMM > CAFHV y 20-30 cm BOSQUE > CAFSE > CAMOS > CAFHV > CAFPC > CAFCV > CAMMM.

Independientemente de los tratamientos la porosidad de aireación es mayor en el horizonte superficial (0-10 cm) y va disminuyendo con la profundidad alcanzando niveles por debajo del valor critico de 10% (Pla, 2010) a partir de los 20 cm, con excepción del bosque el cual presento una porosidad uniforme en el perfil.

Considerando la característica climáticos de la zona con alta precipitación, los valores obtenidos indican una alta captación y velocidad de infiltración del agua hasta los primeros 20 cm, sin embargo, la velocidad de avance del frente de humedecimiento disminuye grandemente en el intervalo de 20-30 cm lo cual dependiendo de la topografía puede generar problemas de encharcamiento en zonas planas y de escorrentías en áreas de pendiente. Esta situación es especialmente importante en la zona amazónica donde se ha generado una estratificación del perfil del suelo provocada por el uso histórico del manejo con bosque (Bravo *et al.*, 2015).

Los altos porcentajes de porosidad en el bosque es claramente posible por la alta cantidad de biomasa (hojarasca, residuos vegetales, etc.) que genera la variedad de especies arbóreas, arbustivas y gramíneas lo cual se acumula en la superficie del suelo y a la vez la actividad de fauna; el caso del monocultivo y agroforestal presenta porcentajes menores que el bosque esto se da por la baja cantidad de biomasa que aporta los cultivos, provocando un bajo porcentaje de Pa.

### **Porosidad de retención (Pr)**

La porosidad de retención (Pr) es el espacio que no se encuentra ocupando por ningún tipo de sólido; cuando los suelos son secos estos se encuentran con aire y en condiciones de altas precipitaciones llenas de agua (Donoso, 1992). En la generación de Pr se involucra la materia orgánica, textura del suelo y estructura. Los microporos son de gran importancia ya que esta permite la acumulación de agua en el suelo para que las raíces de las plantas puedan utilizar (Donoso, 1992).

Los resultados de la microporosidad (Pr) cuya función principal es la de retención del agua en el suelo, presentó un comportamiento estadísticamente similar que el resto de las variables físicas. Para la primera capa (0-10 cm) el orden obtenido fue: CAFSE > BOSQUE > CAMMM > CAMOS > CAFPC > CAFHV > CAFCV, en la segunda (10-20 cm) CAFSE > BOSQUE > CAMMM > CAMOS > CAFHV > CAFPC > CAFCV y en la tercera (20-30 cm) tiene el siguiente orden CAMSE > BOSQUE > CAMMM > CAMOS > CAFHV > CAFCV > CAFPC.

De la porosidad total, la porosidad de retención es la que representa los mayores valores independientemente del uso de la tierra, e incluso incrementándose con la profundidad. Para todos los tratamientos los valores obtenidos están muy por encima del 25% valor señalado como critico (Pla, 1983), por debajo del cual disminuye la retención de humedad.

Los resultados obtenidos están muy relacionados con las características texturales de la zona, con texturas predominantes finas y o la alta presencia de materiales de tamaño coloidal proporcionado por una alta presencia de materia orgánica sobre todo en el horizonte superficial (Bravo *et al.*, 2015). Villamil *et al.*, (2006) menciona que el cambio de cobertura

afecta a la porosidad de retención; esto explica los resultados menores al de bosque que presenta los suelos con uso de cacao.

### **Indicadores Químicos**

pH del suelo

El pH en ambas profundidades presentó rangos categorizados como ligeramente ácidos a fuertemente ácidos, como es el caso del uso con bosque. Estos resultados reflejan la naturaleza de los suelos de la zona de la Amazonia ecuatoriana (Bravo *et al.*, 2015). Los suelos ácidos son típicos de regiones en donde la precipitación es alta y ocurre un lavado de cationes básicos ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}^{++}$ ) y por tanto prevalece las principales fuentes de acidez o cationes ácidos ( $\text{Al}^{++}$ ,  $\text{H}^+$ ), tanto en los sitios de intercambio como en la solución del suelo (Valarezo *et al.*, 1998; Casanova, 2005; Bravo *et al.*, 2015).

Se observó un ligero mejoramiento del resto de los usos CAF y CAM con respecto al bosque, sin embargo su condición sigue siendo acida. En algunos de los tratamientos posiblemente este asociado a la aplicación de algún tipo de enmienda como la cal agrícola ( $\text{CaCO}_3$ ).

### **Acidez intercambiable (Al+H)**

La acidez intercambiable refleja al  $\text{Al}^{3+}$  y el  $\text{H}^+$  intercambiables en el suelo, estas pueden perjudicar al crecimiento de las especies vegetales. Cuando los valores de acidez intercambiable superan el 0.5 meq/100ml algunas plantas no se desarrollan adecuadamente; en cambio cuando existe valores mayores a 1 meq/100ml se dice que es muy alto y un Al+H que se encuentre por debajo de 0.3 meq/100ml es lo adecuado para un buen crecimiento de las plantas (Molina, 2002).

Los valores de la variable acidez (Al+H) en la profundidad 0-10 cm mantiene promedios 2,01 a 2,95 meq 100ml sin diferencias significativas entre tratamientos; mientras que en la segunda profundidad (10-30 cm) mantiene el siguiente orden CAMOS > CAMMM > CAFHV > CAFCV > CAFPC > BOSQUE > CAFSE, con diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos (Tabla 3).

Molina, (2002) señala que los suelos con una acidez intercambiable moderada deben estar por debajo 0.3 meq 100ml; los usos que presentan con valores toxico (porque se encuentra dentro del rango 0.5-1.5 meq 100ml) son CAFSE y BOSQUE en la profundidad 10-30 cm. Estos resultados están relacionados por la disminución de pH lo cual genera la liberación de iones ácidos (Lozano *et al.*, 2009). Los iones  $\text{H}^+$  liberados en el proceso de mineralización de la materia orgánica pueden reaccionar con la estructura cristalina de las arcillas del suelo.

Esto perjudica de manera directa al desarrollo de la mayoría de las plantas Molina, (2002); sin embargo algunas especies como las de zonas tropicales pueden crecer en aquellos suelos muy tóxicos (Martin y Pérez, 2009). La gran variedad de vegetación presente en el bosque es por la existencia de muchas especies adaptadas a estas condiciones. Los rangos de acidez intercambiable encontrado en los usos de suelo estudiado son parecidos a los valores encontrado por Bravo *et al.*, (2015), en cultivos de la provincia de Napo.

### **Aluminio (Al)**

El aluminio es uno de los elementos químicos más abundante en la corteza terrestre, conocido por ser toxico para las plantas cuando existe condiciones de pH por debajo de 5 y especialmente cuando las concentraciones de aluminio es mayor a 1 o 2ppm (Posada &

Aguilar, 2007). El aluminio es especialmente liberado por procesos naturales o antropogénicos como la agricultura; el Al se ha señalado como uno de los elementos más contaminantes del suelo, este es un indicador de contaminación ambiental (Porta *et al.*, 1999; Posada & Aguilar, 2007).

Los resultados de aluminio en la primera profundidad presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) mostrando el siguiente orden CAFHV > CAFSE > CAFPC > BOSQUE > CAFCV > CAMMM > CAMOS; con respecto a la segunda profundidad que no hubo diferencia significativa entre tratamientos manteniendo un rango de 0,36 a 0,94 mg kg<sup>-1</sup> (Tabla 8).

Los valores obtenidos en la evaluación de Al se definen como suelos medio tóxicos ya que están dentro del rango 0.3-1.0 meq 100ml y también suelos determinados como tóxicos por estar > 1.0 meq 100ml, con respecto al contenido de aluminio (Bertsch, 1995). Los valores altos de Al se ven favorecidos por el lavado de Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> y K<sup>+</sup> quedando claro que esto se debe a las altas precipitaciones que existe lo cual genera el lavado de aquellos nutrientes (Orozco & Thienhaus, 1997); a la vez Martín y Pérez, (2009) mencionan que es la razón que el pH da valores que determinan como suelos ácidos y que este tipo de resultados es evidente que ocurra en la Amazonia ecuatoriana.

El aluminio en la solución del suelo es un factor impactante dado el carácter tóxico de este elemento para las plantas, sin embargo los valores obtenidos no reflejan altas concentraciones para los cultivos. También se ha demostrado que la concentración de Al<sup>+++</sup> en la solución del suelo también depende del contenido de la materia orgánica. Por tanto, a mayor contenido de MO existe menor contenido de Al<sup>+3</sup> para su mismo nivel de pH ya que la materia orgánica retiene fuertemente el catión en forma de complejos orgánicos que no permiten su fácil liberación a la solución del suelo (Casanova, 2005).

