



## **MEMORIA DE RESUMENES EN EXTENSO**

*XV Congreso Internacional de la  
Academia Nacional de Ciencias  
Ambientales*

*XXI Congreso Nacional de Ciencias  
Ambientales*

*“La cultura de los pueblos, base  
para la conservación del ambiente”*

***REVISTA MEXICANA DE  
AGROECOSISTEMAS***



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS**, Vol. 3, Núm. 2 julio-diciembre 2016, es una publicación de la Secretaría de Educación Pública-Tecnológico Nacional de México, editada a través del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-060211581800-203 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez y Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, [www.itvalleoaxaca.edu.mx](http://www.itvalleoaxaca.edu.mx), [rmae.itvo@gmail.com](mailto:rmae.itvo@gmail.com). Fecha de última modificación, 20 de diciembre de 2016. Su objetivo principal es difundir los resultados de investigación científica de las áreas agropecuaria, forestal, recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas, ambientales y socioeconómicas.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Comité Editorial (DEPI-ITVO)**

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo  
Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz  
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez  
Dr. José Raymundo Enríquez del Valle  
Dr. Salvador Lozano Trejo  
Dr. Vicente A. Velasco Velasco  
Dr. Yuri Villegas Aparicio  
Dra. Gisela M. Santiago Martínez  
Dra. Gisela V. Campos Ángeles  
Dra. Martha P. Jerez Salas  
M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla  
M.C. Judith Ruíz Luna  
M.C. María Isabel Pérez León

**Coordinación editorial**

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz  
Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez

**Diseño de portada**

Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez  
Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Comité de arbitraje en este número**

- Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (DEPI-ITVO)  
Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz (DEPI-ITVO)  
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (DEPI-ITVO)  
Dr. José Raymundo Enríquez del Valle (DEPI-ITVO)  
Dr. Rodolfo de los Santos Romero (ITVO)  
Dr. Salvador Lozano Trejo (DEPI-ITVO)  
Dr. Stefan Marian Waliszewski Kubiak (Universidad Veracruzana)  
Dr. Vicente A. Velasco Velasco (DEPI-ITVO)  
Dr. Yuri Villegas Aparicio (DEPI-ITVO)  
Dra. Columba Citlalli Barrera Mendoza (ITVO)  
Dra. Gisela M. Santiago Martínez (DEPI-ITVO)  
Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles (DEPI-ITVO)  
Dra. Martha P. Jerez Salas (DEPI-ITVO)  
Dra. Nancy G. Molina Luna (ITVO)  
M. C. Mario Jiménez Ruíz (Universidad de la Sierra Juárez)  
M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla (DEPI-ITVO)  
M.C. Judith Ruíz Luna (DEPI-ITVO)  
M.C. Karen del Carmen Guzmán Sebastián (ITVO)  
M.C. María Isabel Pérez León (DEPI-ITVO)  
  
M.C. Óscar López Astilleros (ITVO)



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **Prólogo**

La “Revista Mexicana de Agroecosistemas” (RMAE) surgió de una propuesta del Consejo del Posgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Su objetivo es difundir los resultados generados del esfuerzo de alumnos e investigadores del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas que se imparte en este Instituto, y de las Licenciaturas en Biología e ingeniería en Agronomía y Forestal. Esta revista científica (RMAE) contempla las áreas agrícola, pecuaria, forestal y recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas ambientales y socioeconómicas.

Por ello, se hace la invitación a alumnos, académicos e investigadores para que utilicen este espacio para publicar sus resultados de investigación relacionados con estas áreas. Los manuscritos se pueden enviar de acuerdo con las normas publicadas en el Vol. 1, Núm. 1 (2014) y pueden ser de tres tipos: artículo científico, ensayo libre (artículos de revisión, notas técnicas, nuevas variedades, especies, etc.) y nota informativa. Todos los manuscritos se someterán a arbitraje y a edición. Deberán ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas indicadas en este volumen y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

En este número presentamos editados como artículos de investigación, estudios sobre modelos alométricos de volumen arbóreo, sistemas de producción de gallinas y un artículo de revisión sobre la situación de mercados locales de Oaxaca; estos son complementados con artículos científicos y notas técnicas derivadas del XV Congreso Internacional y XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales-2016, desarrollado en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

**ATENTAMENTE**

**Comité editorial**



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

# [Contenido]

LA URBANIZACIÓN IRREGULAR Y BIENESTAR OBJETIVO EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE OAXACA .....	9
Verónica Judith Yescas Martínez <sup>1§</sup> , Alicia Sylvia Gijón Cruz <sup>2</sup> , Rafael G. Reyes Morales, <sup>3</sup> Isabel Selene Benítez Ávila <sup>1</sup> .....	9
CONTROL SUSTENTABLE DE INSECTOS PLAGA EMPLEANDO FITOEXTRACTOS .....	26
Jael Rosas Sánchez <sup>1</sup> , Ma. Guadalupe Valladares Cisneros <sup>2§</sup> , Mirna Gutiérrez Ochoa <sup>3</sup> .....	26
MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDA.....	33
Brenda Ponce Lira <sup>1§</sup> , Alejandro Ventura Maza <sup>1</sup> , Filiberto Martínez Lara <sup>1</sup> , Susana Graciela Sánchez Herrera <sup>1</sup> .....	33
ANÁLISIS DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES OSIRIS .....	40
Jorge Bluhm Gutiérrez <sup>1§</sup> , Jesús Fernández Villalpando <sup>2</sup> , Felipe de Jesús Escalona Alcázar <sup>1</sup> , Luis Felipe Pineda Martínez <sup>1</sup> , Josefina Huerta García <sup>1</sup> , Santiago Valle Rodríguez <sup>1</sup> .....	40
CARACTERIZACIÓN DE UN SURFACTANTE PRODUCIDO POR <i>Klebsiella oxytoca</i> AISLADA DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS .....	49
David Leonardo Pérez-Cruz <sup>1</sup> , Elvira Ríos-Leal <sup>2</sup> , Josefina Barrera-Cortés <sup>2§</sup> .....	49
DEPURACIÓN DE ENTEROBACTERIAS EN <i>Tubifex tubifex</i> POR EFECTO DE LA MICROALGA <i>Chlorella vulgaris</i> .....	57
Gabriela Vázquez Silva <sup>1§</sup> , Karina Molina Delgado <sup>1</sup> , Gabriel Medina Mejía <sup>1</sup> , Nahúm Orocio Alcántara <sup>1</sup> , Fernando Carlos Arana Magallón <sup>2,3</sup> .....	57
MONITOREO Y ANÁLISIS DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO EN GUANAJUATO, GTO., MÉXICO .....	65
Adrián Zamorategui Molina <sup>1§</sup> , Rosaura Godínez Pérez <sup>2</sup> y Alma Hortensia Serafín Muños <sup>3</sup> .....	65
CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE MEDIANTE GESTIÓN DE SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES MARGINADAS .....	74
Pablo Jiménez-Juárez <sup>1§</sup> , Lidia Argelia Juárez-Ruiz <sup>2</sup> .....	74
SONDEO DE PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS CON ESCASEZ DEL AGUA EN EL ESTADO DE PUEBLA .....	84
David Alberto Vargas Castro <sup>§ 1</sup> , Gladys Linares Fleites <sup>2</sup> , Rosalía del C. Castelán Vega <sup>2</sup> .....	84
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA POSTA PECUARIA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA.....	91



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Jessica Sabina Hernández Cruz<sup>1§</sup>, José Cristóbal Leyva López<sup>2</sup> y Minerva Martínez Sánchez<sup>2</sup> ..... 91

RENDIMIENTO DE CARBÓN VEGETAL EN HORNO TRADICIONAL EN SAN ANDRÉS NUXIÑO, NOCHIXTLÁN Y NUEVO ZOQUIAPAM, IXTLÁN, OAXACA ..... 101

Francisco Adair Cruz Narváez<sup>1§</sup>, José Cristóbal Leyva López<sup>2</sup> y Nereo García García<sup>3</sup> ..... 101

ENFOQUES FRECUENTISTA Y BAYESIANO EN LA DETERMINACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS..... 111

Gladys Linares Fleites <sup>&1</sup>, Miguel Ángel Valera Pérez<sup>1</sup> y Ana Belén García Barragán<sup>2</sup> ..... 111

UN MODELO PARA ELABORAR UN PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL SUSTENTABLE (PEAS) PRESENTADO A ESTUDIANTES ..... 121

Ramón Bedolla Solano<sup>1§</sup>, Ma. Laura Sampedro Rosas<sup>1</sup>, Adriana Miranda Esteban,<sup>1</sup> Benjamín Castillo Elías<sup>2</sup> ..... 121

CUMPLIMIENTO AMBIENTAL Y CONOCIMIENTO DEL MANEJO DE RPBI EN LABORATORIOS UNIVERSITARIOS ..... 134

Cecilia Jáuregui-Medina<sup>1§</sup>, Raquel Enedina Medina-Carrillo<sup>1</sup>, Lesset del Consuelo Ramos-Ramírez<sup>1</sup>, Isabel Cristina Medina-Carrillo<sup>1</sup>, Imelda Rodríguez-Castañeda<sup>1</sup> ..... 134

EFFECTO DEL EXTRACTO DE ORTIGA SOBRE EL CONTROL DE *Aphididae* A NIVEL LABORATORIO ..... 141

Cristian Uriel Esquivel-González, Raymundo Sánchez-Orozco<sup>§</sup>, Elizabeth Martínez-Galeana..... 141

NUEVOS REGISTROS DEL GÉNERO *Rhabdochona* (NEMATODA: RHABDOCHONIDAE) EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO ..... 149

René Josué Monzalvo-López<sup>1</sup>, Jorge Falcón-Ordaz<sup>2§</sup>, Griselda Pulido-Flores<sup>2</sup>, Scott Monks<sup>2</sup>..... 149

FUNCIONALIZACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS PARA EL ATRAPAMIENTO DE HIDROCARBUROS POLICICLICO AROMATICOS ..... 156

G. Robles-Mora<sup>1</sup>, J. Méndez-Vivar<sup>2</sup>, O. Solorza-Feria<sup>1</sup>, J. Barrera-Cortés<sup>1§</sup> ..... 156

INFILTRACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN UN SUELO EMPACADO EN CONDICIONES AMBIENTALES ..... 164

Hipólito Muñoz Nava<sup>1§</sup>, Juan Suárez Sánchez<sup>1</sup>, Saturnino Orozco Flores<sup>1</sup>, Johannes Cornelis van der Wal<sup>2</sup>, Wendolyne Velázquez Muñoz<sup>3</sup>, Silvia Chamizo Checa<sup>1</sup> ..... 164

TRANSVERSALIZACIÓN DEL EJE MEDIO AMBIENTE EN EL PLAN DE ESTUDIO DE CONTADURÍA, UAGro..... 169

Valentin Piza Flores <sup>1§</sup>, José Luis Aparicio López<sup>2</sup>, Rigoberto Marín Uribe<sup>3</sup>, Columba Rodríguez Alviso<sup>2</sup>, Juana Beltrán Rosas<sup>2</sup>, Ramón Bedolla Solano<sup>2</sup> ..... 169

HUELLA HÍDRICA EN EXPLOTACIÓN COMERCIAL DE HUEVO EN CHIHUAHUA ..... 180

Yair Palma Rosas<sup>§</sup>, Rey Manuel Quintana Martínez, José Roberto Espinoza Prieto, Eduardo Santellano Estrada ..... 180

MUSGOS CULTIVADOS, INDICADORES AMBIENTALES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA ..... 189

María de los Ángeles García-Chávez<sup>1§</sup>, Ana Marcela Gómez-Hinojos<sup>2</sup>, Nelson Avonce-Vergara<sup>3</sup>, Graciela Zarazúa-Ortega<sup>4</sup>, Carlos Eduardo Barrera-Díaz<sup>5</sup> ..... 189



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO SOBRE LA DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS EN SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO ..... 197  
 Julio Grijalva Avila <sup>1§</sup>, Javier López Miranda<sup>2</sup>, Ignacio Villanueva Fierro<sup>4</sup>, Sandra Martinez Eestrada<sup>1</sup>, Gerardo Grijalva Avila<sup>3</sup> ..... 197

ALTERACIÓN A LOS SISTEMAS NATURALES POR LA EXPLOTACIÓN MINERA, UN ENFOQUE DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO ..... 204  
 Anita Argüello Mejía<sup>§</sup>, Boris Aguirre Palma ..... 204

REMOCIÓN DE Al (III), Cr (VI) DISUELTOS EN FASE ACUOSA EMPLEANDO BIOMATERIAL *Musa cavendishii* L. .... 219  
 Eduardo Campos Medina<sup>§1</sup>, Salvador Adame Martínez<sup>1</sup>, Juan Roberto Calderón Maya<sup>1</sup>, Patricia Balderas Hernández<sup>2</sup>, María Magdalena García Fabila<sup>2</sup> ..... 219

COMPORTAMIENTO PRO AMBIENTAL EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ENFERMEDADES TROPICALES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO ..... 231  
 Mirella Saldaña-Almazán<sup>1</sup>, Rayma Ileri Maldonado Astudillo<sup>2</sup>, María Xóchitl Astudillo Miller<sup>2</sup>, Juan Villagómez Méndez<sup>3</sup> ..... 231

EFFECTO DE LA TOXICIDAD DE LODOS RESIDUALES DE FRACTURA HIDRÁULICA SOBRE LA GERMINACIÓN DE TUBÉRCULOS ..... 238  
 Adriana Michelle Castillo Martínez<sup>1</sup>, Aracely Maldonado-Torres<sup>2</sup>, José Alberto López Santillán<sup>3</sup>, Eduardo Osorio Hernández<sup>3</sup>, Benigno Estrada-Drouaillet<sup>3§</sup> ..... 238

EFFECTO DE LA TOXICIDAD DE LODOS DE GAS SHALE EN LA GERMINACIÓN DE *Zea mays*... 246  
 Catarino Medina de la Cruz<sup>1</sup>, Aracely Maldonado-Torres<sup>2</sup>, Eduardo Osorio Hernández<sup>3</sup>, José Alberto López Santillán<sup>3</sup>, Jacinto Treviño Carreón<sup>3§</sup>, Benigno Estrada Drouaillet<sup>3</sup> ..... 246

RESCATE DE LA LAGUNA DE CAJITILÁN: ACCIONES, AVANCES Y PERSPECTIVAS ..... 254  
 Ramiro Lujan Godínez<sup>1§</sup>, J. Guadalupe Michel Parra<sup>2</sup>, Luis Manuel Martínez Rivera<sup>3</sup>, Luz Adriana Vizcaíno Rodríguez<sup>1</sup>, Juan Luis Caro Becerra<sup>1</sup> ..... 254

EFFECTO DE LA RELACIÓN C:N EN CÁSCARAS DE NARANJA SOBRE LA ACUMULACIÓN DE LÍPIDOS BACTERIANOS ..... 261  
 Alfredo Tobías Salas<sup>1</sup>, Marisol Pérez-Rangel<sup>2§</sup>, María del Rosario Álvarez González<sup>1</sup>, Daniela Yahaira Sosa Bañuelos<sup>1</sup>, Jaquelina González-Castañeda<sup>3</sup>, Adán R. Torres Sánchez<sup>4</sup> ..... 261

PERFIL FITOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTICOAGULANTE DE HOJAS, FLORES Y PSEUDOBULBOS DE *Prosthechea karwinskii* ..... 267  
 Gabriela S. Barragán Zarate<sup>1§</sup>, Luicita Lagunez Rivera<sup>1</sup>, Rodolfo A. Solano Gómez<sup>1</sup> ..... 267

Adrián Arroyo Galván<sup>§</sup>, Marco Antonio González González, Frank Antonio López Herrera, José Mario Torres Jiménez, Alexia Elizabeth Vargas Nedzelsky ..... 276

LOS DETERMINANTES SOCIALES EN LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS MICROBIANAS CON PRODUCTORES DE CHIAPAS ..... 284  
 Sergio Márquez Zavala<sup>1§</sup>, Enrique Martínez y Ojeda<sup>2</sup>, Obeimar Balente Herrera Hernández<sup>3</sup>, Andrés Enrique Miguel Velasco<sup>2</sup>, Alfredo Ruíz Martínez<sup>2</sup> ..... 284

FITOTOXICIDAD DEL LODO DE EXPLORACIÓN DE GAS SHALE ..... 291



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Aracely Maldonado-Torres <sup>1</sup> , José Alberto López-Santillán <sup>2</sup> , Eduardo Osorio-Hernández <sup>2</sup> , Benigno Estrada-Drouaillet <sup>2§</sup> .....	291
EL TRABAJO ARTESANAL FEMENINO COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR LA CRISIS CAFETALERA EN PLUMA HIDALGO, OAXACA .....	300
Ileana Conde Rubio <sup>1§</sup> , Enrique Martínez y Ojeda <sup>2</sup> , Alfredo Ruíz Martínez <sup>3</sup> , Blasa Celerina Cruz Cabrera <sup>4</sup> .....	300
DESARROLLO DE UN SISTEMA ADSORBENTE DE ARSÉNICO, CON MALLA MESOPOROSA SBA-15, Y NANO PARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (III) .....	310
Myrna Cerón-Rodríguez <sup>1</sup> , Rodrigo Rafael Velázquez-Castillo <sup>2§</sup> , Rufino Nava-Mendoza <sup>2</sup> , Georgina Navarro-Castro <sup>3</sup> , Ma. Guadalupe Olvera-Torres <sup>3</sup> , María Vanessa Paz-González <sup>3</sup> .....	310
ANÁLISIS UNIVERSITARIO SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: ACCIONES DE ADAPTACIÓN .....	320
Elizabeth Olmos-Martínez <sup>§</sup> .....	320
EVALUACIÓN DE BIOMASAS DESHIDRATADAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN DE METALES CONTAMINANTES .....	335
Blanca Estela García-Caballero <sup>1§</sup> , María de Lourdes M. Orozco-Rodríguez <sup>1</sup> , Holanda Isela Trujillo-Leyton <sup>1</sup> , Refugio Muñoz-Ríos <sup>1</sup> , Yolocuauhtli Salazar-Muñoz <sup>2</sup> , Manuel Pensabén-Esquivel <sup>1</sup> , Héctor Alonso Fileto-Pérez <sup>1</sup> .....	335
METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LAS FUNCIONES SUSTANTIVAS DE UNIDADES ACADÉMICAS DE LA UAGRO .....	345
Rosa María Brito Carmona <sup>1</sup> , Columba Rodríguez Alviso, Jerome Paolacci, María Laura Sampedro Rosas, José Luis Aparicio López <sup>2</sup> , Juana Beltrán Rosas .....	345
EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS EN CAMPESINOS INDÍGENAS EN LOS ALTOS DE CHIAPAS, MÉXICO .....	355
Héctor Ulises Bernardino Hernández <sup>1§</sup> , Ramón Mariaca Méndez <sup>2</sup> , Austreberta Nazar Beutelspacher <sup>2</sup> , José David Álvarez Solís <sup>2</sup> , Arturo Torres Dosal <sup>2</sup> , Crispín Herrera Portugal <sup>3</sup> .....	355
GEOESTADÍSTICA APLICADA: CAUSAS DE HOSPITALIZACIÓN DE MUJERES EN EDAD REPRODUCTIVA, REGIÓN CENTRO OESTE DE CHIHUAHUA .....	363
Gina Isabel Zesati Pereyra <sup>1</sup> , Maria Elena Torres Olave <sup>2§</sup> , Mario Iván Uc Campo <sup>3</sup> .....	363



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**LA URBANIZACIÓN IRREGULAR Y BIENESTAR OBJETIVO EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE OAXACA**

**[THE IRREGULAR URBANIZATION AND OBJECTIVE WELLBEING IN THE METROPOLITAN AREA OF OAXACA CITY]**

**Verónica Judith Yescas Martínez<sup>1§</sup>, Alicia Sylvia Gijón Cruz<sup>2</sup>, Rafael G. Reyes Morales<sup>3</sup>, Isabel Selene Benítez Ávila<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría del Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 esquina Calzada Tecnológico, C.P 68030, Oaxaca. Oax., México.<sup>2</sup> Profesor investigador de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), Avenida Universidad s/n, colonia Cinco Señores, C.P. 6810, Oaxaca, Oax., México. <sup>3</sup> Profesor Investigador del ITO. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 esquina Calzada Tecnológico, C.P 68030. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (veryma\_j@hotmail.com).

**RESUMEN**

En México alrededor de la mitad de la población urbana no tiene acceso a las políticas de vivienda ni a créditos hipotecarios. Esta situación obliga a los urbanitas pobres, sin vivienda, a buscar terrenos baratos para construir una vivienda precaria; así, se puede eliminar la renta de su presupuesto familiar. La ponencia muestra resultados de un estudio realizado en dos asentamientos irregulares. Uno es producto de la invasión de terrenos localizados dentro del Parque Nacional ‘Benito Juárez’ y las colonias de este asentamiento se crearon durante los años noventa del siglo pasado. Las colonias del otro asentamiento rodean el basurero de la ciudad de Oaxaca. Se hace énfasis en el bienestar objetivo de los urbanitas pobres, el mercado laboral de la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca y problemas ambientales. Los datos se obtuvieron mediante una encuesta que aborda: economía familiar, medio ambiente y movilidad residencial. Se construyó una función de bienestar mediante análisis de regresión para analizar las principales relaciones. Entre los principales hallazgos se encuentran: estrategias de sobrevivencia; la marcada desigualdad que existe en los dos asentamientos; y enfermedades causadas por problemas ambientales.

**Palabras clave:** *Asentamientos irregulares, desigualdad social, enfermedades ambientales, estrategias de sobrevivencia, función de bienestar.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

In Mexico about half of the urban population has no access to housing policies or mortgage credit. This situation forces the homeless urbanites find cheap land to build a precarious housing and so they can eliminate the housing rental of their budget. The paper shows results of a study conducted in two squatter settlements. One is the result of the invasion of land located within the 'Benito Juárez' National Park, and the neighborhoods of this settlement were created during the nineties of the last century. The neighborhoods of the other settlement surround the Oaxaca city dump. Emphasis is made on the objective wellbeing of the poor urbanites, the labor market of the metropolitan area of Oaxaca city, and environmental problems. Data were obtained through a survey that addresses the household economy, environment and residential mobility. A wellbeing function was constructed by regression analysis to analyze the main relationships. Among the major findings are: survival strategies of the poor urbanites; the tremendous inequality in the two settlements; and illnesses caused by environmental problems.

**Index words:** *Environmental illnesses, social inequality, squatter settlements, survival strategies, wellbeing function.*

### **INTRODUCCIÓN**

El modelo de desarrollo económico nacional no genera suficientes empleos para absorber la fuerza de trabajo que se integra anualmente al mercado laboral ni provee el seguro de desempleo universal. Como consecuencia, se crea un déficit de empleo que se cubre a través del sector informal urbano y la migración internacional. La mayoría de los pobres urbanos son inmigrantes rurales de baja escolaridad que se emplean en trabajos de baja remuneración y con frecuencia eventuales. Los desempleados urbanos con iniciativa pueden crear un negocio de subsistencia fuera del régimen de impuestos y auto-emplearse; o bien pueden emigrar a otras ciudades o países del norte en donde los salarios son altos para mano de obra de baja calificación, pero el riesgo es también muy alto de ser deportado o de morir al cruzar la frontera ilegalmente.

Las ciudades en América Latina, así como las de los países en desarrollo y varios de los principales países emergentes, crecen en forma desordenada, debido a que la planificación no incluye a toda la población urbana. En cambio, en los países industrializados ricos y en la



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

mayoría de los principales países emergentes el suelo urbano pertenece a empresas inmobiliarias y al organismo gubernamental encargado de crear los desarrollos habitacionales y los nuevos desarrollos (centros comerciales, parques industriales). De esta manera, los hogares no pueden adquirir predios urbanos para autoconstruir una vivienda ni se permite la invasión de terrenos urbanos baldíos y periféricos. No hay espacio disponible para colonias populares ni asentamientos irregulares. En particular, en México los pobres urbanos y en general los hogares del sector informal que deciden adquirir una vivienda tendrán que adquirir suelo de uso agrícola para autoconstruir gradualmente una vivienda. Además, los hogares de menor poder adquisitivo recurren a la invasión de terrenos con el apoyo de líderes políticos emergentes. El estado mexicano tolera la irregularidad en el uso del suelo y las invasiones de terrenos baldíos para aliviar la presión de los pobres que en 2012 representaban 40.6% de la población urbana y 38.6% en la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca (CONEVAL, 2014).

El crecimiento urbano se induce principalmente por la migración de la fuerza de trabajo rural que busca empleo y mejores oportunidades, sin embargo, la escasez de empleo urbano bien remunerado obliga a los inmigrantes a establecerse en los asentamientos irregulares (Monreal, 1996; Meier, 2002). El desarrollo económico y en consecuencia el desarrollo urbano no sólo se relacionan con el incremento del ingreso per cápita producido por el crecimiento del producto interno bruto (PIB) sino más bien con la reducción de pobreza, el incremento de la equidad y la sustentabilidad, pero sobre todo el desarrollo debe incluir la libertad y el reconocimiento de capacidades (Sen, 1994).

A partir de los años sesenta se empezó a construir una visión integral de este concepto de desarrollo con la participación de las Naciones Unidas que incluyó indicadores sociales y se introdujo la variable generacional de la sustentabilidad, la cual requiere *la satisfacción de las necesidades de la generación actual sin sacrificar a las generaciones futuras* (CMMAD, 1987:24). La teoría de la justicia de John Rawls (1971) cambió el enfoque del bienestar de un paradigma central utilitario ligado al concepto de desarrollo a otro Kantiano. Amartya Sen retomó la teoría de Rawls y la orientó a la evaluación del bienestar basado en las capacidades y el funcionamiento; y el desarrollo debía dar libertad a las personas para ser y hacer (Sen, 1992; Frediani, 2007). Recapitulando el desarrollo debe considerar en primer lugar los aportes de Rawls y Sen sobre el bienestar además debe permitir satisfacer las necesidades de la población y hacer un uso racional y sostenible de los recursos naturales y de la tecnología. Sin embargo, el desarrollo resulta ser un proceso complejo, que depende de las condiciones iniciales de los países y de sus historias económicas, políticas, institucionales y



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

socioculturales (Meier y Stiglitz, 2002:121). Es decir, el proceso de desarrollo no siempre se puede gobernar y dirigirlo hacia las metas de bienestar y equidad de la sociedad. Por un lado, existen grupos de poder que reclaman privilegios que son los mayores beneficiarios del modelo de desarrollo nacional y, por otro, existen grupos vulnerables que representan la mayoría que casi no reciben beneficios.

En el proceso de urbanización la vivienda históricamente ha sido una necesidad de la población en todos los países del mundo. La escasez de vivienda y el incremento de los asentamientos informales, son dos de los muchos desafíos que enfrentan los países en desarrollo. Sin embargo, los asentamientos irregulares vienen a ser el alivio para la ineficiencia de las políticas públicas de vivienda, la economía y escasez de empleo (Reyes, 1999).

Las áreas metropolitanas se expanden hacia las ciudades vecinas más alejadas y hacia los asentamientos de la periferia, cambiando el carácter social y económico de las zonas centrales; los impactos de este proceso se manifiestan en la pobreza, la despoblación rural, la contaminación de los cuerpos de agua y del aire, el poder de las economías ilegales, el desempleo, entre otros. Como resultado, se van disminuyendo los recursos naturales, incluyendo la pérdida de biodiversidad y aumentando las cargas de contaminación respecto a la distribución asimétrica de los recursos, y al apoderamiento de áreas no establecidas para asentamientos humanos (Leff, 2013). El medio ambiente puede verse perjudicado por estos asentamientos, ya que la falta de servicios básicos como son: el agua, la luz y el drenaje, producen impactos negativos. La falta de drenaje contamina mantos acuíferos en la zona, causa contaminación del subsuelo e infecciones respiratorias por fosas sépticas mal construidas cuyos residuos algunas veces se llegan a desbordar y permanecen al aire libre; esto no sólo da mala imagen para el entorno social, sino que tiene repercusiones en la salud generando enfermedades respiratorias y gastrointestinales; asimismo, la falta de agua en los asentamientos irregulares trae consigo más problemas, debido a la falta de control de calidad del agua suministrada por las pipas que representa otra fuente de infecciones estomacales (Fernández, 2009).

En el presente trabajo el análisis de bienestar familiar hace referencia al bienestar objetivo, el cual se sitúa en condiciones extremas de escasez de recursos y propensión a la contaminación en asentamientos producto de invasiones ubicados en el Parque Nacional Benito Juárez al noroeste de la ciudad de Oaxaca y colonias populares precarias que circundan el basurero municipal de esta ciudad. El bienestar familiar depende de la



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

participación de los hogares en la economía de mercado a través de salarios y remesas internacionales, y las transferencias de gobierno compensan el presupuesto familiar.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Encuesta**

Se levantó una encuesta probabilística en dos asentamientos irregulares ubicados al sur y al noroeste de la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca (ZMCO) (Figura 1). Los puntos de muestreo se ubicaron en la traza urbana mediante un muestreo en tres etapas. El primer asentamiento consiste de colonias aledañas al basurero municipal de las cuales se levantó una muestra de 111 hogares en 11 colonias en 2012, que representa el 5% del total según el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010.) En el segundo asentamiento la muestra abarcó 70 hogares de las colonias 10 de Abril, Solidaridad, Soledad y los Ángeles en 2014. El cuestionario de la encuesta consta de dos partes; la primera corresponde a la adaptación del cuestionario de la matriz de la contabilidad social elaborada por Yúñez y Taylor (1999) y la segunda se refiere al medio ambiente y el proceso de urbanización. Las secciones del cuestionario son: ingresos, gastos del hogar, negocios familiares, producción de autoconsumo, características sociodemográficas, usos y calidad del agua, enfermedades más frecuentes, calidad de vivienda y movilidad residencial.

### **Construcción del modelo empírico de bienestar familiar**

Se construyeron variables y ecuaciones para modelar el comportamiento del bienestar familiar de los hogares en los asentamientos irregulares ubicados en el basurero de la Ciudad de Oaxaca y en el Parque Nacional Benito Juárez que se encuentran en la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca. La base de datos de los cuestionarios de la encuesta levantada en los dos asentamientos se construyó en *Excel* y posteriormente ésta se analizó con apoyo del paquete estadístico SPSS.

### **Construcción de otras variables**

El procedimiento de construcción de variables dicotómicas a partir de las variables categóricas: usos y problemas del agua, enfermedades frecuentes, se realizó asignando el valor 1 = Sí y 0 = No. Las variables relativas a la calidad del material en los muros, techos y



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

pisos de la vivienda se recodificaron para establecer una escala ordinal jerárquica y luego se una escala métrica con media 0 y desviación estándar 1.



**Figura 1.** Localización de los asentamientos del basurero municipal y del Parque Nacional Benito Juárez en la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Regresión de mínimos cuadrados ordinarios**

El modelo general de regresión lineal se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_i = a_{i0} + a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{im}x_m + \varepsilon_i \quad [1]$$

En donde  $i = 1, 2, \dots, n$ , representa el número de renglones de la matriz y  $n$  es el tamaño de la muestra;  $J = 1, 2, \dots, m$ , son variables independientes; se debe notar que  $n > m$ ;  $a_{i0}$  es término constante; y  $\varepsilon_i$  es el término de error aleatorio.

Los criterios considerados para seleccionar las ecuaciones de regresión fueron los siguientes:

El coeficiente de determinación múltiple,  $R^2$ , aceptable desde el punto de vista del investigador es  $> 0.5$ , es decir, el grado de explicación de la ecuación de regresión debe ser  $> 50\%$ .

La ecuación de regresión debe ser estadísticamente consistente, por lo tanto, debe superar la prueba del análisis de varianza (ANOVA), es decir, el estadístico F debe ser significativa ( $p < 0.05$ ).

Asimismo, los coeficientes de regresión y el término constante deben ser significativos de acuerdo con la prueba t de *student* ( $p < 0.05$ ).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Economías de los asentamientos irregulares y el bienestar familiar**

Las primeras referencias del modelo teórico de las economías familiares son recientes (Reyes-Morales y Gijón-Cruz, 2012; Reyes-Morales, 2014A y 2014b). A diferencia del enfoque de bienestar de Sen (1985 y 2000), que es bien más cualitativo, así como el enfoque de Boltvinik (2003) de carácter empírico; este modelo es una función de múltiples variables que integran el concepto de bienestar en el hogar similar al modelo de equilibrio general para las comunidades rurales propuesto por Adelman y Taylor (1996) y Sadoulet y de Janvry (1995). Por esta razón, se evaluó el bienestar familiar de los hogares mediante un modelo de las economías familiares en once colonias que circundan el basurero municipal de la ciudad



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

de Oaxaca y en cuatro colonias ubicadas en el Parque Nacional Benito Juárez. A diferencia de otros trabajos como el de López-Platas (1999) que analiza la calidad de vida con relación a dos variables destinadas al consumo de alimentos y calidad de la vivienda, en este trabajo las variables independientes son de tres tipos: económicas (ingresos, transferencias y calidad de la vivienda), socioeconómicas (demográficas y religión) y ambientales (usos y calidad del agua y enfermedades).

Primero, se creó la variable bienestar familiar (BF) que se forma de la suma de los siguientes rubros de gasto de los hogares: alimentos, vivienda, servicios de la vivienda, ropa y calzado, salud, educación, transporte, comunicaciones, muebles y electrodomésticos, fiestas, regalos y cooperaciones. Se trata de poblaciones jóvenes ya que la mayoría se ubica en cohorte de 0-24 años. Existen muchos niños que van a escuelas preescolares mientras sus madres trabajan de medio tiempo o realizan labores domésticas; y otros hijos asisten a escuelas educación básica. Asimismo, los jóvenes se integran al mercado laboral y algunos de ellos son absorbidos por bandas delincuenciales en las colonias del Parque Nacional Benito Juárez (Contreras, 2015). Al comparar la estructura de bienestar familiar de los asentamientos del basurero municipal con los del Parque Nacional, los dos asignan la mayor proporción de su presupuesto a los alimentos, lo cual representa el 60.8% y 52.1%, respectivamente; el gasto en servicios de la vivienda aparece en segundo lugar con apenas 13.5% y 14.6%, respectivamente. Los siguientes tres rubros de gasto son específicos para cada asentamiento. Los hogares de las colonias del Parque Nacional, que se crearon hace un cuarto de siglo, han logrado modestas mejoras en sus viviendas y en sus ingresos. Así, pueden asignar a educación 11.7% para apoyar el futuro de sus hijos; a transporte 5.2% para sostener la movilidad diaria de la fuerza de trabajo, de estudiantes y jefas de hogar entre las colonias y la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca; y para el cuidado de la salud, 4.9%. En cambio, los hogares de las colonias del asentamiento del basurero municipal de reciente creación y con ingresos más bajos, los siguientes rubros de gasto cubren necesidades básicas: ropa y calzado, 5.1%; vivienda, 5.0%; y comunicaciones, 4.2%. Sin embargo, la pobreza no es uniforme en los dos asentamientos ya que existe una fuerte estratificación. Los dos quintiles con mayor nivel de bienestar familiar que representan aproximadamente el 40% de la población estudiada de cada asentamiento, se encuentran por arriba del nivel de bienestar familiar promedio; en este sector de ingresos los hogares son menos pobres e incluso tienen cierto nivel de calidad de vida. El 60% restante representa el sector más pobre.

El lector debe tener en mente que el bienestar familiar mide el consumo real de los hogares el cual está directamente relacionado con su nivel de ingreso familiar que es el presupuesto



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

familiar, pero parte de este último puede estar dedicado al ahorro y la inversión. Por lo tanto, el bienestar familiar es una medida métrica de la calidad de vida en el estrato superior y de la pobreza extrema en estrato inferior. La principal fuente del presupuesto familiar en los dos asentamientos son los salarios que constituyen el 78.1% en el basurero municipal y 89.6% en el Parque Nacional. En segundo lugar los hogares de las colonias del asentamiento del basurero municipal se apoyan en las transferencias de gobierno -tales como son: Programa de inclusión social (PROSPERA), 65 y más, Programa de Apoyo Alimentario, Programa Nacional de Becas para Educación Superior (PRONABES), entre otros- (8.1%) y en los ingresos por la venta de productos de la basura (6.3%). El asentamiento del Parque Nacional recurre a los mercados laborales de los Estados Unidos para obtener remesas internacionales (5.2%) y a las utilidades de los negocios comerciales que empiezan a consolidarse (2.9%). Las principales ocupaciones de cuales obtienen ingresos los hogares de los dos asentamientos son: el trabajo asalariado de planta, la construcción y negocios familiares. La participación de las mujeres en la primera actividad es visible, ya que éstas representan la mayor parte de la fuerza de trabajo en los negocios familiares como lo señala Abramo (2004). En el asentamiento del basurero municipal se asigna más mano de obra no calificada al trabajo asalariado de planta y a la construcción, pero sus negocios familiares no siempre son rentables. Además, complementan sus ingresos con los productos de la basura y el trabajo asalariado doméstico; en estas actividades predomina la mano de obra femenina. En cambio, el asentamiento del Parque Nacional depende más de su mano de obra calificada tanto masculina como femenina (técnicos) y de mano de obra masculina en los trabajos eventuales; las mujeres complementan el ingreso familiar con salarios del trabajo doméstico remunerado.

#### **Modelo de los asentamientos del basurero municipal de la ciudad de Oaxaca**

El modelo de bienestar familiar de estos asentamientos, ubicado al sureste de la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca, cuenta con una ecuación de regresión lineal [1], la cual contiene 13 variables independientes y tiene 110 grados de libertad totales. Esta ecuación supera la prueba del análisis de varianza (ANOVA), esto es, el estadístico  $F = 65.623$  es significativo ( $p < 0.000$ ), por lo tanto, se puede decir que esta ecuación es estadísticamente consistente. Este resultado se comprobó al aplicar la prueba *t* de *student* a todos los coeficientes de regresión no estandarizados (B), los cuales son significativos ( $p < 0.05$ ); los valores de significación aparecen debajo de cada término de la ecuación [2]. El grado de explicación de la ecuación es de 88.4% ( $R^2_{\text{corregida}} \times 100$ ), es decir, las 13 variables independientes juntas explican el BF en este grado.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

$$\begin{aligned}
 BF = & 30,998.598AGarrC + 5,079TH + 3,589.191Escprom + 1.579TG + 0.938SL + 41,703.321APzBañ \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.001) \\
 & + 6,565.196MatP + 17,560.094PDep + 46,090.504APzB - 13,224.294FUAlluv - 16,724.295RAFis \\
 & (0.001) \quad (0.008) \quad (0.002) \quad (0.032) \quad (0.000) \\
 & -5,694.128TFL - 4,424.082THh \quad [2] \\
 & (0.004) \quad (0.014)
 \end{aligned}$$

La interpretación matemática de las variables métricas (TH, Esprom, TG, SL, MatP, TFL, THh) en la ecuación de regresión, se realiza de acuerdo a su signo. Así, las variables con signo positivo sostienen una relación directamente proporcional con el BF, que se mide a través de su coeficiente de regresión, B. Cuando este signo es negativo la relación es inversa. En las variables dicotómicas (AGarrC, ALluvBañ, PDep, APzB, FUAlluv, RAFis) también se recurre al signo para su interpretación, sin embargo, el efecto de éstas sobre el BF se compara con las variables ausentes asociadas a No = 0. En la ecuación [2] las variables métricas con mayores pesos, tomando en cuenta el valor de sus coeficientes de regresión estandarizados  $\beta$ , son: tamaño del hogar, TH ( $\beta_2 = 0.460$ ) y la escolaridad promedio (Escprom) ( $\beta_3 = 0.310$ ). La relación entre el TH y el BF se puede explicar, por un lado, por un incremento en el tamaño del hogar que debe reflejarse en un incremento en el presupuesto familiar a través de los ingresos de miembros jóvenes que dejan la escuela y se integra al mercado laboral. Por otro lado, un incremento en el tamaño del hogar debe incrementar el monto de transferencias de los programas de gobierno que se reciben a través de niños, adolescentes, jóvenes y adultos de la tercera edad para apoyar su desarrollo biológico y reducir su vulnerabilidad; para que asistan a la escuela; y para incentivar la producción de básicos.

De igual manera, el BF se incrementa en forma proporcional a un incremento en la escolaridad promedio del hogar (EscProm) ya que de esta manera aumenta también la escolaridad de la fuerza laboral familiar y sus posibilidades de obtener mejores empleos y salarios. Así, estas dos variables incrementan el presupuesto familiar (IF) que se debe reflejar en el nivel de BF. Por lo tanto, las variables de ingreso: transferencias de gobierno, TG ( $\beta_4 = 0.184$ ) y salarios locales, SL ( $\beta_5 = 0.157$ ) también tienen una relación directa con el BF. Las variables dicotómicas de usos del agua que generan ahorros y producen un incremento en el



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

BF son: agua de garrafón para cocinar (AGarrC) ( $\beta_6 = 0.506$ ); agua de lluvia para bañarse (ALluvBañ) ( $\beta_6 = 0.136$ ), y agua de pozo para beber, APzB ( $\beta_9 = 0.106$ ). Sin embargo, cuando se toma en cuenta el consumo de agua de lluvia en general, FUALluv ( $\beta_{10} = -0.173$ ), ésta tiene un efecto negativo sobre el BF. La explicación precisa rebasa el ámbito de este trabajo, pero está asociada a la contaminación procedente del basurero municipal la cual tiene efectos negativos en la salud en usos distintos como los efectos del ALluvBañ. La práctica de un deporte y en especial fuera del basurero municipal, PDep ( $\beta_8 = 0.157$ ) ayuda conservar un buen estado de salud de los miembros del hogar y en particular de la fuerza de trabajo familiar, TLF, que sostiene el presupuesto familiar. Así, la salud de los miembros de la TFL tiene un impacto positivo en el nivel de bienestar familiar. Por el contrario, realizar una actividad física (RAFis) ( $\beta_{11} = -0.173$ ) tiene una relación inversa con el BF. Esto sucede si dicha actividad se realiza en la zona circundante al basurero municipal lo cual incrementa el riesgo a contraer enfermedades respiratorias, de piel y de los ojos, porque el aire está contaminado con partículas de la basura y por compuestos tóxicos de los lixiviados que escurren en la parte más baja del basurero. Así, si uno o más miembros de la fuerza de trabajo se enferman y dejan de trabajar, el IF se contraerá y como consecuencia también el BF. La ecuación también contiene la variable calidad del material de piso en las viviendas (MatP) ( $\beta_7 = 0.112$ ) que constituye un indicador del nivel del bienestar familiar.

Finalmente, quedan pendientes dos variables socioeconómicas métricas que acotan la contribución del tamaño del hogar, TH, a la economía familiar y sostienen una relación inversa con el BF; éstas son: el tamaño de la fuerza laboral, TFL ( $\beta_{11} = -0.208$ ) y el total de hombres en el hogar (THh) ( $\beta_{11} = -0.212$ ). La interpretación del TFL se relaciona con los gastos que generan los miembros del hogar que se integran a la fuerza laboral. Aunque una mayor participación de la fuerza de trabajo en el mercado laboral significa un mayor ingreso familiar, al mismo tiempo crecen los gastos de transporte y de comida fuera de casa. Los gastos de los nuevos miembros de la TFL pueden llegar a niveles cercanos al monto de sus salarios y además su participación en el trabajo doméstico prácticamente desaparecerá. Cuando se analiza el número de miembros del hogar por sexo, se observa que las mujeres en general contribuyen al BF. Este resultado tiene varias explicaciones que se complementan entre sí. Primero, las mujeres realizan varias actividades domésticas en casa y además también participan en el mercado de trabajo para obtener salarios. Segundo, los hombres pueden desplazarse a mayores distancias en la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca para encontrar trabajo y como consecuencia se incrementarán sus gastos. En cambio, las mujeres normalmente se encuentran sujetas a cumplir labores domésticas, por esta razón, las jefas de hogar e hijas que ayudan en casa preferirán trabajos cercanos y de medio tiempo. En



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

este sentido, las mujeres pueden aportar una mayor proporción de su ingreso al hogar y además contribuyen con trabajo no remunerado que ayuda a lograr una mejor eficiencia en la aplicación del presupuesto de bienestar familiar.

**Modelo de los asentamientos del Parque Nacional Benito Juárez**

La ecuación de regresión [3] modela las relaciones entre el bienestar familiar, *BF* y un grupo de 13 variables explicativas, cuyo grado de explicación es de 94. Al igual que la ecuación [2], ésta supera la prueba del análisis de varianza ( $F = 91.380$ ,  $p < 0.000$ ) y como puede verse los coeficientes de regresión de las 13 variables son significativas ( $p < 0.05$ ) para prueba t de *student*.

$$\begin{aligned}
 BF = & + 5634.12 \textit{EscProm} + 5178.64 \textit{TH} + 38589.36 \textit{APMO} + 3.04 \textit{TG} + 51321.47 \textit{APzLT} \\
 & (0.000) \qquad (0.000) \qquad (0.000) \qquad (0.000) \qquad (0.000) \\
 & + 18192.14 \textit{SCab} + 18335.03 \textit{APzMS} + 0.87 \textit{INNC} + 18929.98 \textit{EnfResp} - 32292.65 \textit{AEntbB} \\
 & (0.002) \qquad (0.000) \qquad (0.001) \qquad (0.028) \qquad (0.007) \\
 & - 9700.45 \textit{MatP} - 31151.02 \textit{APMS} - 22804.04 \textit{RegCat} \qquad [3] \\
 & (0.001) \qquad (0.000) \qquad (0.000)
 \end{aligned}$$

Como en la ecuación [2], las tres variables métricas con mayor peso de la ecuación [3] son: *EsProm* ( $\beta_1 = 0.496$ ), *TH* ( $\beta_2 = 0.336$ ) y *TG* ( $\beta_4 = 0.197$ ). Además, se agregó el ingreso neto de negocios comerciales, *INNC* ( $\beta_8 = 0.112$ ) y ésta sustituye a los salarios locales, *SL*. Algunos hogares de los asentamientos ubicados en terrenos del Parque Nacional Benito Juárez han invertido en negocios comerciales los cuales empiezan a ser rentables (*INNC*), mientras que los hogares de los asentamientos del basurero municipal de la ciudad de Oaxaca centran su atención en los salarios. La calidad del material de piso en las viviendas, *MatP*, ( $\beta_{10} = -0.106$ ) también aparece, pero esta vez con signo negativo. Los hogares con pisos de calidad tienen menor nivel de bienestar porque el gasto en mejoramiento se realiza a costa de otros rubros de bienestar. Predominan las viviendas precarias que no siempre protegen a los hogares del clima; las enfermedades respiratorias, *EnfResp* ( $\beta_9 = 0.075$ ) constituyen uno de los efectos de la vivienda precaria y éstas incrementan el gasto en salud el cual constituye uno de los rubros del *BF*. Al incrementarse el gasto en salud se reducen los montos asignados a otros rubros de bienestar tales como son: alimentación, educación, transporte y ropa, ya que el presupuesto de bienestar familiar de los hogares en estos asentamientos era apenas de 2.2



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

salarios mínimos diarios en 2014;<sup>1</sup> y el monto per cápita era de 26.8 pesos.<sup>2</sup> Por el contrario, el equipamiento de la vivienda que incluye el servicio de televisión pagada, Scab ( $\beta_6 = 0.138$ ) proporciona esparcimiento a los hogares y contribuye al BF.

El agua de uso doméstico en las colonias de estos asentamientos es escasa y de mala calidad en general, sin embargo, un buen manejo del agua procedente de diferentes fuentes permite obtener ahorros que se reflejan en el nivel de bienestar. Esto ocurre cuando se usa el agua de pozo para lavar trastes, ApzLT ( $\beta_5 = 0.151$ ) e inclusive si este tipo de agua tiene mal sabor, ApzMS ( $\beta_5 = 0.121$ ). Aunque se han detectado propiedades organolépticas indeseables en el agua pipa -tales como son: mal olor, APMO ( $\beta_5 = 0.325$ ) y mal sabor, APMS ( $\beta_5 = -0.205$ )-, se pueden obtener ahorros si utiliza este tipo de agua para lavar trastes o ropa; en estas actividades el uso de jabón ayuda a controlar parásitos y bacterias patógenos (Maldonado, 2012). El APMS si se utiliza para beber o cocinar puede causar problemas de salud a los miembros del hogar y especialmente a la fuerza de trabajo que sostiene el presupuesto del bienestar familiar. El agua entubada tampoco es de buena calidad ya que, si se usa para beber, AEntbB, ( $\beta_5 = -0.104$ ) produce un efecto similar en el BF que APMS. Finalmente, se encontró que los hogares católicos, RegCat ( $\beta_5 = -0.214$ ) tienen un menor nivel de bienestar que los hogares no católicos; la estratificación del BF por quintiles ratifica este resultado ya que los hogares católicos se concentran los quintiles muy bajo, bajo y medio. Queda pendiente determinar si los no católicos arribaron a estos asentamientos con niveles socioeconómicos más altos que los católicos o bien los primeros han logrado mayor movilidad social en las últimas décadas.

### **CONCLUSIONES**

Los asentamientos del parque nacional en general son más antiguos que los del basurero municipal. Esta condición ha permitido ciertos avances en educación y salud, además de hacer rentable la movilidad diaria de los miembros del hogar. Sin embargo, los hogares de los dos asentamientos dedican en promedio más de la mitad de su presupuesto de bienestar familiar (bienestar objetivo) a la alimentación y más del 13% a los servicios de la vivienda. Los hogares se sostienen a través de los salarios que aportan al menos 78% del ingreso familiar, IF. Los hogares del parque nacional complementan su IF con remesas internacionales y en algunos casos con ingresos netos de negocios. En los dos asentamientos

<sup>1</sup> El salario mínimo anual era de 65.68 diarios de acuerdo a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, [http://www.conasami.gob.mx/pdf/salario\\_minimo/sal\\_min\\_gral\\_prom.pdf](http://www.conasami.gob.mx/pdf/salario_minimo/sal_min_gral_prom.pdf).

<sup>2</sup> En promedio los hogares estaban integrados por 5.36 miembros.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

se apuesta a un mayor número de miembros del hogar (TH) y a la educación (Esprom). En las colonias del basurero existe una tendencia a incrementar el tamaño de la fuerza de trabajo familiar y el modelo de bienestar familiar (MBF) indica que la fuerza de trabajo femenina aporta más al BF. El medio ambiente y su manejo pueden ayudar a que el bienestar familiar (bienestar objetivo) se circunscriba al presupuesto familiar obtenido de la economía de mercado y a las estrategias de los hogares para aprovechar su recurso humano disponible. La vivienda precaria en las colonias del parque nacional requiere de inversión para evitar enfermedades respiratorias, pero a la vez esta decisión puede afectar otros rubros de BF. En el basurero municipal puede ser nocivo para la salud el ejercicio al aire libre por los residuos contaminantes volátiles y los vapores tóxicos de los lixiviados; estos contaminan también el agua de lluvia y de los pozos. A diferencia de las colonias del parque nacional, el gasto en mejoramiento de la vivienda (MatP) sí se refleja en el nivel de bienestar. El MBF muestra que el bienestar familiar (objetivo) de los hogares periféricos de la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca no depende solamente de la participación de éstos en la economía de mercado a través de la obtención de salarios y las remesas internacionales. La pobreza y la falta de oportunidades para conseguir una vivienda exponen a los hogares a contraer enfermedades por la contaminación de la basura que ofrece, al mismo tiempo, una fuente ingreso a través de los subproductos de la basura y además la oportunidad de conseguir terrenos baratos para construir viviendas improvisadas. La basura además contamina el agua que de hecho es de mala calidad en los dos asentamientos. El MBF ofrece un gran potencial para incorporar el medio ambiente al análisis del bienestar familiar de los hogares urbanos pobres a través del manejo de las fuentes de agua y de la contaminación como parte de las economías familiares sujetas a las características socioeconómicas de los hogares.

### **LITERATURA CITADA**

- Abramo, L. 2004. ¿Inserción laboral de las mujeres en América Latina: una fuerza de trabajo secundaria? *Estudios Feministas* 12(2): 224-225.
- Boltvinik, J. 2003. Tipología de los métodos de medición de la pobreza. Los métodos combinados. *Revista Comercio Exterior* 53(5): 453-465.
- Brundtland, G., H. 1987. *Nuestro futuro común: Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo*. MOPTMA, Madrid.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Castells M., O. 1983. La cuestión urbana. Siglo XXI, México, pp. 20 -24.
- CONEVAL. 2014. Pobreza urbana y de las zonas metropolitanas de México. <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-urbana-en-M%C3%A9xico-.aspx>
- Contreras-Cruz, A. 2015. Análisis de la precariedad laboral en las zonas metropolitanas del país, en la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca y su periferia, 2005 -2013. Tesis de Maestría en Ciencias del Desarrollo Regional y Tecnológico, Instituto Tecnológico de Oaxaca, México, pp.74-80.
- Fernández T., E. 2009. Asentamientos irregulares. Impactos y alternativas. Instituto Politécnico Nacional, México, pp. 13-16.
- Frediani, A. A. 2007. Amartya Sen, the World Bank, and the redress of urban poverty: A Brazilian case study. *Journal of Human Development* 8(1): 133-152.
- Fujita, M. 1989. *Urban economic theory: land use and city size*. Cambridge university press, U.K., pp 2-49.
- Golay C. y M. Özden. 2006. El derecho a la vivienda. Editorial CETIM, Ginebra. pp. 36-58
- Kellett, P., & M. Napier, 1995. Squatter architecture? A critical examination of vernacular theory and spontaneous settlement with reference to South America and South Africa. *Traditional Dwellings and Settlements Review* 6(2): SPRING 1995.
- Leff, E. 2013. *Saber ambiental*. Cuarta edición, Grupo editorial Siglo veintiuno, Coedición con el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM y con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, México, p. 61.
- López-Platas, S. 1999. Determinantes socioeconómicos y demográficos de la calidad de vida en las colonias populares del noroeste de la ciudad de Oaxaca, 1995. Tesis de maestría en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional, Instituto Tecnológico de Oaxaca, México, pp.55-82.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Maldonado Medina, P. E. 2012. Guía de actividades, normativas y procedimientos básicos sanitarios que deben implementarse en toda cocina. UDLA, Sede Ecuador, Escuela de Gastronomía, Quito. 130 p.
- Meier G., M. y J. E. Stiglitz. 2002. Fronteras de la economía del desarrollo: el futuro en perspectiva. Banco Mundial en coedición con Alfaomega, Bogotá, Colombia, pp. 27-173.
- Monreal P. 1996. Antropología y pobreza urbana. Libros de la Catarata, Madrid, pp. 8-38.
- Reyes M. R. G. 2014a. Modelo general de bienestar familiar: un instrumento versátil para analizar la economía familiar, internalizar costos ambientales e interacción social. Basail-Rodríguez, A., & O.F. Contreras-Montellano, (cords.) La construcción del futuro: los retos de las ciencias sociales en México. Memorias del IV Congr. Nal. de Cs. Sociales, CESMECA-UNICACH & COMECSO, Tijuana.
- Reyes M. R. G. 2014b. Modelo teórico de las economías familiares rurales en México. Proceedings of IX Congr. ALASRU 2014. Soc. Rur, Latinoamericanas. Diversidades, contrastes y alternativas, UNAM-ALASRU, Mexico City.
- Reyes M., R. G. 1999. Comparación socioeconómica de seis colonias populares de la ciudad de Oaxaca, 1995. Alteridades 9(17): 11-22.
- Reyes M., R. G. y A. S. C. Gijón. 2012. El modelo de bienestar familiar un instrumento efectivo para el análisis del desarrollo de las localidades rurales de México. Proceedings of the 1er Congr. Iberoam. Desar. Reg./17° Enc. Nal. Desar. Reg., AMECIDER, UNAM-III, September 3-6, Ciudad de México.
- Sadoulet, E., & A. De Janvry, 1995. Quantitative development policy analysis. Baltimore: Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Salazar C. 2012. Irregular. Suelo y mercado en América Latina. Colegio de México. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, México, D.F. [https://books.google.com.mx/books?id=1eOgAQAQBAJ&pg=PT246&dq=urbanizacion+irregular+en+mexico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi20rHZm5fLAhWE1CYKHf\\_fBrwQ6AEIGjAA#v=onepage&q=urbanizacion%20irregular%20en%20mexico&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=1eOgAQAQBAJ&pg=PT246&dq=urbanizacion+irregular+en+mexico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi20rHZm5fLAhWE1CYKHf_fBrwQ6AEIGjAA#v=onepage&q=urbanizacion%20irregular%20en%20mexico&f=false)



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Sen, A. 1985. *Commodities and Capabilites*. North – Holland, Amsterdam.

Sen, A. 1992. *Inequality Re-examined*. Clarendon Press, Oxford, pp. 73-85

Sen, A. 1994. *Population: delusion and reality*. na.  
[https://student.cc.uoc.gr/uploadFiles/1116-%CE%A6%CE%99%CE%9B.105%CE%92/Sen%20popullation\[1\].pdf](https://student.cc.uoc.gr/uploadFiles/1116-%CE%A6%CE%99%CE%9B.105%CE%92/Sen%20popullation[1].pdf)

Sen, A. 2000. *Desarrollo y Libertad*. Editorial Planeta, Buenos Aires.

Taylor J., B. 1999. *A historical analysis of monetary policy rules*. University of Chicago Press, U.S.A. pp. 319-348.

Taylor, J. E., y I. Adelman. 1996. *Village economies: The design, estimation, and use of villagewide economic models*. Cambridge University Press, U.S.A.

Topalov, C. 1984. *Ganancias y rentas urbanas. Elementos teóricos*. Siglo XXI, España.

Villalvazo, P. 2002. *Urbanismo-rural, constante búsqueda de fronteras conceptuales*. México. *Revista Información y análisis* 20: 1-8.

Yúnez N. A., y J. E. Taylor. 1999. *Manual para la elaboración de matrices de contabilidad social con base en encuestas socioeconómicas aplicadas a pequeñas poblaciones rurales*. Centro de Estudios Económicos, El Colegio de México, México, D.F.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CONTROL SUSTENTABLE DE INSECTOS PLAGA EMPLEANDO  
FITOEXTRACTOS**

**[SUSTAINABLE CONTROL OF PEST INSECTS THROUGH PHYTO EXTRACTS]**

**Jael Rosas Sánchez<sup>1</sup>, Ma. Guadalupe Valladares Cisneros<sup>2§</sup>, Mirna Gutiérrez Ochoa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Tecnologías (MIATS), Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Av. Universidad No. 1001, Col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209. <sup>2</sup>Profesor de la MIATS e Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Av. Universidad No. 1001, Col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209. Tel: (01 777) 329 70 00, ext 3746. <sup>3</sup>Investigador, Laboratorio de Entomología. Centro de Productos Bióticos (CEPROBI). Instituto Politécnico Nacional. Km 6, carretera Yautepec-Jojutla calle CEPROBI 8 Col. San Isidro Yautepec, Morelos. México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia (mg.valladares@uaem.mx).

**RESUMEN**

En los últimos años se han desarrollado investigaciones encaminadas para dar solución a esta problemáticas, las plagas y la reducción en el uso de insecticidas químicos, mediante el estudio de controladores biológicos. En la naturaleza existen muchas plantas que no presentan ataque por depredadores, por lo que se considera que éstas podrán contener compuestos con actividad biológica que las protegen, considerados insecticidas botánicos; y representan una alternativa natural para el control de plagas agrícolas, económicas y amigables con el ambiente. Con el propósito de contribuir a la búsqueda de alternativas sustentables para el control de insectos plaga, en este proyecto se evaluó la actividad biológica de fitoextractos obtenidos de las especies *Cynara scolymus*, *Medicago sativa* y *Brugmansia arborea*, como alternativas de control sustentable de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga que afecta al cultivo del maíz. Los resultados mostraron que las tres especies vegetales tienen adecuada actividad insecticida, estos resultados permiten posicionarlas como excelentes candidatos de estudio y continuar las investigaciones hasta determinar cuál es la naturaleza química de los metabolitos responsables de la actividad insecticida.

**Palabras clave:** *Fitoextractos, alternativas amigables, fitoinsecticidas, control biológico, control sustentable.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

In last year's many search are made to give solution of this problematic situation, both pest and reduction of the use chemical insecticides, through to study biological controls. Actually in the nature exist many plants they don't present attract by insects or depredators, by consider they have to content compounds with biology activity so that given protection, consider botanical insecticides and represent a natural alternative to the pest control, cheap and environmental friendly. The goal to contribute to the sustainable alternative search for the pest insect control, this research were evaluated the biological activity of phyto extracts come from *Cynara scolymus*, *Medicago sativa* and *Brugmansia arborea*, as to propose sustainable alternatives to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), pest to affect the corn culture. The results could be determinate that three vegetable species have adequate activity and these results could be positioned as candidates to study for continued research to will know the chemical nature of responsible metabolites of insecticidal activity.

**Index words:** *Phyto extracts, friendly alternatives, phyto insecticides, biological control, sustainably control.*

### **INTRODUCCIÓN**

El uso irracional y manejo inadecuado de los plaguicidas químicos han representado hasta nuestros días un peligro para el ser humano y el ambiente. Algunas de las intoxicaciones y efectos nocivos como carcinogénesis, teratogénesis, esterilidad y mutagénesis, entre otros, se manifiestan en diferentes lapsos de tiempos (Martínez y Gómez, 2007). Adicionalmente los plaguicidas químicos han conducido a la resistencias de plagas, enfermedades y malezas más abundantes, incremento de salinidad y agotamiento del suelo; disminuyendo el rendimiento y la producción agrícola (Ramón & Rodas, 2007). Debido a su clima en México se presenta una diversidad de plagas en los cultivos, de acuerdo con Alatorre *et al.*, (2000), algunas entre las que atacan a las plantas cultivadas se encuentran: el gusano cogollero del maíz, la mosca de la fruta, el picudo algodonero y del manzano, arañas rojas, mosquitas blancas, chicharritas o pulgones, por lo que frecuentemente se recurre al uso de plaguicidas químicos.

Mediante un control adecuado en el manejo integrado de plagas, se busca una agricultura sostenible, promoviendo el empleo de diferentes alternativas como el uso de los extractos de



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

plantas (Gutiérrez-Ramírez, 2013); estos, han sido utilizados desde tiempos inmemorables, resurgiendo fuertemente después de la segunda guerra mundial (Alatorre *et al.*, 2000).

Con el paso del tiempo las investigaciones orientadas a determinar la actividad biológica de extractos de plantas, permite incluir y disminuir a los plaguicidas sintéticos, porque diversas especies se han mostrado prometedoras para su aplicación contra las plagas. La búsqueda de especies vegetales con potencial para aplicarlo como fitoinsecticida ha sido reportada por diversos autores, por ejemplo en una dieta artificial a una concentración del 8% del polvo de *Peumus boldus* mostró actividad insecticida en contra de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Pizarro, *et al.*, 2013) y *Helicoverpa zea* (Boddie), ocasionando el 65 y 67.5% de mortalidad (Silva-Aguayo, 2010).

Los extractos del Mirto (*Salvia microphylla*) mostraron actividad insecticida e insectistática en contra de *S. frugiperda*, con 500 ppm del extracto hexánico se obtuvo una viabilidad larval del 35% (actividad insecticida) y la duración de la pupa fue de 13 días (actividad insectistática), por lo que el grupo de trabajo de Romo-Asunción *et al.*, (2016), concluyó que el extracto hexánico de las hojas y tallos del mirto puede emplearse para el control del gusano cogollero. Sin embargo, su incursión en mercados como insecticidas botánicos tendrá que cumplir con ciertos criterios (biológicos, ambientales, toxicológico, regulatorio y comercial) para considerarse como productos comerciales (Oriela *et al.*, 2013).

Bajo este contexto el objetivo fue evaluar la actividad biológica de diferentes especies vegetales, como fitoinsecticidas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En condiciones de laboratorio se estableció la cría de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, empleado como insecto blanco en la evaluación de la especie vegetal *Brugmansia arborea* utilizada como planta de ornato. Se criaron masivamente larvas neonatas de *S. frugiperda* en dieta artificial (Burton y Perkins, 1987).

En el Cuadro 1 se describen las especies vegetales bioevaluadas y su origen. Cada uno de los tejidos vegetales, en forma individual, fueron secados, triturados y extraídos con metanol por un lapso de 72 h. El solvente se filtró y fue recuperado por destilación a presión reducida



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

empleando un rotaevaporador marca BUCHI. Finalmente se obtuvieron los fitoextractos evaluados en contra del gusano cogollero del maíz.

En los bioensayos se utilizaron 50 larvas del primer estadio de *S. frugiperda* por tratamiento, cada uno de los extractos individualmente se incorporaron a la dieta artificial para su evaluación en concentraciones de 250 y 500 ppm. Una larva neonata de *S. frugiperda* fue colocada con ayuda de un pincel de pelo de marta del número 1, por cada 15 mL de dieta artificial incluyendo el extracto en la concentración establecida.

**Cuadro 1.** Fitoextractos de especies vegetales.

Nombre científico	Nombre común	Tejido empleado	Clave
<i>Cynara scolymus</i>	Alcachofa*	Fruto	CSF
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa*	Semillas	MSS
		Partes aéreas (tallos y hojas)	MSH
<i>Brugmansia arborea</i>	Floripondio	Flor	BAF
	Trompeta de ángel	Hojas	BAH

\*Especie vegetal adquirida comercialmente

Como testigo se empleó únicamente dieta artificial. Las cajas se colocaron en incubación a 27 ±1 °C, bajo humedad relativa de 60-70% y fotoperiodo de 12-12 L-O. El diseño experimental fue completamente al azar cada larva se consideró como una unidad experimental. Las variables de respuesta fueron porcentaje de mortalidad de larvas y pupas. La mortalidad se calculó de acuerdo a la fórmula de Abbott (1925).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos de la mortalidad de larvas y pupas permitieron apreciar el efecto insecticida de los fitoextractos (Cuadro 2). Los 10 fitoextractos bioevaluados provocaron mortalidad significativa en contra de *S. frugiperda*, en los dos estadios evaluados (larvas y pupas) y en las dos concentraciones empleadas (250 y 500 ppm). Por lo que es necesario determinar la concentración letal media para los fitoextractos bioactivos como insecticidas.

De acuerdo al criterio que establece Silva *et al.* (2005), los fitoextractos que resultan prometedores como fitoinsecticidas son aquellos que muestran un porcentaje de mortalidad



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

mayor al 40 %. Considerando además que la generación de fitoinsecticidas permite controlar las poblaciones de insectos y no así eliminarlas. De los fitoextractos bioevaluados los que cumplan con ambos criterios son los de *B. arborea*. Los extractos de *C. scolymus* y *M. sativa* provocaron una alta mortalidad.

**Cuadro 2.** Efecto insecticida de fitoextractos sobre *Spodoptera frugiperda*.

Tratamiento (ppm)	% Mortalidad		
	Larvas	Pupas	Total
CSF (250)	<b>57</b>	43	100
CSF (500)	40	57	97
MSS (250)	<b>50</b>	<b>50</b>	100
MSS (500)	47	53	100
MSH (250)	53	47	100
MSH (500)	<b>57</b>	43	100
BAF (250)	22	48	70
BAF (500)	22	50	72
BAH (250)	34	26	60
BAH (500)	48	24	72
Testigo	0	0	0

*Cynara scolymus* y *Medicago sativa* son especies vegetales comestibles que pueden ser adecuados para el control de *S. frugiperda*. Sin embargo, *Brugmansia arborea* es una especie vegetal de ornato perteneciente a la familia Solanaceae se caracteriza químicamente por contener compuestos alcaloide de tipo tropano (Arteaga *et al.*, 1993; de Simone *et al.*, 2008).

Cabe mencionar que algunas especies, diferentes a la familia Solanaceae, como *Peumus boldus* la cual pertenece a la familia Monimiaceae y que ha presentado excelente actividad insecticida, contiene también compuestos de tipo alcaloide (Pizarro *et al.*, 2013). Por lo anterior y con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se considera necesario determinar cuáles son los compuestos de *B. arborea* que ejercen el efecto insecticida en contra de *S. frugiperda*, esperando que si se trata de compuestos de tipo alcaloide estos sean bioevaluados individualmente para corroborar o descartar dicha actividad biológica.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

Los 10 fitoextractos bioevaluados mostraron actividad insecticida en contra de *Spodoptera frugiperda* tanto en estadio larval como en pupal, por lo que son especies vegetales promisorias para el estudio y generación de alternativas sustentables de control de insectos plaga de tipo Noctuidae. Sin embargo, es necesario realizar mayores estudios a *Brugmansia arborea*, por ser una especie no comestible que tiene antecedentes como bloqueador muscular.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la Coordinación de la MIATS-PNPC y al PROFOCIE-2015 por el apoyo económico otorgado para la presentación del presente trabajo en el congreso de la ANCA 2016, realizado en Oaxaca, México.

## **LITERATURA CITADA**

- Abbot, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18:265-267.
- Alatorre, R., H. Bravo, J. Leyva, & A. Huerta. 2000. Manejo Integrado de Plagas, ficha técnica No. 11. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, SAGARPA, pp. 1-12.
- Arteaga de García L., M. Perea, y Ma. T. Reguero. 1993. *Brugmansia*: Una especie promisoriosa para la producción de alcaloides de tipo tropano. *Revista Colombiana de Ciencias Farmacéuticas*, 21(1): 36-40.
- Burton, L. R. and D. Perkins. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. CIMMYT. México. pp. 35-37.
- de Simone, R., L. Margarucci, and V. de Feo. 2008. Tropane alkaloids: An overview. *Pharmacologyonline*, 1: 70-89.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Gutiérrez-Ramírez, A., A. Robles-Bermúdez, C. Santillán-Ortega, M. Ortiz-Catón, y O. J. Cambero-Campos. 2013. Control biológico como herramienta sustentable de plagas y su uso en el Estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2(3): 102-112.
- Martínez-Valenzuela, C. y S. Gómez-Arroyo. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 23(4): 185-200.
- Pino, O., Y. Sánchez, M. M. Rojas. 2013. Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: Background, research approaches and trends. *Revista Protección Vegetal* 28(2): 81-94.
- Pizarro, D., G. Silva, M. Tapia, J. C. Rodríguez, A. Urbina, A. Lagunes, C. Santillan-Ortega, A. Robles-Bermúdez, and A. Aguilar Mendel. 2013. Actividad insecticida de polvo de *Peumus boldus* (Molina) (Monimiaceae) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12(4): 420-430.
- Ramón, V. A., & B. F. Rodas. 2007. El control orgánico de plagas y plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. *Guía práctica para los campesinos del bosque seco. Naturaleza & Cultura Internacional, DarwiNet, Groenhart vzw.* 1-37.
- Romo-Asunción, D., M. A. Ramos-López, D. O. Salinas-Sánchez, R. Figueroa-Brito, G. Vela-Correa, y B. E. Vázquez-Martínez. 2016. Evaluación del extracto hexánico del mirto sobre el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* J. E. smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana* 3: 159-164.
- Silva-Aguayo, G., R. Kiger-Melivilu, R. Hepp-Gallo, M. Tapia-Vargas. 2005. Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales de tres especies del género *Chenopodium*. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia* 40(10): 953-960.
- Silva-Aguayo, G., C. Rodríguez-Maciél, A. Lagunes-Tejeda, C. Llanderal-Cázares, R. Alatorre-Rosas, A. M. Shelton, and C. A. Blanco. 2010. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Southwestern Entomologist* 35(3): 215-231.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO**

**[TECHNOLOGICAL MODERNIZATION FOR THE CORN CROP PRODUCTION IN THE VALLEY OF MEZQUITAL, HIDALGO]**

**Brenda Ponce Lira<sup>1§</sup>, Alejandro Ventura Maza<sup>1</sup>, Filiberto Martínez Lara<sup>1</sup>, Susana Graciela Sánchez Herrera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Agrotecnología. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM). Carretera Tepatepec-San Juan Tepa, Km. 2, Hgo., C.P.42660. Tel. (01) 738 72 41174 ext. 151. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (bponce@upfim.edu.mx).

**RESUMEN**

El sistema de producción convencional para el cultivo de maíz en México, ha generado elevados costos de producción y bajos rendimientos de grano. El objetivo del presente trabajo de investigación consistió en evaluar el manejo de rastrojo y el efecto de siembra de maíz en camas convencionales o permanentes. Para ello, se establecieron cuatro tratamientos distribuidos bajo un diseño de bloques completos al azar, para analizar el porcentaje de germinación, altura y grosor de tallo; así como el rendimiento de grano y costos de producción. En consecuencia, se demostró que al incorporar el rastrojo al suelo y efectuar la siembra en plano, se obtiene el 100% de germinación de la semilla, además de mayores rendimientos de grano ( $16232 \text{ t ha}^{-1}$ ) y menor costo de producción. Por otra parte, para que el cultivo sea considerado como forraje, el mejor tratamiento fue el de camas permanente angostas con rastrojo sobre la superficie, al reportar mayor altura y grosor de tallo (325.9 cm y 8.95 cm respectivamente). Con lo anterior, se sugiere impulsar a la modernización sustentable de la agricultura tradicional, y hacer uso más eficiente de los recursos naturales que permitan tener un mayor impacto social, económico y ambiental.

**Palabras clave:** *Agricultura de conservación, gramínea, materia orgánica.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The conventional production system for the crop of maize in Mexico, has generated high costs of production and low yields of grain. The objective of the present research was to evaluate the stubble management and the effect of maize sowing in conventional or permanent beds. For this reason, four treatments were established according to a randomized complete block design, in order to analyze the germination percentage, height and thickness of stem, besides the grain yield and production costs. In consequence, it was demonstrated that incorporating stubble in the soils and conventional sowing, the germination seed is 100%, besides high grain yield (16232 t ha<sup>-1</sup>) and lower production cost. On the other hand, the crop could be considered as fodder, using the best treatment permanent narrow beds with the stubble on the surface; that had higher height and thickness stem (325.9 cm y 8.9 cm, respectively). With the above, it is suggested to impulse sustainable modernization of traditional agriculture, and make efficient use of natural resources that allow a greater social, economic and environmental impact.