### **Nitrógeno total (Nt)**

El nitrógeno (N) es indispensable en la nutrición de los seres vivos, también muy importante en las plantas por tal razón es clasificado como macronutriente. Dentro de la agricultura el nitrógeno es considerado como el más influyente en el buen desarrollo de especies vegetales; una de las reservas más importantes para flora es la que se encuentra en la materia orgánica. (Díaz, 1992; Acevedo *et al.*, 2011).

En la Tabla 3 se presenta los resultados de nitrógeno total (Nt) en la que se observa que existen diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos para ambas profundidades. De 0-10 cm el Nt presentó el siguiente orden: BOSQUE > CAFSE > CAMOS > CAMMM > CAFCV > CAFPC > CAFHV y de 10-30 cm fue: BOSQUE > CAFSE > CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFPC > CAFHV.

Tabla 3. Valores promedio de propiedades químicas, del suelo bajo diferentes usos de la tierra a los 0-10 y 10-30 cm de profundidad en el cantón Arosemena Tola, Provincia de Pastaza.

Tratamiento	pH	Al+H meq 100g	Al mg kg <sup>-1</sup>	NT %	P mg kg <sup>-1</sup>	K meq 100ml	CO %	R C/N
<b>Profundidad de 0-10 cm</b>								
CAFHV	5,68 a	2,95 a	1,14 a	0,24 d	3,63 b	0,18 b	2,08 c	8,42 a
CAFPC	5,13 b	2,01 a	0,80 a	0,27 d	7,57 a	0,15 b	2,80 c	10,40 a
CAFVCV	5,21 b	2,19 a	0,56 b	0,29 c	7,04 a	0,18 b	2,76 c	9,51 a
CAFSE	5,01 b	2,17 a	1,04 a	0,88 b	4,32 b	0,19 a	8,60 a	9,68 a
CAMOS	5,48 a	3,04 a	0,37 b	0,40 c	4,37 b	0,25 a	3,84 b	9,50 a
CAMMM	5,28 b	2,26 a	0,56 b	0,29 c	6,68 a	0,33 a	3,06 b	10,58 a
BOSQUE	4,46 c	2,18 a	0,77 a	1,04 a	4,56 a	0,18 b	9,60 a	9,23 a
<b>Profundidad de 10-30 cm</b>								
CAFHV	5,71 a	3,68 c	0,94 a	0,14 c	1,63 b	0,09 c	1,22 c	8,77 a
CAFPC	5,32 a	2,36 c	0,64 a	0,15 c	3,83 a	0,08 c	1,16 c	7,72 a
CAFVCV	5,27 a	3,06 c	0,77 a	0,17 c	3,67 a	0,10 b	1,48 c	8,71 a
CAFSE	5,14 b	0,78 d	0,36 a	0,48 b	1,09 b	0,06 c	4,70 b	9,88 a
CAMOS	5,65 a	8,13 a	0,94 a	0,19 c	2,27 a	0,15 b	1,52 c	7,90 a
CAMMM	5,51 a	4,86 b	0,83 a	0,20 c	3,76 a	0,28 a	1,70 c	8,63 a
BOSQUE	5,21 a	1,06 d	0,48 a	0,68 a	1,88 b	0,08 c	6,49 a	9,49 a

CAFHV: Cacao agroforestal Holger Vizuete; CAFPC: Cacao agroforestal Pedro Cuyachamin; CAFVCV: Cacao agroforestal Carmen Vega; CAFSE: Cacao agroforestal Sergio Estrada; CAMOS: Cacao monocultivo Oswaldo Segovia; CAMMM: Cacao monocultivo Manuel Maldonado; BOSQUE: Bosque intervenido; \* Las letras diferentes significa diferencia entre tratamientos a un nivel de  $P \leq 0,05$ .

Chang, (1991) y Graetz, (2000) menciona que la presencia de N principalmente se da por la existencia de la materia orgánica la cual es descompuesta por macro y microorganismos. Ormeño & Zambrano, (2011) también reportaron mayores valores donde hubo mayor diversidad de especies vegetales.

Los suelos evaluados se caracterizaron por poseer un porcentaje de contenido de nitrógeno medio, ya que se encuentra dentro del rango 0.2–0.8 % (Bertsch, 1995). Es notorio también que existe un cambio en el contenido de nitrógeno al momento de realizar un cambio de uso del suelo, como es en este caso de bosque a monocultivo o agroforestal de cacao. Dicho cambio también ha sido reportado por Bravo *et al.*, (2015) en estudio realizado en la Amazonia Ecuatoriana, quien destaca que en la medida que se incrementa el contenido de carbono se incrementa el contenido de nitrógeno, indistintamente del uso de la tierra.

En esta investigación también mostró mayor porcentaje de nitrógeno total en las primeras profundidades lo cual está asociado a la mayor concentración de materia orgánica; por el contrario en el segundo horizonte se observó menor concentración Nt; coinciden estos resultados con lo realizado por Acevedo *et al.*, (2011).

Los valores más altos de contenido de nitrógeno total (Nt) fueron encontrados en el uso con bosque, seguido de los usos de los manejos con cacao agroforestal y monocultivos con resultados muy variados y sin un patrón definido. Por el contrario, en algunos usos con manejo agroforestal presenta valores muy parecidos con un nitrógeno total y menor que el cacao monocultivo. En estos suelos el manejo histórico ha sido bajo bosque con lo cual los valores de

Nt no necesariamente están definidas por la presencia de árboles en el sistema sino por la reserva de materia orgánica en el suelo.

Se ha señalado que el balance de Nt en el suelo depende del ecosistema bajo estudio (Casanova, 2005). En este sentido se reporta que en sistemas agroforestales con cacao las mayores reservas están en el suelo, y la hojarasca de los árboles de sombra proporcionaron en promedio de 37 Kg de N/ha/año, concluyendo que el sistema puede compensar ampliamente la salida de N por cosecha (Casanova, 2005).

### **Carbono orgánico (CO)**

El carbono orgánico se conoce como la cantidad de residuos acumulados en el suelo, generado especialmente por la descomposición de restos vegetales y animales. Dicha variable constituye uno de los principales parámetros que afecta directamente a las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Martínez *et al.*, 2008). Las plantas son la principal fuente de materia orgánica, ya que parte de sus hojas, tallos, flores, frutos y generalmente todo el sistema radicular, se queda en el suelo cuando el cultivo es cosechado (Casanova, 2005). Una vez oxidada, lo que queda de la materia orgánica ha sido definida como "Humus" que es un material oscuro, heterogéneo y coloidal y es el responsable de gran parte de la capacidad de intercambio de los suelos.

Los valores de Carbono orgánico (CO) mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para ambas profundidades, exhibiendo el siguiente orden: para 0-10 cm BOSQUE > CAMSE > CAMOS > CAMMM > CAFPC > CAFCV > CAFHV y de 10-30 cm BOSQUE > CAMSE > CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFHV > CAFPC (Tabla 8).

El contenido de carbono orgánico se registra como medio ya que se encuentra dentro del rango 1,6–2,6 % y alto porque está por encima de 2,6 % de CO; el único que se registró con un valor muy alto de porcentaje de CO es el BOSQUE (Sinchi, 2010), el resultado obtenido en el bosque respaldado McVay & Rice, (2002) que menciona que los valores oscilan entre 1 y 20 % de CO.

Es claro observar que existe una disminución considerable del %CO en los suelos cuando existe un cambio de uso, bien sea a CAF o CAM. Arrouays y Pellisier, (1994) considera que al momento de realizar tala en los bosques e introducir cultivos hace que el porcentaje de carbono orgánico disminuya. A la vez se presentó mayor porcentaje de CO en las primeras profundidades de todos los tratamientos, esto claramente es porque la descomposición de los residuos se realiza principalmente en los primeros centímetros del suelo (Briceño, 2002). Una de las primeras consideraciones sobre la determinación de la MO en el perfil del suelo, es que su contenido generalmente es mayor en el horizonte superficial que a mayores profundidades, lo cual es debido a que los residuos orgánicos son incorporados o depositados sobre la superficie del suelo.

### **Fosforo disponible (P)**

El fósforo es conocido por ser un elemento esencial en la nutrición de las plantas, se encuentra en el suelo en componentes minerales y orgánicos, sin embargo las especies vegetales necesitan en grandes cantidades para cumplir su ciclo de desarrollo y producción (Lozano *et al.*, 2010). Las fuentes más importantes de P en el suelo son los minerales, la materia orgánica, los fertilizantes, los residuos vegetales y animales (Casanova, 2005).