**Index words:** *Conservation agriculture, grasses, organic matter.*

### **INTRODUCCIÓN**

Una de las principales preocupaciones en la actualidad, ha sido la alimentación de la creciente población a nivel mundial. En México, el sector agrícola enfrenta una serie de problemáticas que han afectado de manera directa al solventar la demanda de granos maíz principalmente. El cambio climático ha propiciado una serie de variaciones agroclimáticas (Lambert *et al.*, 2016), entre ellas, elevadas temperaturas y escasez de agua; lo anterior, ha impulsado a innovar procesos tecnológicos como el uso eficiente de los sistemas de labranza y manejo de rastrojos; para evitar pérdidas de humedad y favorecer las propiedades físicas y químicas de los suelos que se reflejen en la estabilidad de los rendimientos (Ngwira *et al.*, 2012), y la disminución de los costos de producción.

La formación de camas de siembra estáticas, sin reformar a menos que sea necesario (camas permanentes), ha sido una práctica de labranza que ha comenzado a adoptarse en diferentes sistemas de producción agrícola; estudios previos han demostrado que el uso de camas, más la retención de residuos ha tenido una ventaja sobre el sistema cero labranza (Sayre y Hobbs, 2004, Devkota *et al.*, 2013) la producción de cultivos bajo dicho sistema es



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

19% más eficiente que las prácticas convencionales (Rautaray, 2005). Aunado a lo anterior, el propósito del presente trabajo de investigación fue evaluar el manejo de rastrojo y el efecto de siembra de maíz en camas convencionales o permanentes; en condiciones de riego, en la zona del Valle del Mezquital, Hidalgo.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se llevó a cabo en la zona del Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo, México. La parcela demostrativa se ubica a 20°13'46.9" LN, 99°05'21.23" LO, a una altitud de 2300 m.

La siembra de maíz (DKLB 2061) se efectuó el 10 de abril del 2015, considerando una densidad de siembra de 90 000 semillas ha<sup>-1</sup> y una rotación con avena (90 kg ha<sup>-1</sup>). Se utilizaron los siguientes tratamientos: labranza convencional, sin rastrojo (LC-SR) como testigo; camas permanentes, con rastrojo (CP-CR); cero labranza en plano, con rastrojo (CL-CR) y labranza convencional en plano, con rastrojo incorporado (LC-CR). En tratamientos con retención rastrojo se dejan 25 cm de pata de la avena y el 100% previamente desvarada; en camas angostas permanentes se dejan dos surcos en una cama con 24 cm entre sí y 75 cm de fondo a fondo; en labranza convencional se realizan surcos de 0.75 m.

Para determinar el porcentaje de germinación se efectuó un conteo de plántulas en 5 m lineales por tratamiento; la altura en cm, fue tomada de la parte basal de la planta a donde inicia la espiga; se consideró la parte media de la estructura de maíz para establecer grosor de tallo (cm) con el apoyo de un vernier. Los rendimientos de grano (kg ha<sup>-1</sup>) fueron determinados en base al Manual para la determinación de rendimiento (Sayre y Hobbs, 2004) y se registró en bitácora los datos operacionales durante el ciclo.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones; con un test de comparaciones múltiples (HSD de Turkey  $p \geq 0.05$ ). Cada tratamiento experimental fue de 732 m<sup>2</sup>; de los cuales, se efectuaron tres muestreos aleatorios de 1.5 x 3 m de cada unidad. Los datos fueron recolectados en el estado de madurez del cultivo y para su análisis se utilizó R Core Team (2016).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El principal manejo para obtener una tecnología sustentable en el presente trabajo de investigación, ha sido el manejo del rastrojo; lo cual sugiere la agricultura de conservación (AC); sistema de labranza que menciona mantener siempre el suelo cubierto. Sin embargo, el hecho de haber dejado el 100% de rastrojo en CP-CR, CL-CR y LC-CR, afectó el porcentaje de germinación (85.71, 62.86 y 100% respectivamente), destacando al sistema labranza convencional en plano, con rastrojo incorporado, al tener mayor porcentaje de germinación en comparación al testigo, y reportar diferencia significativa en el análisis de varianza (Turkey  $p \geq 0.05$ ). En la parcela convencional sin rastrojo (LC-SR), se tuvo un 95.14% de germinación. Es importante señalar que los tratamientos que tuvieron mayor germinación fue en primer orden, la parcela a la que se le incorporó el rastrojo al suelo, seguido del tratamiento convencional al que se le removió toda la paja; se sospecha que la presencia de materia orgánica sobre la superficie afecta el desarrollo o bloquea la salida de coleóptilo a la superficie, efecto que no sucedió al incorporar o retirar los residuos orgánicos.

Se han reportado varias ventajas sobre el uso de avena como cultivo alternativo. En la provincia de Gansu, al noroeste de China; se reportaron principalmente *Azotobacter sp.* *Azotobacter sp.* y *Azospirillum lipoferum* como bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de la rizosfera de la avena (Tuo, 2004); en otro estudio, se informa el uso de diferentes rastrojos como medios de cobertura, entre ellos, la paja de avena; que al ser utilizada, se reporta un incremento de humedad, mayor presencia de carbono orgánico y reducción de CO<sub>2</sub> a la atmosfera (Manns *et al.*, 2007). Lo anterior, reafirma los beneficios que se pueden lograr con el uso de gramíneas como la avena, al ser utilizada durante la rotación durante el ciclo otoño-invierno.

La altura de planta entre los tratamientos LC-SR (319.50 cm) y LC-CR (321.45 cm) no reportó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre ellos, sin embargo, para CP-CR y CL-CR con alturas de 325.90 cm y 313.28 cm respectivamente, la diferencia significativa con respecto al testigo, es evidente ( $p = 0.38$ ); por otra parte, con el grosor de tallo de: 8.8 cm, 8.4 cm, 8.9 cm y 8.8 cm en el mismo orden; se demostró que la siembra sobre camas de permanentes angostas puede ser considerada si el productor estuviera interesado en obtener altos rendimientos de forraje en su cultivo; al ser éste tratamiento el que reporta la máxima altura y mayor grosor de tallo. Posiblemente la avena sembrada durante el ciclo otoño-invierno y el rastrojo de la misma, más el sistema de labranza utilizado, apoyó a incorporar alto

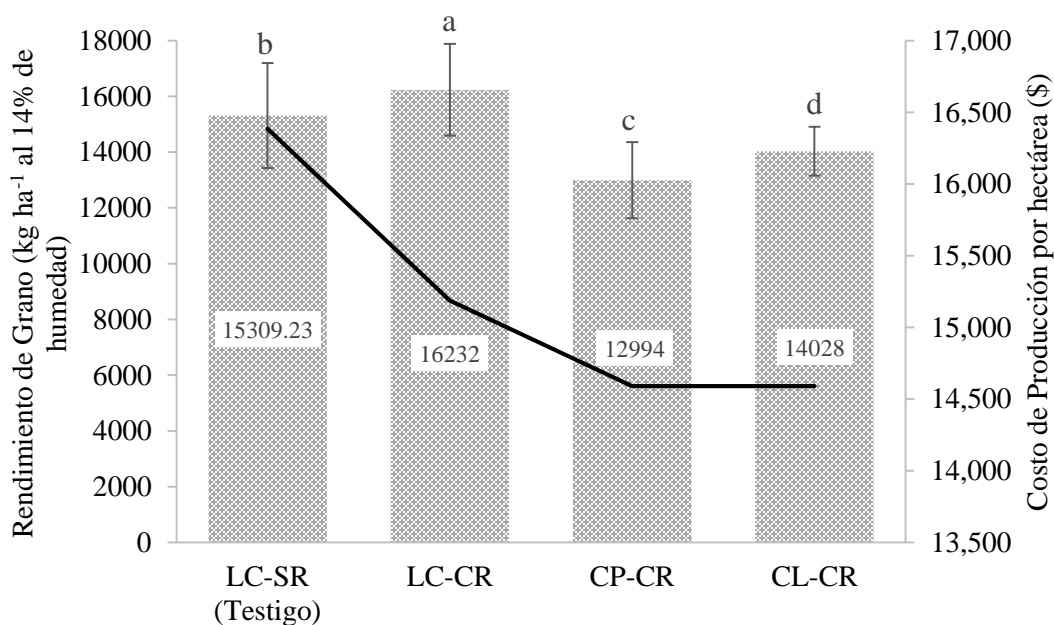


**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

contenido de nitrógeno y mejorar las condiciones físicas y químicas de suelo (Tuo, 2004; Manns *et al.*, 2007).

De acuerdo a los rendimientos de grano presentados en la Figura 1, el tratamiento de labranza convencional sin rastrojo (testigo) obtuvo 5.6% menos de producción, comparado con el tratamiento de labranza convencional con rastrojo, para este último, es esencial mencionar la incorporación de rastrojo en el suelo, pudo favorecer la interacción con la microfauna para degradar la materia orgánica; y de esta manera incrementar el humus lábil; y por consiguiente favorecer las propiedades físicas y químicas del suelo (García-Orenes *et al.*, 2012). Los surcos convencionales (75 cm) y el sistema de labranza con subsuelo, barbecho, rastra y cultivador utilizado en ambos tratamientos, permitieron una mejor distribución y desintegración de la paja de avena, sin embargo, Reta *et al.*, (2007) sugieren la siembra de maíz forrajero en surcos estrechos (38 cm y 50 cm) para incrementar la producción de materia seca hasta un 10%.



**Figura 1.** Rendimiento de grano y costos de producción por tratamiento. LC-SR = labranza convencional, sin rastrojo; CP-CR = camas permanentes, con rastrojo; CL-CR = cero labranza en plano, con rastrojo y LC-CR = labranza convencional en plano, con rastrojo incorporado. Se presentan barras verticales del error estándar y medias para rendimiento de grano; barras que no comparten una letra entre columnas, son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Pese a que Pittelkow *et al.* (2015) mencionan que en la última década se ha cultivado 125 millones de hectáreas, equivalentes al 9% de la tierra cultivable del mundo, bajo cero labranza con rastrojo incorporado; en el presente estudio; dicho tratamiento reportó 7.37% más en rendimiento de maíz, en relación al de camas permanentes angostas con rastrojo incorporado. De ambos tratamientos, se sugiere el sistema de CL-CR al tener mayor impacto y mismo costo de producción en grano; sin embargo, si el productor desea obtener mayor rendimiento de biomasa se recomienda utilizar el sistema de CP-CR, siendo este el tratamiento que presentó mayor grosor de tallo y altura en todos los tratamientos.

Al comparar los costos de producción de los sistemas de labranza convencional con y sin rastrojo; es evidente que la incorporación de materia orgánica ha sido el mejor tratamiento con mayor rendimiento de grano y menor costo de producción (7.32%), a lo invertido y obtenido en el sistema de LC-SR.

### **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de materia orgánica incorporada en el suelo, mediante el sistema de labranza convencional, ha sido el inicio a una estrategia sustentable para obtener altos rendimientos de grano a menor costo de producción; por otra parte, el uso de camas permanentes anchas con la retención de paja de avena, es una excelente propuesta para aquellos productores interesados en altas producciones de maíz forrajero. Pese a lo baja productividad de grano, en los tratamientos con rastrojo sobre la superficie, se exhorta a la población, continuar con las rotaciones de gramíneas y evaluar los cambios graduales en el sistema de producción con el rastrojo sobre la superficie.

### **LITERATURA CITADA**

- Devkota M., C. Martius., J. P. A. Lamers., K. D. Sayre., K. P. Devkota., R.K. Gupta & P. L. G. Vlek. 2013. Combining permanent beds and residue retention with nitrogen fertilization improves crop yields and water productivity in irrigated arid lands under cotton, wheat and maize. *Field Crops Research* 149: 105-114.
- García-Orenes, F., A. Roldán., J. Mataix-Solera., A. Cerdá., M. Campoy., V. Arcenogui & F. Caravaca. 2012. Soil structural stability and erosion rates influenced by agricultural management practices in a semi-arid Mediterranean agro-ecosystem. *Soil Use and Management* 28(4): 571-579.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Lambert, D., E. Bisangwa., N. Eash and M. Marake. 2016. Minimal tillage and crop residue retention adoption, input demand, and maize (*Zea mays* L.) production: A household survey analysis of smallholder producers in Lesotho. *Journal of Soil and Water Conservation* 71(2): 118-128.
- Manns, H.R., C.D. Maxwell and R.J.N. Emery. 2007. The effect of ground cover or initial organic carbon on soil fungi, aggregation, moisture and organic carbon in one season with oat (*Avena sativa*) plots. *Soil and Tillage Research* 96(1-2): 83-94.
- Ngwira, A.R., J.B. Aune and S. Mkwinda. 2012. On-farm evaluation of yield and economic benefit of short term maize legume intercropping systems under conservation agriculture in Malawi. *Field Crops Research* 132: 149-157.
- Pittelkow, C. M., X. Liang., B. A. Linquist., K. J. Van Groenigen., J. Lee., M.E. Lundy., & C. Van Kessel. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517(7534): 365-368.
- Rautaray, S. 2005. Machinery for conservation agriculture: progress and needs. *Conservation Agriculture* 70(61.46): 41-43.
- Reta S., D.G., J.A. Cueto-Wong, A. Gaytán-Mascorro y J. Santamaría-Cesar. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agricultura Técnica en México* 33(2): 145-151.
- Sayre, K.D. and PR. Hobbs. 2004. The raised-bed system of cultivation for irrigated production conditions. In: Lal R, Hobbs P. UphoffN, Hansen DO, editors. *Sustainable Agriculture and the Rice-Wheat System*. New York (USA): Marcel Dekker, Inc. pp. 337-355.
- Tuo, Y. 2004. Associative nitrogen-fixing bacteria in the rhizosphere of *Avena sativa* in an alpine region. II Phosphate-solubilizing power and auxin production [J]. *Acta Pratacultural Science*. 3: 015-017.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**ANÁLISIS DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES OSIRIS**

**[ANALYSIS OF UNIT OPERATIONS OF OSIRIS WASTEWATER TREATMENT PLANT]**

**Jorge Bluhm Gutiérrez<sup>1§</sup>, Jesús Fernández Villalpando<sup>2</sup>, Felipe de Jesús Escalona Alcázar<sup>1</sup>, Luis Felipe Pineda Martínez<sup>1</sup>, Josefina Huerta García<sup>1</sup>, Santiago Valle Rodríguez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente-investigador, Unidad Académica de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ, Zacatecas, México. <sup>2</sup>Licenciado en Ciencias Ambientales, Unidad Académica de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ, Zacatecas, México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jorgebg5@yahoo.com.mx), jesus7fernandez@outlook.com; fescalona@hotmail.com luisfpm23@gmail.com; jhuga@msn.com; svallerodriguez@yahoo.com.mx).

**RESUMEN**

Fueron analizadas las operaciones unitarias en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Osiris, administrada por el organismo operador para los municipios de Zacatecas, Guadalupe, Morelos y Vetagrande, en el estado de Zacatecas (JIAPAZ), en el periodo del 3 de marzo al 7 de octubre del año 2014. El objetivo fue comprobar si el conjunto de las operaciones unitarias de la PTAR Osiris cumple con la normatividad vigente para descarga de aguas residuales. Osiris trata un 80% de las aguas residuales del área conurbada Zacatecas-Guadalupe, se encuentra en el municipio de Guadalupe, y tiene procesos de pretratamiento, y tratamientos primario, secundario y terciario. Para evaluar el tratamiento del agua se consideraron tres parámetros: la concentración de sólidos suspendidos totales (SST), la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno a 5 días (DBO5). Los valores para muestras compuestas del influente fueron: 170 mg L<sup>-1</sup> de SST, 401 mg L<sup>-1</sup> DQO y 192 mg L<sup>-1</sup> para DBO5. También se tomaron muestras compuestas del efluente, con los siguientes valores medidos en laboratorio y límites máximos de la NOM-001-SEMARNAT-1996: 32 mg L<sup>-1</sup> para SST (límite 200 mg L<sup>-1</sup>); 75.58 mg L<sup>-1</sup> en DQO (500 mg L<sup>-1</sup> máximo) y 13.69 mg L<sup>-1</sup> en DBO5 (máximo 200). Para que la remoción de DBO5 en el sedimentador primario siga siendo efectiva, el proceso unitario de cribado fino debe operar permanentemente. Las conclusiones son que las condiciones fisicoquímicas en las que se



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

encuentra la descarga del agua tratada en la planta Osiris cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas.

**Palabras clave:** *Purificación de aguas de desecho, optimización de instalaciones, operación, solución de fallos.*

### **ABSTRACT**

They were analysed unit operations in the Osiris Wastewater Treatment Plant, managed by the intermunicipal council for the municipalities of Zacatecas, Guadalupe, Morelos and Vetagrande, in the state of Zacatecas (JIAPAZ), in the period from March 3 to 7 October 2014. The objective was to check whether the unit operations set of Osiris complies with current regulations for wastewater discharge. Osiris treats 80% of wastewater the metropolitan Zacatecas-Guadalupe area, it is located in the municipality of Guadalupe, and counts with Pretreatment Processes, and Primary, Secondary and Tertiary treatments. To evaluate water treatment were considered three parameters: the concentration of the total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand of five days (BOD5). The values for composite samples for the influent were: 170 mg L<sup>-1</sup> TSS, 401.33 mg L<sup>-1</sup> COD and 192 mg L<sup>-1</sup> BOD5. Composite samples of effluent from the plant were also taken, with the following measured values in the laboratory and maximum NOM-001-SEMARNAT-1996 values: 32 mg L<sup>-1</sup> TSS (limit 200 mg L<sup>-1</sup>); 75.58 mg L<sup>-1</sup> COD (500 mg L<sup>-1</sup> maximum) and 13.69 mg L<sup>-1</sup> BOD5 (maximum 200). For that the removal of BOD5 in the primary clarifier remains effective, the fine sieve process unit should operate permanently. The conclusions are: the physicochemical conditions of the discharge of treated water in the Osiris Plant fulfil with Mexican Official Standards.

**Index words:** *Wastewater purification, optimization of facilities, operation, fault solution.*

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad una cuarta parte de la población mundial, poco más de mil seiscientos millones de personas, sufren escasez severa de agua. Esto obliga a la implementación de



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

medidas para reducir y controlar la contaminación que se vierte en el medio natural. Para esto, es necesario implementar medidas para reducir el consumo de agua en las actividades cotidianas, así como evitar el uso de sustancias tóxicas y/o no biodegradables que se vierten en las aguas residuales domésticas, agropecuarias e industriales. Es necesario sustituirlas por sustancias menos perjudiciales para los seres vivos, que sean biodegradables y que no alteren el equilibrio de los ecosistemas.

Las aguas residuales deben tratarse para mejorar su calidad, removiendo o convirtiendo los contaminantes que contienen, hasta donde sea posible, utilizando una planta de tratamiento. El propósito es mejorar la calidad del agua que se vierte a los cuerpos receptores y mitigar el impacto que las aguas residuales crudas provocan al medio natural y a la salud humana.

Los productos finales principales del tratamiento de aguas residuales son: 1) el efluente de la planta de tratamiento y 2) los lodos o suspensiones de sólidos obtenidos como subproductos. El efluente de la planta de tratamiento se descarga hacia las aguas receptoras, a los suelos receptores o puede emplear en otros usos. El propósito de las plantas de tratamiento de aguas residuales es generar un efluente aceptable, que cumpla con la normatividad vigente y no dañe el medio ambiente (Fair et al., 1994).

El tratamiento de aguas residuales está conformado por un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos, distribuido en operaciones unitarias. El objetivo de este trabajo es analizar los procesos en la planta de tratamiento de aguas residuales “Osiris” (PTAR Osiris), ubicada en el municipio de Guadalupe, en el estado de Zacatecas, y que trata la mayoría de las aguas residuales generadas en los municipios de Zacatecas y Guadalupe para determinar si el conjunto de operaciones unitarias existentes en esta planta logra reducir las concentraciones en el efluente por debajo de los niveles máximos permitidos en la NOM-001-SEMARNAT-1 996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

En parámetro de importancia para caracterizar las aguas residuales son los sólidos suspendidos totales (SST). Los SST son la porción de los sólidos totales retenida en un filtro con un tamaño de poro específico, medidos después de ser secados a una temperatura específica (105°C). Todas las corrientes residuales tienen algunos sólidos en suspensión. Las aguas residuales domésticas, dependiendo de su concentración, tienen de 150 a 250 mg L-1



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

(como fue el caso del agua residual estudiada en este trabajo). A menudo, los sólidos representan entre el 30% y el 60% de la DBO (Metcalf & Eddy, 2003; Russell, 2012).

La demanda química de oxígeno (DQO) y se mide químicamente por digestión ácida, en donde ocurre la oxidación química de todos los carbonos orgánicos mediante oxidación con ácido dicromato. La demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5) es el parámetro más ampliamente usado de contaminación orgánica tanto en aguas residuales como en aguas superficiales. Es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido por una corriente residual aclimatada en un periodo de 5 días debido a la materia orgánica (microorganismos) contenida en la corriente residual y que efectúa la oxidación de la materia orgánica. Es la medida de la carga de materia orgánica en una corriente residual. La DQO es siempre mayor que de la DBO5, y la DQO siempre oxidará cosas que la DBO no puede oxidar o que no mediará (Metcalf & Eddy, 2003; Russell, 2012).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La PTAR Osiris está ubicada en la Colonia Osiris del municipio de Guadalupe, Zacatecas. Se encuentra en la porción central del estado de Zacatecas con coordenadas (UTM NAD27, 13N) 761 882.99 este y 2 521 244.22 norte. En Osiris es donde se unen los colectores de aguas residuales del arroyo de la Plata y el de Osiris. Ambos concentran aproximadamente el 80% de las aguas residuales generadas por las ciudades de Zacatecas y Guadalupe.

La clasificación del clima para el municipio de Guadalupe según CONABIO (1 998) es Bs1kw, clima semi-árido templado. Según SMN (2 015), desde el año 1 951 hasta 2 010, la estación meteorológica de Guadalupe (32 121, la más cercana a Osiris) presenta una temperatura media normal anual de 16.7 °C, con temperatura máxima normal anual de 24.2 °C, y una temperatura mínima normal anual de 9.3 °C, la evaporación total normal es 2 014.9 mm y la precipitación normal anual es de 434.2 mm.

El área de estudio está ubicada en la provincia fisiográfica de la Mesa del centro, está en un valle por lo que el relieve es plano y con una elevación promedio de 2 200 m. El tipo de suelo es xerosol lúvico de textura media. La vegetación presente consiste en pastizales. El sitio se localiza en la región hidrológica No. 37, El Salado (CONAGUA, 2 012). Está constituida por cuencas cerradas, así mismo carece de corrientes superficiales permanentes.

La PTAR Osiris funciona a base de lodos activados, y cuenta con áreas de pretratamiento, tratamiento biológico, desinfección y tratamiento de biosólidos (lodos producto del



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

tratamiento). La superficie de la planta es de 2.87 ha, y 900 m<sup>2</sup> del edificio administrativo y área de estacionamiento, una hectárea de vialidades internas y 2.18 ha de áreas verdes.

El caudal medio tratado en la PTAR es de 600 L s<sup>-1</sup>, y el caudal máximo es 1 080 L s<sup>-1</sup> (AICISA, 2 013). El proceso de tratamiento inicia con cribado grueso, donde se eliminan la basura y sólidos de gran tamaño. Después se tiene un canal Parshall equipado con medición automática de caudal. Después el agua pasa a un tanque regulador, donde se absorben los picos de caudal y se realiza la mezcla del influente. A continuación, el agua pasa a cribado fino, donde se eliminan sólidos mayores a 6 mm; se continúa con desarenación aireada, en la cual se introduce aire para crear una alta turbulencia, y así sedimentar las arenas y evitar la sedimentación de la materia orgánica. Después sigue el cárcamo de bombeo. Luego está la caja de distribución, que reparte el agua residual en tres trenes de tratamiento. Se ubica luego el proceso de sedimentación primaria, que se diseña para remover entre 50 y 70% de los sólidos suspendidos (cuando no se usa como tratamiento preliminar), y entre 25 y 40% de la DBO<sub>5</sub>; el tiempo teórico de retención varía entre 0.5 y 1.0 h (como tratamiento preliminar antes de entrar al reactor). Se tiene después el reactor de lodos activados, el cual consiste de un tanque prismático rectangular con purga de lodos, el tipo de aireación es de burbuja fina; el tiempo teórico de retención va de 4 a 8 h. A continuación, se tiene el sedimentador secundario, que elimina la mayor parte de los microorganismos que se formaron en el reactor biológico, con tiempo de retención de 1.5 a 2.5 h. Por último, para desinfección hay un sistema de lámparas de luz ultravioleta (UV). Los lodos que se extraen de los diferentes procesos se envían a un digestor de lodos para tal fin, y luego efectuar su secado.

Respecto a la remoción de DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos totales (SST) se usó la siguiente expresión, que sirvió para evaluar la efectividad de varias operaciones unitarias (Crites y Tchobanoglous, 2 000):

$$R = t / (a + bt)$$

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado (%).

t = Tiempo nominal de retención (h).

a, b = Constantes empíricas (referidas a 20 °C).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

Además, se utilizó la fórmula siguiente para obtener el tiempo de retención en distintos tipos de tanques (procesos unitarios) de la planta Osiris (Winkler, 2008):

$$t=V/Q$$

Donde:

t = Tiempo de retención (h).

V = Volumen del líquido en el tanque (m<sup>3</sup>).

Q = Tasa de flujo (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>).

Y haciendo uso de las dos fórmulas anteriores se comprobará en qué grado cumplieron los procesos unitarios estudiados con el porcentaje de remoción y el tiempo de retención recomendados en las referencias correspondientes.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Primero se calculó el tiempo de retención del sedimentador primario; considerando que el flujo de 24 h es de 400 L s<sup>-1</sup> (1 440 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) y que el tanque sedimentador posee un volumen aproximado de 1 371.07 m<sup>3</sup>, se tiene que el tiempo de retención es:

$$t=V/Q=(1\ 371.07\ m^3)/(1\ 440\ m^3/h)=0.95\ h$$

Los valores a usar para el porcentaje de remoción esperado (Crites y Tchobanoglous, 2000), son a = 0.018 y b = 0.02 para DBO<sub>5</sub>, y a = 0.0075 y b = 0.014 para SST. La remoción de DBO<sub>5</sub> fue de 25.7% y la de SST resultó de 45.7%. Los tanques de sedimentación primaria deben remover entre 35 y 50% de SST (cuando se usan como preliminar al tratamiento biológico), y reducir la DBO<sub>5</sub> entre 25 a 40% (Crites y Tchobanoglous, 2000), por lo que Osiris en su sedimentador primario está dentro de los rangos recomendados.

Por otra parte, en el reactor biológico se obtuvo que el flujo de 24 horas fue de 400 L s<sup>-1</sup> y el volumen aproximado del reactor es de 6 300 m<sup>3</sup>. Por lo que el caudal es de 1 440 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> y el tiempo de retención calculado es de 4.375 h. El tiempo teórico recomendable va de 4 a 8 h, por lo que el tiempo de retención en el reactor biológico fue aceptable.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

En el sedimentador secundario se tiene el mismo caudal a tratar de  $1,440 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , y el volumen aproximado de este sedimentador fue de  $2,868.12 \text{ m}^3$ ; por lo que el tiempo calculado de retención fue 1.99 h. El tiempo teórico recomendado para sedimentadores secundarios está entre 1.5 y 2.5 h. Por lo que el tiempo de retención calculado fue adecuado.

Respecto a la geometría del sedimentador primario, sus dimensiones reales son una profundidad de 3.3 m y diámetro de 23 m; el valor teórico de la profundidad va de 3.00 a 4.90 m y el diámetro teórico recomendado es de 3 a 60 m. Por lo tanto, la profundidad y el diámetro están en el rango teórico.

En el sedimentador secundario sus medidas son: 3.8 m de profundidad y 31 m de diámetro. Los valores teóricos recomendados van de 3.6 a 6.0 m para la profundidad, y de 3 a 60 m para el diámetro. Así, el sedimentador secundario opera dentro de valores teóricos recomendados.

El efluente de la planta Osiris se utiliza para riego agrícola, y todos los parámetros que debe cumplir el agua ya tratada están definidos y estipulados en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Se tomaron muestras del efluente el 24 y 25 de septiembre del 2014, que se mandaron analizar en un laboratorio acreditado. De los resultados de laboratorio, se observó que los valores están por debajo de los límites máximos permitidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, y son: para SST  $32 \text{ mg L}^{-1}$  (límite máximo 200), para DQO  $75.58 \text{ mg L}^{-1}$  (límite 500) y  $13.69 \text{ mg L}^{-1}$  (máximo permitido 200), por lo que el caudal efluente de la PTAR Osiris sí se puede utilizar en riego agrícola. Todos los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio estuvieron por debajo de los límites máximos permitidos por la norma de referencia, y demostraron que el conjunto de las operaciones unitarias existentes en Osiris en ese momento cumplió con el propósito de descontaminar el agua residual proveniente de la zona conurbada Zacatecas-Guadalupe hasta niveles aceptables de acuerdo a la normatividad vigente.

## **CONCLUSIONES**

Las condiciones fisicoquímicas en las que se encuentra la descarga del agua tratada en la planta Osiris cumple con las Normas Oficiales Mexicanas, por lo que las operaciones unitarias son eficientes. El tiempo de retención en el sedimentador primario y sedimentador secundario están dentro de los parámetros establecidos para una planta de tratamiento como



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Osiris. Con respecto a la remoción de DBO<sub>5</sub>, el sedimentador primario remueve aproximadamente 25% con la comparación teórica de 25% a 40%, por lo que está en el límite inferior de remoción recomendado por Crites y Tchobanoglous (2000). Un factor que ayuda al cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996 es la existencia del proceso unitario de cribado fino, que también ayuda a la remoción de la DBO. Por tanto, el cribado fino siempre deberá de operar en Osiris. Con respecto a la remoción de SST, el sedimentador primario remueve aproximadamente 45% con la comparación teórica de 35% a 50%, por lo que cumple con la remoción de SST, y se considera que el tamaño del tanque de sedimentación primario es el adecuado. Por tanto, las operaciones unitarias analizadas en la planta Osiris satisfacen también las recomendaciones de remoción y dimensiones señaladas por Crites y Tchobanoglous (2000). En la prueba de DBO<sub>5</sub>, se observó que el procedimiento de tren de tratamiento es funcional y cumple con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para el efluente ( $13.69 < 200 \text{ mg L}^{-1}$ ). La prueba de SST de laboratorio se observó que cumple también con esta norma ( $32 < 200 \text{ mg L}^{-1}$ ), así como para la DQO ( $75.58 < 500 \text{ mg L}^{-1}$ ). El tiempo de retención del reactor biológico es de 4.3 h, y se encuentra dentro del tiempo teórico recomendable que va de 4 a 8 h, por lo que no se requieren modificaciones en la geometría u operación del tanque.

### **LITERATURA CITADA**

- AICISA (Aqua Innova Consultoría e Ingeniería), 2 013. Estudio de ingeniería básica y proyecto ejecutivo, en la localidad colonia Osiris, en el municipio de Guadalupe Zacatecas. 11 de mayo del 2015.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), 1 998. Climas. Página electrónica. Consultado el 27 de enero de 2015. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/layouts/clima1mgw.png>
- Crites, R., G. Tchobanoglous. 2 000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. 1ª edición. Mc Graw Hill. Colombia. 776 p.
- Fair, G. M., J. C. Geyer, D. A. Okun. 1 994. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Tomo 2. Décima reimpresión. Editorial Limusa. México. 728 pp.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Metcalf & Eddy, Inc. 2 003. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. 4th edition. McGraw-Hill. EUA. 1819 p.

Russell, D. L. 2 012. Tratamiento de aguas residuales. Un enfoque práctico. 1ª edición. Editorial Reverté. España. 273 p.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 1996. Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEMARNAT-1996. México, D.F., diciembre de 1996. Página electrónica. Consultado el 5 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/NOM-001-SEMARNAT-1996.pdf>

SMN (Servicio Meteorológico Nacional), 2015. Información climatológica por estado. Página electrónica. Consultado el 2 de febrero de 2015. Disponible en: [smn.cna.gob.mx/es/información-climatologica-ver-estado?estado=zac](http://smn.cna.gob.mx/es/información-climatologica-ver-estado?estado=zac)

Winkler, M. A. 2 008. Tratamiento biológico de aguas de desecho. 1ª edición. Editorial Limusa. México. 338 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CARACTERIZACIÓN DE UN SURFACTANTE PRODUCIDO POR *Klebsiella oxytoca* AISLADA DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS**

**[CHARACTERIZATION OF A SURFACTANT PRODUCED BY *Klebsiella oxytoca* ISOLATED FROM SOILS CONTAMINATED WITH HYDROCARBONS]**

**David Leonardo Pérez-Cruz<sup>1</sup>, Elvira Ríos-Leal<sup>2</sup>, Josefina Barrera-Cortés<sup>2§</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad Ciencias Agrarias y del Ambiente. San José de Cúcuta. Colombia. <sup>2</sup>Investigadores. CINVESTAV-IPN Depto. Biotecnología y Bioingeniería. Ciudad de México 07360, México. (taurux8@hotmail.com; erios@cinvestav.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jbarrera@cinvestav.mx).

**RESUMEN**

La remediación de sitios contaminados con hidrocarburos es una necesidad ambiental de actualidad y por ello se llevó a cabo la producción y caracterización de un biosurfactante (BS), proyectando su aplicación futura al lavado de suelos como sustancia extractora. El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización de un BS producido por una cepa aislada de suelos contaminados con hidrocarburos, *Klebsiella oxytoca*. Se determinaron las propiedades fisicoquímicas del medio de cultivo y posteriormente el BS fue extraído y purificado para análisis cromatográfico de sus fracciones hidrofílica y lipofílica y cálculo del balance hidrofílico-lipofílico (HLB). Como resultados relevantes, se determinó un HLB de 13.3. Los análisis cromatográficos infirieron que la fracción orgánica está compuesta por 7 ácidos grasos; ácido mirístico [C14:0], ácido miristoleico [C14:1], ácido palmítico [C16:0], ácido palmitoleico [C16:1], ácido esteárico [C18:0], ácido oleico [C18:1] y ácido linoleico [C18:2] en concentraciones de 0.096, 0.248, 3.728, 0.260, 0.544, 35.982 y 4,496 % respectivamente. Para la fracción acuosa se registró un azúcar no identificado con respecto a los estándares usados. En base a las propiedades registradas, asumimos que el biosurfactante purificado presenta afinidad por la fracción hidrofílica y su aplicación representativa es como detergente. El rendimiento obtenido fue de 0,146 g. de biosurfactante por gramo de biomasa.

**Palabras clave:** *Biorremediación, biosurfactante, HLB.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Clean remediation of sites polluted with hydrocarbons is an environmental need today; therefore, it was carried out the production and characterization of a biosurfactant (BS), projecting its future application as an extractor agent in the washing of polluted soils. The aim of this study was to perform the characterization of a BS produced by a hydrocarboncoalstic strain isolated from soil contaminated with hydrocarbons, *Klebsiella oxytoca*. Its physicochemical properties in the culture medium were determined and was later extracted and purified fractions chromatographic analysis for hydrophilic and lipophilic and calculation of the balance (HLB) hydrophilic-lipophilic. As relevant search results, it was determined an HLB of 13.33. Chromatographic analyses they inferred that the organic fraction is made up of 7 fatty acids; myristic acid [C14: 0], miristoleic acid [C14:1], palmitic acid [C16: 0], palmitoleic acid [C16: 1], stearic acid [C18: 0], oleic acid [C18: 1] and linoleic acid [C18: 2] in concentrations of 0.096, 0.248, 3.728, 0.260, 0.544, 35.982 and 4.496% respectively. For the aqueous fraction was a not identified sugar with respect to the standards that have been used. On the basis of the registered properties, we assume that the purified biosurfactante has affinity for the hydrophilic fraction and its representative application is as detergents. The performance obtained was 3.8 mg of biosurfactante per gram of biomass.