El contenido de fósforo disponible bajo distintos usos y profundidades consideradas se muestra en la Tabla 3 se puede apreciar diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos para ambas profundidades. Para el horizonte superficial el orden obtenido fue: CAFPC > CAFCV > CAMMM > BOSQUE > CAMOS > CAFSE > CAFHV, mientras que en el segundo intervalo de muestreo con el orden CAFPC > CAMMM > CAFCV > CAMOS > BOSQUE > CAFHV > CAFSE.

La disponibilidad de P en todos los usos evaluados presenta niveles menores de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  para ambas profundidades. Independientemente del uso de la tierra dichos valores son considerados bajos, y el poco fósforo orgánico liberado está siendo provechado por las plantas. Se ha señalado que en suelos ácidos la disponibilidad de fósforo (P) es normalmente bajo, lo cual está asociado a la presencia de iones de hierro (Fe) y aluminio (Al) con los cuales se forma compuestos insolubles que no son asimilables por las plantas (Lozano *et al.*, 2010).

### **Potasio disponible (K)**

El potasio es uno de los elementos más necesarios para el desarrollo de las plantas, y el cual es requerido en grandes cantidades; por eso cuando existe escasez influye en el desarrollo y crecimiento de los cultivos y a la vez son más sensibles a la afección por enfermedades (INPOFOS, 1994). Este elemento es absorbido por las plantas en forma de cationes ( $K^+$ ) y su principal fuente en los suelos son los minerales primarios como las micas y los feldespatos potásicos (Casanova, 2005).

Los niveles de potasio presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en ambas profundidades. Para el intervalo de 0-10 cm el orden obtenido fue: CAMMM > CAMOS > CAFSE > BOSQUE > CAFCV > CAFPC > CAFHV, mientras que de 10-30 cm presentó el siguiente orden: CAMMM > CAMOS > CAFCV > CAFHV > CAFPC > BOSQUE > CAFSE.

La mayoría de aquellos suelos se presentaron dentro de un rango bajo de potasio ya que se encuentran por debajo de  $<0,20 \text{ meq } 100\text{ml}$ , otros tratamientos como el CAMOS Y CAMMM se presentaron dentro del rango de  $0,20-0,38 \text{ meq } 100\text{ml}$  lo cual se expresa con un nivel medio de K (Bertsch, 1995). Padilla, (2004) menciona que en suelos ácidos y ligeramente ácidos (pH 5,1 a 5,9) los niveles de K tienden a disminuir. Al respecto, se ha indicado que por las características de la zona con altas precipitaciones ha ocurrido un lavado de los principales cationes ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ , y  $Mg^{++}$ ) que hace que predominen en la fracción de intercambio otro tipo de iones como hierro, aluminio (Bravo, 2015). Por ello normalmente indistintamente de los tratamientos las concentraciones de  $K^+$  tienden a estar en niveles bajo, lo cual se agudiza con la profundidad.

### **CONCLUSIONES**

Los valores obtenidos de propiedades físicas (Da, Ksat, Pt, Pa, Pr) evaluadas en los usos de suelo CAF, CAM y bosque intervenido como referencia, presentó de manera general mucha variabilidad, sin embargo no hay problemas de compactación, la porosidad se encuentra en un rango adecuado lo cual permite una buena aireación e infiltración.

Las propiedades químicas (pH, Al+H, Al, P, K) presentaron valores no muy adecuados para el desarrollo de las plantas, reflejando son suelos ácidos, en de baja disponibilidad de nutrientes, por lo que se concluye que la calidad química de estos suelos está muy influenciada por la génesis o su material parental.

Los indicadores Da, Pt, Pa, CO y Nt son los más representativos para ser usados en estudios de calidad de suelo, en la zona de Arosemena Tola, ya que permiten diferenciar los cambios que existen al implantar sistemas agroforestales y monocultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, D. R., Ordoñez, Y. A., & Navia, J. F. (2010). Evaluación de algunas propiedades físicas en suelos con diferentes usos en sistemas productivos del Altiplano de Pasto-departamento de Nariño. Santo Domingo: XII Congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo.
- Alvarado, A., & Forsythe, W. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 29(1), 85-94.
- Alves, M. y Paz, J. (2003). Variabilidad en el pH de un suelo decapitado sometido a diferentes tratamientos de recuperación. En: IX Conferencia Española de Biometría: 3-4. La Coruña.
- Amézquita, E. y Chávez, L. F. (1999). La compactación del suelo y sus efectos en la productividad de los suelos. Congreso Costarricense de la Ciencia del Suelo, San José, Costa Rica.
- Amores, F., Palacios, A., Jiménez, J., & Zhang, D. (2009). Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor Oriente de la provincia de Esmeraldas. Quevedo: INIAP.
- Andrews, S.S., & Carroll, C.R. (2001). Designing a decision tool for sustainable agroecosystem management: Soil quality assessment of a poultry litter management case study. *Ecol. Appl.* 11:1573–1585
- Arshad, M.A., B. Lowery, and B. Grossman. (1996). Physical tests for monitoring soil quality. P. 123-142. In: J. W. Doran and A. J. Jones (eds.) *Methods for assessing Soil quality*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Astier, C., Maass, M. y Etchevers B. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36(5): 605-620
- Barros, O. (1981). *El cultivo de Cacao: Manual Guía de Asistencia Técnica*.
- Bautista, C. A., Etchevers, B. J., F. Del Castillo, R., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2), 90-97.
- Bertsch, F. (1995). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. San José, Costa Rica: ACCS.
- Blake, G., & Hartge, H. (1986). *Methods of soil analysis*. Part 1. Agronomy monograph. Madison, Wisconsin, EE. UU: American Society of Agronomy.
- Bravo, C., Benítez, D., Vargas, B. J., Alemán, R., Torres, B., & Marín, H. (2015). Caracterización socio-ambiental de unidades de producción agropecuaria en la Región Amazónica Ecuatoriana: Caso Pastaza y Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(1), 4 - 31.
- Bravo, M. C. A. (2015). *Sustentabilidad y calidad del suelo en sistemas agroforestales de la Región Amazónica Ecuatoriana. Estudio de caso: Provincia de Pastaza y Napo*. Puyo, Pastaza, Ecuador: Secretaría nacional de educación superior, ciencia tecnología e innovación "Proyecto Prometeo".

- Cantú, M. P., Becker, A., Bedano, J. C., & Schiavo, H. F. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178.
- Casanova, O. E. F. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo*. Caracas: UCV, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Custode, E., y Sourdat M. (1986). Paisajes y suelos de la Amazonía ecuatoriana: entre la conservación y la explotación. *Revista del Banco Central del Ecuador* 24: 325-339.
- Enríquez, G. A. (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie materiales de enseñanza No. 22. 240p.
- Jadán, O., Torres, B., y Günter, S. (2012). Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 1(3), 173-186.
- Lozano, Z., Romero, H., & Bravo, C. (2010). Influencia de los cultivos de cobertura y el pastoreo sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana. *Agrociencia*, 44(2), 135-146.
- Martin, N. J., y Pérez, G (2009). Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la Provincia de Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana. *Cultivos Tropicales* 30:5-10.
- Martínez, H. E., Fuentes, E. J. P., & Acevedo, H. E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8 (1), 68-96
- Pla Sentís, I. (2010). Medición y evaluación de las propiedades física de los suelos: dificultades y errores más frecuentes: Propiedades mecánicas. *Suelos Ecuatoriales* 40 (2): 75-93.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-70

**Título del trabajo:** Propuesta para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de Jeans en el río Patate, cantón Pelileo.

**Autor (es):** Rodrigo René Guerrero Shaca

**Ponente (s):** Rodrigo René Guerrero Shaca

**E-mail:** [rodrigo\\_rene13@hotmail.com](mailto:rodrigo_rene13@hotmail.com)

**Institución:** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

La presente investigación se enfoca en la caracterización de las aguas residuales y en el diseño de una alternativa sostenible para el tratamiento de las aguas residuales evacuadas por las fábricas de jeans en el río Patate, teniendo justificación esta investigación en el hecho de que el cantón Pelileo cuenta con un sin número de fábricas de jeans, que son una de las principales fuentes de ingreso para el cantón, en la mayoría de dichas fabricas los desechos de la elaboración y tinturación son expulsados directamente en el río Patate constituyéndose en una de las principales fuentes contaminantes en dicho río, siendo perjudicadas las poblaciones de El Viñedo, La Playa Baja, Punebata, Huambaló entre otras, que se encuentran a orillas del río Patate. Mediante información facilitada por el GAD municipal del cantón Pelileo se logró establecer que la población en un 68% tiene problemas de salud debido a los químicos presentes en la evacuación directa de las aguas residuales. Nos planteamos entre otros objetivos, la determinación del principal químico que produce la contaminación del río Patate, establecer y ejecutar programas de control de aguas residuales provenientes de las fábricas de jeans y proponer la implementación de plantas de tratamiento para aguas residuales en las fábricas de jeans. Para este fin se realizó muestreo y caracterización de las aguas residuales, se generó encuestas en la población identificada como susceptible, se utilizó también la consulta bibliográfica como técnica de verificación y de apoyo a la fase de campo. Una vez recopilada la información de la caracterización de las aguas residuales se procedió a generar una propuesta factible tanto económica como ambientalmente sustentable para la construcción de una planta de tratamiento que permita que las empresas de jeans de la ciudad de Pelileo cumplan con la normativa ambiental vigente.