**Index words:** *Bioremediation, biosurfactant, HLB.*

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación ambiental ocasionada por el petróleo y productos petroquímicos es un problema de actualidad que daña el equilibrio de los ecosistemas. El motivo principal es la fuerte adsorción de ciertas fracciones de hidrocarburo a las partículas de suelo, así como la infiltración del contaminante hacia las corrientes subterráneas de agua (Vázquez-Luna *et al.*, 2011). En los sistemas marinos, por ejemplo, es conocida la muerte de aves jóvenes o recién nacidas, así como la susceptibilidad al petróleo de las macrófitas acuáticas (Núñez *et al.*, 2010). En lo que respecta al suelo, la afectación del ciclo bioquímico en plantas y suelo ha sido asociado al derrame de grandes volúmenes de petróleo. Para hacer frente a esta problemática, actualmente se dispone de una gran variedad de tecnologías de remediación, tanto fisicoquímicas como biológicas, de las cuales, las biológicas son de mayor interés considerando que son tecnologías inocuas, amigables con el medio ambiente y que permiten el reúso de los suelos remediados (Itube y López, 2015).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

El objetivo del presente trabajo es la producción, extracción, y caracterización de un biosurfactante producido por la bacteria *Klebsiella oxytoca*. El biosurfactante se asume como una alternativa viable para resolver la problemática de biodisponibilidad sustentable de contaminantes para propósitos de biorremoción microbiana (Zacarias-Salinas *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2016)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Cultivo bacteriano**

*Klebsiella oxytoca* es una bacteria hidrocarbonoclasta disponible en el Laboratorio de supervisión y control de procesos biológicos del departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). La cepa fue inicialmente propagada en agar nutritivo para su conservación a 4°C y posteriormente en caldo nutritivo (CN) para la determinación de la curva de crecimiento microbiano y cálculo de parámetros cinéticos. El cultivo se llevó a cabo por duplicado bajo condiciones controladas de temperatura (30°C) y agitación (150 rpm), durante un tiempo de 72 h. La curva de crecimiento se determinó a partir de cultivos de la cepa en 50 mL de CN contenidos en matraces Erlenmeyer de 250 mL. Dos matraces fueron extraídos cada 2 horas y el cultivo centrifugado a 8000 rpm durante 10 min. El sobrenadante fue utilizado para la determinación de parámetros fisicoquímicos asociados a la producción de biosurfactantes, como son el pH (potenciómetro de Waterproof de Eutech), viscosidad ( $\mu$ , viscosímetro AND Vibro Viscometer), conductividad eléctrica (CE, CORNING Pinnacle 542), tensión superficial (TS, TD1C Lauda) y nivel de emulsificación (NE, queroseno: medio de cultivo en una relación 1:1). Respecto al pellet, éste fue lavado y secado a 40°C para la determinación de masa celular por peso seco. Los análisis fueron realizados por duplicado.

### **Producción y Extracción del biosurfactante**

*Klebsiella oxytoca* fue cultivada a 30°C y 150 rpm en 200 mL de CN contenido en matraces de 1L. El BS producido fue precipitado con etanol en una relación 4:1 a una temperatura de 4°C (aprox. 24 h). El precipitado fue recuperado por centrifugación a 6000 rpm durante 30 min y posteriormente resuspendido en agua destilada esterilizada para ser dializado (MWCO



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

12000  $\approx$  14000) con agua fría (4°C); el agua de la diálisis se cambió periódicamente hasta registrar una conductividad igual a la del agua. El biosurfactante fue hidrolizado a 100°C durante 16 h con 2 mL de HCl 6N. La muestra hidrolizada se dejó enfriar a temperatura ambiente y la separación de las fracciones, hidrofóbica e hidrofílica, se realizó por extracción líquido-líquido con hexano, 2 mL de hexano por cada 2 mL de fase acuosa, la extracción se repitió 3 veces para cada volumen de fase acuosa. Las fases acuosa y orgánica fueron recuperadas por separado y los solventes eliminados por evaporación (70°C) para la recuperación y caracterización de las fracciones del surfactante así como para el cálculo de HLB a partir de datos del peso seco de cada una de las fracciones del BS purificado (Kim and Kim, 2005).

$$HLB = \frac{\text{Peso de la fracción hidrofílica}}{\text{Peso molecular total}} * 20$$

Las fracciones hidrofóbica (ácidos grasos) e hidrofílica (azúcares) fueron guardadas en frascos ámbar hasta su posterior uso.

#### **Caracterización del biosurfactante**

La caracterización de los ácidos grasos (fracción hidrofóbica) fue realizada mediante un cromatógrafo de gases Perkin Elmer Autosystem con detector de ionización de flama (CG-FID) e implementado con una columna capilar Omegawax™ 250 de 30m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25 $\mu$ m (Folch *et al.*, 1957). Las temperaturas del inyector y detector se fijaron a 220 y 250°C, respectivamente y el programa de calentamiento fue en tres etapas: 100 °C - 4min – 6 °C min<sup>-1</sup>; 220 °C - 3 min – 3 °C min<sup>-1</sup>; y 250 °C - 5min. Como gas acarreador se utilizó nitrógeno a una presión de 9 psi. En lo que respecta a la fase acuosa, ésta fue liofilizada y solubilizada en agua para análisis de azúcares por cromatografía de líquidos. Se utilizó un cromatógrafo Varian ProStar con índice de refracción, implementado con una columna Aminex HPX-87 para carbohidratos de 300 mm  $\times$  7.8 mm. La fase móvil fue agua a 65°C y flujo de 0.6 mL min<sup>-1</sup>.



### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de la producción del BS

*Klebsiella oxytoca* presentó una fase de crecimiento exponencial de aproximadamente 20 h. El registro de los parámetros fisicoquímicos del mosto permitió observar su congruencia con los parámetros fisicoquímicos comúnmente asociados a la producción de biosurfactantes (Adebusoye *et al.*, 2008). Por ejemplo, el pH y la CE aumentaron, en tanto que la TS disminuyó de 60 a 40  $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$ . Estas variaciones, han sido atribuidas a los radicales éter y  $\text{OH}^-$  aportados por los biosurfactante del tipo no iónico (Raiger y López, 2009). Gennaro (2003) reporta que la TS de las soluciones acuosas de tensoactivos disminuye con el aumento de la concentración; la disminución alcanza un valor mínimo más allá del cual se hace prácticamente constante (Figura 1). Este patrón fue corroborado en los resultados experimentales obtenidos en el presente trabajo. Con relación a la viscosidad,  $\mu$ , el incremento de su valor de 1.2 cp a 1.3 cp, aunque de baja magnitud a partir de la hora 23, se atribuye al aumento de la concentración de la fracción hidrofóbica del BS, muy probablemente cercana a la concentración micelar crítica (CMC), así como a la cadena hidrocarbonada de longitud variable que conforman los ácidos grasos saturados e insaturados del BS (Yañez-Ocampo y Wong-Villarreal, 2013; Ortega-Rodríguez, 2009).

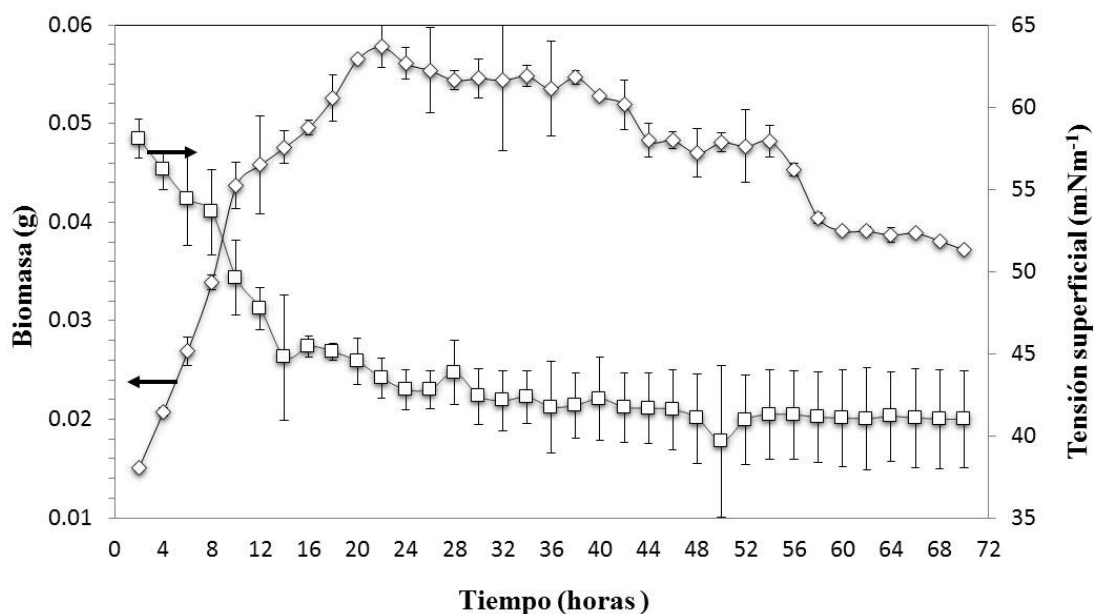


Figura 1. Curva de crecimiento microbiano de *Klebsiella oxytoca*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

La cuantificación de BS por unidad de biomasa y por litro de medio de cultivo fue de  $0.146 \text{ g g}^{-1}$  y  $0.16 \text{ g L}^{-1}$ , respectivamente. Estos datos indican rendimientos bajos, considerando los valores de  $2.44 \text{ g L}^{-1}$ , reportados por Anandaraj y Thivakaran (2010), aunque es importante recordar que la producción de biosurfactante depende de la composición del medio de cultivo, así como de las condiciones de crecimiento del microorganismo.

#### **Cálculo del HLB y composición de las fracciones hidrofóbica e hidrofílica del BS**

Se calculó un HLB de 13.3. Un HLB alto indica una fracción hidrofílica alta en la molécula del BS y su afinidad para formar emulsiones del tipo aceite en agua (O/W). Este tipo de emulsiones es de común interés para la elaboración de detergentes y solubilizantes de apariencia transparente (Fakruddin, 2012). El análisis cromatográfico de la estructura molecular del BS permitió detectar un azúcar presente en la muestra del biosurfactante, sin embargo, su peso molecular no coincidió con ninguno de los estándares utilizados. Con relación al análisis de la fracción hidrofóbica, se identificaron 7 ácidos grasos en las siguientes concentraciones: 36% de ácido oleico [C18:1], 4,5% de ácido linoleico [C18:2], 3,7% de ácido palmítico [C16:0] y en menores proporciones los ácidos mirístico [C14:0], ácido miristoléico [C14:1], ácido palmitoleico [C16:1] y ácido esteárico [C18:0].

### **CONCLUSIONES**

Se determinó la capacidad de *Klebsiella oxytoca* para producir un biosurfactante de un balance hidrofílico-lipofílico igual a 13.3. El biosurfactante disminuyó la tensión superficial de  $60$  a  $40 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$ , de un medio de cultivo del tipo nutritivo. Esta caída de tensión permite discernir las interacciones favorables que podría tener este biosurfactante para propósitos de emulsificación de hidrocarburos. Con relación a la fracción hidrofóbica del biosurfactante, su análisis cromatográfico permitió identificar en mayor concentración al compuesto 9-Octadecenoico, también conocido como ácido oleico. Este ácido grado es del tipo monosaturado y está usualmente presente en un gran número de aceites y grasas de uso alimentario. Dados los bajos rendimientos de producción del biosurfactante en caldo nutritivo, es necesario el diseño de medios de cultivo que permitan incrementar su producción.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo fue apoyado por CONACYT a través de los proyectos CB-2010-156837 y INFR-2012-01-188339. Los autores agradecen a Gustavo Medina Mendoza por su apoyo técnico para la realización de los análisis cromatográficos.

**LITERATURA CITADA**

- Adebusoye, S.A, O.O. Amund, M.O. Ilori, D.O. Domeih and J. Okpuzor. 2008. Growth and biosurfactant synthesis by Nigerian hydrocarbon-degrading estuarine bacteria. *Revista de Biología Tropical* 56 (4):1603-1611.
- Anandaraj, B. and P. Thivakaran 2010. Isolation and production of biosurfactant producing organism from oil spilled soil. *Journal of Bioscience and Technology* 1(3):120-126.
- Fakruddin, Md. 2012. Biosurfactant: Production and Application. *Petroleum and Environmental Biotechnology* 3(4):1-5. doi:10.4172/2157-7463.1000124
- Folch, J., M. Lees and G.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226(1):497-509.
- Gennaro, A.R. 2003. Remington Farmacia. Médica Panamericana (Ed.). 20a edición. Buenos Aires Argentina. Parte 2
- Iturbe R. and J. López. 2015. Bioremediation for a soil contaminated with hydrocarbons. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology* 6(2):1-6. doi:10.4172/2157-7463.1000208
- Kim, P. and J. Kim 2005. Characterization of a novel lipopolysaccharide biosurfactant from *Klebsiella oxitoca*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 10(6):494-499.
- Li G., S. Guo and J. Hu. 2016. The influence of clay minerals and surfactants on hydrocarbon removal during the washing of petroleum-contaminated soil. *Chemical Engineering Journal* 286:191-197



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Núñez, R.R., M. Lorenzo, E. Ortiz y J. Oramas. 2010. Biorremediación de la contaminación de petróleo en el mar. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente* 10(19):1-6.
- Ortega-Rodríguez, M. 2009. Comportamiento reológico de disoluciones acuosas de surfactantes comerciales no iónicos. (Tesis Doctoral). Departamento de ingeniería química, Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. España.
- Raiger, L. y N. López. 2009. Los biosurfactantes y la industria petrolera. *Revista QuímicaViva* 8(3):146-161.
- Riojas, H.H., L.G. Torres, I. Moncada, J. Balderas y P. Gortáres. 2010. Efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Revista QuímicaViva* 9(3):120 - 145.
- Vázquez-Luna, M., A. Montiel-Flores, D. Vázquez-Luna y M.F. Herrera-Tenorio. 2011. Impacto del petróleo crudo en suelo sobre la microbiota de vida libre fijadora de nitrógeno. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3):511-523.
- Yañez-Ocampo, G. y A. Wong-Villarreal. 2013. Biosurfactantes microbianos, producción potencial con residuos agroindustriales de Chiapas. *BioTecnología* 17(3):12-28.
- Zacarias-Salinas M., M. Vaca, M. A. Flores, E. R. Bandala, L.G. Torres. 2013. Surfactant-enhanced washing of soils contaminated with wasted-automotive oils and the quality of the produced wastewater. *Journal of Environmental Protection* 4:1495-1501.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**DEPURACIÓN DE ENTEROBACTERIAS EN *Tubifex tubifex* POR EFECTO DE LA MICROALGA *Chlorella vulgaris***

**[DEPURATION OF ENTEROBACTERIA IN *Tubifex tubifex* PER EFFECT OF MICROALGAE *Chlorella vulgaris*]**

**Gabriela Vázquez Silva<sup>1§</sup>, Karina Molina Delgado<sup>1</sup>, Gabriel Medina Mejía<sup>1</sup>, Nahúm Orocio Alcántara<sup>1</sup>, Fernando Carlos Arana Magallón<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. <sup>2</sup>Estudiante de Biología, UAM Xochimilco. <sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca, Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México. C. P 04960. mezkalli21@gmail.com, jellalmedina93@gmail.com, naaoro1@gmail.com, farana@correo.xoc.uam.mx.

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: (gabyvsmx@gmail.com; gavaz@correo.xoc.uam.mx).

**RESUMEN**

El gusano de fango *Tubifex tubifex* es un alimento vivo utilizado en el cultivo del ajolote (*Ambystoma* spp.) por su contenido proteico, movimiento y disponibilidad; sin embargo, contiene enterobacterias al habitar en aguas residuales. El uso de microalgas es una opción factible en el desplazamiento de bacterias patógenas por la presencia de sustancias antibacterianas, tal como la clorelina presente en la microalga *Chlorella vulgaris*. Por lo cual, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de *C. vulgaris* en la carga enterobacteriana en *T. tubifex*. Para lo cual, se realizó un experimento con 50 g de gusano mantenido con *C. vulgaris* ( $7.2 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>) durante 72 h y un testigo sin microalga. Posteriormente se realizó el conteo en placa de las enterobacterias en agar RBV y su identificación. La microalga redujo significativamente la carga de enterobacterias en el gusano ( $6 \times 10^3$  UFC g<sup>-1</sup>) (P<0.05). En el gusano tratado con microalga se encontró *Escherichia coli* y *Aeromonas hydrophila*; mientras que en el grupo testigo, además de las anteriores, se registraron *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Pseudomonas* spp. y *Citrobacter freundii*. La microalga *C. vulgaris* es una alternativa para lograr una mayor inocuidad en el gusano de fango *T. tubifex* debido a que reduce la carga de enterobacteriana.

**Palabras clave:** *Enterobacterias, gusano de fango, microalga verde, purgación.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Freshwater sludge worm *Tubifex tubifex* is a living feed used in the pond of axolotls (*Ambystoma* spp.) due to its protein content, movement and availability; however, it contains enterobacteria to inhabit wastewater. The use of microalgae is a feasible option in the displacement of pathogenic bacteria by the presence of antibacterial substances, such as chlorellin present in *Chlorella vulgaris* microalgae. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of *C. vulgaris* in enterobacteria concentration on *T. tubifex* worm. For that, an experiment was performed with 50 g of worm maintained with *C. vulgaris* ( $7.2 \times 10^3$  cells mL<sup>-1</sup>) and an untreated microalga for 72 h. Subsequently, the count of enterobacterias was performed on plate agar RBV and identification. The microalga significantly reduced the load on the worm enterobacteria ( $6 \times 10^3$  CFU g<sup>-1</sup>). In the worm treated with microalgae was found *Escherichia coli* and *Aeromonas hydrophila*; while in the control group, besides the above, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Pseudomonas* spp. and *Citrobacter freundii* was recorded. The microalgae *C. vulgaris* is an alternative to achieve greater safety in *T. tubifex* sludge worm because it reduces the charge of enterobacteria.

**Index words:** *Enterobacteria, sludge worm tubificid, microalgae, purgation.*

### **INTRODUCCIÓN**

El gusano de fango *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) es un anélido ampliamente utilizado en la acuicultura como presa o alimento vivo de diferentes organismos acuáticos, entre los cuales se encuentran los ajolotes endémicos de México (*Ambystoma* spp.), quienes en cautiverio prácticamente basan su dieta en dichos gusanos. Esta especie de oligoquetos de agua dulce es demandada por su alto contenido en proteína (~59%) y por las características atractivas que posee, como son el movimiento, olor y palatabilidad, que estimulan al comensal e inducen a ser depredado con mayor facilidad (Luna-Figueroa y Hernández, 2007; Castro *et al.*, 2003; ). Sin embargo, debido a que *T. tubifex* habita en cuerpos de agua con abundantes cienos, detritus y descargas de aguas residuales, implica que el uso de este gusano en la dieta de organismos acuáticos presente desventajas, por ser un vector directo de enterobacterias con potencial patógeno (Luna-Figueroa *et al.*, 2007; Negrete *et al.*, 2010).

Entre los microorganismos presentes en la producción acuícola, las enterobacterias son uno de los principales agentes causales de diversas enfermedades, produciendo lesiones en



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

aletas, branquias y órganos internos y por ende, menor ganancia en peso (Monroy-Dosta *et al.*, 2013), lo cual ocasiona pérdidas económicas representativas en la acuicultura. Las enterobacterias constituyen parte de la microbiota intestinal de los organismos homeotermos; sin embargo, pueden encontrarse de forma habitual en el agua y otros ambientes, sin alterar el estado de salud de los animales acuáticos, cuando estas se presentan en concentraciones reducidas, o en su caso, cuando el hospedero no se encuentra en periodos de estrés. En la producción acuícola es indispensable vigilar y reducir el desarrollo de este grupo bacteriano con el fin de evitar enfermedades y pérdidas económicas. Para tal fin, el empleo de algas para tratar agua contaminada se ha incrementado recientemente, debido a la capacidad de biotransformación que estas presentan (Santos *et al.*, 2014). Al mismo tiempo, la aplicación de algas como controladores biológicos de bacterias representa una alternativa ante el uso de antibióticos o agentes químicos, tal es el caso de *Gracilaria* sp., *Gelidium* sp., *Caulerpa mexicana*, *Halimeda incrasata*, *Ulva* sp., *Codium decorticatum* y *Oedogonium capillare*, que funcionan como agentes depuradores por los compuestos que contienen, como el etanol, diclorometano o hexeno; los cuales producen un efecto bactericida e inhibitorio del crecimiento de enterobacterias patógenas como *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* (Negrete *et al.*, 2008; Ríos *et al.*, 2009).

En acuicultura, las microalgas son ampliamente utilizadas debido a su gran adaptación, contenido de proteínas y facilidad de manejo en el cultivo, un ejemplo de ello es la microalga *Chlorella vulgaris* que se desarrolla adecuadamente en condiciones de laboratorio; por otro lado, su contenido nutrimental rico en proteínas (40%), la hacen atractiva como alimento vivo de organismos acuáticos (Santos *et al.*, 2014). Particularmente, algas unicelulares como *Chlamydomonas vectentis*, *Chlorella* spp., *Nannochloris* spp., *Tetraselmis* spp., *Cryptomonas calceiformis* y *Porphyridium purpureum* han mostrado efectos inhibitorios en el crecimiento de bacterias nocivas (Kellam y Walker, 1989; Ghasemi *et al.*, 2007), representando una opción para el control de patógenos en los cultivos (Riquelme y Avendaño-Herrera, 2003) al contener sustancias antimicrobianas como lactonas, compuestos sulfurados, fenoles, alcoholes y ácidos grasos que actúan desnaturalizando las proteínas bacterianas (Ghasemi *et al.*, 2007; Syed *et al.*, 2015). Específicamente, se ha reportado la presencia de clorelina en la microalga *Chlorella vulgaris*, la cual favorece la reducción del crecimiento de algas y bacterias debido a su actividad alelopática (Pratt *et al.*, 1944; DellaGreca *et al.*, 2010). Debido a la importancia del gusano de fango como alimento vivo del ajolote y peces, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la microalga *C. vulgaris* en la carga enterobacteriana de *T. tubifex*.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ensayo de depuración del gusano con *Chlorella vulgaris***

En seis recipientes de plástico (unidad experimental) con capacidad de 8 L se colocaron 50 g de gusano fango *T. tubifex* (peso húmedo) en 4 L de agua corriente previamente declarada, a tres de éstos se les añadió como tratamiento un inóculo de 2 L de microalga verde *C. vulgaris* en concentración de  $7.2 \times 10^3 \pm 3.84 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>, el resto de las tinas sin microalga se consideraron como el grupo testigo. Las tinas con los tratamientos se mantuvieron por 72 h a temperatura ambiente de 20 °C ± 1°C, con aireación constante y fotoperiodo natural.

Para el análisis microbiológico se tomó de cada recipiente una muestra de 10 g de gusano previamente drenado para ser macerados en un mortero en condiciones estériles, tomando de la fase acuosa una alícuota de 1000 µL para realizar diluciones decimales -1 a -6, las cuales se inocularon en medio sólido bilis rojo y violeta (ABRV; BD Bioxon®). Las placas se incubaron en una estufa microbiológica (Felisa FE-133; México) por 24 h a 37 °C para registrar las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC g<sup>-1</sup>).

Adicionalmente, alícuotas de 100 µL de la fase acuosa del gusano macerado fueron inoculadas por estría cruzada en placas de medio sólido McConkey e incubadas por 24 h a 37 °C. Las colonias de interés fueron seleccionadas y sembradas hasta obtener una colonia pura. En cada colonia se realizaron observaciones macroscópicas y microscópicas y tinción de gram.

En las colonias aisladas se realizaron las siguientes pruebas bioquímicas por duplicado para su identificación: catalasa, oxidasa, Voges Proskauer (VP), rojo de metilo (RM), indol y Citrato Simmons. Los tubos de ensayo inoculados y los controles se incubaron a 37 °C por 24 h para su posterior interpretación.

### **Análisis estadístico**

Las concentraciones de enterobacterias encontradas en el gusano en cada tratamiento se analizaron estadísticamente con una prueba de *t*-Student a un nivel de confianza de  $p < 0.05$  (Software JMP 2010®).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las enterobacterias presentes en el gusano *T. tubifex* se muestran en el Cuadro 1, donde se observan cuatro especies presentes en el grupo control, mientras que en el gusano tratado con la microalga se encontró sólo una. El medio McConkey permitió también el aislamiento de dos especies distintas al Orden Enterobacteriales como *Aeromonas hydrophila*, la cual se encontró en los dos tratamientos y *Pseudomonas* spp. que fue registrada sólo en el grupo control. Por otro lado, la microalga redujo significativamente la carga de enterobacterias en el gusano ( $6 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$ ) en comparación al grupo control  $5.5 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Diversidad de enterobacterias y otros grupos encontradas en el gusano de fango *Tubifex tubifex* tratado con la microalga *Chlorella vulgaris*.

Clase	Orden	Género/	Tratamiento	
		Especie	<i>Chlorella vulgaris</i>	Control
$\gamma$ -Proteobacteria		<i>Proteus mirabilis</i>	–	+
Enterobacteriales		<i>Proteus vulgaris</i>	–	+
		<i>Citrobacter freundii</i>	–	+
		<i>Escherichia coli</i>	+	+
	Aeromonadales	<i>Aeromonas hydrophila</i> *	+	+
Pseudomonadales		<i>Pseudomonas</i> spp*	–	+

\*No pertenecen al grupo de enterobacterias, aisladas como colonias transparentes en Agar Mc Conkey.

La reducción de enterobacterias tanto en concentración como en número de especies puede estar asociada a la excreción extracelular de sustancias antibacterianas como la clorelina (Guo y Tong, 2014), etanol, cloroformo y acetona presentes en *C. vulgaris*, debido a su acción de desnaturalización de la membrana en los microorganismos (Syed *et al.*, 2015). En adición, el crecimiento bacteriano también puede ser afectado por microalgas que alteran el pH, temperatura y que además compiten por los nutrientes en el cultivo (Ghuo y Tong, 2014; Hernández-Pérez y Labbé, 2014). Por otro lado, se ha reportado que *C. vulgaris* tiene efecto bacteriostático al inhibir la producción de metabolitos esenciales para la división celular en diferentes especies de enterobacterias, como *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* y *Bacillus* spp. (Alcocer, 2012). La presencia de ácidos grasos e hidrocarburos que conforman la clorelina en *C. vulgaris* puede ser otro factor que justifica la inhibición de



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

enterobacterias en el gusano de fango por su acción alelopática (DellaGreca *et al.*, 2010), coincidiendo con lo reportado por Riquelme y Avendaño-Herrera (2003) quienes mencionan que las combinaciones de ácidos grasos en *Skeletonema costatum* inhiben a los patógenos por inducción de la lisis del protoplasto bacteriano. La clorelina excretada al medio y los metabolitos extracelulares con actividad antibacteriana en *C. vulgaris* son los responsables de la acción inhibitoria contra bacterias Gram positivas y Gram negativas (Amaro *et al.*, 2011). Sin embargo, algunas de estas propiedades no presentan inhibición significativa para *E. coli* y *A. hydrophila* (Syed *et al.*, 2015), por lo que se explica la presencia de estos patógenos en el gusano tratado con *C. vulgaris* en los presentes resultados. En general, se ha reportado que las microalgas remueven alrededor del 80% patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella*, virus y protozoos (Hernández-Pérez y Labbé, 2014). Estudios en otras algas como *Oedogonium capillare* han mostrado efectos inhibitorios en diversos patógenos como *Salmonella typhi*, *Staphylococcus epidermis* y *S. aureus* por la presencia de extractos metanólico y clorofórmico en sus células, sin embargo, *E. coli* muestra mayor resistencia a dichos compuestos (Pérez, 2007), como también pudo observarse en este estudio. De igual manera, Negrete *et al.* (2010), encontraron resultados positivos con el uso de la alga *O. capillare* al disminuir la concentración de enterobacterias presentes en el gusano de fango *T. tubifex*.

### **CONCLUSIONES**

La microalga *Chlorella vulgaris* es una alternativa para la depuración de enterobacterias en el gusano de fango *Tubifex tubifex*, debido a que no sólo reduce significativamente la concentración de unidades formadoras de colonias, sino también el número de especies presentes es éste, mejorando la inocuidad y sanidad de este tipo de alimento vivo, reduciendo además el riesgo de enfermedades en las especies acuáticas que basan su dieta en el gusano.

### **LITERATURA CITADA**

Alcocer, C. M. 2012. Detección de actividad antibiótica en cultivos de microalgas en dos fases de crecimiento. Tesis de Especialidad en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México D.F. 59 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

- Amaro, H. M., A. C. Guedes y F. X. Malcata. 2011. Antimicrobial activities of microalgae: an invited review. *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances* 3: 1272-1284.
- Castro, B. T., R. A. de Lara, G. Castro, J. M. Castro y A. S. Malpica. 2003. Alimento vivo en la acuicultura. *ContactoS* 48: 27-33.
- DellaGreca M., A. Zarrelli, P. Fergola, M. Cerasuolo, A. Pollio y G. Pinto. 2010. Fatty acids released by *Chlorella vulgaris* and their role in interference with *Pseudokirchneriella subcapitata*: Experiments and Modelling. *Journal of Chemical Ecology* 36(3): 339-349.
- Ghasemi, Y., A. Moradian, A. Mohagheghzadeh, S. Shokravi y M. H. Morowvat. 2007. Antifungal and antibacterial activity of the microalgae collected from paddy fields of Iran: Characterization of antimicrobial activity of *Chroococcus dispersus*. *Journal of Biological Sciences* 7(6): 904-910.
- Guo, Z. y Y. W. Tong. 2014. The interactions between *Chlorella vulgaris* and algal symbiotic bacteria under photoautotrophic and photoheterotrophic conditions. *Journal of Applied Phycology* 26(3): 1483-1492.
- Hernández-Pérez A. y J. I. Labbé Microalga, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 49(2): 157-173.
- Kellam, S.J. y J. M. Walker. 1989. Antibacterial activity from marine microalgae in laboratory culture. *British Phycological Journal* 24(2): 191-194.
- Luna-Figueroa, J. y L. Hernández 1997. Importancia del recurso natural: Alimento vivo en el acuarismo. *Revista AquaGuía* 21: 46-50.
- Luna-Figueroa, J., J. T. Figueroa y L. P. R. Hernández. 2007. Gusano del fango *Tubifex* spp. Una alternativa de riesgo en la alimentación de peces. *Especies* 107: 32-34.
- Monroy-Dosta, M. C., M. P. Negrete-Redondo, J. M. Romero-Jarero y P. Torres-Lima. 2013. Evaluación de *Escherichia coli* y *Salmonella arizona* como patógenos oportunistas en el cultivo de pez ángel (*Pterophyllum scalare*). *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente E Bios* 1(1): 14-22.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Negrete, R. P., C. D. Monroy y J. J. Romero. 2008. Evaluación de la calidad bacteriológica del alimento vivo (*Artemia*, *Daphnia*, *Tenebrio* y *Tubifex*) para peces en los sitios de su recolección, producción y venta. *Veterinaria México* 39(3): 255-268.
- Negrete, R. P., J. J. Romero, S. G. Cruz y E. L. Guzmán. 2010. *Oedogonium capillare* (Linnaeus) (Kuetzing, 1845) como estrategia para purificar alimento vivo *Tubifex tubifex* (Müller, 1974) para peces. *Veterinaria México* 41(3): 201-210.
- Pérez R., M. G. 2007. Actividad antimicrobiana de *Oedogonium capillare*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 38(3): 26-29.
- Pratt, R., T. C. Daniels, J. J. Eiler, J. B. Gunnison, W. D. Kumler, J. F. Oneto, L. A. Strait, H. A. Spoehr, G. J. Hardin, H. W. Milner, J. H. C. Smith, H. H. Strain. 1944. Chlorellin, an antibacterial substance from *Chlorella*. *Science* 99(2574): 351–352.
- Ríos, N., G. Medina, J. Jiménez, C. Yáñez, M. Y. García, M. L. Di Bernardo y M. Gualtieri. 2009. Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Revista Peruana de Biología* 16(1): 97-100.
- Riquelme, C.E. y R. E. Avendaño-Herrera. 2003. Interacción bacteria-microalga en el ambiente marino y uso potencial en acuicultura. *Revista Chilena de Historia Natural* 76(4): 725-736.
- Santos, A. M., Y. González-Arechavala y C. Martín-Sastre. 2014. Uso y aplicaciones potenciales de las microalgas. *Anales de la Facultad de Medicina* 91(1): 20-28.
- Syed, S., A. Arasu y I. Ponnuswamy. 2015. The uses of *Chlorella vulgaris* as antimicrobial agent and as a diet: the presence of Bio-active compounds which caters the vitamins, minerals in general. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology* 7(1): 185-190.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

**MONITOREO Y ANÁLISIS DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO  
EN GUANAJUATO, GTO., MÉXICO**

**[MONITORING AND ANALYSIS OF THE ATMOSPHERIC PARTICULATE  
MATTER IN THE CITY OF GUANAJUATO, GTO, MEXICO]**

**Adrián Zamorategui Molina<sup>1§</sup>, Rosaura Godínez Pérez<sup>2</sup> y Alma Hortensia Serafín Muños<sup>3</sup>**

<sup>2</sup>Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, <sup>1,3</sup>Profesores Investigadores de la División de Ingenierías de la Universidad de Guanajuato. Av. Juárez 77, Zona Centro, Guanajuato, Gto. México. C.P. 36000. Tel: 01 (473) 102 01 00 Ext. 2245. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (zamorategui@ugto.mx, aura\_ros@live.com, sermuah@ugto.mx).

**RESUMEN**

La industria minera que se desarrolla a partir del siglo XVI en la ciudad de Guanajuato, ha generado depósitos de jales a cielo abierto en contacto con la atmósfera. Se realizó el monitoreo del material particulado de tamaño menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ) en el aire de la zona centro de la ciudad de Guanajuato durante el segundo semestre de 2015, usando una estación automática con el objetivo de evaluar su concentración. Además, se realizó el muestreo del material particulado usando filtros de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro en un equipo de bajo volumen (miniVol). Los elementos químicos presentes en el material y su morfología, se analizaron por espectroscopia de energía dispersiva y microscopía electrónica de barrido. La precipitación, velocidad y dirección del viento se monitorearon con una estación meteorológica. Los resultados muestran que la concentración promedio del material particulado atmosférico en la ciudad de Guanajuato fue de  $10 \mu g m^{-3}$ . Este resultado muestra que la concentración del material particulado no rebasa los límites permisibles para  $PM_{2.5}$  ( $45 \mu g m^{-3}$ ) establecidos en la NOM-025-SSA1-2014.

**Palabras clave:** Aire, monitoreo, material particulado,  $PM_{2.5}$ .



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The mining industry that develops from the sixteenth century in the Guanajuato city, has generated tailings deposits which are on opencast contact with the atmosphere. The monitoring of the particulate material smaller than 2.5 microns ( $PM_{2.5}$ ) was performed in the air of the downtown area of Guanajuato during the second half of 2015, it was used an automatic station in order to assess their concentration. In addition, for the sampling of particulate material was used a glass fiber filter of 47 mm diameter on an equipment of low volume (miniVol). Chemical elements present in the material and its morphology were analyzed by energy dispersive spectroscopy and scanning electron microscopy. The precipitation, wind speed and direction were monitored with a weather station. The results show that the average concentration of atmospheric particulate matter in the city of Guanajuato was  $10 \mu\text{g m}^{-3}$ . This result shows that the concentration of particulate matter does not exceed the allowable limits for  $PM_{2.5}$  ( $45 \mu\text{g m}^{-3}$ ) established in NOM-025-SSA1-2014.

**Index words:** *Air, monitoring, particulate material,  $PM_{2.5}$ .*

### **INTRODUCCIÓN**

Las actividades antropogénicas han convertido a la atmósfera como uno de los principales sitios en los que se descargan gases o partículas contaminantes, ocasionando efectos negativos en la salud de las personas. La minería y la industria de la construcción son algunas fuentes que emite material particulado a la atmosfera (Arciniégas-Suárez, 2012; Garrido, 2012). La ciudad de Guanajuato se caracteriza por su actividad minera que empezó a desarrollarse a partir de 1548, generado gran cantidad de jales mineros que se depositaron en sitios no controlados en la ciudad y que hasta la fecha, derivado de la emisión de nuevas reglamentaciones en la materia, dichos jales se han estado depositando en presas de jales. Los jales son el material residual del proceso de la minería que contiene elementos tóxicos que pueden ser dispersados por las corrientes de aire en forma de material particulado (PM) (Orozco y González, 2015; Ramos-Arroyo y Siebe-Grabach, 2006)

Las partículas finas con diámetros aerodinámicos inferiores a  $2.5 \mu\text{m}$  ( $PM_{2.5}$ ), penetran hasta región alveolar generando problemas en la salud humana (Rojas & Garibay, 2003). Dichas  $PM_{2.5}$  se genera de fuentes de combustión, (Rojas y Galvis, 2005). En condiciones meteorológicas favorables el tiempo de residencia en el aire de las  $PM_{2.5}$  es mayor que las



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

PM<sub>10</sub> debido a su menor tamaño y consiguen transportarse mayores distancias, por lo cual la fuente de emisión puede encontrarse lejos de los sitios donde se realiza el monitoreo atmosférico (Tzintzun-Cervantes *et al.*, 2005).