## II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – ECUADOR 2016

Universidad Central del Ecuador

14, 15, 16 y 17 de junio de 2016

### COMISIÓN NO. 4. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL VI Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA´2016)

**Código:** TEIMA4-73

**Título del trabajo:** Modelación del tratamiento biológico, análisis con un ensayo experimental en un reactor discontinuo aerobio.

**Autor (es):** Carlos Xavier Zagal Andrade, Paola Jacqueline Duque Sarango, Daysi Maribel Patiño Ramón, Santiago Ismael Segarra Cabay, Wilmer Ricardo Robles Alvarado, Xavier Estuardo López Ullauri, Andrea Maribel Llangari Sibri, Martha Nohemi Guzmán Juárez

**Ponente (s):** Carlos Xavier Zagal Andrade

**E-mail:** [czagala@est.ups.edu.ec](mailto:czagala@est.ups.edu.ec)

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana

**País:** Ecuador

#### RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el rendimiento del tratamiento biológico por lodos activados de una planta piloto de aguas residuales. Para lo cual se construyó una planta piloto de aguas residuales con un reactor de volumen establecido, manual, con aireación extendida, el mismo que se instaló en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana. Se utilizó agua residual urbana obtenida del cajón de llegada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ucubamba de Cuenca. Se procedió a realizar un control de ciertos parámetros como, pH, conductividad, temperatura, sedimentabilidad y DBO. Se usó un agitador de laboratorio (prueba de jarras) de 6 paletas y 6 vasos de 1000 ml. El ensayo consistió en colocar un volumen de agua residual de ensayo (800ml) en vasos de precipitación. Se ensayó con dosis creciente de  $Cl_3Fe$ , en los rangos (5 ml – 10ml – 15ml – 25ml – 35ml, de la solución preparada). Seguido a esto se estableció el modelo cinético de degradación de sustrato, validación y calibración de dicho modelo, con los datos de campo obtenidos. Se comparó los resultados experimentales con el modelo teórico para definir el comportamiento de degradación de materia orgánica y se obtuvo un resultado comparable entre ambos procesos, se realizó un ajuste estadístico de los 2 modelos siendo la tendencia similares. Se probó un ajuste exponencial obteniendo un valor k (coeficiente de degradación de la materia orgánica) igual a 0.233 y con un  $R^2$  de 0.93 y 0.80 en el modelo teórico y exponencial respectivamente.

**Palabras claves:** lodos activados, bacterias heterótrofas, bacterias autótrofas, DBO, modelos cinéticos

## INTRODUCCION

El tratamiento de aguas incluye procesos biológicos aerobios y anaerobios, su combinación conocida como procesos híbridos muestran una mejor capacidad de eliminación de contaminantes. (Ashrafi1, et al., 2010).

Las tecnologías convencionales de descontaminación de aguas residuales más usadas incluyen tratamientos químicos, físicos y biológicos. Muchos de estos tratamientos son efectivos y dependen del tipo de contaminante que se vaya a tratar. (Esplugas, et al., 2002).

El tratamiento biológico de aguas residuales consiste en la eliminación de contaminantes biodegradables del agua mediante microorganismos, como consecuencia del consumo de los microorganismos de los contaminantes orgánicos y de los nutrientes del agua residual, se genera una biomasa que constituye un lodo o fango, lo cual exige extracción ulterior. (Peña, et al., 2001).

Desde el punto de vista del control automático, los modelos matemáticos son una herramienta muy importante para analizar las propiedades de un sistema (estabilidad, condiciones de operación, control, etc.), así como para predecir el comportamiento del proceso mediante simulaciones numéricas y diseñar e implementar estrategias de control. En el caso de la digestión aerobia, el modelo matemático debe considerar los fenómenos esenciales (biológicos, fisicoquímicos) y las principales variables (biomasa, sustratos, oxígenos disueltos, etc.) del proceso para garantizar una representación confiable.

En general, los modelos matemáticos de la digestión aerobia se conforman por ecuaciones algebraicas y diferenciales para representar los principales fenómenos fisicoquímicos, biológicos que ocurren en el proceso. (Salvador, et al., 2014).

El presente trabajo consiste en mejorar la calidad del agua que ingresa en un reactor biológico experimental; de capacidad de 15 L, aplicar un condicionamiento del sistema para optimizar el crecimiento de bacterias, así como establecer un protocolo de mediciones y control, contribuir a la clarificación del agua residual, mediante la adición de sustancias químicas y por último comprobar y validar el sistema de tratamiento tipo reactor discontinuo mediante la estructuración, formulación y validación de un modelo matemático basados en expresiones cinéticas del tratamiento biológico.

Los objetivos planteados: \*Realizar un ensayo experimental de un tratamiento biológico de aguas residuales en condiciones controladas y su validación con un modelo matemático teórico; por lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos: 1.- Acondicionar el sistema del reactor biológico aerobio optimizando el crecimiento de bacterias y establecer un protocolo de mediciones de control y rendimiento, y; 2.- Comprobar y validar el sistema de tratamiento tipo reactor discontinuo para la degradación de la materia orgánica con un modelo teórico matemático.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL**

Para la construcción del reactor se contó con dos estructuras básicas y un soporte metálico, la primera es un tanque de almacenamiento, con capacidad de 16 litros, la segunda es de vidrio con dimensiones (25cmx30cmx50cm), se aireación superficial. Se instaló una manguera de 1 pulg para el caudal de entrada del reactor y para la toma de muestras se coloca la manguera de ½ pulg en la parte inferior del reactor.

### **PREPARACIÓN DE SOLUCIONES QUÍMICAS**

#### **Materiales, Equipos y Reactivos**

- Pipetas 10ml
- Peras de succión
- Matraz 150ml-200ml
- Micropipeta
- Agitador
- Cono imhoff 1000ml
- Balón de aforo 250ml
- Botellas de incubación
- DBOmetro
- Pizeta
- Probeta 250 ml
- Vasos de precipitación 100ml y 500ml
- Goteros
- Portaobjetos
- Cubre objetos

#### **Reactivos (Control de PH, uso de microscópio, coagulación)**

- Agua destilada
- Cloruro férrico (10gr en 250ml)
- Hidróxido de sodio (2-3 lentejas)
- Ácido clorhídrico (50ml para subir 1 unidad de pH)
- Azul de metileno (1 gota)
- Solución yódica (0,3ml)
- Lugol (0,3ml)
- Aceite de inmersión (1 gota)
- Sulfato férrico (0,3 ml)

#### **Nutrientes**

- Ácido fosfórico
- Sulfuro de magnesio
- Cloruro amónico
- Ácido acético
- Acetato de sodio

## **Compuestos Orgánicos Complementarios**

- Proteína vegetal (harina de soya)
- Proteína Animal (Gelatina)
- Lípidos (aceite)
- Proteína animal (leche en polvo)
- Carbohidratos (Azúcar)

## **Equipos**

- Multi-P (Se calibre con soluciones buffer estandarizadas)
- Microscopio
- Balanza
- Refrigerador Incubador (27°C)
- Jar-Test

## **PARÁMETROS MEDIDOS DE CONTROL Y RENDIMIENTO EN LA PLANTA EXPERIMENTAL**

Se realizó la preparación de las soluciones químicas (NaOH, HCl) con el propósito de controlar el pH, conductividad; se inyectan nutrientes en el agua residual para el desarrollo microbiano. Para la prueba de Jar-Test se preparó una solución estándar de  $Fe_2Cl_3$ . Se realizó las pruebas de  $DBO_5$ , sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y conductividad con el objetivo de medir el rendimiento de la planta piloto.

### **Ensayo de la DBO**

Se tomó un volumen de 125ml de agua del reactor, y se aforó con 500ml de agua destilada, para colocar en una botella de incubación con los nutrientes, 0,3 ml (ácido fosfórico, sulfuro de magnesio, cloruro férrico y cloruro amónico); más el tapón de caucho con la cantidad suficiente de lentejas de sosa. Las mediciones de la DBO se realizaron diariamente. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992.)

### **Ensayo de Sedimentabilidad**

Se usó un cono Imhoff de 1000 ml, donde se colocó la muestra, para dejar sedimentar y se leer el volumen del sedimento a los 30 minutos en la escala. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992.)

### **Medición de pH, OD y Conductividad**

El pH, OD y Conductividad se midieron con la sonda modelos Hanna hi 98107. La calibración de los equipos se realizó según procedimientos estandarizados (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992.). Las mediciones fueron registradas diariamente, varias veces al día. En el caso del pH, se reguló el mismo para mantener el sistema en un funcionamiento de pH neutro.

### **Determinación de coagulación y floculación**

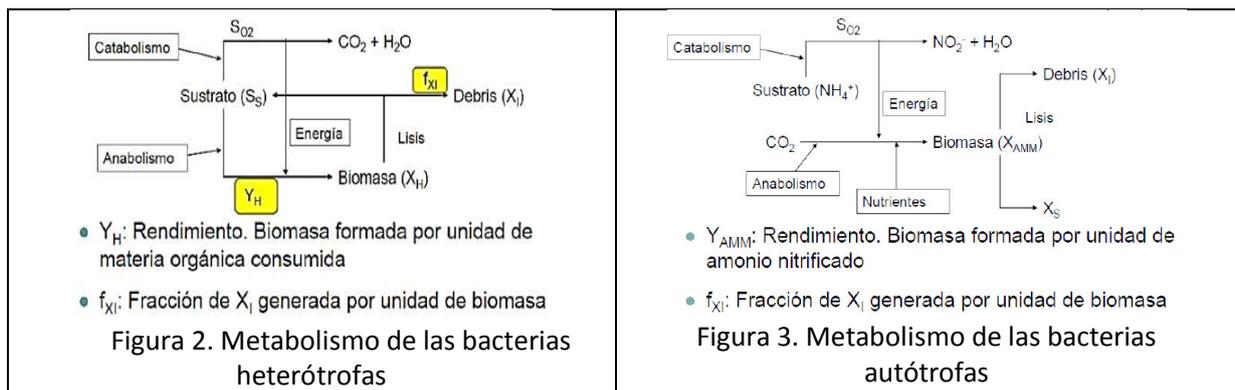
Esta prueba se utiliza para determinar la dosis más efectiva de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento. También se utiliza para determinar las velocidades de sedimentación en el diseño de tanques de sedimentación y para conocer el potencial del agua cruda para la filtración directa.

Se usó un agitador de laboratorio (prueba de jarras) de 6 paletas y 6 vasos de 1000 ml. El ensayo consistió en colocar un volumen de agua residual de ensayo (800ml) en vasos de precipitación. Se ensayó con dosis creciente de  $\text{Cl}_3\text{Fe}$ , en los rangos (5 ml – 10ml – 15ml – 25ml – 35ml, de la solución preparada). Se experimentó, durante 5 minutos a una velocidad de 125 rpm para la coagulación y 30 rpm en 20 minutos para el proceso de floculación. Posterior a esto, se realiza el ensayo de sedimentación, en un cono imhoff. Medir los parámetros de control (pH, color y conductividad) de cada muestra.

## ETAPAS DESARROLLADAS

### Modelación de los procesos biológicos en la planta experimental

En la gráfica siguiente se muestra los procesos biológicos tomados en cuenta para la modelación:



Mientras que en la tabla siguiente se muestra la notación matricial planteada para el reactor biológico en base a los procesos metabólicos de las bacterias.

Tabla 1. Notación matricial para el reactor biológico

Procesos			Componentes								
			S O <sub>2</sub>	S <sub>NH4</sub>	S <sub>NO2</sub>	S <sub>NO3</sub>	X <sub>Am</sub> m	X <sub>Ni</sub> T	X <sub>H</sub>	X <sub>S</sub>	X <sub>i</sub>
HETEROTROFAS	CRECIMIENTO	$X_S + O_2 \rightarrow Y_H \cdot X_H$	A	-i <sub>NBM</sub>					1	- (1/Y <sub>H</sub> )	
	LISIS	$X_H \rightarrow X_S + F_{xi} \cdot X_i$		i <sub>NBM</sub>					-1	B	f <sub>xi</sub>
AUTOTROFAS AMONIOXIDANTES	CRECIMIENTO	$(1/Y_{Amm}) \cdot NH_4 + O_2 \rightarrow X_A$ mm+NO <sub>2</sub>	C	(- 1/Y <sub>am</sub> m <sup>-</sup> i <sub>NBM</sub> )			1				
	LISIS	$X_{Amm} \rightarrow F_{xi} \cdot X_i + X_S + NH_4$		i <sub>NBM</sub>			-1			D	F <sub>D</sub> A
AUTOTROFAS NITRITOOXIDANTES	CRECIMIENTO	$(1/Y_{Nit}) \cdot NO_2 + O_2 + NH_4$ $\rightarrow X_{NIT} + NO_3$	E	-i <sub>NBM</sub>	- [1/Y <sub>N</sub> it]	F		1			
	LISIS	$X_{Nit} \rightarrow f_{xi} \cdot X_i + X_S + NH_4$		i <sub>NBM</sub>				-1		G	F <sub>D</sub> A
MATERIALES A CONSERVAR		DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	-1		- 48/1 4	- 64/ 14	1	1	1	1	1
		N <sub>2</sub> (mgN/L)		1	1	1	i <sub>NB</sub> M	i <sub>NB</sub> M	i <sub>NB</sub> M	i <sub>NXS</sub>	i <sub>N</sub> XI

### Componentes

Para el desarrollo del modelo se consideró 9 componentes de los cuales 4 son solubles y 5 suspendidos.

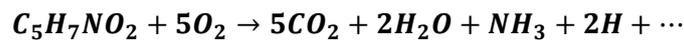
- S<sub>O<sub>2</sub></sub>: Oxígeno soluble necesario en los procesos aerobios.
- S<sub>NH<sub>4</sub></sub>: Nitrógeno amoniacal, actuando como sustrato en el metabolismo de las bacterias autótrofas y como nutriente en las bacterias heterótrofas.
- S<sub>NO<sub>2</sub></sub>: Nitrito, este componente es el resultado de la oxidación del Nitrógeno Amoniacal por las bacterias Amoniooxidantes y la oxidación de este componente nos da Nitrito a través de las bacterias Nitritooxidantes.
- S<sub>NO<sub>3</sub></sub>: Nitrito este actúa como aceptor de electrones en los procesos anóxicos, desarrollado por las bacterias heterótrofas facultativas, teniendo como resultado Nitrógeno molecular.
- X<sub>h</sub>: Bacterias heterótrofas utilizan la materia orgánica presente en el agua residual como fuente de carbono para la síntesis celular
- X<sub>amm</sub>: Bacterias autótrofa que actúan oxidando el Nitrógeno Amoniacal en el proceso de nitrificación
- X<sub>nit</sub>: Bacterias autótrofa que actúan oxidando el Nitrito en el proceso de nitrificación
- X<sub>S</sub>: Materia Orgánica lentamente biodegradable
- X<sub>i</sub>: Materia orgánica suspendida no biodegradable o inerte

## Coefficientes

### Nomenclatura

- $Y_H$  : Rendimiento, biomasa formada por unidad de materia orgánica consumida
- $Y_A$ : rendimiento, biomasa formada por unidad de materia orgánica consumida de autótrofas
- $K_{NH_4}$ : Constante de semisaturación del aluminio.
- $F_{XI}$ : Fracción de  $XI$  generada por unidad de biomasa.
- $F_{OH}$ :
- $I_{nbm}$ : Cantidad de nitrógeno en la biomasa.
- $I_{nxs}$ : cantidad de nitrógeno  $xs$  (materia lentamente biodegradable)
- $I_{nxi}$ : cantidad de nitrógeno  $xi$  (debris)

### Balance de la estructura molecular de la bacteria



Peso molecular de la bacteria: 113 g/mol

### Índice de la cantidad de nitrógeno en la biomasa ( $i_{NBM}$ )

$$i_{NBM} = \frac{[\text{peso N}]}{[\text{peso bacteria}]}$$
$$i_{NBM} = \frac{14 \text{ gr}}{113 \text{ gr}} = 0,12 \text{ gr } \frac{N}{g} DQO$$

### Índice de la cantidad de nitrógeno en la materia suspendida

$$i_{NXs} = \frac{[\text{peso N}]}{[\text{peso Xs}]}$$
$$i_{NBM} = \frac{14 \text{ gr}}{160 \text{ gr}} = 0,087 \text{ gr } \frac{SST}{g} DQO$$
$$1 \text{ Xs} \rightarrow 5O_2$$

### Reacciones en el proceso de nitrificación

$$\frac{3}{2} O_2 = 48 \text{ gr}$$

$$\frac{1}{2} O_2 = 16 \text{ gr}$$

### Nitrato soluble ( $SNO_2$ )

$$\frac{48 \text{ gr DQO}}{14 \text{ gr N}}$$

### Nitrato soluble ( $SNO_3$ )

$$\frac{64 \text{ gr DQO}}{14 \text{ gr N}}$$

### Materiales a Conservar

Para poder resolver las ecuaciones de continuidad de los distintos procesos es necesario definir los materiales a conservar y obtener los factores necesarios para la conservación de las unidades de medida de cada componente.