El mayor impacto a la salud de PM<sub>2.5</sub> se debe a su composición en metales pesados (arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo, zinc y níquel), sulfatos, nitratos, compuestos tóxicos y carcinogénicos (Quijano-Parra *et al.*, 2013). La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como media anual de 10  $\mu\text{g m}^{-3}$  y media en 24 horas de 25  $\mu\text{g m}^{-3}$ . La Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-2014) establece como límite anual 12  $\mu\text{g m}^{-3}$  y límite 24 horas 45  $\mu\text{g m}^{-3}$  (Morales, 2014; DOF, 2014). En la ciudad de Guanajuato la actividad minera que se ha desarrollado desde su fundación en el año 1554 (Ramos-Arroyo y Siebe-Grabach, 2006), ha generado depósitos de jales que actualmente se encuentran erosionados. Además, las emisiones de los vehículos, la inadecuada distribución vial (calles, carreteras y túneles), y la topografía refuerzan la hipótesis de la dispersión de PM<sub>2.5</sub> en el aire de la ciudad. Por esta razón el objetivo de esta investigación fue monitorear y analizar las partículas en el aire de la ciudad de Guanajuato para determinar la concentración de las PM<sub>2.5</sub> y los principales elementos químicos presentes en las partículas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El monitoreo y muestreo del material en partículas menor a 2.5 micras de diámetro (PM<sub>2.5</sub>) se realizó durante los meses de julio a diciembre de 2015, en la zona centro de la ciudad de Guanajuato, en el sitio que tiene como coordenadas 21°01'04.00" N, 101°15'26.69" O, con una elevación de 2014 m. El monitoreo del PM<sub>2.5</sub> presente en el aire se realizó con una estación automática (marca Met One Instruments, Inc. BAM-1020, USA). El muestreo de las PM<sub>2.5</sub> se realizó con un mini-vol (marca Andersen Instruments inc., RAAS2.5-100, USA), durante 24 h continuas. La precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento se determinaron con una estación meteorológica marca Davis Instruments 6152, Vantage Pro2™. La morfología del material particulado se analizó por microscopio electrónico de barrido con emisión de campo (FE-SEM) y el microanálisis elemental se realizó por energía dispersiva de rayos X (EDS), acoplado al microscopio.



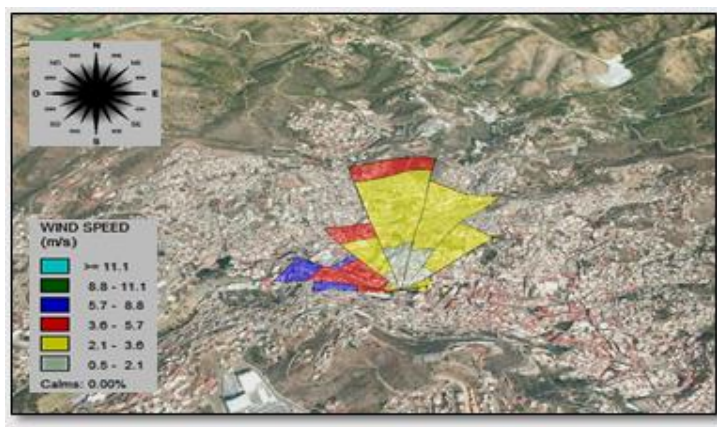
### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Velocidad y dirección del viento**

Durante el muestreo se realizó un registro de la velocidad y dirección del viento en la zona centro de la ciudad. Los resultados se muestran en la Rosa de vientos de la Figura 1. Para su elaboración se utilizó el software WRPLOT (Lakes Environmental). Los vientos dominantes muestran una dirección que varía entre el oeste-noreste, con velocidades que van desde vientos débiles ( $0.00-3.00 \text{ m s}^{-1}$ ) hasta vientos moderados ( $4.00-7.00 \text{ m s}^{-1}$ ) principalmente, de acuerdo a la Escala de Beaufort (López-López *et al.*, 2008; García *et al.*, 2014). En este sentido, para un evento de dispersión de partículas, este se realizaría en la dirección de los vientos hacia la zona noroeste y los vientos vendrían de la zona sureste. En esta última zona se encuentran ubicados algunos depósitos de jales que se generaron en los inicios de la minería y que actualmente se han usado para hacer obra civil sobre los mismos.



**Figura 1.** Rosa de vientos generada durante los meses de julio a diciembre de 2015 en la ciudad de Guanajuato.

### **Concentración de las PM<sub>2.5</sub> y variables meteorológicas**

La variación del promedio mensual de la precipitación y la humedad relativa (Hr) presenta un efecto inverso en la concentración de las PM<sub>2.5</sub> (Figura 2). La precipitación va disminuyendo de julio a diciembre, sin embargo, el efecto de esta disminución no se ve reflejado en la humedad relativa, ya que ésta se mantiene relativamente constante en el promedio mensual durante los últimos meses de muestreo. La variación oscilante de la concentración de las PM<sub>2.5</sub> concuerda con el comportamiento de la precipitación y la

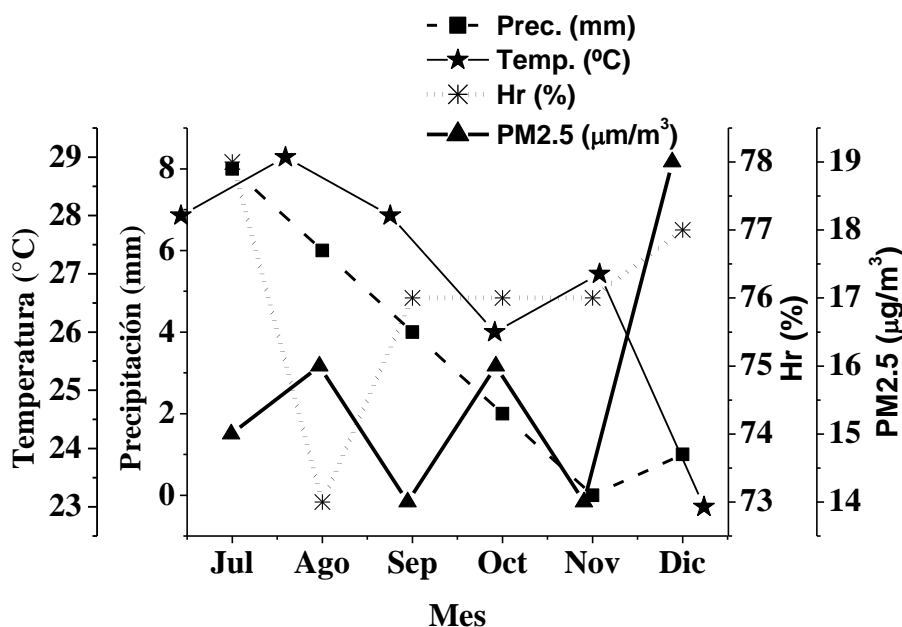


### Memoria de resúmenes en Extenso

#### XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"

temperatura (Chan y Xiao, 2008; Montoya *et al.*, 2013). Al disminuir la precipitación y la temperatura, aumenta la concentración de las PM<sub>2.5</sub>. Se puede observar que la temperatura va disminuyendo gradualmente en promedio de julio a diciembre con ligeros picos en los meses de agosto y noviembre, afectando la concentración de las partículas. En condiciones de mayores temperaturas se encuentran menores concentraciones de material particulado en la atmosfera, debido al efecto de la dispersión de dichos contaminantes.

En diciembre el aumento de la concentración de las PM<sub>2.5</sub> se puede atribuir a la disminución de la temperatura y la ligera precipitación registrada en el mismo mes. Además, posiblemente por las actividades de calefacción durante las festividades de navidad y fin de año. El comportamiento de las variables meteorológicas presenta un efecto sobre la concentración de las PM<sub>2.5</sub>, promoviendo su dispersión o su condensación. De cualquier manera, los promedios mensuales están por encima del límite promedio anual 12  $\mu\text{g m}^{-3}$  y por debajo del límite promedio de 24 horas 45  $\mu\text{g m}^{-3}$  (NOM-025-SSA1-2014). Sin embargo, para poder constatar que el promedio anual rebasa el límite máximo permitido, es necesario realizar el monitoreo en todo el año.



**Figura 2.** Efecto de la precipitación (Prec.), humedad relativa (Hr) y la temperatura (Temp.) sobre la concentración de las PM<sub>2.5</sub>

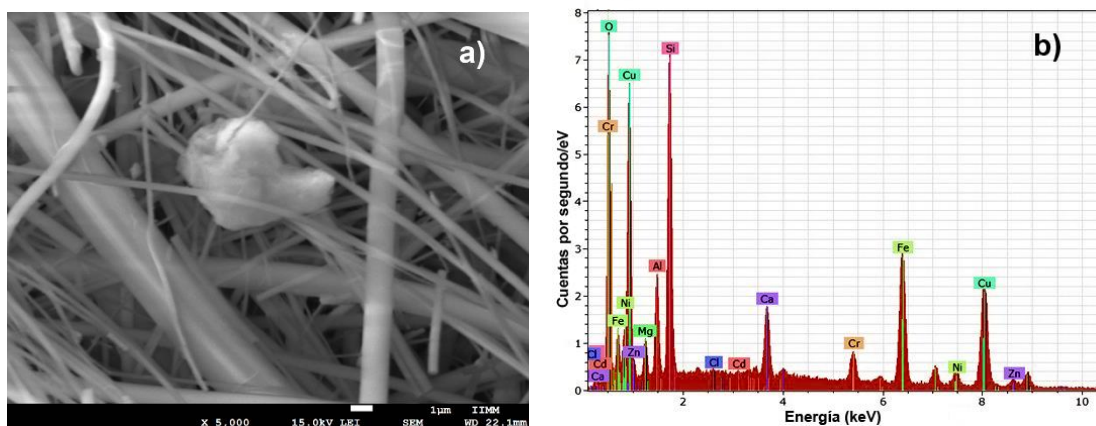


### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

#### Análisis de la morfología y EDS de las PM<sub>2.5</sub>

En la micrografía tomada por SEM, la partícula tiene una forma irregular cuyo tamaño es de aproximadamente 2.5 micras (Figura 3a), constatando que el equipo utilizado para el muestreo presentó una buena eficiencia en la captura de las partículas de ese diámetro. Como ha sido reportado por otros autores (Cuellar *et al.*, 2009; Labrada-Delgado *et al.*, 2012), por su morfología, el material particulado está conformado principalmente de material inorgánico.



**Figura 3.** a) Morfología de la partícula PM<sub>2.5</sub> y b) Análisis EDS de los principales elementos presentes en la partícula PM<sub>2.5</sub>

En el espectro (Figura 3b) se observan los picos correspondientes a las energías de rayos X de los elementos presentes en la partícula. En la muestra analizada de PM<sub>2.5</sub> se detectaron los elementos como el Si, Cu, Fe, Cr, Al, Zn, Ni, Cd, Mg, Ca y Cl principalmente, además del oxígeno (Cuadro 1). Como se ha reportado, las partículas con alta concentración de hierro, pueden generarse de la abrasión de piezas de vehículos, principalmente por el desgaste al frenado y esto es especialmente cierto para los vehículos pesados (Schauer *et al.*, 2006). Además, por la composición de la partícula se puede suponer que dicho material es generado en su mayoría por la erosión del suelo de la zona, la loseta de las calles y la subterránea de la ciudad de Guanajuato (Garrido, 2012; Puy *et al.*, 2015).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 1.** Composición química porcentual de la partícula.

Elemento	Peso (%)	Elemento	Peso (%)
O <sub>2</sub>	13.78	Cu	36.42
Mg	1.54	Zn	3.53
Al	3.45	C	2.95
Si	10.49	Ni	2.95
Ca	3.11	Cd	0.12
Fe	18.88	Cl	0.058
Cr	2.71		

### CONCLUSIONES

Los promedios mensuales de la concentración de las partículas PM<sub>2.5</sub> se encuentran por debajo del promedio diario (45 µg m<sup>-3</sup>) y por arriba del promedio anual (12 µg m<sup>-3</sup>) establecido en la NOM-025-SSA1-2014. Los elementos presentes en las PM<sub>2.5</sub> son: Si, Cu, Fe, Cr, Al, Zn, Ni, Cd, Mg, Ca y Cl. Las variables meteorológicas tienen un efecto sobre la concentración de las PM<sub>2.5</sub>, aumentando cuando la temperatura y la precipitación disminuyen ya que no se genera un arrastre de partículas y su dispersión es menor. La rosa de los vientos muestra la dirección (ONO, NO, NNO, N y NNE) en que las partículas se dispersan al ser arrastradas por el viento, dicha dispersión va en dirección a la zona donde se encuentran las presas o depósitos de jales mineros y la Sierra Santa Rosa, y no en dirección hacia donde se está generando el desarrollo urbano de la ciudad.

### LITERATURA CITADA

- Arciniégas-Suárez, C. A. 2012. Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM<sub>10</sub>. Revista Luna Azul 34: 195-213.
- Chan, C. K. and Y. Xiao H. 2008. Air pollution in mega cities in China. Atmospheric Environment. 42: 1-42.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Cuellar, F., M. A. Borja. E. Ordoñez e I. Rodríguez. 2009. Análisis temporal de las concentraciones y morfología de partículas suspendidas menores a 10 micrometros de la zona industrial del Valle de Toluca, Estado de México, *Afinidad LXVI* 543: 403-407.
- García, M., H. Ulloa, H. Ramírez, M. Fuentes, S. Arias y M. Espinosa. 2014. Comportamiento de los vientos dominantes y su influencia en la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 1 (2): 97-116
- Garrido, A. P. 2012. Partículas respirables en el aire: generalidades y monitoreo en Latinoamérica, *Revista INGE CUC* 8(1): 293-312
- Labrada-Delgado, G., A. Aragon-Pina. A. Campos-Ramos and T. Castro-Romero. 2012. Chemical and morphological characterization of PM<sub>2.5</sub> collected during MILAGRO campaign using scanning electron microscopy. *Atmospheric Pollution Research*. 3: 289-300.
- López-López, J. L., C. González García, M. E. Zermeño-de León, E. Mendoza-Otero, J. Pacheco-Martínez, J. Á. Ortiz-Lozano y G. Araiza-Garaygordóbil. 2008. Estadística preliminar de los vientos para la zona urbana de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia* 41: 20-27.
- Montoya-Rendon, M. L., P. M. Zapata-Saldarriaga y M. A. Correa-Ochoa. 2013. Contaminación ambiental por PM<sub>10</sub> dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia. *Rev. Salud Pública* 15 (1): 103-115.
- Morales-García, S. S., P. F. Rodríguez-Espinosa, M. P. Jonathan, M. Navarrete-López, M. A. Herrera-García and N. P. Muñoz-Sevilla. 2014. Characterization of As and trace metals embedded in PM<sub>10</sub> particles in Puebla City, México. *Environ Monit Assess*. 186: 55-67.
- Orozco Villaseñor F. J. y E. González Partida. (2015). La Historia de la Minería Mexicana: El Caso del Distrito Minero de Guanajuato, Gto., México. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 1: 1-20.
- Puy-Alquiza, M. J., M. Gómez-Peralta, R. Miranda-Avilés, V. Reyes-Zamudio, M. C. Salazar-Hernández y V. Y. Ordaz-Zubia. 2015. El rol de las comunidades de líquenes en



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

el deterioro superficial de su substrato rocoso: estudio de la interfase líquen-roca en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato, México. *Acta Universitaria* 25(4): 35-47

Quijano-Parra, A., S. J. Thomas-Manzano y B. Peña-Rodríguez. 2013. Determinación de metales y material particulado PM2.5 en muestras del aire de Villa del Rosario-Norte de Santander. *Bistua. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* 11(2):40-54.

Ramos-Arroyo, Y. R. y C. D. Siebe-Grabach. 2006. Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23(1, 2): 54-74.

Rojas, L. y V. Garibay. 2003. Las partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles: ¿Hacen daño a la salud?, ¿Podemos hacer algo?”. *Gaceta Ecológica* 69: 29-44.

Rojas, N. y B. Galvis. 2005. Relación entre PM2.5 y PM10. *Revista de Ingeniería* 22: 54-60.

Schauer, J. J., G. C. Lough. M. M. Shafer. W. F. Christensen. M. F. Arndt. J. T. De Minter and J. Park. 2006. Characterization of metals emitted from motor vehicles. Research report (Health Effects Institute) 133: 1-76.

SS (Secretaría de Salud). 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. México D.F.: Diario oficial de la Federación.

Tzintzun-Cervantes, M. G., B. L. Rojas y B. A. Fernández. 2005. Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas. *Gaceta Ecológica* 74: 15-28.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE MEDIANTE GESTIÓN DE SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES MARGINADAS**

**[ENVIRONMENTAL CONSERVATION THROUGH MANAGEMENT OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN MARGINALIZED COMMUNITIES]**

**Pablo Jiménez-Juárez<sup>1§</sup>, Lidia Argelia Juárez-Ruiz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Gestión de proyectos, IPN-CIIDIR Oaxaca, <sup>2</sup>Profesora investigadora en IPN-CIIDIR Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional, Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Méx. 71230 Teléfono: 01(951)5170610 Extensión 82715. §Autor para correspondencia: (ing.pablojj@gmail.com, lidiargelia@gmail.com).

**RESUMEN**

Asegurar la conservación del ambiente para generaciones futuras, implica la adopción de alternativas que promuevan la preservación y conservación de los recursos naturales; particularmente el agua, una vez utilizada, requiere de algún sistema de tratamiento para eliminar sus contaminantes y preferentemente pueda reutilizarse o disponerse sin consecuencias al ambiente. El objetivo es conservar el ambiente mitigando la contaminación por aguas residuales (AR) desde una perspectiva global, donde el medio ambiente y la salud de las comunidades rurales se ven afectados por su manejo inadecuado, siendo necesaria la participación activa de todos los actores implicados mediante la gestión de un sistema de tratamiento de AR con enfoque social-solidario y sostenible. El proceso metodológico de la intervención comunitaria implementada en San Pablo Yaganiza, consideró las dimensiones social-cultural, ambiental, económica y política, en el marco de gestión del proyecto. En esta comunidad, clasificada como de alta marginación, la intervención para la conservación del ambiente incluyó la caracterización de la comunidad, aplicación de técnicas participativas para elegir alternativa consensada que permita la operación eficiente del sistema, el diseño tiene enfoque sostenible y la implementación con participación comunitaria promovió la apropiación del mismo, constituyendo una experiencia replicable en otras comunidades similares.

**Palabras clave:** *Contaminación, enfoque social-solidario, marginación, participación comunitaria.*



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**ABSTRACT**

Ensure conservation of the environment for future generations, it implies the adoption of alternatives that promote the preservation and conservation of natural resources; particularly the water resource, once used, requires a treatment system to remove its contaminants and preferably can be reused or disposed without consequences to the environment. The aim is to conserve the environment mitigating pollution by sewage from a global perspective, where the environment and health of rural communities affected by improper handling, the active participation of all stakeholders to be necessary by managing a system of domestic wastewater treatment with social-solidarity and sustainable approach. The methodological process for Community intervention implemented in San Pablo Yaganiza, considered the social-cultural, environmental, economic and political dimensions, within the framework of project management. In this community, classified as highly marginalized, intervention to environmental conservation included the characterization of the community, using participatory techniques to choose consensual alternative that allows the efficient operation of the system, the design has sustainable approach and implementation with community participation promoted ownership of the system, constituting a replicable experience in other similar communities.

**Index words:** *Pollution, social-solidarity approach, marginalization, community participation.*

**INTRODUCCIÓN**

La única manera de asegurar la sostenibilidad para generaciones futuras, es con la adopción de alternativas que promuevan la preservación y conservación de los recursos naturales; en específico el agua, una vez utilizada requiere de algún sistema de tratamiento que elimine sus contaminantes y pueda ser reutilizada sin consecuencias al ambiente. Las aguas residuales sin tratamiento no solo están afectando a los ecosistemas, también están poniendo en riesgo la salud y la vida de todos los seres vivos (CONAGUA, 2011).

Munna *et al.* (2013) hace una evaluación sobre el grado de contaminación del agua derivado de las actividades humanas y que lleva al deterioro ambiental de ríos y cuerpos de agua, concluyendo que la calidad del agua en los ríos se ve afectada por descargas de AR municipales sin tratamiento. En otros países ya se están implementando programas de manejo



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

del agua en ríos para disminuir o evitar la contaminación por descargas de agua no tratada (Sumok, 2001) y se estudian los efectos de las descargas municipales en la calidad del agua corriente (Bayram *et al.*, 2011)

Para las comunidades del Estado de Oaxaca, principalmente aquellas con altos índices de marginación (CONAPO, 2012), el agua residual tiene un componente predominante; los residuos líquidos provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria (lavado de ropa, preparación de alimentos, limpieza, aseo personal, etc.). Aunque existen plantas de tratamiento en comunidades, hasta el 2012, el 90 % de las plantas de tratamiento de aguas residuales que existen en todo el Estado de Oaxaca no funcionaban y el porcentaje de aguas que recibían algún tipo de tratamiento antes de ser devueltas al ambiente solo alcanzaba el 39.8% (CONAGUA, 2013). Lo cual justifica ampliamente la atención a este tema con soluciones integrales que incidan no solo en el aspecto técnico- económico, sino también en aspectos ambientales y sociales (Saravia, 1985).

La comunidad de San Pablo Yaganiza, es de alta marginación, no cuenta con industria alguna y la cantidad de servicios y comercios disponibles (tiendas, misceláneas, cenadurías, ferreterías, etc.) son de bajo régimen (INEGI, 2010). En esta comunidad se han presentado acumulaciones y estancamientos de aguas residuales de origen doméstico principalmente, que generan emisiones de mal olor, además de existir numerosos microorganismos causantes de enfermedades, debido a que no existe un manejo adecuado de sus aguas residuales. Por lo tanto, el problema a resolver es: la contaminación de cuerpos de agua, la generación de focos de infección y el consecuente deterioro del medio ambiente.

El objetivo del trabajo es procurar la conservación del ambiente mitigando la contaminación de cuerpos de agua, a través de la gestión de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de San Pablo Yaganiza, bajo una perspectiva de sostenibilidad, esto es, promover la protección a la salud humana y ambiental, con un sistema técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable (Sawyer, 2014). La integración y participación comunitaria forman parte del proyecto como gestión social, para la implementación de acciones que incidan en aspectos ambientales y educativos, orientados al saneamiento básico y que promuevan la apropiación del sistema.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El procedimiento a seguir en la gestión del sistema de tratamiento de aguas residuales se basó en la Guía para la Gestión de Proyectos Sociales (Gavilán *et al.*, 2010), que consta de cuatro fases principales: diagnóstico, diseño, aplicación y evaluación. Por otra parte, la normatividad NOM-001-SEMARNAT-1996 (CONAGUA, 2014) exige que la comunidad cuente y tenga construido el conjunto de elementos que llevarán a cabo los procesos de tratamiento de las aguas contaminadas, con la finalidad de asegurar la remoción de la mayor cantidad de dichas sustancias nocivas, antes de poder devolver las aguas al ambiente, esto es, una planta de tratamiento, aspecto que formó parte de la Gestión Técnica realizada.

La primera fase correspondió a la fase de la identificación del problema o diagnóstico. Como parte de la recolección de datos, se realizaron inspecciones y observaciones físicas en la comunidad, de las aguas no tratadas, se aplicaron dos cuestionarios abiertos y se realizó un taller de sensibilización con participación de la comunidad. El fin fue caracterizar a la comunidad con relación al tema de saneamiento, el manejo actual de las aguas residuales y definir la problemática y el alcance del proyecto de intervención. La validación de los datos recogidos se realizó mediante la Técnica de los porcientos (Escalante, 2000), en la que el tamaño de la muestra mínima, es de un 5%.

La segunda etapa consistió en el diseño del Sistema de Tratamiento de AR con un enfoque sistémico, tomando en cuenta tres elementos principales: el medio ambiente, la sociedad y la tecnología. Se consideraron dos aspectos fundamentales, la gestión social y la gestión técnica, teniendo como elemento transversal el ambiente y el factor educativo. La primera incluyó la planeación de actividades con los habitantes de la comunidad de San Pablo Yaganiza para lograr la apropiación del sistema y favorecer su desarrollo social, realizando una valoración del capital social a partir de tres ejes principales: Confianza, Cooperación y Reciprocidad. La segunda incluyó la planeación técnica y financiera, el acompañamiento técnico en la selección del tratamiento de AR y en la supervisión de obra.

La tercera fase consistió en la implementación de las acciones de intervención diseñadas, y que consistieron en: a.- Un curso de educación no formal sobre saneamiento básico; b.- Una práctica de formación ambiental para identificar el funcionamiento del sistema dirigido a la comunidad, comités involucrados en el proyecto y autoridades municipales; c.- Un taller de concientización para brindar información referente al proyecto dirigido a la comunidad y autoridades municipales y aplicación de cuestionario para evaluar los tres ejes del capital



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

social comunitario (confianza, cooperación y reciprocidad) y d.- Elaboración y entrega el manual gráfico de operación y mantenimiento.

La Fase final consistió en la evaluación del proceso de gestión. Se realizó un examen objetivo y periódico para determinar el estado del proyecto en relación con los objetivos planteados y los resultados alcanzados. Se analizaron los indicadores sociales previamente mencionados en la fase de diseño y también se hizo referencia al impacto de la parte ambiental y económica del proyecto.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El resultado principal es el diseño del proceso metodológico del sistema de tratamiento implementado, tomando en consideración las dimensiones social-cultural, ambiental, económica y política, en el marco de una gestión de proyecto. San Pablo Yaganiza, Villa Alta, Oaxaca es una comunidad clasificada como de alta marginación. Se propicia la conservación del ambiente al mitigar la contaminación por agua residual, de los cuerpos de agua en la población y mediante acciones de tipo educativo.

Como resultado de la primera fase se obtuvo la caracterización y dimensionamiento del problema y de la comunidad. Se obtuvo evidencia fotográfica de la contaminación de cuerpos de agua por descargas de AR domésticas (Figura 1) y se determinó que la población objetivo corresponde a 615 personas (con edades entre 15 y 60 años) y 293 viviendas. En la asistencia a los talleres se abarcó a un total de 37 personas, representando a 12.6% de los hogares de la comunidad.

Los resultados del cuestionario semiestructurado aplicado mostró que aun cuando las personas no tienen un conocimiento completo de la contaminación que se genera en su comunidad, ni de las acciones que podrían emprender, tienen interés por participar en acciones de beneficio para el cuidado de su comunidad y el medio ambiente. Con base en los resultados de diagnóstico, se determinó pertinente continuar con el proyecto, viable, ya que técnicamente es posible dar solución a la problemática y existen los medios para obtener financiamiento y factible por el interés y apoyo de la comunidad y autoridades municipales, cumpliendo con los criterios dados por Sawyer (2014) para la sostenibilidad de un proyecto. En la Figura 2 se muestra el diagrama metodológico del proceso de gestión del sistema de tratamiento de aguas residuales con enfoque hacia la sostenibilidad. Resultado de la segunda



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

fase. Se considera un sistema al incluir como elementos además del aspecto Técnico, la interrelación con los aspectos ambiental y social en la solución al problema, y a su actuación como una unidad, tal y como lo manifiesta Saravia (1985).



**Figura 1.** Contaminación por descargas de AR domésticas. Fuente: Jiménez, 2016.

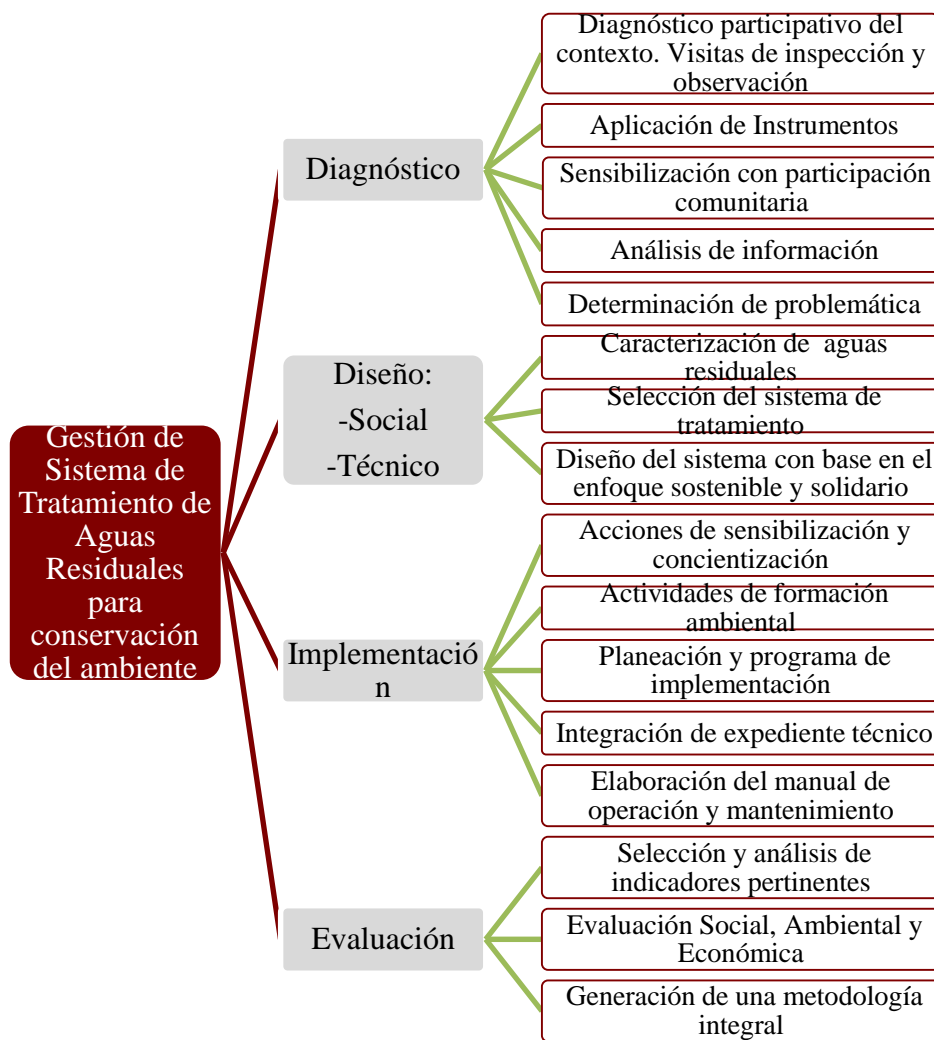
En la tercera fase, las acciones implementadas de tipo educativo sobre temática de saneamiento, permitió la sensibilización y concientización de los diferentes actores, así como la evaluación del capital social, aspecto poco o nada considerado en los proyectos de infraestructura social. Este enfoque amplia la visión en la solución del problema y tiene el propósito de asegurar el éxito del proyecto, es un cambio de perspectiva, tal y como lo expresan especialistas (Annelies *et al.*, 2002) para el logro de mejoras en el marco de la sustentabilidad de los sistemas de tratamiento de AR.

El proceso de gestión que se plantea en este trabajo es inclusivo y considera la participación comunitaria desde la fase de detección de las necesidades, toma de conciencia de la problemática general y del problema a resolver, considerando que el municipio es la célula básica de la estructura gubernamental (SEDESOL, 2010), y se espera contribuir en el diseño y planes para la mejora y conservación del medio ambiente a nivel municipal, contribuyendo además en el logro de objetivos planteados en pro del desarrollo social (ONU, 2000) y del desarrollo local sostenible (Díaz-Cuenca *et al.*, 2012) en México, particularmente en el Estado de Oaxaca. El desarrollo comunitario como estrategia social para contribuir en la sostenibilidad ha sido considerado en un modelo integral sostenible de saneamiento básico en Bolivia (Fundación AGUATUYA, 2014).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 2.** Diagrama del diseño del proceso metodológico. Fuente: Jiménez, 2016.

### CONCLUSIONES

El proceso metodológico aplicado en esta intervención, hace participes a los diferentes actores involucrados, en diferentes niveles de participación, lo cual generó una identificación con el proyecto que favorece la apropiación del mismo. El enfoque solidario orientó la solución al problema no como imposición de una tecnología, sino a través de un proceso de



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

concientización y sensibilización para que la población participara de modo vivencial y pudiera operar adecuadamente el sistema implementado. Para abordar la sostenibilidad en la gestión de proyectos para el tratamiento de aguas residuales, se partió del interés comunitario y toma de conciencia social para proponer alternativas incluyentes en la solución del problema, esto es, la sostenibilidad implicó un cambio en el comportamiento de las personas, generó una toma de conciencia para revalorar los recursos naturales, para sumir compromisos y tener responsabilidad social. Esta experiencia constituye la aplicación de una visión integral para la conservación del ambiente mediante el tratamiento de las aguas residuales comunitarias. Al generar una metodología integral del procedimiento de gestión, se contribuye para la réplica de la experiencia en comunidades similares a favor del desarrollo social sostenible.

### **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Politécnico Nacional y al CIIDIR Oaxaca. A los profesores que asesoraron este proyecto de la Maestría en Gestión de proyectos para el desarrollo solidario en diferentes etapas de su desarrollo e implementación. Al CONACYT por la beca otorgada para cursar los estudios de maestría.

### **LITERATURA CITADA**

- Annelies-J. B., H.A. Preising, R. Otterpohl and F.J.D. Lambert. 2002. Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. *Journal Urban Water* 4: 153-161.
- Bayram A., H. Onsoy, V. Numan Bulut, M. Tufekci and A. Akpınar. 2011. Effects of gumushane municipal wastewaters on the stream harsit water quality. Turkey. *Revue Scientifique et Technique. LJEE* 18: 6-17.
- CONAGUA. 2011. *Agenda del Agua 2030*. México. pp. 1-66.
- CONAGUA. 2013. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2013*. México. pp. 1-116.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

CONAGUA. 2014. Normas Oficiales Mexicanas. NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Subdirección General de Administración del Agua, México.

CONAPO. 2012. Índice de intensidad migratoria: México-Estados Unidos 2010. México.

Díaz-Cuenca E., A. R. Alvarado-Granados y K. E. Camacho-Calzada. 2012. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Revista QUIVERA 14(1): 78-97.

Escalante, F. R. 2000. Investigación, Organización y Desarrollo de la Comunidad. Ed. Colofon. México.

Fundación AGUATUYA, Proyecto NODO. 2014. Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas. La Paz – Bolivia.

Gavilán, B., I. Massa, N. Guezuraga, A. Bergara y A.R. López. 2010. Guía para la gestión de proyectos sociales. Equipo del Observatorio del Tercer Sector de Bizkaia, Esp.

INEGI. 2010. Compendio de Información geográfica municipal 2010: San Pablo Yaganiza, Oaxaca. México

Jiménez-Juárez P. 2016. Sistema de tratamiento de aguas residuales para fortalecer el desarrollo social de la comunidad de San Pablo Yaganiza. Tesis. IPN-CIIDIR Oaxaca.

Munna, G. M., M. M. I. Chowdhury, A. A. Masrur Ahmed, S. Chowdhury and M. M. Alom. 2013. A Canadian water quality guideline-water quality index (CCME-WQI) based assessment study of water quality in Surma River. Journal of Civil Engineering and Construction Technology 4(3): 81-89.

ONU. 2000. S-24/2. Nuevas iniciativas en pro del desarrollo social. Resolución aprobada por la Asamblea General. A/RES/S-24/2.15 de diciembre de 2000.

Saravia, A. 1985. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Sawyer, R. 2014. El saneamiento ecológico sostenible descentralizado: un nuevo paradigma en el manejo del agua y el saneamiento. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 183-187.

SEDESOL. 2010. Gestión Ambiental Municipal. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura de Zonas Urbano-Marginadas. Secretaría de Desarrollo Social. México.

Sumok, P. 2001. River water quality monitoring: Sharing sarawak experience. 6<sup>th</sup> Site Research Seminar. Paper 9. 13-14 September.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**SONDEO DE PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS CON ESCASEZ DEL AGUA EN EL ESTADO DE PUEBLA**

**[RECONNAISSANCE OF PROBLEMS ASSOCIATED WITH WATER SCARCITY IN PUEBLA STATE]**

**David Alberto Vargas Castro<sup>§1</sup>, Gladys Linares Fleites<sup>2</sup>, Rosalía del C. Castelán Vega<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Ambientales. Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 103 D (planta baja) Ciudad Universitaria Col. Jardines de San Manuel. Puebla, México. C.P. 72570. Correo electrónico: ciencias.ambientales@correo.buap.mx Teléfono: 01 (222) 229 5500 ext. 7056 Fax: 01 (222) 229 5500 ext. 7056. <sup>2</sup>Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. 14 sur 6301 edificio 103B Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel. Puebla, México. C.P. 72570. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (davarg88@gmail.com).

**RESUMEN**

Al realizar una exploración sobre notas referentes al tema del agua que aparecieron en periódicos de circulación nacional entre 2005 y 2015, se observó que no solo la escasez del agua responde a factores medio ambientales sino a distintos componentes sociales y económicos que impactan en la distribución equitativa del suministro. Las notas nacionales marcan un contexto de problemáticas que si bien son diferentes en gravedad y propensión, hay características que se frecuentan. Para este trabajo se tomó al estado de Puebla como el objeto de estudio, para que en base al marco de referencia formado por las notas nacionales, poder encontrar cuales son las variables que más sobresalen en las manifestaciones de conflicto. Los objetivos del trabajo son detectar, por medio del sondeo de materiales hemerográficos, los componentes de conflicto que se dan a causa de problemas por agua y definir los mismos clasificándolos por impacto ambiental, social, económico y de salud. Con ayuda de la técnica estadística Análisis Factorial de Correspondencia Múltiple (AFCM) se detectó que las variables que más influyen en la presencia de conflictos por agua son aquellas relacionadas con la salud y el saneamiento, siendo de vital importancia la correcta gestión hídrica dentro del Estado.