- 1) **DBO**: Medida en unidades de O<sub>2</sub>/L, representa el consumo de materia orgánica por partes de microorganismo presentes en la muestra en nuestro caso fue de 4 días.
- 2) **N<sub>2</sub>**: Medida en unidades de N/l, debido al que nitrógeno se reintegra al proceso metabólico microbiano en forma de materia lentamente biodegradable, que se vuelve asimilable mediante un proceso de hidrolisis.

### Ecuaciones de continuidad

Método numérico de Euler

- Oxígeno (O<sub>2</sub>)  

$$CX_{s_t} = CX_{s_{t-1}} + [-1,66 (r_1) + 0,8(r_2) + 0,8(r_4) + 0,8(r_6)].\Delta t$$
- Amonio NH<sub>4</sub>  

$$CNH_{4_t} = CNH_{4_{t-1}} + [-0,12(r_1) + 0,12(r_2) - 0,16(r_3) + 0,12(r_4) - 0,12(r_5) + 0,12(r_6)].\Delta t$$
- Nitrato NO<sub>3</sub>  

$$CNO_{3_t} = CNO_{3_{t-1}} + [4,17 (r_5)].\Delta t$$
- X<sub>amm</sub>  

$$CX_{amm_t} = CX_{amm_{t-1}} + [(r_3) - (r_4)].\Delta t$$
- X<sub>nit</sub>  

$$CX_{nit_t} = CX_{nit_{t-1}} + [(r_5) - (r_6)].\Delta t$$
- X<sub>H</sub>  

$$CX_{H_t} = CX_{amm_{t-1}} + [(r_3) - 1(r_4)].\Delta t$$
- X<sub>s</sub>  

$$CX_{s_t} = CX_{s_{t-1}} + [(-1,66) (r_1) + 0,8(r_2) + 0,8(r_4) + 0,8(r_6)].\Delta t$$
- X<sub>i</sub>  

$$CX_{i_t} = CX_{i_{t-1}} + [0,2(r_2) + 0,2(r_4) + 0,2(r_6)].\Delta t$$

### Procesos y Cinéticas de Reacción

Tabla 2. Procesos y cinéticas de reacción en el reactor biológico

PROCESOS		CINÉTICAS DE REACCIÓN
HETEROTROFAS	CRECIMIENTO	$r_1 = \mu_H \left( \frac{S_{O_2}}{K_{S_{O_2}} + S_{O_2}} \right) \left( \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \right) \left( \frac{X_s}{K_{X_s} + X_s} \right) X_H$
	LISIS	$r_2 = b_H X_H$
AUTOTROFAS AMONIOXIDANTES	CRECIMIENTO	$r_3 = \mu_{mA} \left( \frac{S_{O_2}}{K_{S_{O_2}} + S_{O_2}} \right) \left( \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \right) X_{AMM}$
	LISIS	$r_4 = b_A X_{AMM}$
AUTOTROFAS NITRITOOXIDANTES	CRECIMIENTO	$r_5 = \mu_{mA} \left( \frac{S_{O_2}}{K_{S_{O_2}} + S_{O_2}} \right) \left( \frac{S_{NO_2}}{K_{NO_2} + S_{NO_2}} \right) \left( \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \right) X_{NIT}$
	LISIS	$r_6 = b_A X_{NIT}$

## APLICACIÓN DEL MODELO PARA EL ENSAYO EXPERIMENTAL, EN CONDICIÓN DE REACTOR DISCONTINUO

Un reactor discontinuo ideal es aquel en el que no hay entrada ni salida por lo que una vez adicionado los reactivos en el interior del reactor se debe esperar el tiempo necesario para posterior vaciar el contenido. Por otro lado la masa total de la mezcla de reacción se mantiene constante y la composición es la misma en todos los puntos del reactor para un instante de tiempo dado.

A continuación se muestra el balance de masa dentro del reactor:

$$\text{Vol.} \frac{dX_H}{dt} = Q_e X_H - Q_s X_H + [(r_1) + (r_2) + (r_4) + (r_6)]. (\text{Vol})$$

Resuelto mediante Euler; quedaría:

$$CX_{s_t} = CX_{s_{t-1}} - ((-1.66)(r_1) + 0,8(r_2) + 0,8(r_4) + 0,8(r_6)) * \Delta t$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros físicos de Control

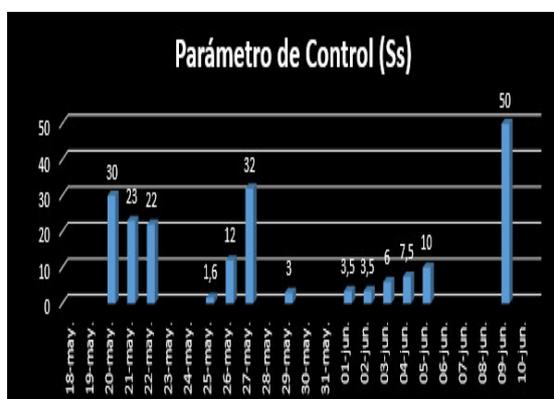


Figura 4 Solidos sedimentables

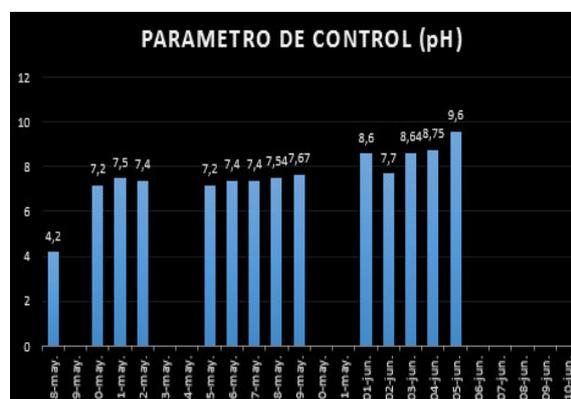


Figura 5 Medidas de pH en 19 días de control

Se observó que la sedimentación se vio mejorada y por tanto hubo un desarrollo de flóculos adecuada, según lo evidencia la figura 4. El gráfico 5 muestra el control del pH, las variaciones del mismo se debió a la presencia de bacterias facultativas por las reacciones bioquímicas en el reactor.

### Rendimiento del Reactor Discontinuo Experimental

La degradación de la materia orgánica por los microorganismos aumenta disminuyendo la concentración de la DBO en el reactor discontinuo aerobio, según la figura 6.

Al realizar una comparación entre la DBO<sub>5</sub> del método experimental y la modelación matemática (DBO<sub>5</sub> teórica), podemos observar que en ambos casos se da una correcta degradación de materia orgánica, comprobando así el modelamiento matemático es una correcta muestra de la realidad del funcionamiento de la planta piloto en un laboratorio, lo que fue evidenciado con los valores obtenidos teórica y experimentalmente.



Figura 6 Datos experimentales de la DBO5

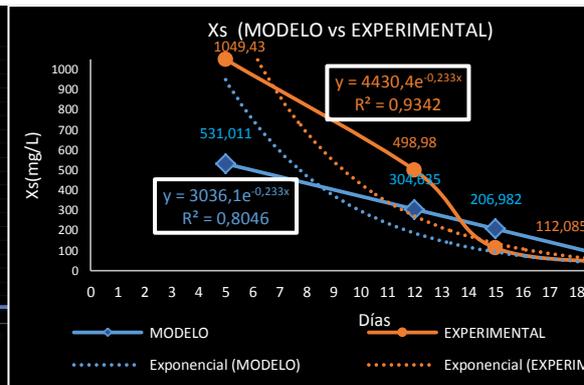


Figura 7 Concentraciones de Xs en el modelo matemático Vs modelo experimental

En la gráfica 7, el ajuste se utilizó el valor de  $Y_H=0,767=(1-K)$  donde K (coeficiente de degradación de M.O)=0,233 fue tomado del modelo experimental. Se utilizaron coeficientes teóricos en base a estudios anteriores.