**Palabras clave:** *Conflictos por agua, gestión hídrica, política ambiental.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

In an exploration on notes concerning the issue of water that appeared in national newspapers between 2005 and 2015, it was observed that not only water scarcity responds to environmental factors but to different social and economic components that impact the equitable distribution supply. National notes mark a context of problems that although they are different in severity and propensity, there are features that are frequenting. For this work the State of Puebla was taken as the object of study, which is based on the framework formed by national notes, to find what are the variables that stand in the manifestations of conflict. Work goals are to detect, through the survey hemerographic materials, components of conflict that occur because of water problems and define them to give a classification for environmental, social, economic and health impact. Using the Factorial statistical technique multiple correspondence analysis (MCFA) variables that influence the presence of water conflicts are those related to health and sanitation, being vital proper water management within the state.

**Index words:** *Conflicts over water, water management, environmental policy.*

### **INTRODUCCIÓN**

Debido a la influencia del modelo económico mundial, las características de la población están cambiando a escenarios nunca antes vistos en la historia. La población mundial urbana ha rebasado a la población mundial rural: 34 mega ciudades y 922 áreas urbanas de todo el mundo concentran el 51% de la población. En el mundo la población rebasa los 7 mil millones de personas y las proyecciones para la población mundial nos indican que para el 2050 llegaremos a ser 9,600 millones de personas (Worlometers, 2015).

El agua, visto como un recurso y no un bien, entra dentro del mercado de disponibilidad y acceso, en el cual el marco de la regulación es necesario para la correcta distribución en los usuarios. Lamentablemente la realidad es otra, el mundo vive en un ambiente de desabasto, unos 4.500 niños y niñas mueren a diario por carecer de agua potable y de instalaciones básicas de saneamiento.

Factores como los cambios demográficos y climáticos incrementan la presión sobre los recursos hídricos. En el caso del agua para consumo humano, los problemas son escandalosos



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

por la característica de la misma como un bien necesario para la vida. En el mundo y en nuestro país las problemáticas que surgen debido a la escasez del agua son indicativos de que la política pública para la distribución está fallando (Becerra *et al.*, 2006).

Para el caso de México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el órgano federal encargado de la política para el uso, extracción, aprovechamiento y distribución del agua en sus diferentes usos, también comprende el saneamiento y el cuidado de los recursos hídricos. Si bien se han logrado avances dentro del establecimiento de una política de explotación y aprovechamiento del recurso, las políticas públicas carecen de robustez cuando se trata de aplicar dentro de un marco socio-ambiental. Los conflictos hídricos son el reflejo de que la política pública está siendo excluyente de la población, la cual le quita la capacidad al ciudadano de poder emitir su inconformidad de una forma democrática y participativa (Cotler y Pineda, 2008).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La evaluación de conflictos es una forma con la que se tiene una radiografía de la situación de presión social hacia el acceso al agua potable. Las evaluaciones pueden ser en el ámbito social (población, protestas, inconformidad) o en el ámbito técnico (disponibilidad de agua, estrés hídrico, escasez). Sin embargo, el fin de cada una de ellas es la ayuda a la toma de decisiones para la administración (IMTA, 2015).

Los componentes que detonarán un conflicto dentro de este ámbito son los que desarrollan la inconformidad de la población, debido a que no se cuenta con un servicio de calidad y cantidad de agua potable, así como la mala administración de las instituciones encargadas para llevar a cabo el aseguramiento de la distribución del agua (Kalonji, 2013).

Los conflictos son difíciles de cuantificar debido a que las características sociales son impredecibles. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) ha realizado una aproximación muy cercana a la realidad.

De una forma cuantitativa el INECC, anteriormente INE, da a conocer una metodología en la cual se puede hacer un compendio de las problemáticas presentadas en todo el territorio mexicano para poder establecer un patrón de conflictos (Becerra *et al.*, 2003). Los esfuerzos por determinar un modelo matemático que permita aproximarse a las causas que detonan un conflicto social por agua en México han sido pocos. Sin embargo, destaca una publicación (Becerra *et al.*, 2006) que con la participación del INECC se determinó un modelo



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

econométrico para estudiar los conflictos de agua en México a partir de una base de datos de los conflictos registrados en la prensa nacional entre 1990 y 2002.

Para este estudio se retomó la idea de explorar en noticias más recientes (2005-2015) que detonan problemáticas y conflictos por agua en el Estado de Puebla. A través de la elaboración de una base de datos conforme a dicho sondeo se determina, con el empleo del procedimiento estadístico Análisis Factorial de Correspondencia Múltiple (AFCM), las variables que más influyen en la presencia de conflictos por agua.

El AFCM es una técnica de análisis estadístico multivariable que analiza las relaciones de interdependencia entre variables. Permite descubrir afinidades entre dos conjuntos de variables, presentados en forma de tabla de contingencia, tanto de frecuencias como de valores medios (Miquel, 1997). La idea de esta técnica se basa en la existencia de un alto grado de correlación entre las variables (observables y medibles) de un modelo, el cual puede deberse a que dichas variables son manifestaciones comunes de otras variables exógenas al modelo y no observables de forma directa. Con el AFCM se pretende llegar al cálculo de esas variables exógenas o factores, resumiendo la información (pero sin perder demasiado de la misma) y clarificando las relaciones entre las variables (Juez *et al*, 2003)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La propensión de los factores que influyen en las noticias como factores económicos, sociales, ambientales y de salud tienen influencia en la problemática de la escasez por agua. El siguiente gráfico resume los principales resultados.

A través del AFCM se muestra en la figura 1 que los aspectos de salud se explican en un 30% de la variabilidad total de dicha problemática, el ambiental en un 25%, el económico en un 24% y el social en un 19%.

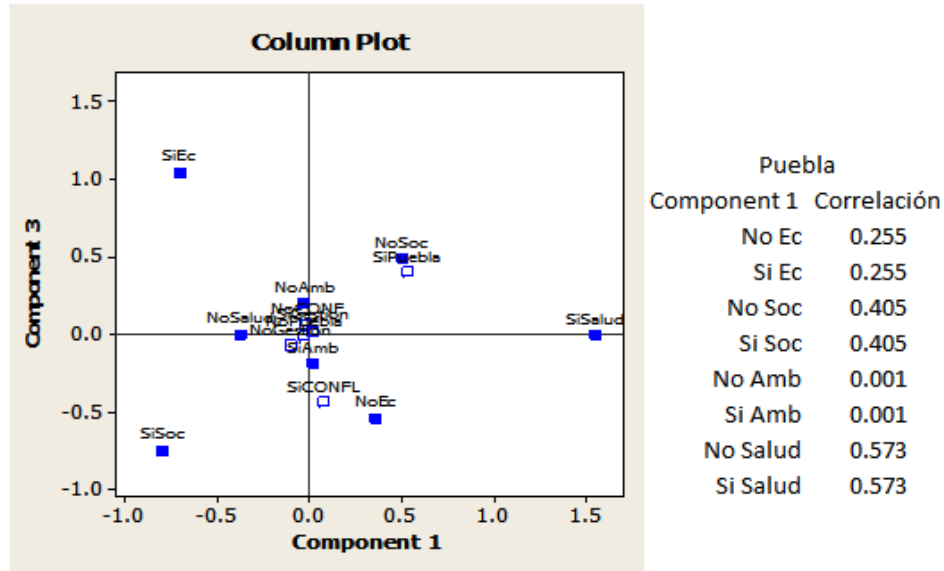
La seguridad del agua se define como la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socio-económico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con la misma, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política (ONU-INWEH, 2013). La definición de la ONU-INWEH implica que la



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

administración debe garantizar que se cumplan los ciclos del agua para que el abastecimiento siempre siga en el sistema hídrico y que el consumo no afecte a la oferta de agua potable.



**Figura 1.** Componentes principales a causa de conflictos por agua en Puebla. Elaboración propia 2016.

En un primer acercamiento la salud es una de las variables que más preocupación genera, debido a su capacidad de generar un problema ligado al consumo de agua contaminada. Las administraciones estatales cuentan con programas de prevención de enfermedades de origen hídrico debido a la facilidad con la que los grupos vulnerables son capaces de padecer. Las enfermedades de origen hídrico tienen una influencia en la sociedad y una relación económica con la población. Al aparecer un caso de cólera en una población X no suele ser relevante para la preocupación comunal, pero al aparecer más y más casos de la enfermedad, se convierte en foco de preocupación para la población. Esta preocupación se convierte en inconformidad cuando no se perciben acciones (por parte de la autoridad) para controlar los brotes y contagios. La influencia de la variable ingreso es perceptible debido a la relación gasto en salud-ingreso (Ospirina, Antonio, Sierra, & Headmann, 2006) ya que a mayor ingreso de los individuos se tiene una mayor facilidad de obtener servicios de salud.

Los escenarios futuros no son favorables, la disponibilidad global de agua *versus* la población subraya las disparidades continentales y, en particular, la presión ejercida sobre el



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

continente asiático, que alberga más de la mitad de la población mundial, con sólo el 36 % de los recursos hídricos del mundo (UNESCO-WWAP, 2003) (WWA, 2003).

### **CONCLUSIONES**

Una de las problemáticas que más resaltan en este estudio, es la presencia de conflictos por agua debido a problemas de salud, es decir, la población en el Estado de Puebla le inconforma más que existan problemas ligados al consumo de fuentes contaminadas y que no existan acciones para contrarrestar los casos. El Gobierno del Estado tiene programas preventivos para evitar el consumo de agua contaminada, pero al parecer no son de cobertura total. No solo la solución se basa en mejorar el sistema de salud, la gestión juega un papel fundamental ya que es ella la que puede dar resultados antes de que existan los problemas. Una correcta gestión hídrica no es necesariamente directa en relación al desarrollo de una región, es una forma en la que población tenga agua de calidad para su consumo y su crecimiento personal. A pesar de que se detectaron problemas por acceso al agua potable, la prensa no lo toma como una noticia de importancia nacional, sino sólo local. Muchas de las problemáticas están relacionadas o pueden solucionarse a través de la gestión hídrica, sin embargo, dicha gestión carece de recursos y/o herramientas para llevarla a cabo.

### **LITERATURA CITADA**

- Becerra, M., J. Sainz y C. Muñoz. 2003. Los conflictos por agua en México. Gaceta 389. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. 5 p.
- Becerra, M., J. Sainz, y C. Muñoz. 2006. Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. Revista Gestión y Política Pública 15: 111-143.
- Cotler, H., y R. Pineda. 2008. Manejo integral de cuencas en México ¿hacia donde vamos?. Boletín del archivo histórico del agua 39: 16-21.
- IMTA. 2015. Proyecto "Observatorio de Conflictos por el Agua en México". Informe. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. 51 p.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Juez, P., J. Santos, y A. Muñoz. 2003. Diseño de encuestas para estudios de mercado. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid, España. 251 p.

Kalonji, G. 2013. Cooperación y conflictos en torno al agua: claves para manejarlos. Revista Un mundo de ciencia 23: 3-12.

Miquel, S.E., J.P. Bigdé, A. Levy, A. Cuenca y M.J. Miquel. 1997. Investigación de mercados. McGrawhill. Madrid, España. 453 p.

ONU-INWEH. 2013. Water Security & the Global Water Agenda. Analytical Brief. United Nations University, Ontario, Canadá. 36 p.

Ospirina, G., A. Antonio, S. Sierra, y A. Headmann. 2006. El gasto en salud y su relación con el ingreso, la escolaridad y el tipo de afiliación al sistema general de seguridad social. Revista Semestre Económico 9: 81-96.

UNESCO-WWAP, 2003. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos del Mundo. UNESCO/Mundi-Prensa, Francia. 32 p.

Worldometers. Población mundial.

<http://www.worldometers.info/es/>. (Consultado: 30/09/2015)

WA, 2003. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos del Mundo. Paris. 32 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA POSTA PECUARIA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA**

**[WASTE WATER TREATMENT IN THE LIVESTOCK AT INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA]**

**Jessica Sabina Hernández Cruz<sup>1§</sup>, José Cristóbal Leyva López<sup>2</sup>, Minerva Martínez Sánchez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Residente de ingeniería forestal del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), <sup>2</sup>Profesores- ITVO. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. 01(951) 5170788. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jessik.sab.h@gmail.com).

**RESUMEN**

La calidad ambiental tiene que ver con la escasez, la demanda y el uso del agua. Los humedales artificiales son una técnica de biorremediación que se caracterizan por tener un suelo saturado de agua, medios filtrantes y una comunidad viviente para el tratamiento de aguas residuales. El presente trabajo tuvo por objetivo implementar un sistema para el tratamiento de aguas residuales en la posta pecuaria del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Fue necesario adecuar el terreno para la construcción del sistema donde se analizó el diseño de acuerdo al afluente y el total de aguas residuales expulsadas del área porcina, durante el periodo agosto-diciembre 2015. El sistema consta de tres estanques los dos primeros están formados por humedales artificiales de flujo subsuperficial las especies vegetales utilizadas son carrizo (*Phragmites australis*) y pasto vetiver (*Vetiveria zizanoides*), los estratos utilizados fueron grava de río, teja triturada y arena mientras el tercer estanque funciona como receptor del agua tratada. Se realizaron pruebas de laboratorio al resultante del sistema resultando más alcalina, presentando reducción de sólidos totales y cambio de colorimetría concluyendo que los humedales artificiales utilizados en este sistema son aptos para el tratamiento de las aguas residuales, y estas pueden ser lanzadas al suelo reduciendo el daño ecológico.

**Palabras clave:** *Biorremediación, diseño del sistema, humedal artificial.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Environmental quality has to do with scarcity, demand and water use. Constructed wetlands are bioremediation technique which is characterized by a water saturated soil, and filter media for a living community wastewater treatment. This study aimed to implement a system for wastewater treatment in the cattle post of the Technological Institute of Oaxaca Valley. It was necessary to adapt the land for the construction of the system where the design according to the affluent and the total wastewater expelled from swine area was analyzed during the period from August to December 2015. The system consists of three ponds the first two are composed of subsurface flow constructed wetlands plant species used are reed (*Phragmites australis*) and vetiver (*Vetiveria zizanoides*), the layers were used river gravel, crushed shingle and sand while the third pond serves as receiver of treated water. laboratory tests the resulting the resulting more alkaline system were performed, showing reduction of total solids and change colorimetry concluded that artificial wetlands used in this system are suitable for treatment of wastewater, and these can be thrown to the ground by reducing the ecological damage.

**Index words:** *Bioremediation, system design, artificial wetland.*

### **INTRODUCCIÓN**

El agua dulce del mundo constituye un recurso escaso, amenazado y en peligro. De acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta solamente el 0.007% de las aguas dulces se encuentran realmente disponibles a todos los usos humanos directos (Toledo, 2002). El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social (Esponda 2001). Las aguas residuales en México se generan alrededor de 420 m<sup>3</sup> cada segundo (Castillo-Escalante, 2012), las aguas residuales sin tratar que van a parar a los ríos permiten la proliferación de bacterias que provocan mal olor y la acumulación de sustancias nocivas para la flora y fauna propia de los ríos una vez que el agua y el suelo han sido contaminados, su tratamiento resulta costoso y difícil (Consejo y López-López, 2011). Para evitar la contaminación de las aguas por escurrimiento, filtración en el suelo o arrastre hacia los mantos superficiales o subterráneos se debe realizar un manejo,



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

disposición y tratamiento adecuado de las aguas residuales y desechos sólidos provenientes de las explotaciones pecuarias (IICA, 2009). La búsqueda de otras alternativas tiene afán por identificar sistemas que son naturales, la biorremediación en comparación con los sistemas convencionales, estos sistemas no requieren energía eléctrica ni equipos costosos para su funcionamiento cuando las condiciones topográficas lo permiten, demandan poca capacidad para sus operadores y por ser un sistema natural sus costos de tratamiento son más bajos que lo de cualquier tecnología convencional (Arias, 2003), así la biorremediación es una técnica que puede definirse como la respuesta biológica al abuso ambiental (Levin y Gealt, 1997).

El termino biorremediación se refiere a los tratamientos con sistemas biológicos para la restauración o limpieza de suelos, aguas subterráneas y aire contaminados con xenobióticos (Barrios-San Martín, 2011). Esta definición permite distinguir entre el uso de microorganismos para recuperar áreas contaminadas y para tratamientos de residuos tanto industriales como domiciliarios (Madigan *et al.*, 2003), dentro de las técnicas de biorremediación se encuentran los humedales los cuáles son áreas que se caracterizan por tener un suelo saturado de agua y una comunidad viviente (plantas y animales) adaptados a la vida acuática o a un suelo saturado (Arias-Martínez *et al.*, 2010) la utilización de los humedales como depuradores naturales de aguas residuales se ha venido haciendo históricamente (Pérez-Olmedilla y Rojo, 2000). Los humedales artificiales o construidos se han sugerido para el tratamiento de aguas residuales de diversas fuentes contaminantes, los principales mecanismos asociados con los humedales son típicamente clasificados como sedimentación, sorpción, reacciones químicas y las transformaciones bióticas (Mander *et al.*, 2000). Existen varios factores que afectan directamente la remoción de los contaminantes en los humedales, entre estos están las plantas y la temperatura (Schutes *et al.*, 2001).

El objetivo de este trabajo fue implementar un sistema para el tratamiento de las aguas residuales en la posta pecuaria del ITVO.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del área de estudio**

El presente trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), específicamente en la parte limítrofe del área forestal y el ganado porcino de la posta pecuaria del Instituto ubicado en la parte sureste de los terrenos de la Ex-hacienda de la agencia de



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Jesús Nazareno del Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, a 12 km de la ciudad de Oaxaca durante el semestre agosto - diciembre 2015. La agencia de Jesús de Nazareno se encuentra al oeste de la población de Santa Cruz Xoxocotlán del Distrito de Valles Centrales del estado de Oaxaca localizada a los 17°00´ de Latitud Norte y 96°46´ de Longitud Oeste a una altura de 1650 msnm. El clima de la región es semiseco-cálido, con lluvias en primavera-verano, la precipitación pluvial media anual es de 702.2 mm, y tiene una temperatura media anual de 20.4 °C (INEGI, 2007).

**Procedimiento**

En este trabajo se evaluó cual sería el mejor sistema para dar tratamiento a las aguas residuales llevando a cabo la limpieza del área a trabajar eliminando maleza y retirando cacharros, se realizaron pruebas de sedimentación y filtración por granulometría, y se determinó el uso de humedales artificiales con flujo subsuperficial, para ello fue necesario realizar las siguientes actividades: se analizó cual sería el diseño del sistema de acuerdo al afluente y el total de aguas residuales que son vertidas al suelo al momento de realizar la limpieza del área porcina que se muestra en el Cuadro 1, evaluado por Vásquez-Celis (2015). La selección de los medios filtrantes estuvo orientada a la búsqueda de información sobre algunas especies de plantas nativas en humedales que estuvieran a nuestro alcance y que por sus características tuviesen potencial para ser utilizados en el proceso de fitorremediación en los humedales artificiales (Arias-Martínez *et al.*, 2010). Los medios filtrantes fueron seleccionados teniendo en cuenta el costo de cada material, la disponibilidad y las características de los terrenos donde se encontraban las plantas seleccionadas por último se analizó el agua en el laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

**Cuadro 1.** Valores del afluente antes del entrar al sistema.

Características del afluente	Valor
flujo residual	0.0124 m <sup>2</sup>
Velocidad	0.6 m s <sup>-1</sup>
Caudal	0.00744 m <sup>3</sup>
Gasto	7.44 L s <sup>-1</sup>

Fuente: Vásquez-Celis (2015).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Diseño del sistema y establecimiento del humedal**

Corto y Viale (2006) mencionan que las aplicaciones más importantes de la biorremediación han sido aquellas que modifican el ambiente para estimular la actividad de los organismos que allí se encuentran así una técnica de biorremediación son los humedales artificiales, los cuales define. Padrón-López (2005) como alternativa para la reducción de la contaminación generada por aguas residuales. Conforme a esto y de acuerdo a las características del afluente indicadas en el precedente de la posta porcina que se muestran en el Cuadro 1, se determinó que el sistema constaría de tres estanques y un registro receptor de las aguas residuales procedentes del ganado porcino con una capacidad de  $0.03 \text{ m}^3$  que abastece de agua al sistema, el sistema está construido por dos estanques en los cuales se llevó a cabo el tratamiento biológico (humedales artificiales) de las aguas residuales compuestos por las plantas y el sustrato, el tercer estanque funciona como receptor de las aguas tratadas.

Los estanques están conectados por la parte inferior mediante cuatro tubos de PVC de 4” perforados en la parte superior entre cada estanque hay una separación con muros de tierra de 60 cm, los estanques fueron cubiertos por lodo de adobe en todas sus paredes dejando libres los tubos en los cuales se filtraría el agua.

Sierra-Pech y López-Ocaña (2013) mencionan que el dimensionamiento y las características físicas de los humedales construidos depende entre otros factores, de la localización de la planta, de las características climáticas del sitio, de las características de la calidad del agua afluente, de la calidad del agua afluente deseada, y de las restricciones de calidad del vertido de aguas tratadas.

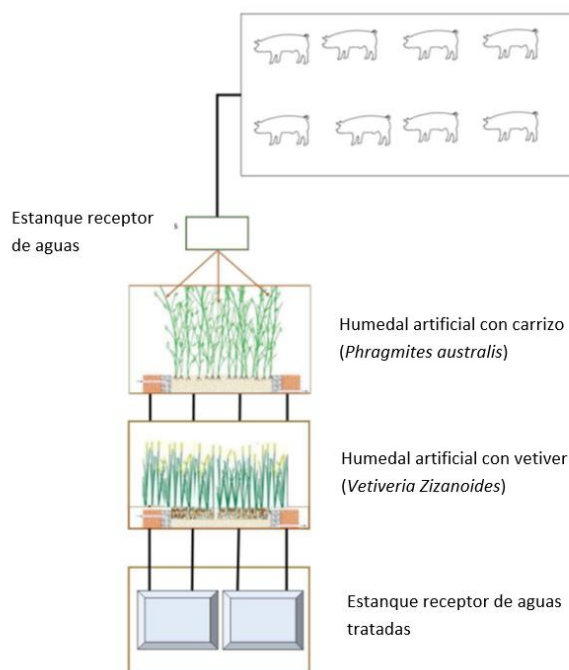
Los humedales artificiales son de flujo subsuperficial teniendo como medio filtrante grava  $\geq 50\text{mm}$  gravillas  $\geq 25\text{mm}$ , teja triturada  $\geq 30\text{mm}$ , arena  $2 \leq$  para que conforme a la granulometría filtraran agua y retuvieran sólido, también se implementaron plantas (*Phragmites australis* y *Vetiveria Zizanoides*) ya que proporcionan un ambiente apropiado para el crecimiento microbiano y mejoran significativamente la transferencia de oxígeno a la zona de raíces, que es parte del lecho filtrante (Hoffmann *et al.*, 2011). Brix *et al.* (2001) dicen además que, las plantas pueden ser de diferentes especies y hábitos de enraizamiento y entre sus principales funciones se encuentra la absorción de nutrientes, la relación simbiótica que se establece con los microorganismos, el suministro de oxígeno y la filtración de partículas.



### Memoria de resúmenes en Extenso

#### XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

Las características de los humedales artificiales construidos es la siguiente: en el primer estanque se construyó un humedal artificial con flujo subsuperficial vertical su volumen es de 0.65 m<sup>3</sup> el filtro vegetal fue carrizo (*Phragmites australis*), que mantienen una alta actividad biológica en el humedal, debido a la capacidad de transporte de oxígeno desde las hojas hasta las raíces (Hernández-Tlapa, 2014). En el segundo estanque se construyó un humedal artificial con flujo subsuperficial horizontal el volumen que tiene el estanque es de 0.75 m<sup>3</sup> el filtro vegetal fue pasto vetiver (*Vetiveria Zizanoides*) el cual se ha señalado como una planta que puede eliminar diversas sustancias contaminantes de las aguas (Sepúlveda-Asprilla, 2013), el diseño del sistema se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Representación del sistema para tratar aguas residuales.

#### Caracterización del agua al entrar y salir del sistema

Aunque el tratamiento de aguas residuales utilizando humedales es considerado un método relativamente bajo en costo, de innovación y especialmente amigable con el ambiente, se debe poner especial atención para alcanzar los resultados deseados en el tratamiento de las aguas de las diversas fuentes contaminantes (Mora-Orozco *et al.*, 2014), por ello se tomaron



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

valores al agua antes de entrar al sistema y el agua tratada, el valor promedio de la temperatura es de  $19.5 \pm 0.5$  °C, la conductividad no mostró cambio resultando  $1.69$  mS/cm, el pH se volvió más alcalino pues se eliminó la presencia de materia orgánica, hubo una disminución de sólidos totales de 0.02%, se evaluó la presencia de bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) los cuáles no mostraron cambios, la colorimetría aclaró el agua de forma considerable, de color negro a un color amarillento como lo indica Vásquez-Celis (2015), y Arias-Martínez *et al.* (2010) (Figura 2).



**Figura 2.** Muestras de cambio de color en el agua.

### **CONCLUSIONES**

Se estableció un sistema construido de dos humedales artificiales que mostró adaptación de las especies vegetales utilizadas, remoción de la presencia de sólidos y cambio en la colorimetría siendo así el sistema favorable para el tratamiento de aguas residuales. El resultado del agua tratada indica que el agua es ligeramente más alcalina, lo que permite que puede seguir su cauce natural, ya que la alcalinidad no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

fotosíntesis. Una ventaja del sistema es que se puede construir de manera práctica debido a que el diseño es sencillo, opera sin intervención y su construcción es de muy bajo costo determinado que los humedales artificiales son una alternativa para la reducción del daño ecológico generado por las aguas residuales.

### **LITERATURA CITADA**

- Arias, I. 2003. Humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 13: 17-24.
- Arias-Martínez, S., F. Betancur-Toro, G. Gómez-Rojas, J. Salazar-Giraldo y M. Hernández-Ángel. 2010. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Revista Sena* 74: 12-22.
- Barrios-San Martín, Y. 2011. Biorremediación: una herramienta para el saneamiento de ecosistemas marinos contaminados con petróleo. *Revista Biotecnología Aplicada* 28:60-68.
- Brix, H., C. Arias and M. Bubba. 2001. Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands. *Water Science and Technology* 44: 47-54
- Castillo-Escalante, I. 2012. Problemas de calidad del agua en México. Seminario sobre instrumentos económicos para cuencas ambientales. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/estudios/397/castillo.html> (Consultado: 30/09/ 2015).
- Consejo, J. y L. López-López. 2011. Las reflexiones de Aguaxaca: Repensar el Agua Instituto la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca, A. C. Oaxaca, México. 107 p.
- Cortón, E. y A. Viale. 2006. Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: las técnicas de biorremediación. *Revista Ecosistemas* 15: 148-157
- Esponda, A. 2001. Arranque de un sistema experimental de flujo vertical a escala piloto de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 105 p.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Hoffmann, H., C. Platzer, M. Winker and E. Muench 2011. Revisión técnica de humedales artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas. Agencia de Cooperación Internacional de Alemania. 39 p.
- Hernández-Tlapa, X. 2014. Evaluación de un humedal artificial a nivel piloto para el tratamiento de aguas residuales de un ingeniero azucarero. Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 77 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2009. Manual de buenas prácticas en explotaciones ganaderas de carne bovina. Honduras. 59 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 2007. Anuario estadístico Oaxaca, Tomo II. México. 14 p.
- Levin, A. y A. Gealt. 1997. Visión general de biotratamiento y su futuro. *In*: A. Levin, y A. Gealt (eds.). Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos. Editorial McGraw Hill/ Interamericana, Madrid, España. pp. 1-19.
- Madigan, M., J. Martiko and J. Parker. 2003. Brock biology of microorganisms. Person Education Inc. New Jersey. 15 p.
- Mander, U., V. Kuusemets, M. Ovel, S. Ihme, R. Sevola, and A. Pieterse. 2000. Experimentally constructed wetlands for wastewater treatment in Estonia. *Journal of Environmental Science and Health* 35: 389-401.
- Mora-Orozco C., R. Saucedo-Terán, E. Barrientos-Juárez, S. Gómez-Rosales, I. González-Acuña y G. Domínguez-Araujo. 2014. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas. INIFAP. Jalisco, México. Folleto Técnico núm. 7.
- Padrón-López, M. 2005. Depuración de aguas residuales domesticas a través de humedales artificiales de flujo vertical en zonas del trópico húmedo. Tesis de maestría, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 95 p.
- Pérez-Olmedilla M. y C. Rojo. 2000. Función depuradora de los humedales I: una revisión bibliográfica sobre el papel de los macrófitos. *Boletín SEHUMED* 2: 115-119



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Sepúlveda-Asprilla, N. 2013. Desarrollo de un protocolo para la rizofiltración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Tesis de maestría, Universidad de Manizales. Caldas, Colombia. 113 p.
- Shutes, R., D. Revitt, L. Scholes, M. Forshaw and B. Winter. 2001. An experimental constructed wetland system for the treatment of highway runoff in the UK. *Water Science & Technology* 44: 571-578.
- Sierra-Pech, O. y G. López-Ocaña. 2013. Tratamiento de las aguas residuales mediante humedales artificiales. *Revista Kuxulkab* 36: 47-55
- Toledo, A. 2002. El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica* 64: 9-18.
- Vásquez-Celis A. 2015. Biorremediación acuática por medio de sistemas mixtos en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. *Revista Oaxaca: Ciencia Joven* 2:149-154



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RENDIMIENTO DE CARBÓN VEGETAL EN HORNO TRADICIONAL EN SAN ANDRÉS NUXIÑO, NOCHIXTLÁN Y NUEVO ZOQUIAPAM, IXTLÁN, OAXACA**

**[THE EFFICIENCY OF CHARCOAL IN TRADITIONAL OVEN IN SAN ANDRÉS NUXIÑO, NOCHIXTLÁN AND NUEVO ZOQUIAPAM, IXTLÁN, OAXACA]**

**Francisco Adair Cruz Narváez<sup>1§</sup>, José Cristóbal Leyva López<sup>2</sup> y Nereo García García<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Residente de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), <sup>2</sup>Profesor-ITVO. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P.71230. Tel. 01(951) 5170788. <sup>3</sup>Delegado de la Procuraduría de Protección al Ambiente en el Estado de Oaxaca (PROFEPA). Av. Independencia, No. 709, Palacio Federal, Col. Centro. Oaxaca. C. P. 68000. Tel. 01(951) 514 19 91. <sup>§</sup>Autor para correspondencia (ada.as640@gmail.com).

**RESUMEN**

La producción ilegal de carbón en Oaxaca es una actividad que utiliza un volumen considerable de madera de encino, por lo que su cuantificación, tanto del carbón como de la madera utilizada, permitirá tomar medidas tendientes a la conservación del recurso. El presente estudio tuvo como propósitos caracterizar el proceso de elaboración del carbón vegetal y determinar la relación existente de peso y volumen en madera verde y seca, así como rendimiento de carbón vegetal en horno tradicional en Nuevo Zoquiapam y San Andrés Nuxiño. Se hicieron visitas a las dos localidades para observar el proceso de elaboración de carbón, se cuantificó la cantidad de madera a utilizar en los hornos, se tomó la temperatura durante el proceso, se tomaron muestras botánicas y de la madera en húmedo de las especies, al final se cuantificó la cantidad de carbón producido e igual se tomaron muestras. El proceso de producción de carbón vegetal en forma tradicional consiste en el armado del “nido” o “corazón”, se coloca la madera alrededor de este, se cubre con acículas de pino y tierra y se enciende. La densidad promedio para el género *Quercus* es de 0.692 g cm<sup>-3</sup>. En cuanto al rendimiento del carbón el volumen no se ve alterado en la transformación de madera a carbón, al contrario del peso que se disminuye al convertir la madera en carbón.

**Palabras clave:** *Quercus*, densidad y calidad del carbón.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Illegal coal production in Oaxaca is an activity that uses a considerable amount of oak wood, so their quantification, both coal and wood used, take measures to allow resource conservation. The purpose of this study was to characterize the process of making charcoal and determine the relationship of weight and volume in green and dry wood and charcoal performance in Nuevo Zoquiapam and San Andrés Nuxiño. Visits were made of two locations to observe the process of charcoal production, the amount of wood was quantified using in ovens, the temperature was taken during the process, botanical samples were taken and wood wet species, in the end the amount of coal produced was quantified and the same samples were taken. The process of charcoal production in traditional way is armed the “nest” or “heart”, wood around this is placed, covered with pine needles and soil and turn on. The average density for the genus *Quercus* is  $0.692 \text{ g cm}^{-3}$ . As for the performance of coal it is not altered in the transformation of wood to coal, unlike the weight to decrease to become wood coal.

**Index words:** *Quercus*, density, coal quality.

### **INTRODUCCIÓN**

La leña y el carbón vegetal han sido fuente de energía para el ser humano desde tiempos inmemoriales. El uso de la leña inició hace más de 350 000 años, cuando el hombre encendía fogatas para preparar sus alimentos y protegerse del frío y de las bestias (Antal y Grønli, 2003). La madera, componente principal de la biomasa forestal, históricamente ha contribuido a satisfacer necesidades prioritarias de la humanidad. Según Rivera y Uceda (2008) actualmente, debido a que los combustibles fósiles se van agotando la madera, como biocombustible recobra importancia y se vislumbra como alternativa de uso energético. En la actualidad, la leña y otros productos de la madera son ampliamente utilizados a nivel mundial, ya que se consideran una forma moderna y limpia para generar energía (Patiño y Smith, 2008). Los combustibles de origen biológico además de sustituir parte del consumo de los combustibles fósiles tradicionales; tienen la ventaja de presentar un bajo impacto en el deterioro ambiental (Banco Interamericano de Desarrollo, 2008). El carbón vegetal proveniente de la biomasa como fuente de energía desempeña funciones múltiples en diferentes regiones del mundo. Más de dos mil millones de personas dependen de la energía proveniente de la madera para cocinar y calentarse, particularmente en hogares de los países



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

en desarrollo (FAO, 2010). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) afirma que actualmente cerca del 10% de la oferta total de energía final global y 77% de la energía derivada de fuentes renovables proviene de la biomasa (IPCC, 2011).

Como combustible renovable, el carbón vegetal tiene muchas características atractivas: no contiene prácticamente nada de azufre o mercurio y es bajo en contenido de nitrógeno y no genera mucha ceniza. Los recientes avances en la producción y el conocimiento sobre las propiedades del carbón presagian un amplio uso como combustible renovable, reductor, absorbente y para enmendar los daños provocados a los suelos (Antal, 2003). Además, la combustión limpia resultado del bajo porcentaje de materiales volátiles y bajo contenido de azufre, lo hacen un recurso importante para emplearse en las centrales termoeléctricas, situación que es también muy apreciable desde el punto de vista ambiental (Luxán y Jiménez, 2003; Masera *et al.*, 2005).

El carbón vegetal es inerte, difícilmente alterable bajo condiciones atmosféricas normales y no es afectado por agentes biológicos (hongos e insectos xilófagos) que atacan la madera (Martín, 1989). Otras características importantes del carbón vegetal es la producción de poco humo y alto poder calorífico. En los países desarrollados se incrementó la demanda del carbón vegetal como combustible para barbacoas o parrillas asadoras, también grandes cantidades son destinadas a la producción de cobre y zinc, así como en la industria de los metales preciosos (Stassen, 2002; Camps y Marcos, 2008).

En México, el carbón vegetal es un producto de origen rural que se comercializa en los centros urbanos. El uso rural del carbón es casi inexistente, se estima un consumo anual de 650,000 t, equivalentes a casi 3.2 m<sup>3</sup> de leña (4.3 m<sup>3</sup>), colocando al carbón como el segundo producto forestal maderable, sólo después de la leña. Debido a que la extracción de madera es ilegal no se tiene un registro del volumen aprovechado (SEMARNAT, 2007). El presente artículo presenta una contribución a la actual información que se posee sobre carbón vegetal elaborado con madera de encino en hornos convencionales, ya que la existente es muy escasa y planteada en regiones diferentes a las del estado de Oaxaca. Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron caracterizar el proceso de elaboración del carbón vegetal, determinar la relación existente de peso y volumen en madera verde y seca y analizar el rendimiento de peso seco para carbón vegetal elaborado en horno tradicional.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del área de estudio**

El estudio se realizó en los bosques de pino-encino de San Matías, Nuevo Zoquiapam, Ixtlán de Juárez, ubicada en las coordenadas 17°15'20.68" Latitud N y 96°37'7.80" Longitud O, es una zona con un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2005); y en los bosques de encino-pino de La Herradura, San Andrés Nuxiño, Nochixtlán ubicado en las coordenadas 17°13'12.31" Latitud N y 97° 2'29.91" Longitud O, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2005).

### **Procedimiento**

El periodo de realización del estudio comprendió del 10 de septiembre al 8 de diciembre de 2015. Para caracterizar el método de producción del carbón vegetal, se hicieron observaciones y anotaciones de las actividades que competen al proceso de elaboración de carbón vegetal, también se llevaron a cabo pláticas informales con otros carboneros para corroborar la información recabada. Se midió la temperatura a 30 cm de profundidad con un termómetro bimetálico, cuyo rango máximo de temperatura fue de 350 °C.