### Prueba de Jar-Test (Prueba de Jarras)

Del resultado de los ensayos, se seleccionó 25 ml de  $Cl_3Fe$ , luego de realizar el ensayo de Jar-Test, se determina una sedimentación de 146 (ml/L) con un pH de 7,5 y un color de 35,6. Para un óptimo funcionamiento y rendimiento máximo asegurando la correcta mezcla en el proceso de coagulación, por cada  $m^3$  de agua residual se debe añadir 31,25 l de  $Fe_2Cl_3$  (dilución 1/10).

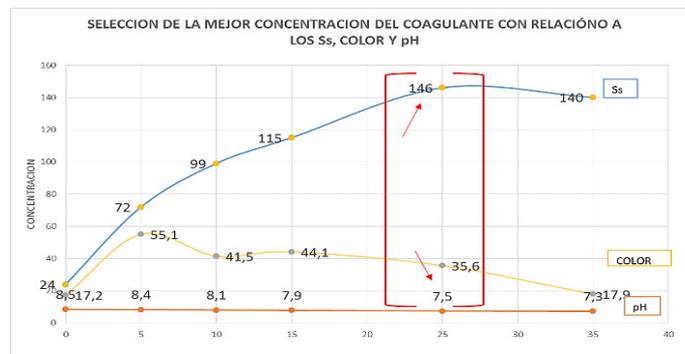


Figura 8 Resultados de la Prueba Jar-Test

### CONCLUSIONES

Para el análisis de las gráficas de DBO se utilizó el Software estadístico SPSS, el cual nos ayudó a mejorar la precisión en el manejo de datos. Las gráficas de la DBO fueron realizadas con líneas de tendencia logarítmica y exponencial para determinar valores de degradación de la materia orgánica.

Se comparó los resultados experimentales con el modelo teórico para definir el comportamiento de degradación de materia orgánica y se obtuvo un resultado comparable entre ambos procesos, se realizó un ajuste estadístico de los 2 modelos siendo la tendencia similares. Se probó un ajustes exponencial obteniendo un valor k (coeficiente de degradación de la materia orgánica) igual a 0.233 y con un  $R^2$  de 0.93 y 0.80 en el modelo teórico y exponencial respectivamente.

Realizado los análisis de DBO y degradación se aplicó la prueba Jar –Test (prueba de jarras), mediante los parámetros de concentración vs color, Ss, y pH, para observar los beneficios/costos que tiene la misma.

En el procedimiento experimental, para disminuir el exceso de espumas atribuido al exceso de bacterias filamentosas, se recirculó el agua residual, mientras que para disminuir la presencia de olores fuertes se debe mejorar la aireación y mantener el pH en un rango óptimo para el desarrollo de los microorganismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arboleda, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua.*, 3 ed., Bogotá – Colombia., Editorial NOMOS. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2008.

Ashrafi1 O., Yerushalmi L., Haghghat. (2010) Wastewater treatment in the pulp-and-paper industry: A review of treatment processes and the associated greenhouse gas emission. P 10-35.

Cárdenas C., Perruolo T. y Ojeda M. (2006). Evaluación del proceso de nitrificación y desnitrificación en el tratamiento de aguas residuales utilizando un reactor por carga. *Revistas Científicas y Humanísticas.* Venezuela: Red Universidad del Zulia. ProQuest ebrary.

Cortada A. (2009). *Aplicación de microorganismos de acción dirigida al tratamiento de aguas residuales industriales.* Cuba: D - Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. ProQuest ebrary.

Delgado J., Rennola L., and Lugo S. (2006). Diseño y construcción de una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales por lodos activados y su puesta en marcha para tratar vinazas de una destilería. *Revista Ciencia e Ingeniería.* 27(3), 2006. Venezuela: Red Universidad de Los Andes.

Esplugas S., Giménez J., Contreras S., Pascual E., Rodríguez M., et al. (2002). Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation. *Water Research* 36, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Barcelona, Spain. P 1034–1042.

Ferrer J., Torrecilas A. (2010). *Tratamiento Físico y Químico de Aguas Residuales,* Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad. Politécnica de Valencia. P 9-67.

Pacheco V., Jáuregui B., and Pavón T. (2006). Control del crecimiento de microorganismos filamentosos en una planta de tratamiento de aguas residuales industriales. México: Red Revista Internacional de Contaminación Ambiental.

Pérez A.(2010). *Cinética de degradación de fenol en un reactor de tratamiento biológico de aguas residuales de coquería.* Acciona Agua. Avda. De Europa, 22. Parque empresarial La Moraleja. 28108 Alcobendas; Madrid.

Salvador C., Edgar N., Sánchez J., Jean-François B., Díaz L. (2014). Análisis de un Proceso de Tratamiento de Efluentes para Producción de Metano, *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial* 11. P 236–246.

**QUIÉNES SOMOS:**



**REIMA A.C.**  
proyectos ambientales  
para el desarrollo sostenible

## MISION

Promover activamente la concienciación sobre los principales problemas ambientales a escala local, nacional e internacional; buscando soluciones que ayuden a mitigar los impactos ambientales de la actividad humana que de forma práctica, sean socialmente justas y económicamente viables.

## VISION

REIMA se consolida como una plataforma para la articulación social en función de la sostenibilidad ambiental en Iberoamérica a partir del principio de soluciones locales para problemas globales. Por ello tratamos de aterrizar los grandes temas de la agenda ambiental internacional en la realidad local en donde actuamos.

## OBJETIVOS GENERALES:

Promover el intercambio de experiencias a través de la realización de proyectos de investigación y desarrollo y eventos académicos relacionados con la sostenibilidad ambiental en Iberoamérica.

Contribuir a la formación ambiental de líderes comunitarios para la gestión de proyectos de desarrollo endógeno, favoreciendo la participación de grupos vulnerables y población joven en general.

Difundir eventos (cursos, seminarios, congresos, talleres, jornadas, conferencias) relacionados con la sostenibilidad ambiental en Iberoamérica y la discusión on line de temas de interés común para los asociados.

## ALIANZAS ESTRATÉGICAS:

Trabajamos junto con el sector privado, instituciones educativas, gobierno y otras asociaciones civiles brindando asesoría científico-técnica para la identificación, formulación, negociación, implementación, monitoreo y evaluación de programas y proyectos relacionados con la gestión ambiental integral.

Estamos presentes en más de 25 países:

**América:** Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Islas Vírgenes Británicas, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, Uruguay, Venezuela

**Europa:** Alemania, España, Francia, Italia, Portugal

**África:** Angola

Nuestros Puntos Focales Nacionales:

**Cuba.** Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca"

**Colombia.** Universidad Tecnológica de Pereira

**Ecuador.** Universidad Estatal del Sur de Manabí

**Honduras.** Universidad Nacional de Honduras



## MISIÓN

La Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales es **una organización de cooperación académico-científica y coordinación de acciones entre las instituciones de educación superior ecuatorianas**, y otras redes nacionales e internacionales, interesadas en la formación profesional de calidad en los temas que le dan su nombre.

## PRINCIPIOS DE COOPERACIÓN

- La Red será no excluyente.
- La Red se organizará de manera descentralizada, sin ningún tipo de jerarquías.
- La Red se adaptará a las necesidades del entorno vigentes en beneficio de la Academia.
- Las acciones de cooperación podrán surgir en cualquier punto de la red.

## OBJETIVOS DE LA REDCCA 2018

- Colaborar en programas y proyectos de **investigación** entre las diferentes Instituciones de Educación Superior del Ecuador y el mundo.
- Implementar **actividades académicas** en el área de las Ciencias Ambientales.
- Acompañar en programas y proyectos de **vinculación** entre las diferentes Instituciones de Educación Superior del Ecuador y el mundo.
- Trabajar de manera conjunta para los procesos de **acreditación** de las carreras en Ciencias Ambientales.
- Conformar la Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales de **estudiantes**.
- Propiciar la **movilidad** de profesores y estudiantes entre las diferentes Instituciones de Educación Superior ecuatorianas y extranjeras.

## Participan en la organización del evento:

**PhD. Fernando Efraín Sempértégui Ontaneda.** Doctor en Medicina. Rector de la Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [fesempertegui@uce.edu.ec](mailto:fesempertegui@uce.edu.ec)

**MSc. Francisco Rigoberto Viteri Santamaría.** Máster en Gestión y Auditorías Ambientales. Decano de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Universidad Central del Ecuador. [frviteri@uce.edu.ec](mailto:frviteri@uce.edu.ec)

**MSc. Manuel Eduardo Espín Mayorga.** Máster en Ingeniería Ambiental. Director de la carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [meespin@uce.edu.ec](mailto:meespin@uce.edu.ec)

**MSc. Antonio Enrique Santillán Castillo.** Máster en Cadenas Productivas Agroindustriales. Docente e Investigador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Presidente de la Red Ecuatoriana de Carreras en Ciencias Ambientales (REDCCA). Ecuador. [santillancastillo@gmail.com](mailto:santillancastillo@gmail.com)

**MSc. Ana Cecilia Martínez Barbosa.** Máster en Globalización y Desarrollo. Presidente y cofundadora de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.). México. [ac.martinez@reima-ac.org](mailto:ac.martinez@reima-ac.org)

**MSc. Yordanis Gerardo Puerta de Armas.** Máster en Medio Ambiente y Desarrollo. Coordinador General y cofundador de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.). México. [yordanis2011@gmail.com](mailto:yordanis2011@gmail.com)

**Econ. Mario de Jesús Restrepo Arrubla.** Economista Industrial. Rector. Corporación de Estudios Tecnológicos del Norte del Valle (COTECNOVA). Colombia. [rectoriacotecnova@cotecnova.edu.co](mailto:rectoriacotecnova@cotecnova.edu.co)

**Lic. Ana María Varea Sechez.** Coordinadora Nacional del Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Ecuador. [anamaria.varea@undp.org](mailto:anamaria.varea@undp.org)

**PhD. Tito Morales Pinzón.** Doctor en Ciencias y Tecnologías Ambientales. Jefe Departamento Ciencias Administrativas. Facultad de Ciencias Ambientales. Director del Grupo de Investigación Gestión Ambiental Territorial. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. [tito@utp.edu.co](mailto:tito@utp.edu.co)

**PhD. Valeria de Lourdes Ochoa Herrera.** Doctora en Filosofía e Ingeniería Ambiental. Directora de la Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador. [vochoa@usfq.edu.ec](mailto:vochoa@usfq.edu.ec)

**MSc. Sheila Silva Chang Fente.** Máster en Ecología y Sistemática Aplicada. Directora del proyecto "Reducción de la vulnerabilidad ambiental a las inundaciones costeras mediante la adaptación basada en ecosistemas en el sur de las provincias Artemisa y Mayabeque. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba. [sheila@ama.cu](mailto:sheila@ama.cu)

**PhD. Mayra Casas Vilardell.** Doctora en Economía. Directora del Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CEMANA). Universidad de Pinar del Río. Cuba. [mcasas@upr.edu.cu](mailto:mcasas@upr.edu.cu)

**MSc. Cornelia Gabriela Cornejo Redrobán.** Máster en Amenazas Naturales y Desastres. Miembro de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.). Ecuador. [corneliah5@gmail.com](mailto:corneliah5@gmail.com)

**PhD. Julio César Vargas Burgos.** Doctor en Ciencias Veterinarias. Rector. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador. [jcvb64@yahoo.es](mailto:jcvb64@yahoo.es)

**MSc. Mónica Soledad Brito Merizalde.** Máster en Ingeniería Ambiental. Ex-docente de la Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [monisolbi@yahoo.com](mailto:monisolbi@yahoo.com)

**MSc. Carlos Aníbal Gutiérrez Caiza.** Máster en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales. Docente e Investigador. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. [cgutierrez@ups.edu.ec](mailto:cgutierrez@ups.edu.ec)

**PhD. Adrian David Trapero Quintana.** Doctor en Biología. Docente e Investigador. Universidad del Estado de Amazonas. Brasil. [trapero76@gmail.com](mailto:trapero76@gmail.com)

**Ing. Rosa Enith Armijos González.** Ingeniera en Gestión Ambiental. Coordinadora de Titulación de la carrera de Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador. [rearmijos@utpl.edu.ec](mailto:rearmijos@utpl.edu.ec)

**PhD. Carlos Alberto Jumbo Salazar.** Doctor en Biología. Docente e Investigador. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. [cjumbos@ups.edu.ec](mailto:cjumbos@ups.edu.ec)

**MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes.** Maestro en Ciencias con la especialidad en Entomología. Docente e Investigador en el Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. México. [lrivera\\_cervantes\\_mx@yahoo.com.mx](mailto:lrivera_cervantes_mx@yahoo.com.mx)

**PhD. Félix Daniel Andueza Leal.** Doctor en Microbiología y Parasitología. Docente e Investigador. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [fdandueza@uce.edu.ec](mailto:fdandueza@uce.edu.ec)

**PhD. Reinaldo Demesio Alemán Pérez.** Doctor en Ciencias Agrícolas. Director de Investigaciones. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador. [reinaldoap@gmail.com](mailto:reinaldoap@gmail.com)

**MSc. Fabio Venancio Villalba Vaca.** Máster en Ciencias de la Ingeniería, especialización Ingeniería ambiental. Universidad Internacional SEK. Ecuador. [fabio.villalba@uisek.edu.ec](mailto:fabio.villalba@uisek.edu.ec)

**MSc. Alex Joffre Quimis Gómez.** Máster en Administración Ambiental. Docente e Investigador. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. [alex.quimis@yahoo.es](mailto:alex.quimis@yahoo.es)

**Lic. Sara Yaima Ulloa Bonilla.** Licenciada en Geografía. Asistente de Programa. Red Iberoamericana de Medio Ambiente. México. [saraulloabonilla@gmail.com](mailto:saraulloabonilla@gmail.com)

**Msc. Claudia Nataly Mondragón Rivera.** Máster en Ordenamiento y Gestión del Territorio. Coordinadora de la Cátedra en Ordenamiento Territorial y del Observatorio Universitario de Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. [cn.mondragonrivera@gmail.com](mailto:cn.mondragonrivera@gmail.com)

**Msc. César Augusto Chávez Orozco.** Máster en Seguridad, Salud y Ambiente. Docente e Investigador. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [cachavezo@uce.edu.ec](mailto:cachavezo@uce.edu.ec)

**PhD. Carlos Alfredo Bravo Medina.** Doctor en Ingeniería Ambiental. Docente e Investigador. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador. [g12brmec@gmail.com](mailto:g12brmec@gmail.com)

**MSc. Carlos Ignacio Jiménez Montoya.** Máster en Ciencias Ambientales. Director de la Escuela de Administración Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. [carlosignaciojimenez@utp.edu.co](mailto:carlosignaciojimenez@utp.edu.co)

**MSc. Andrés Agustín Beltrán Dávalos.** Máster en Sistemas de Gestión Ambiental. Docente e Investigador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. [andresbeltrandavalos@gmail.com](mailto:andresbeltrandavalos@gmail.com)

**MSc. Magaly Vicenta Torres Martínez.** Máster en Educación Ambiental. Jefa del Grupo de Calidad Ambiental. Dirección de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba. [magaly@citma.cu](mailto:magaly@citma.cu)

**MSc. Susana Rocío del Cisne Arciniegas Ortega.** Máster en Geoinformática. Docente e Investigadora. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [srarciniegas@uce.edu.ec](mailto:srarciniegas@uce.edu.ec)

**PhD. Eury José Villalobos Ferrer.** Doctor en Innovaciones Educativas. Coordinador Nacional Programa de Formación de Grado Gestión Ambiental. Universidad Bolivariana de Venezuela. [euryvillalobos@gmail.com](mailto:euryvillalobos@gmail.com)

**PhD. Alfredo Domínguez González.** Doctor en Geografía. Docente e Investigador. Universidad Estatal de Mato Grosso. Brasil. [alfredozdg@gmail.com](mailto:alfredozdg@gmail.com)

**MSc. Diana Karina Fabara Salazar.** Máster en Sistemas de Gestión. Docente. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. [dkfabara@uce.edu.ec](mailto:dkfabara@uce.edu.ec)

**MSc. Cecilia Elizabeth Barba Guevara.** Máster en Tecnologías para el aprovechamiento de los recursos naturales no tradicionales. Directora de la carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. [cbarba@ups.edu.ec](mailto:cbarba@ups.edu.ec)

**MSc. Alexandra Karina Pazmiño Pacheco.** Máster en Agroecología Tropical Andina. Coordinadora de la Comisión de Autoevaluación de la carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. [apazminop@ups.edu.ec](mailto:apazminop@ups.edu.ec)

**MSc. Gloria María Eloisa Roldán Reascos.** Máster en Ciencias de la Ingeniería, especialización ingeniería ambiental. Docente e Investigadora. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador. [gloria.roldan@ute.edu.ec](mailto:gloria.roldan@ute.edu.ec)

**PhD. Katherine Rocío Vaca Escobar.** Doctora en Ciencias de la Tierra. Docente e Investigadora. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. [katherine.vaca@epn.edu.ec](mailto:katherine.vaca@epn.edu.ec)