Se marcaron arboles por el técnico de las comunidades, recolectando muestras botánicas de los árboles que fueron derribados para determinar su especie y muestras de madera para determinar la densidad mediante la prueba que plantea el INIFAP (2013), a través de la siguiente fórmula:

$$D_{madera} = \frac{MS_m}{V_m}$$

Donde:

$D_{madera}$  = Densidad básica-específica de la madera (g cm<sup>-3</sup>),

$MS_m$  = Masa seca de la submuestra de la madera (g), y

$V_m$  = Volumen fresco (verde) de la submuestra (cm<sup>3</sup>).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Para determinar la densidad del carbón, se siguió el mismo método del INIFAP (2013). Con los resultados de la densidad de la madera se establecieron relaciones entre peso seco y verde de la madera y el volumen, para lo que se despejó la masa de la fórmula de densidad.

$$MS_m = V_s \times D_{madera}$$

Para la determinación del volumen de madera usado en la producción se tomaron mediciones de diámetro y longitud de toda la materia prima que, posteriormente se utilizó en la producción del carbón vegetal, los datos fueron procesados con el software Microsoft Excel 2013® mediante la fórmula de Smalian (Romahn y Ramírez, 2010).

El rendimiento de carbón se determinó mediante la relación del volumen total (m<sup>3</sup>) del producto forestal que se utilizó en el proceso de producción con el peso del carbón obtenido (toneladas). El volumen se dividió entre el peso (t) del carbón total obtenido al término del proceso de carbonización.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Caracterización del método de elaboración de carbón vegetal**

En San Matías y La Herradura el método consistió en el armado del “nido” de “ocote” y leña seca que sirvió para encender el horno, alrededor del “nido” se colocaron trozos de leña verde de encino hasta obtener el tamaño deseado, se hizo un segundo nivel apilando los trozos de la misma manera procurando dejar una pequeña inclinación, luego se construyó la cabeza del horno con trozos más delgados; los huecos que quedaron entre la madera fueron rellenados con “cuña” (ramas delgadas del árbol trozadas en pedazos pequeños). Una vez parado el horno se cubrió con hojas de pino para luego ser cubierto con tierra. El horno estuvo encendido por aproximadamente 25 días, durante este periodo se monitoreó constantemente agregando más leña cuando fue necesario. Cuando el horno se apagó y se enfrió el carbón, se empaquetó en bolsas de costal de rafia y se bajó al pueblo para su venta. El método tradicional consiste en cubrir con tierra y hierba montones de leña y prenderle fuego a través de aperturas en la cubierta de tierra. Las aperturas podían cerrarse y abrirse convenientemente, y podían practicarse otras para controlar la entrada de aire (Stassen, 2002 y Argueta, 2006). Se reporta una temperatura dentro del horno de 350 °C, que es la máxima



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

temperatura que registra el termómetro, según Romahn (1992) la temperatura al interior puede ser mayor a los 700 °C.

**Densidad básica de la madera**

Los resultados obtenidos de densidad básica en San Matías para *Quercus scytophylla* Liebm. fue de 0.568 g cm<sup>-3</sup>, para *Quercus rugosa* Née. fue de 0.689 g cm<sup>-3</sup> y para *Quercus laurina* Bonpl. una densidad de 0.734 g cm<sup>-3</sup>. Para La Herradura se obtuvieron densidades básicas de 0.719 g cm<sup>-3</sup> para *Quercus crispifolia* y de 0.722 g cm<sup>-3</sup> para *Quercus conspersa* Benth., estos resultados están dentro de los rangos mínimos y máximos de 0.610 g cm<sup>-3</sup> a 0.860 g cm<sup>-3</sup>, encontrados por Silva-Arredondo y Návar-Cháidez (2012) para el género *Quercus* en las comunidades templadas del norte del estado de Durango, México; sin embargo para fines de estudio fue necesario obtener una densidad promedio para el género *Quercus* que fue de 0.692 g cm<sup>-3</sup>. El valor promedio estimado para este género es similar al que reportan Nájera-Luna *et al.* (2005) para *Quercus laeta* Liebm. cuya densidad es de 0.680 g cm<sup>-3</sup>.

**Relación peso volumen en madera verde y seca**

De acuerdo con Núñez (2007) la densidad básica es la relación entre el peso mínimo de la madera secado en estufa y su volumen verde, sin embargo en el presente estudio la relación entre el peso y el volumen fue usada para identificar la existencia de una tendencia a la disminución del peso de la madera o del volumen, después de ser carbonizada. Los resultados encontrados de la relación entre el peso y volumen de madera verde, seca, y carbón se muestran en el Cuadro 1 y las equivalencias de las relaciones aparecen en el Cuadro 2.

**Cuadro 1.** Relación peso/volumen para madera en estado verde y seco, y para carbón.

Comunidad	Relación peso/volumen (m <sup>3</sup> :kg)		
	madera verde	madera seca	carbón
San Matías	10:1	6:1	5:1
La Herradura	9:1	7:1	5:1
Promedio	9:1	6:1	5:1

Los datos obtenidos en el estudio demuestran que el peso de la madera disminuyo menos del 50% al haberse convertido en carbón. El peso del carbón se incrementó debido a que las condiciones al momento de sacarlo y empacarlo no eran las óptimas y al ser un material poroso absorbe humedad mucho más rápido que la madera. Sin embargo el volumen se



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

mantuvo estable, la Comisión Nacional Forestal CONAFOR (2009) menciona que por cada 100 kg de madera se pueden obtener de 12 a 20 kg de carbón vegetal en un horno tradicional.

**Cuadro 2.** Equivalencia de relaciones que aparecen en el Cuadro 1.

Comunidad	Peso de madera verde (kg)	Peso de madera seca (kg)	Peso de carbón vegetal (kg)
San Matías	1054	664	525
La Herradura	921	720	574
Promedio	985	692	550

**Rendimiento del carbón vegetal**

En San Matías se usaron 5.16 m<sup>3</sup> de madera para el horno; en La Herradura, se usó un total de 2.51 m<sup>3</sup> de madera. Argueta (2006) reporta un rendimiento de 7 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> para horno tradicional en Tamaulipas, y García (2008) determinó un rendimiento de carbón de *Quercus* spp. en horno colmena brasileño de 7.5 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> y en hornos metálicos de 9.1 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup>. En otro trabajo con los hornos colmena brasileño se registraron rendimientos de carbón de leña en rajas de 5.4±0.1 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> y con ramas de 9.2±0.2 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> (Bustamante-García *et al.*, 2013). Mientras que en San Matías, se obtuvo un rendimiento de 8.43 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> de esta manera para obtener una tonelada de carbón vegetal fueron requeridos 8.43 m<sup>3</sup> de madera; mientras que en La Herradura se tuvo un rendimiento de 5.91 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> por lo que se requirieron 5.91 m<sup>3</sup> de madera para producir una tonelada de carbón. Por lo que se entiende que un horno colmena Brasileño tiene un mejor rendimiento que el horno tradicional. El rendimiento de un horno es bajo mientras mayor sea el volumen de madera usado para producir una tonelada de carbón y alto si el volumen usado es menor.

Romahn (1992) menciona que los rendimientos de la carbonización son variados debido a diversos factores, entre los que destacan los equipos y procesos utilizados, como también la densidad de las especies, contenido de celulosa y lignina, el tamaño de la leña y contenido de resinas. Canul (2013) reporta un rendimiento promedio de 3.1 ± 0.63 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> de los subproductos forestales que fueron necesarios para obtener una tonelada de carbón vegetal para las dos especies, en un horno tipo fosa, las especies utilizadas fueron *Piscidia piscipula* y *Lonchocarpus castilloi*. El rendimiento promedio para ambas especies mencionadas en un horno tipo fosa, es más alto que en un horno tradicional, por lo que es una mejor opción el horno tipo fosa, pero requiere mayor inversión.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

El rendimiento del carbón se encuentra relacionado con el peso, puesto que al momento de la carbonización el peso de la madera disminuye una vez que es transformado en carbón, el peso del carbón puede ser aumentado por la humedad ambiental y alterar al rendimiento, mientras que el volumen de la madera se mantiene estable y no cambia aun convertida en carbón.

## **LITERATURA CITADA**

- Antal, M. J. 2003. The Art, Science, and Technology of Charcoal Production. *Energy Research, Thermal Energy*. 42(8):1619–1640.
- Argueta, S. C. 2006. Descripción y análisis de dos métodos de producción de carbón vegetal en el Estado de Tamaulipas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. 52 p.
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2008. Informe diagnóstico Paraguay. Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural. PROYECTO ATN/AU – 10038. RJ. Inter-American Development Bank 1300 New York Avenue, N.W. Washington, D.C. 20577. 143 p.
- Bustamante-García, V., A. Carrillo-Parra, H. González-Rodríguez, R. G. Ramírez-Lozano, J. J. Corral-Rivas and F. Garza-Ocañas. 2013. Evaluation of a charcoal production process from forest residues of *Quercus sideroxylla* Humb., & Bonpl. in a Brazilian beehive kiln. *Industrial Crops and Products* 42:169-174.
- Canul, T. S. A. 2013. Rendimiento y Calidad del Carbón Vegetal elaborado en horno tipo fosa con subproductos Forestales de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. Y *Lonchocarpus castilloi* Standl. en Campeche. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León. 56 p.
- Camps, M. M y Marcos, M. F. 2008. Los Biocombustible. 2da Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 383 p.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Castellanos, B. J. F., M. Gómez, C., J. R. Contreras, H., y R. Gonzáles, C. 2013. Metodologías para cuantificar biomasa y carbono en bosques. INIFAP. Oaxaca, México. pp. 56 - 60.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), 2009. Producción comercial de carbón. Video educativo: duración 10 min. Producción Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. What wood fuels can do to mitigate climate change? FAO FORESTRY PAPER. Roma, Italy. 162 p.
- García M., J. G. 2008. Carbón de encino: Fuente de calor y energía. Conabio. Biodiversitas 77: 7-9.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Marco Geoestadístico Nacional <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20504.pdf> (Consultado 25/12/2015).
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) Castellanos, B. J. F.; M. Gómez, C.; J. R. Contreras, H., y R. Gonzáles, C. 2013. Metodologías para cuantificar biomasa y carbono en bosques. Oaxaca, México. pp.56 - 60.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2011: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 78 p.
- Luxán, B. A. y Jiménez, A.M. 2003. Energías e impacto ambiental. Milenium. Equipo Sirius. Madrid, España. pp. 5-143.
- Martín, M., F. 1989. El carbón vegetal propiedades y obtención. Agroguías Mundi-prensa. Madrid, España. 117 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

- Masera, O. R., Aguillón, J. y Gamino, B. 2005. Estimación del recurso y prospectiva tecnológica de la biomasa como energético renovable en México. Anexo 2. Universidad Nacional Autónoma de México. 118 p.
- Najera-Luna, J. A., Z. Vargas-Antonio, J. Méndez-González, J. de J. Graciano-Luna. 2005. Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. De el Salto Durango. Ra Ximhai 1(3): 559-576.
- Núñez, C. E. 2007. Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera. Revista de Ciencia y Tecnología 9: 44-50.
- Patiño, D. J. F. y R. Smith Q. 2008. Consideraciones sobre la dendroenergía bajo un enfoque sistémico. Revista Energética. <http://www.redalyc.org/articuloaa?id=147020257003>. (Consultado 29/09/2016).
- Rivera, I. P. y M. Uceda, C. 2008. Características físico - químicas de la madera y carbón de once especies forestales de la Amazonia peruana. Revista forestal de Perú. 14(2): 1-8.
- Romahn de la V, C.F. y H. Ramírez. M. 2010. Dendrometría. UACH, México. pp. 98.
- Romahn de la V, C. F. 1992. Principales productos forestales no maderables de México. UACH. México. pp. 181 - 184.
- SEMARNAT. 2007. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2007. México. SEMARNAT. 224 p.
- Silva-Arredondo, F. M. y J. de J. Návar-Cháidez. 2012. Estimación de la densidad de madera en árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México. Madera y Bosques 18(1): 77-88.
- Stassen, E., H. 2002. Nuevas tecnologías de producción de carbón vegetal. Unasylva – No.211. Dendroenergía. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. 53(211):34 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**ENFOQUES FRECUENTISTA Y BAYESIANO EN LA DETERMINACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS**

**[FREQUENTIST AND BAYESIAN APPROACHES IN THE DETERMINATION OF ORGANIC CARBON IN SOIL]**

**Gladys Linares Fleites<sup>&1</sup>, Miguel Ángel Valera Pérez<sup>1</sup> y Ana Belén García Barragán<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Posgrado en Ciencias Ambientales y Dpto. de Investigaciones en Ciencias Agrícolas (DICA). <sup>2</sup> Estudiante de Maestría. Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (BUAP). 14 Sur 6301 Ciudad Universitaria. Colonia Jardines de San Manuel, Puebla, Pue. CP 72570. Teléfono 222-2295500 Ext. 7356. <sup>&</sup>Autor para correspondencia: (gladys.linares@correo.buap.mx).

**RESUMEN**

Una de las estrategias para enfrentar el cambio *climático* es el desarrollo de proyectos de mitigación, entre los que se encuentra el secuestro de carbono en suelos. El secuestro de carbono es la redistribución de carbono facilitado desde el aire a otros reservorios como el suelo. El objetivo de este trabajo fue determinar el carbono orgánico en suelos (COS) en la región de Teziutlán, Puebla, como paso inicial en proyectos de mitigación. Se utilizan dos enfoques estadísticos: el frecuencial y el bayesiano. En el primero, se lleva a cabo la modelación espacial a través de la Geoestadística y se logra el cálculo predictivo del contenido de carbono en suelos de la región. En el segundo, se utiliza la modelación bayesiana no paramétrica para la estimación de la densidad marginal del COS en los diferentes puntos de muestreo. Ambos enfoques se complementan y brindan nuevas posibilidades a los investigadores para la determinación de almacenes de carbono orgánico en suelo.

**Palabras claves:** *Cambio climático, mitigación, secuestro de carbono.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

One of the strategies to address climate change is the development of mitigation projects, including carbon sequestration in soils. Carbon sequestration facilitate redistribution of carbon from the air to other reservoirs such as soil. The aim of this study is to determine soil organic carbon in the region of Teziutlán, Puebla, as an initial step in mitigation projects. Two statistical approaches are used: the frequency and Bayes. In the first, it is carried out through spatial modeling and geostatistics. In the second, the nonparametric Bayesian modeling is used for estimate soil organic carbon marginal density at different sampling points. Both approaches are complementary and provide new opportunities for researchers to determine stores of organic carbon in soil.

**Index words:** *Climate change, mitigation, carbon sequestration.*

### **INTRODUCCIÓN**

El cambio climático es el mayor reto ambiental al que la humanidad se está enfrentando, y para hacerle frente es necesario una acción coordinada de toda la comunidad internacional y nacional.

Los esfuerzos internacionales para enfrentar el cambio climático datan desde la segunda mitad del siglo pasado. En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, establecida en 1992 y puesta en vigor en 1994, se planteó, entre otros, el principio de prevención con dos estrategias fundamentales, la de *mitigación* (a largo plazo) y la de *adaptación* (a plazo inmediato). Con la primera estrategia se espera reducir la emisión de los gases contaminantes y, con la segunda estrategia, reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático.

En la XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático, celebrada en París a finales del 2015 (COP 21, 2015), 196 gobiernos se comprometieron a alcanzar el techo de emisiones gases invernadero lo antes posible y a poner en marcha un mecanismo de financiación para medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

En México es imprescindible establecer un vínculo entre las acciones climáticas y la construcción de la sustentabilidad económica, ambiental y social. En 2012 se promulgó la



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Ley General de Cambio Climático (Nueva Ley DOF 06-06-2012), lo que ha contribuido a activar la transición conjunta en tres sectores clave: energético, agrícola y forestal. En particular, el manejo integral de los recursos forestales y agrícolas incluye el aprovechamiento de la biomasa para mitigar emisiones, así como reforestar, aforestar y habilitar el manejo sustentable de suelos de la agricultura para la captura de carbono. Los estudios relacionados con los ecosistemas forestales en México y su relación con el impacto y la vulnerabilidad del cambio climático, han sido, hasta ahora muy generales según declara Villers y Trejo (2004). Es necesario, desarrollar estudios a nivel local, que permitan esclarecer el papel del suelo en el secuestro de carbono en los bosques. Los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres: contienen cuatro veces la cantidad de carbono de la vegetación y desempeñan un determinado papel en el ciclo global de carbono, según afirma Gay (2000) y Masera, et al, (2004).

En el presente trabajo se aplica, por una parte, la modelación de la estadística espacial a través de la Geoestadística y se logra el cálculo predictivo del contenido de carbono en suelos de la región. Por otra parte, se utiliza la modelación bayesiana no paramétrica para la estimación de la densidad marginal del carbono orgánico en suelos (COS) en los diferentes puntos de muestreo. Ambos enfoques se complementan y brindan nuevas posibilidades a los investigadores para la determinación de almacenes de carbono orgánico en suelo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Previo al planteamiento de algunos de los enfoques que pueden utilizarse para la determinación del COS, se desarrollaron aspectos a tener en cuenta en estos estudios. Estos fueron: (1) esclarecimiento de concepto de secuestro de carbono (2) localización del área de estudio, (3) caracterización del clima de la zona y (4) definición del COS y de las unidades de medida a considerar en el estudio.

### **¿Qué es el secuestro de carbono?**

El secuestro de carbono es el proceso a través del cual las prácticas agrícolas y forestales remueven dióxido de carbono de la atmósfera.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Localización de la zona de estudio**

La zona, denominada región de Teziutlán mejor conocida como Caldera de Teziutlán, se encuentra ubicada en la porción nor-oriental del estado de Puebla, entre los paralelos 19°43’30’’ y 20°14’54’’ de latitud norte y los meridianos 97°07’42’’ y 97°43’30’’ de longitud occidental. Los suelos objeto de este trabajo, son derivados de material piroclástico, y se presentan cubriendo una superficie aproximada de 846 km<sup>2</sup>. Dichos suelos son considerados como Andisoles y la vegetación reportada es Pastizal inducido y Bosque de pino (Valera, 1993).

**Caracterización del clima de la zona**

Del análisis de la información climática de las ocho estaciones ubicadas en la región de estudio, se obtuvieron climogramas, que permitieron establecer los regímenes de humedad del suelo (Castillo *et al*, 2014), que variaron de Perúdico a Údico, y los regímenes de temperatura del suelo, los cuales variaron de Térmico a Isotérmico, incluyendo el Isomésico. En el Cuadro 1 se relacionan los regímenes de humedad y temperatura de cada estación.

**Cuadro1.** Regímenes de humedad y temperatura de cada estación.

Estación	Régimen Humedad	Régimen Térmico
Tetelilla	Perúdico	Isotérmico
Huahuaxtla	Perúdico	Isotérmico
Presa La Soledad	Perúdico	Térmico
Teziutlán	Údico	Isomésico
Tlatlauquitepec	Údico	Isomésico
Zacapoaxtla	Údico	Isotérmico
Zapotitlán de Méndez	Údico	Térmico
Jalacingo	Údico	Isomésico

**Cálculo del COS**

El cálculo del COS se obtuvo tomando en cuenta las profundidades de 30 muestras observadas en 22 localizaciones no regulares en la zona de estudio; se tuvo en cuenta la densidad aparente y el porcentaje de carbono (C), obteniéndose en unidades de toneladas por hectárea (ton/ha), mediante la siguiente fórmula:



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

$$COS = \text{Porcentaje de } C * \text{profundidad} * \text{densidad aparente}$$

El cálculo de la densidad aparente se determinó a partir de la ecuación siguiente:

Da.

$$= \frac{\text{Peso seco del suelo} - (\text{peso de raíces} + \text{piedras} + \text{residuos})}{\text{Vol. del cilindro de muestreo} - (\text{Vol. de raíces} + \text{Vol. piedras} + \text{Vol. residuos})}$$

Siendo el volumen del cilindro  $\pi r^2 h$ , donde h y r son la altura y el radio del cilindro (medidos en cm) respectivamente.

**Enfoques para la determinación del COS**

Los métodos, para modelar carbono en suelo, se clasifican en dos tipos: indirectos y directos (Ponce *et al.*, 2004). Para los modelos de tipo indirecto, la base de datos de características de suelo puede obtenerse mediante el examen de los pastos y otras características de los suelos o a través de imágenes satelitales, etc.

Otras vías de modelación se establecen cuando se han usado métodos directos para evaluar el carbono en el suelo. En estos casos se realizan diseños muestrales en la zona de estudio, se recogen muestras de suelo y luego se analizan algunas propiedades químicas y físicas del suelo, de acuerdo a lo que señala Rodeghiero, M., A. Heinemeyer, y P. Bellamy, (2010). Esta es la vía que se utiliza en el caso que reportamos en este trabajo.

A partir de la información obtenida pueden utilizarse diversos enfoques estadísticos. Aquí exponemos sólo dos, a saber, el enfoque de la estadística frecuencial o clásica que incluye a los métodos de la Geoestadística y el enfoque bayesiano.

La Geoestadística es una manera de describir la continuidad espacial de cualquier fenómeno natural. Con ello llegamos a conocer la forma en que varía cualquier variable continua en el espacio (patrón espacial) a una o varias escalas seleccionadas, con un nivel de detalle que permite cuantificar la variación espacial de la variable en distintas direcciones del espacio. La Geoestadística utiliza funciones para modelar esta variación espacial, y estas funciones son utilizadas posteriormente para interpolar en el espacio el valor de la variable en sitios no muestreados (Linares *et al.*, 2009).

La complejidad de los problemas relacionados con la mitigación del cambio climático, uno de los cuales es el secuestro de carbono en suelo, trae aparejado el problema de la



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

estimación de la densidad del carbono en puntos de muestreo de la zona de estudio. En este caso el enfoque bayesiano es imprescindible. Utilizando el paquete *DPPackage* en R se desarrolla la inferencia bayesiana vía simulación de la distribución posterior considerando mezclas del Proceso de Dirichlet para la distribución inicial, obteniéndose gráficos de la densidad estimada de COS e información predictiva de gran utilidad para la toma de decisiones sobre el almacenamiento de carbono en suelos de la región (Jara, *et al.*, 2007).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Bajo el enfoque frecuencial o clásico, las estadísticas descriptivas mostraron que las concentraciones del COS oscilan entre un mínimo de 12.48 y un máximo de 34.56, con media de 21.29 y mediana de 19.48, observándose que la media y la mediana no están muy alejadas lo que apunta a cierta simetría en los datos. La desviación estándar es de 7.20, más pequeña que la media, por lo que puede considerarse que la variabilidad no es muy alta. Uno de los objetivos de este enfoque es aplicar la modelación de la estadística espacial a través de la Geoestadística y con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica o GIS (Geographic Information System) para el cálculo predictivo del contenido de carbono en suelo, obtener mapas de las concentraciones de carbono.

En la Figura 1 se muestra el mapa de concentraciones de COS de la zona (Golden Surfer Software, 2002). Profundizando en los métodos geoestadísticos se comprobó que la media de las mediciones del porcentaje de carbono orgánico es suficiente para estimar el carbono almacenado en el suelo y que su variabilidad espacial no es particularmente importante. Se estima que el carbono acumulado en esa región es, aproximadamente, 0.9499 Pg (1Pg = 1015g). El procedimiento geoestadístico, que permite hacer esta determinación del carbono en la zona de estudio, fue desarrollado por los autores. (Linares *et al.*, 2009).

El enfoque bayesiano brindó las leyes de distribución de probabilidad para los parámetros media y varianza del carbono orgánico del suelo en cada una de los casos observados. A continuación se resumen, como ejemplo tres casos:

La muestra 1, con localización cercana a la estación Presa La Soledad y con régimen climático Perúdico-Térmico, brinda una estimación media de COS de 19.22 (t ha<sup>-1</sup>).

La muestra 4, con localización cercana a la estación Teziutlán y con régimen climático Údico - Isomésico, brinda una estimación media de COS de 24.57 (t ha<sup>-1</sup>).



### Memoria de resúmenes en Extenso

## XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

La muestra 23, con localización cercana a la estación Tetelilla, y régimen climático Perúdico-Térmico, brinda una estimación media de COS de 171.05 (t ha<sup>-1</sup>).

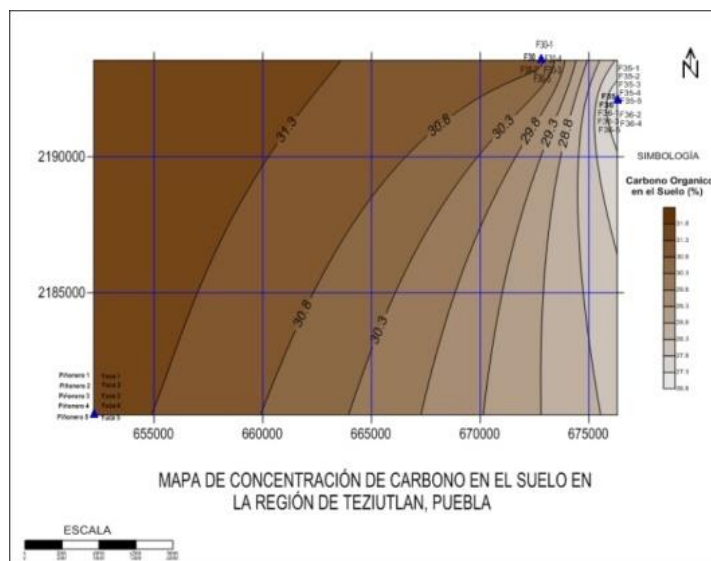


Figura 1. Mapa de concentración de carbono en suelo.

Las salidas gráficas del software DPpackage en R, brindan las leyes de probabilidad donde puede apreciarse la variabilidad en cada punto. En particular, en la Figura No. 2 se exponen los gráficos del último caso.

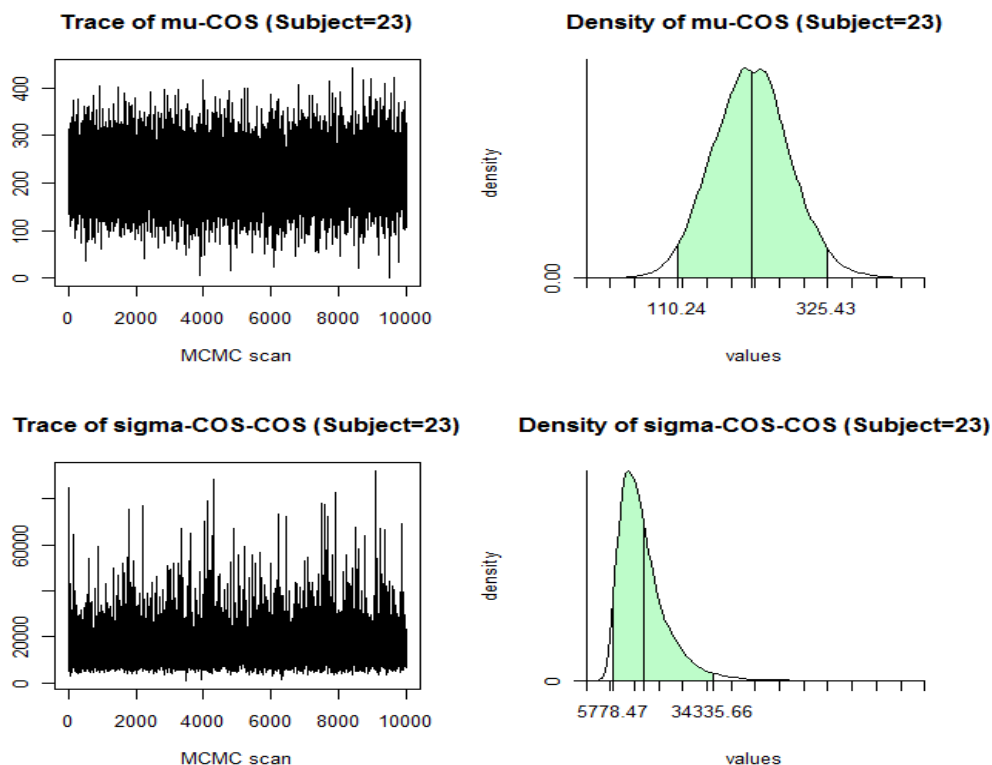
### CONCLUSIONES

El secuestro de carbono tiene una implicación social y económica, además de ambiental. Es una alternativa, en cuestión de mitigación de emisiones de gases de efecto de invernadero y podría proporcionar una ayuda económica a las comunidades rurales que se encarguen del mismo mediante un programa elaborado al respecto. Los diferentes enfoques estadísticos expuestos, brindan nuevas posibilidades a los investigadores, y son herramientas muy útiles en la determinación del COS. El *enfoque clásico o frecuencial*, a través de diferentes técnicas (descriptivas e inferenciales) permite la determinación del carbono en suelos según los objetivos planteados en el estudio. En particular, el análisis geoestadístico permitió estimar el carbono acumulado en la Caldera de Teziutlán. El *enfoque bayesiano* permitió establecer las leyes de probabilidad de los parámetros media y desviación estándar en cada punto de muestreo considerado en la zona de estudio.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 2.** Ley de probabilidad y variabilidad del COS en el punto de la muestra 23.

**LITERATURA CITADA**

Castillo-Morales, M. 2014. Medición de la variabilidad espacial y temporal del secuestro de carbono en suelos forestales de la Sierra Norte de Puebla. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 150 p.

COP 21. 2015. XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático. París, Francia. [http://unfccc.int/meetings/paris\\_nov\\_2015/meeting/8926.php](http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/meeting/8926.php). (Consultado: 18/02/2016).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Jara, A., T.E. Hanson, F.A. Quintana, P. Müller, G.L. and Rosner. 2011. DPpackage: Bayesian Semi- and Nonparametric Modeling in R. *Journal of Statistical Software*. 10 (5): 8 -17.
- Gay, C., 2000. Cambio Climático Global ¿Oportunidades para México? Programa de Cambio y Variabilidad Climáticos. Centro de Ciencias de la Atmósfera. México. UNAM. 115 p.
- Golden Surfer Software v8. 2002. Surface Mapping System. Golden Software Inc.32 p.
- Ley General de Cambio Climático (Nueva Ley DOF 06-06-2012). México. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 44 p.
- Linares G, M.A. Valera. y M. Castillo, 2009. Opción de mitigación del cambio climático: secuestro de carbono en suelos de la Sierra Norte de Puebla, México. *In: Memorias de VII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo y I Congreso de Cambio Climático*. Ciudad de la Habana. Cuba. pp. 618-628.
- Masera, O. and C. Sheinbaum, 2004. Mitigación de emisiones de carbono y prioridades de desarrollo nacional. *In: Martínez, J. y A. Fernández, (comp.) Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp. 255-368.
- PK. 1997. Protocolo de Kyoto. *In: www.unfccc.int/resource/convkp.html* (Consultado: 16/06/2016).
- Ponce-Hernández, R., 2004. Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.  
<https://www.trentu.ca/academic/gis/publications/Assessing%20carbon%20stocks%20and%20modelling%20winwin%20scenarios%20of%20carbon%20sequestration%20through%20land-use%20changes.pdf> (Consultado 3/05/2015).
- Rodeghiero, M., A. Heinemeyer and P. Bellamy, 2010. Determination of soil carbon stocks and changes. *In: Kutsch, W., L. Bahn and A. Heinemeyer, (ed.) Soil Carbon Dynamics. An Integrated Methodology*. UK, Cambridge University Press. pp 49-75.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Valera, M. A., 1993. Físicoquímica y mineralogía de Andosoles de la Región de Teziutlán, Estado de Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias (Edafología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 83 p.

Villers L. y I. Trejo 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. *In*: Martínez, J. y A. Fernández (compiladores). Cambio climático: una visión desde México. México. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. pp. 239-254.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**UN MODELO PARA ELABORAR UN PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL SUSTENTABLE (PEAS) PRESENTADO A ESTUDIANTES**

**[A MODEL TO DEVELOP A SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL EDUCATION PROGRAM (PEAS) PRESENTED TO STUDENTS]**

**Ramón Bedolla Solano<sup>1§</sup>, Ma. Laura Sampedro Rosas<sup>1</sup>, Adriana Miranda Esteban,<sup>1</sup> Benjamín Castillo Elías<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Unidad Acadêmica de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Dirección: Los Pinos s/n, Col. El Roble. CP. 39640 Acapulco, Gro., México. Tel: 744-487-66-24; 744-487-66-94 y 744-488-0341. <sup>2</sup>Unidad Acadêmica de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 3 de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Campus Costa Grande. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (rabedsol@hotmail.com).

**RESUMEN**

La elaboración de un Programa de Educación Ambiental Sustentable (PEAS) no es cuestión simplemente técnica, debido a que se consideran otros elementos, como por ejemplo, el análisis de contexto, propósitos, etc. Durante el primer y segundo semestre de 2015, se presentó a seis Estudiantes del Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, un modelo para construir un PEAS. Este, enmarcó tres procesos (Análisis del contexto, fundamentos teóricos y pedagógicos, programa y secuencia didáctica). La presentación fue a través de la unidad de aprendizaje, Seminario de Educación Ambiental. Durante su desarrollo, los doctorandos tenían que analizar la fundamentación teórica y metodológica como parte de los procesos del modelo y realizar diversas actividades didácticas que dieran cuenta de su comprensión. Es una investigación-acción de corte cualitativa. El propósito fue crear competencias para elaborar un PEAS, como parte de su proyecto de tesis de la línea de investigación “saberes ambientales para la educación sustentable” del doctorado. La evaluación del modelo consistió en valorar cualitativamente las actividades educativas desarrolladas por los estudiantes (resúmenes, esquemas, exposiciones, y la habilidad para construir un PEAS). Finalmente los estudiantes expusieron sus PEAS de acuerdo a lo planteado en el modelo y se evaluaron sus habilidades.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Palabras clave:** *Programa de Educación Ambiental, Educación Ambiental, competencias, constructivismo.*

### **ABSTRACT**

The development of a Sustainable Environmental Education Program (PEAS), simply, it is not technical issue, because other elements are considered, such as the analysis of context, purposes, etc. During the first and second semester of 2015 was presented to six doctoral students in Environmental Sciences at the Autonomous University of Guerrero, a Model to build PEAS. This framed three processes (Context analysis, theoretical and pedagogical basis, and educational program and teaching sequence). The presentation was through the learning Unit, Environmental Education Seminar. During its development, doctoral students had to analyze the methodological and theoretical basis as part of the process model and perform various educational activities that give their account of Understanding. It is an action research and qualitative. The purpose was to create skills to develop PEAS, as part of their thesis project of the research Line "Environmental Education for sustainable knowledge" of doctorate. The evaluation of model consisted was to assess qualitatively the educational activities developed by Students (summaries, diagrams, exposures, and the ability to build PEAS). Finally, the students presented their PEAS according to the points made in the model and their skills were evaluated.

**Index words:** *Environmental Education Program, Environmental Education, skills, constructivism.*

### **INTRODUCCIÓN**

Elaborar un Programa de Educación Ambiental Sustentable (PEAS) implica pensar y repensar sobre sus propósitos, enfoques metodológicos y teóricos, actividades, recursos, su contexto, etc. El primer paso es reflexionar en su diseño, es decir, en identificar las maneras de cómo realizar cada uno de los elementos y acciones que contendrá el proyecto. Oxford Dictionaries (2016) define la palabra diseñar como hacer un plan detallado para la ejecución de una acción o una idea: *diseñar una estrategia; diseñar un programa de estudios; también define la palabra diseño como actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles.* En esta misma fuente se describe al modelo como esquema teórico que representa una realidad compleja o un proceso complicado y que sirve para facilitar su comprensión. Cuando



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

se plantee el diseño de cualquier actividad o programa de Educación Ambiental (EA), lo primero que debemos hacer es planificar. Planificar es, el desarrollo racional y estructurado de lo que se va a hacer, determinando qué se quiere conseguir, qué se pretende transmitir, cómo se va a hacer, cómo reaccionar en caso de que surja algún imprevisto, qué recursos se necesitarán, y cómo se evaluará la actividad (Ruiz, S/F). Nieto y Buendía (2008), consideran que el diseño de proyectos educativos no es un asunto meramente técnico, ya que requiere asumir la complejidad inherente a los procesos de construcción social donde incide la educación. En fin, el elemento en cuestión apoya a tener información valiosa previamente del plan y producto que se pretende crear. Para el caso que nos ocupa, el diseño permitió clarificar el modelo del PEAS que se presentó a los estudiantes y este enmarco tres procesos interrelacionados, que son: Análisis del contexto, fundamento pedagógico y programa y secuencia didáctica, como se muestra en la Figura 1.

Un (PEA) es un conjunto de acciones establecidas por la institución educativa con la finalidad de desarrollar conocimientos, valores, actitudes y prácticas que permitan a sus miembros establecer una relación armónica con el ambiente (Curso Virtual ECOLEGIOS). El Análisis de contexto permite hacer un análisis sobre aquello que relaciona las cuestiones internas con las externas del proyecto. En este caso se analizan las problemáticas ambientales y su impacto en la sociedad. Los fundamentos pedagógicos son el enfoque pedagógico y didáctico en que se sustenta el programa. Este programa se fundamenta en la Educación Ambiental, constructivismo, competencias y en la participación social de sus miembros. El programa y secuencia, consistió en adoptar un formato para elaborar la estructura general y específica del (PEAS). Ambos formatos denotan elementos, como son los propósitos, contenidos, competencias a desarrollar, etc. Estos tienen que ser redactados de acuerdo a indicaciones metodológicas didácticas sugeridas.

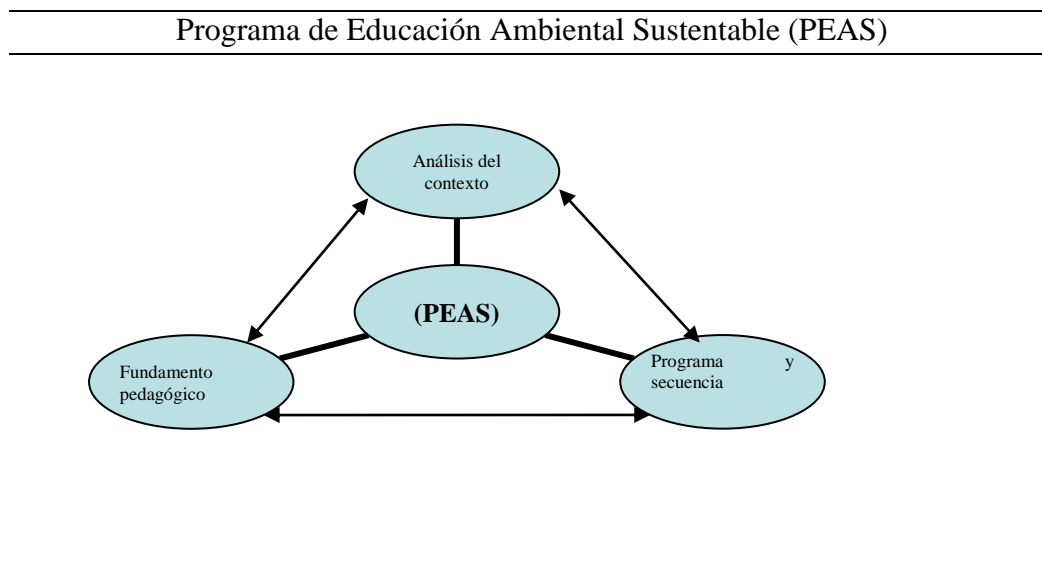
Un Programa de Educación Ambiental Sustentable debe contar con una estructura definida y organizada, que contemple fundamentos teóricos apegados al contexto y por ende pedagógico, así como también, una programación general sobre lo que compete y actividades específicas a implementar.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Figura 1.** Esquema general del Modelo del Programa de Educación Ambiental.



El proceso de la contextualización del modelo, considera importante revisar y analizar dentro del campo ambiental, las problemáticas ambientales y el papel de la sustentabilidad. Los efectos negativos en el medio ambiente como la deforestación y la desertificación, el efecto invernadero, la contaminación de mares y océanos son algunas de sus más alarmantes manifestaciones (Cortes *et al.*, 2002). Los problemas ambientales se reflejan en los diferentes contextos (global, nacional y local) (Expósito *et al.*, 2012). La desprotección que padece el medio ambiente por la constante agresión antropogénica que no ha considerado las consecuencias y no ha tomado medidas para detenerlas y modificar la situación (Micilio, 2009). Frente a esta problemática, el Desarrollo sostenible es una propuesta para comenzar a resolver los graves problemas ambientales, considera las cuestiones socioeconómicas importantes, como la pobreza e inequidad, y la preocupación de un futuro saludable para la humanidad (Hopwood, *et al.*, 2005).

Cuando se elabora un currículo o programa que tiene como objetivo promover competencias en una población ya sea dentro o fuera del ámbito educativo, es importante revisar lo que acontece en el exterior previendo la vinculación con la realidad que se vive. Del análisis que se realice dependerán algunas actividades internas del programa, como por ejemplo, la selección y organización de los contenidos entre otros. El Fundamento pedagógico, es otro de los procesos que se consideran. Por el hecho de ser un proyecto que tiene como propósito promover saberes y aprendizajes que conlleven al análisis y a la



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

reflexión, debe tener sus bases en una epistemología crítica. Las teorías o enfoques analizados fueron, el constructivismo, el aprendizaje significativo, la educación por competencias, el enfoque de la pedagogía popular, el participativo y la Educación Ambiental. Con respecto al constructivismo, se eligió al constructivismo socio-cultural o socioconstructivista. El constructivismo, es la idea de que el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos no es un simple producto del ambiente ni resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia; que se produce día a día como resultado de la interacción entre esos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano. La construcción que elaboramos todos los días, y en casi todos los contextos en los que se lleva a cabo nuestra actividad (Carretero, 2005). Este constructivismo tiene su origen en los trabajos de Lev S. Vygotsky y postula que el conocimiento se adquiere y propone a una persona que construye significados actuando en un entorno estructurado e interactuando con otras personas de forma intencional (Serrano *et al.*, 2011).

Varios autores de la escuela socioconstructivista manifestaron reticencias a emplear el término competencias en educación. Sin embargo, al emplearse éste como un reflejo de la era global en gran parte de los sistemas educativos, se dieron a la tarea de buscar articulaciones entre la visión constructivista, en particular, la de origen vygotskiano y el enfoque de competencias. Algunas articulaciones interesantes empezaron a conformarse, éstas las podemos agrupar en tres tendencias claras: la primera se refiere a reconocer el papel del sujeto en la construcción de su conocimiento, la segunda guarda estrecha relación con lo que denominan aprendizaje situado-aprendizaje en contexto, mientras que la tercera se refiere al reconocimiento de la necesidad de graduar, de acuerdo con la complejidad intrínseca de la construcción del conocimiento, cada proceso de aprendizaje. La perspectiva socioconstructivista ha permitido generar una visión diferente del trabajo por competencias en educación (Díaz, 2011). En los modelos educativos actuales se plantea una educación basada en competencias a partir de un enfoque holístico que hace énfasis en el desarrollo constructivo de habilidades y destrezas de las y los estudiantes.

Las competencias construyen en las y los estudiantes el mejor desempeño para responder a las demandas del entorno (Cuevas *et al.*, 2011). Paulo Freire, es considerado el principal representante de la pedagogía popular. Freire, en su *Pedagogía del oprimido*, cuestiona los sistemas educativos vigentes y la concepción educativa que subyace en ellos, y propone que los oprimidos descubran el mundo de la dominación y se comprometan en su transformación. La pedagogía popular que establece que se debe aprender de y con los educandos sobre lo



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

que viven en su mundo y su cultura (Calixto, 2010). “No debemos llamar al pueblo a la escuela para que reciba instrucciones, postulados, recetas, amenazas, amonestaciones o castigos, sino para participar colectivamente en la construcción de un saber, que va más del saber hecho de pura experiencia, que toma en cuenta sus necesidades y lo vuelve instrumento de lucha, posibilitándole transformándose en sujeto de su propia historia (Freire, 1997). El enfoque participativo se refiere a que sean los mismos beneficiarios del proyecto quienes lo elaboren, lo lleven a cabo y lo evalúen en el mismo nivel de responsabilidad que el grupo facilitador (Ramírez, 2004). Es necesario comprender en este apartado la evolución y desarrollo de la Educación Ambiental (EA), ya que actualmente plantea un enfoque crítico para desarrollar este proceso. Según Nieto Caraveo (2001), la EA es un campo que gira en torno a lo educativo y lo ambiental, requiere aportes de otras disciplinas y ha construido su propia especificidad e importancia como campo de producción de conocimientos y de prácticas sociales concretas (Nieto, 2001).

La Educación Ambiental se plantea como una actividad integral y sistémica, con dos énfasis centrales: el análisis, conocimiento y comprensión de las interacciones y la acción social participativa hacia el mejoramiento ambiental. La educación ambiental comunitaria es parte de la educación ambiental no formal, y corresponde a un trabajo educativo sobre ambiente y desarrollo sostenible dirigido a comunidades urbanas y rurales, a fin de formarlas y de propiciar la acción en beneficio del mejoramiento de sus condiciones ambientales y del fortalecimiento de los procesos de conservación de la diversidad biológica y cultural. La Educación Ambiental actual se concibe en estrecha relación con la concepción dinámica de ambiente, y tiene nexos más fuertes con la gestión ambiental que con la simple descripción de los problemas ambientales. Este hecho marca una de sus características centrales: el nexo con el desarrollo sostenible y con la participación (Trèllez, 2004).

Programa y secuencia. Este proceso, se refiere al diseño y elaboración del programa educativo y respectivamente a la secuencia didáctica, similar a elaborar un programa de una materia o unidad de aprendizaje y su planeación didáctica en el currículo escolar. En educación formal o no formal el procedimiento debe ser el mismo ya que tanto un docente en la escuela como el facilitador en una comunidad deben contar con un programa general del curso a desarrollar y por consiguiente tener planeada las actividades específicas a realizar con los usuarios. Este proceso tiene mucha relación con los anteriores. Algunos autores llaman al programa la estructura y a la secuencia la programación. La estructuración y programación de un proyecto educativo son dos procesos de diseño que requieren tomar decisiones sobre los propósitos, objetivos, principios, enfoques, temas, subtemas, estrategias



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

y métodos de enseñanza y aprendizaje, entre otros, en función del análisis del contexto realizado (Nieto *et al.*, 2008).

En un sistema de evaluación basado en competencias, los evaluadores hacen juicios, basados en la evidencia reunida de una variedad de fuentes, que definen si un individuo satisface los requisitos planteados por un estándar o conjunto de criterios (McDonald, *et al.*, 1995). Cuando se habla de evaluación del aprendizaje, generalmente se hace referencia a herramientas de corte cuantitativo como las pruebas objetivas, o de corte cualitativo como los portafolios de evidencia, los ensayos o los informes (CUDI, S/F). El PEAS, tiene su sustento en el enfoque de competencias como se estipula en el segundo proceso, en esta parte se identificó la metodología de cómo integrarla y redactarla para el programa. Las competencias se identifican en el enfoque socioformativo, con un verbo de desempeño, un objeto conceptual, una finalidad y una condición de referencia-calidad. Se pueden agregar otros elementos que ayuden a comprender mejor la competencia, como los medios, los valores, etc. Por ejemplo en México, se ha determinado una estructura para formular competencias, verbo + contenido + situación en el contexto (Tobón *et al.*, 2010).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los formatos oficiales del programa de unidad de aprendizaje y secuencia didáctica de licenciatura de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), fueron la base para elaborar la contextualización y programación del PEAS. Un formato de Programa de Unidad de Aprendizaje (UAp), en la UAGro considera los elementos, identificación de la unidad de aprendizaje, contribución de la unidad de aprendizaje al perfil de egreso, competencias de la unidad de aprendizaje, orientaciones pedagógicas-didácticas, perfil del docente, del estudiante, estrategias didácticas, evaluación, entre otros (Aparicio *et al.*, 2012). Los elementos de la secuencia didáctica, se deriva del programa de unidad de aprendizaje y contempla algunos elementos de dicho formato. Los elementos descritos se analizaron teóricamente como parte de los enfoques descritos en el proceso dos y se representaron con ejemplos prácticos en la elaboración del programa y la secuencia, como es el caso de las estrategias de enseñanza y la evaluación. “Son procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos” (Mayer, 1984; Shuell, 1988; West, Farmer y Wolf, 1991). “La estrategia es un



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

conjunto de actividades mentales cumplidas por el sujeto, en una situación particular de aprendizaje, para facilitar la adquisición de conocimientos” (Gallegos, J., 2001; Martínez, *et al.*, 2004).

La investigación realizada es de corte cualitativo, debido a que solo se pretende comprender y describir lo que sucede en el grupo estudiado. Por el hecho de que las personas que presentan este estudio son parte de la misma, esta es Investigación-Acción Participativa (IAP). El universo donde se realizó la presente fue el Doctorado de Ciencias Ambientales de la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). El estudio se realizó durante los dos semestres escolares del año 2015. La población objeto fueron seis estudiantes, cinco del sexo femenino y uno del masculino, que llevaron la Unidad de aprendizaje Seminario de Educación Ambiental (SEA) I y II. Cabe aclarar que durante ambos semestres fueron seis estudiantes los que cursaron dicho seminario por lo tanto, se considera como muestra la población total. Los estudiantes fueron elaborando actividades educativas y didácticas relacionadas a desarrollar competencias (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) para la creación de un programa de esta naturaleza. El diseño del PEAS, contempló tres procesos coherentes y relacionados entre sí (Análisis del contexto, fundamentos pedagógicos y programa y secuencia didáctica). Los primeros dos procesos se abordaron en el primer semestre y el tercero en el segundo de la materia (SEA). La evaluación de la presentación (Cuadro 2) de esta metodología consistió en valorar de manera cualitativa y cuantitativa las evidencias de aprendizaje como fueron resúmenes, esquemas, exposiciones y finalmente la elaboración del PEAS. Estos indicadores le dieron elementos a los facilitadores (presentadores de la metodología) para evaluar cualitativamente las competencias adquiridas por la población objeto para elaborar un PEAS.

De acuerdo a la Figura 1, en donde se muestran de manera general los tres procesos del PEAS, en el Cuadro 1, se presentan los elementos que lo conforman, en este caso, se hace referencia que tanto el análisis del contexto, fundamentos pedagógicos y programa y secuencia didáctica incluyeron temáticas, actividades de aprendizaje, aprendizajes esperados, evidencias, evaluación y recursos de aprendizaje.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Cuadro 1.** Los tres procesos del PEAS y los elementos que lo conforman.

Proceso	Temáticas	Actividades de aprendizaje	Aprendizajes esperados	Evidencias	Evaluación	Recursos de Aprendizaje
Análisis del Contexto	-El pensamiento ambientalista. -Problemáticas ambientales -Desarrollo Sustentable -Solución a problemas ambientales.	Los estudiantes realizan ensayos de las temáticas descritas y exponen las mismas para discutir las en el grupo con el facilitador.	Los estudiantes analizan y reflexionan sobre la problemática ambiental.	-Ensayos - Exposición de temáticas.	A través de comentarios de bien, muy bien, excelente y regular se evalúan los ensayos.	Los recursos de aprendizajes fueron artículos de libros y revistas científicas sobre problemáticas del medio y desarrollo sustentable publicados en la RED.
Fundamentos pedagógicos.	-Constructivismo -Aprendizaje significativo -Enfoque de la Educación Basada en Competencias -La pedagogía popular -El enfoque participativo en Educación Ambiental -La Educación Ambiental -Educación Ambiental para el desarrollo sostenible. -Educación Ambiental como tema transversal.	Los estudiantes realizan ensayos de las temáticas descritas y exponen las mismas para discutir las en el grupo con el facilitador.	Los estudiantes analizan y reflexionan sobre los enfoques de la Educación y de la Educación Ambiental.	Ensayos - Exposición de temáticas.	Las exposiciones se evalúan a través de la acertada explicación y comprensión de la temática.	Los recursos de aprendizajes fueron artículos de libros y revistas científicas sobre enfoques en Educación Ambiental publicados en la RED.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Programa y secuencia	-Programa de Aprendizaje -Secuencia didáctica -Redacción de competencias -Estrategias de Aprendizaje -El docente facilitador -La evaluación de aprendizajes en competencias.	de Los estudiantes analizan cada una de las temáticas para comprender prácticamente los elementos implicados en el programa y la secuencia didáctica.	Los estudiantes comprenden teóricamente los elementos que componen el programa y la secuencia didáctica. Los estudiantes elaboran el PEA y su secuencia didáctica.	Programa de Educación Ambiental Sustentable Secuencia didáctica del (PEA).	Los estudiantes presentan el (PEA) y secuencia didáctica con enfoque sustentable.	Artículos científicos sobre las temáticas citadas para este apartado en revistas y libros en la RED.
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

El (PEAS) comprende tres procesos. Los elementos que contempla cada uno de ellos se describen en (temáticas, actividades de aprendizaje, aprendizajes esperados, evidencias, evaluación y recursos de aprendizaje). Este esquema muestra claramente las actividades didácticas que se deben realizar para construir un (PEAS), de igual manera se muestra el método para evaluar aprendizajes o competencias.

**Cuadro 2.** Evaluación de estudiantes por actividades educativas desarrolladas y comprensión de los procesos del (PEA) en el primer y segundo semestre del año 2015.

Evaluación del Facilitador (Proceso 1y2)

Alumno	Ensayo. 50%	Exposición de lecturas. 50%	Promedio
1	22.5	42	64.5
2	25	46	71
3	25	46	71
4	25	48	73
5	22.5	48	70.5
6	22.5	42	64.5

Evaluación de estudiantes durante el primer semestre del año 2015.

Evaluación del Facilitador (Proceso 3)

Alumno	Comprensión de lecturas y elaboración de PEA y Secuencia Didáctica. 50%	Presentación del PEA y Secuencia Didáctica. 50%	Promedio
1	47	38	85
2	45	37	82
3	50	40	90
4	50	40	90
5	47	38	85
6	-	-	-

Evaluación de estudiantes durante el segundo semestre del año 2015.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

El Modelo del PEAS presentado contó con una estructura y procesos teóricos y metodológicos fundamentados que denotan validación científica para proyectos educativos de esta naturaleza. El objetivo del presente estudio se reflejó en la evaluación realizada por las actividades educativas que realizaron los estudiantes durante el desarrollo de los tres procesos desarrollados durante el año 2015. La evaluación de aprendizajes reflejó que los estudiantes adquirieron en menor grado competencias en análisis y exposición de lecturas en el análisis del contexto y los fundamentos pedagógicos (tabla izquierda), en cambio, en la comprensión y elaboración del programa y la secuencia didáctica que denota la construcción de un (PEAS) estas aumentaron. Ambas evaluaciones se conciben como acertadas e informan que el desarrollo y presentación del Modelo del PEAS incrementó los conocimientos, habilidades y actitudes en la población objeto, lo que beneficia el desarrollo de su investigación. Lo anterior valida el modelo para construir un PEAS. El modelo investigado y presentado para construir un programa educativo de esta naturaleza se asemeja a los lineamientos que describe (Ruiz, S/Fb) y que hacen referencia a la manera de planificar de manera racional y estructurada lo que se va a hacer contando al mismo tiempo con el método para evaluar. El modelo presentado contó con todo ello.

## **LITERATURA CITADA**

- Aparicio-López, J. A. C. Villaseñor-Franco, I. J. Casiano-Reach, J. Beltrán-Rosas, L. Román-Fernández, C.M. Dugua Chatagner, E. Sánchez-Esquivel, C. Rodríguez-Alviso, J. Poblano-Anaya, C.M. Cen-Barrera, A. Warren-Johnson, R. Telumbre-Melgar y, R. Bedolla-Solano. 2012. Diseño, evaluación y actualización de planes de estudio de Licenciatura (En el marco del Modelo Educativo y Académico de la UAG). Chilpancingo, México. 65-69.
- Calixto., F. R. 2010. Educación Popular Ambiental. Revista Trayectorias 12: 31-33.
- Carretero. M. 2005. Constructivismo y Educación. 2ª ed. Ed. Progreso. México. 25 p.
- Cortés- B., J. I. Aragonés, M. Amérigo y Sevillano-Verónica. 2002. Los problemas ambientales como objeto de conocimiento científico y escenarios de intervención psicosocial. Revista Redalyc, Madrid 11: 279-278.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

CUDI. S/F. Catálogos de rubricas para la evaluación del aprendizaje.

Cuevas-Guajardo, L., G. Rocha-Romero, V. E. Casco M., R. y M. Martínez-Farela. 2011. Punto de encuentro entre constructivismo y competencias. *Revista Aapaunam* 1: 5-8.

DÍAZ, B. A. 2011. Competencias en Educación. Corrientes de pensamiento e implicaciones para el currículo y el trabajo en el aula. *Revista Mexicana de Educación Superior (RIES)*, 5: 12-13.

ECOLEGIOS. Curso Virtual Ecolegios. Consultado en: [http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/3Secundaria/m2\\_secundaria/qu\\_es\\_el\\_proyecto\\_educativo\\_ambiental.html](http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/3Secundaria/m2_secundaria/qu_es_el_proyecto_educativo_ambiental.html)

Expósito-Reyes, B; Montero-Barbán, J. y Puentes-Silva. 2012 Acciones para favorecer la Educación Ambiental a partir de los problemas ambientales en el mundo actual. *Revista OIDLES, España* 6: 1-2.

Freire. p. 1997. *La Educación en la Ciudad*. Ed. Siglo XXI. México. 19 p.

Hopwood-Mellor, B. y G. O'Brien. 2005. Sustainable Development: Mapping Different Approaches. *Revista Sust. Dev.* 13: 38–52

Martínez., R. E. y Sea., E. Estrategias de Enseñanza Basadas en un Enfoque Constructivista. *Revista de Ciencias de la Educación, Valencia* 2:79.

McDonald, R., Boud, D., Francis., J. y Gonczi. 2000. Nuevas perspectivas sobre la evaluación. *Boletín Cinterfor. UNESCO, Paris*, 149 144.

Micilio., C. 2009. Los problemas ambientales, ¿son de aptitud o de actitud?. *Revista Gestión Ambiental*, 17: 69-74.

Nieto C., L.M. y M. Buendía O. 2008. Guía para el Análisis del Contexto de un Proyecto de Educación Ambiental. Documento Interno de Trabajo para el Diplomado. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México). 1-2.

Nieto-Caraveo, L.M., M. Buendía-Oliva, C. Cano-Ventura y D.E. Navarro-Flores. 2008. Guía para la estructuración y programación de un Proyecto de Educación Ambiental y



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

para la Sustentabilidad. Documento Interno de Trabajo para el Diplomado. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México) 2-3.

Nieto- Caraveo. L.M. 2001. Modalidades de la educación ambiental: diversidad y desafíos. Ed. Rima. Brasil. pp. 1-2.

Oxford Dictionaries, Language matters.

<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/disenos?q=dise%C3%B1o>  
(Consultado: 08/06/2016).

Ramírez-García, A. G. 2004. Guía Metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de educación ambiental bajo un enfoque participativo. Ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. p. 1.

Ruíz V., C. S/F. Diseño de proyectos de Educación Ambiental. p. 3.  
[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion\\_ambiental/disenosProyectos.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion_ambiental/disenosProyectos.pdf)  
(Consultado: 08/06/2016).

Serrano., J. M. y Pons., R. M. 2011. El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. Revista Electrónica de Investigación Educativa, España 13: 8.

Tobón T., S., Pimienta, P. J.H. y J. A. García. 2010. Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. Ed. Pearson Educación. México. p. 132.

Trellez S., E. 2004. Manual guía para educadores. Educación Ambiental y conservación de la biodiversidad en los procesos educativos. <http://www.biologica.info/biblioteca/Trellez2004light.PDF> (Consultado: 11/06/2016).

Universidad Autónoma de Guerrero. Anuario Estadístico de la. 2014-2015.  
<http://estadistica.uagro.mx/sites/default/files/Anuario%20Estad%C3%ADstico%20UAGro%202014%20-%202015.pdf> (Consultado: 08/06/2016). p. 24.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CUMPLIMIENTO AMBIENTAL Y CONOCIMIENTO DEL MANEJO DE RPBI  
EN LABORATORIOS UNIVERSITARIOS**

**[ENVIRONMENTAL COMPLIANCE AND KNOWLEDGE OF HBIW  
MANAGEMENT IN UNIVERSITY LABORATORIES]**

**Cecilia Jáuregui-Medina<sup>§</sup>, Raquel Enedina Medina-Carrillo, Lesset del Consuelo Ramos-Ramírez,  
Isabel Cristina Medina-Carrillo, Imelda Rodríguez-Castañeda**

<sup>1</sup>Docente, Universidad Autónoma de Nayarit (UAN). Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas. Cd. de la Cultura Amado Nervo. Tepic, Nayarit, México. C.P. 63155. R.E.M.C. raquelmedinacarrillo@hotmail.com, L.C.R.R. lezset@hotmail.com, I.C.M.C. icmc27@hotmail.com; I.R.C. imelda.roca@hotmail.com. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (ceciliaj23@hotmail.com).

**RESUMEN**

En establecimientos donde se generan residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI), los trabajadores son el grupo más expuesto por el riesgo de transmisión de enfermedades infectocontagiosas debido a un inadecuado manejo de este tipo de residuos. Este trabajo tiene como objetivo determinar el grado de cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 en laboratorios universitarios y determinar, en los estudiantes que realizan sus prácticas de enseñanza en éstos, el nivel de conocimiento que tienen de la misma norma. Se realizó un estudio de tipo descriptivo mediante listas de verificación y encuestas para determinar el grado de cumplimiento de la normatividad y el nivel de conocimiento de la misma, respectivamente. Se encontró que los estudiantes, en las fases de identificación y envasado, mostraron un cumplimiento de 46.3% y su nivel de conocimiento en el manejo de estos residuos indicó una puntuación promedio de  $49.09 \pm 11.50\%$ . Posterior a una orientación ambiental el nivel de conocimiento mostró un incremento de  $20.91 \pm 19.00\%$ , sin embargo, estos resultados indican que aún se encuentran en riesgo, lo que pone de manifiesto la necesidad de que, desde el ámbito universitario, los estudiantes conozcan y manejen forma adecuada la norma.

**Palabras clave:** *Estudiantes, material infecto-contagioso, riesgo.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

In establishments where hazardous biological infectious waste (HBIW/RPBI) are generated, workers are the group most exposed to infectious diseases transmission due to an inadequate management of this type of waste. This research has as objective to determine the degree of compliance of the NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 at university laboratories, as well as recognizing the level of knowledge that students who perform their teaching practices in these laboratories have about this regulation. A descriptive study was performed using checklists and surveys to determine the degree of compliance and the knowledge level of the same, respectively. At the stages of identification and packaging, it was found that students showed a regulatory compliance of 46.3%, meanwhile the knowledge level about management of these residues indicated an average score of  $49.09 \pm 11.50\%$ . After an provided environmental guidance for students, the level of knowledge showed an increase of  $20.91 \pm 19.00\%$ , however, results indicate that the risks is still high, which highlights the need for the university to reinforces the knowledge about this regulation to handle this type of hazardous waste properly.

**Index words:** *Students, infectious-contagious material, risk.*

### **INTRODUCCIÓN**

Dentro de los múltiples tipos de residuos existentes, aquellos que se producen en los establecimientos que prestan atención médica, constituyen un grupo de especial interés, debido a la posibilidad de que se encuentren contaminados con algún agente infeccioso transmisible (Plinio-Jiménez, 2011). Los residuos peligrosos biológico infeccioso (RPBI) en cualquier estado físico, por sus características y gestión pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud (Barrón-Cruz *et al.*, 2013). Su inadecuado manejo representa un riesgo para el personal médico, paramédico o de servicios que labora en los hospitales, clínicas, laboratorios, o instituciones de enseñanza o investigación, así como para las personas que acuden a recibir atención médica, para el público en general y para los operadores de sistemas de recolección, transporte y disposición final de desechos (Plinio-Jiménez, 2011).

El éxito en el manejo de RPBI está supeditado a la actuación de los distintos niveles de dirección y operación, así como de toda la estructura organizacional de los institutos, centros



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

de investigación y centros de enseñanza donde se generan. En el ámbito educativo, un manejo adecuado de los RPBI demanda la responsabilidad y acción de todos los niveles de organización, desde la dirección de las entidades hasta los investigadores, profesores, estudiantes y trabajadores que manejan materiales biológicos. Del conocimiento de sus obligaciones y del cumplimiento de la normatividad dependerá la disminución del riesgo, con el consiguiente beneficio para el personal ocupacionalmente expuesto y los demás miembros de la comunidad del centro en cuestión (Gavilán-García *et al.*, 2012, Zúñiga-Lemus *et al.*, 2015).

Valdovinos-Nuñez (2003) señala que un trabajador que contesta correctamente entre el 80 y 100% de los criterios de evaluación para el conocimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, se encuentra fuera de riesgo, sin embargo, éste puede transferirse a aquellos que se encargan de las tareas de recolección. El hecho que los estudiantes conozcan desde el ámbito universitario lo que son los RPBI y los manejen adecuadamente en todas las fases, reduce el riesgo a los involucrados en la cadena de gestión de este tipo de residuos, tanto en los centros de enseñanza como en los que laboren posteriormente. Este trabajo tiene como objetivo conocer el grado de cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, en cinco laboratorios del área de la salud de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) y determinar el nivel de conocimiento que se tiene de la misma norma por los estudiantes que realizan sus prácticas de enseñanza en los mismos laboratorios.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero a junio de 2013. La población estuvo conformada por 736 estudiantes de las Unidades Académicas de Medicina, Químico Farmacobiólogo y Nutrición, usuarios de los laboratorios de Microbiología I y II, Análisis Clínicos, Inmunología, y Biología Celular y Molecular, todos pertenecientes al área de la salud de la UAN. El tamaño de la muestra se determinó mediante el paquete estadístico Minitab v. 16. Se realizó en primer lugar un estudio de tipo observacional descriptivo transversal que consistió en registrar mediante listas de verificación el manejo de los RPBI, con el cual se determinó el grado de cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 por parte de los involucrados en cada una de las fases de manejo. El nivel de conocimiento de la misma norma se realizó con una encuesta de 16 reactivos aplicada a la muestra de estudiantes. Una vez determinado éste, se les dio una presentación dirigida con



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

referencia a la norma y al manejo de los RPBI y se midió el efecto de la misma, por la diferencia entre las dos medias poblacionales. Se usó estadística descriptiva tanto para determinar el nivel de cumplimiento de la norma como su grado de conocimiento. Para el análisis del grado de conocimiento de la norma y la medición de la respuesta después de la orientación, se utilizó el procedimiento de la prueba t de una muestra y prueba t para muestras dependientes, respectivamente, ambas con un nivel de confianza del 95%.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Cumplimiento de la norma**

Los resultados obtenidos en el presente estudio señalan que el nivel de cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, correspondiente a la fase de identificación y envasado por parte de los estudiantes fue de 46.3%, debido a que los punzocortantes fueron colocados en la bolsa de residuos no anatómicos y a que basura común se mezcla con RPBI, lo que hace que ésta deba considerarse como residuo peligroso y deba pagarse por su manejo y disposición final. García (2009) señaló en un estudio realizado en un hospital de la ciudad de Tepic, Nayarit, que el incumplimiento en el manejo de RPBI en el área donde se generan, se debe a varios factores: personal estudiantil de servicio social sin capacitación adecuada, personal de nuevo ingreso y personal de planta que desconoce el manejo adecuado de RPBI.

Los responsables de laboratorio, en las fases de identificación y envasado, mostraron un cumplimiento del 99.5%. Sin embargo, en el área de almacenamiento temporal, se observó que algunos contenedores incumplen la normatividad por no contar con tapa y ser apenas visible tanto el símbolo universal de riesgo biológico como la leyenda “residuos peligrosos biológico-infecciosos”; aunado a lo anterior, el almacenamiento temporal es utilizado como bodega y depósito de bolsas de basura común. El nivel de cumplimiento para la fase de manejo de almacenamiento temporal fue de 66.7%

La recolección, transporte externo, tratamiento y disposición final se llevan a cabo por empresas autorizadas por la SEMARNAT, lo que queda asentado a través de los manifiestos correspondientes.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Conocimiento de la norma**

La encuesta inicial mostró, en el nivel de conocimiento de la norma, una puntuación total promedio de  $49.09 \pm 11.50\%$ , la cual se encuentra dentro del intervalo de 33 y 67% observado en el personal de un hospital privado de la ciudad de Tepic (García, 2009). De acuerdo con Valdovinos-Nuñez (2003) este resultado implica que el trabajador y sus compañeros del área correspondiente se encuentran en riesgo de trabajo. Una vez impartida la orientación ambiental, el nivel de conocimiento se incrementó a  $70.00 \pm 13.47\%$ , lo que conlleva a que el trabajador, y no sus compañeros de área, se encuentre en riesgo de trabajo, según lo señalado por Valdovinos-Nuñez (2003). En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las encuestas aplicadas a estudiantes antes y después de recibir la orientación sobre el manejo de RPBI y la norma.

**Cuadro 1.** Nivel de conocimiento de las fases de manejo de RPBI, antes y después de la orientación.

Fases de manejo	Antes de la orientación (%)	Después de la orientación (%)
Identificación y envasado	47.80	71.40
Almacenamiento	55.00	77.00
Recolección, transporte externo, tratamiento y disposición final	45.00	57.00
Total	49.09	70.00

A pesar de que existe una normatividad para el manejo de RPBI, diversos estudios indican que existen problemas en las instituciones de salud originados por el desconocimiento y aplicación de la norma por parte de los involucrados en el manejo de estos residuos (Ortíz-Morales, 2010; Mendoza-Garrido, 2011). En los laboratorios del área de la salud, los estudiantes inciden únicamente en las fases de identificación y envasado de RPBI, en las cuales su nivel de conocimiento antes de la orientación ambiental fue de 47.8%, lo cual se refleja en 46.3% de cumplimiento de la norma para esas mismas fases.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

De acuerdo con el resultado de la prueba t para muestras dependientes, existe evidencia estadística ( $P < 0.0001$ ) para sustentar que la puntuación media sobre el conocimiento de la norma es  $20.91 \pm 19.25$  %, mayor después de la capacitación y se infiere que un programa sistemático encaminado a identificar y fortalecer las debilidades respecto al conocimiento de la normatividad puede reducir los riesgos inherentes al manejo de RPBI.

### **CONCLUSIONES**

En el grado de cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 los problemas se vieron reflejados en las fases de identificación, envasado y almacenamiento. En tanto que en su conocimiento, todas las fases del manejo de los residuos evidenciaron deficiencias. Después de la orientación dada a los estudiantes, hubo un incremento en el conocimiento de la normatividad, sin embargo, éstos aún se mantienen en riesgo. Se manifiesta la necesidad de que los estudiantes apliquen de forma correcta la clasificación y especificaciones de manejo de los RPBI ya que se puede tener, por ejemplo, una disposición final apropiada de éstos pero a la vez, presentar deficiencias durante su clasificación y envasado, como sucedió en este estudio. La legislación mexicana establece la gestión de RPBI, sin embargo, el conocimiento de la manipulación y reducción de su cantidad es una política general de gestión de cada institución, en la que los estudiantes así como los profesionales sanitarios, deben de contribuir a fin de prevenir cualquier factor de riesgo ya sea a la salud o al ambiente.

### **LITERATURA CITADA**

- Barrón-Cruz, M. C., R. Jiménez-Herrera, A. López-Dávila, J. Silva-Domínguez, M. Rocha-Meza, M. G. B. Zapata-Zapata y G. Sánchez-Dávila. 2013. Guía para el manejo de residuos peligroso biológico infecciosos RPBI. Consejo Técnico Consultivo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de San Luis Potosí. 30 p.
- García, M. J. A. 2009. Evaluación del riesgo por manejo de residuos peligrosos biológico infecciosos RPBI en un hospital privado de la ciudad de Tepic. Tesis de licenciatura, Unidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México. 44 p.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Gavilán-García, I., G. S. Cano-Díaz, V. Alcántara-Concepción y A. Gavilán-García. 2012. Guía técnica de acción para residuos biológicos. Comité Asesor de Salud, Protección Civil y Manejo Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. 46 p.
- Mendoza-Garrido, M. 2011. Gestión integral de residuos peligrosos biológicos infecciosos en los laboratorios de una escuela oficial de medicina. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional. Cd. de México, México. 97 p.
- Ortiz-Morales, I. C. 2010. Diagnóstico situacional sobre el manejo de los residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI) en el personal de intendencia de un centro de salud TIII de la Ciudad de México. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional. Cd. de México, México. 140 p.
- Plinio-Jiménez, C. 2011. Importancia del manejo adecuado de los residuos peligrosos biológico infecciosos (R.P.B.I.), en un sector médico, enfermería y de intendencia, de la Secretaría de Salud del Hospital Integral de Cherán. Memorias de titulación, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Valdovinos-Núñez, G. R. 2003. Identificación de factores de riesgo asociados con el manejo de residuos peligrosos biológico infecciosos en trabajadores de hospitales de nivel III en la ciudad de México. Revista Biomédica. 14: 131-142.
- Zúñiga-Lemus, O., J.A. Sánchez-Meraz, L. González-Montiel, J.S. González-González. 2015. Conocimiento sobre el Manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos en la Universidad de la Cañada. Salud y Administración. 2(4): 37-45.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**EFFECTO DEL EXTRACTO DE ORTIGA SOBRE EL CONTROL DE *Aphididae* A NIVEL LABORATORIO**

**[EFFECT OF NETTLE EXTRACT ON THE CONTROL OF *Aphididae* AT LABORATORY LEVEL]**

**Cristian Uriel Esquivel-González, Raymundo Sánchez-Orozco<sup>§</sup>, Elizabeth Martínez-Galeana**

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán (TESJo), División de Ingeniería Química. Carretera Toluca-Atlacomulco Km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, Estado de México 50700, México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (r.sanchez@tesjo.edu.mx).

**RESUMEN**

Actualmente el uso excesivo de plaguicidas ha ocasionado severos daños ambientales que, en muchos casos han sido irreversibles. En este sentido, el uso de alternativas sustentables y de bajo costo juega un rol importante. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los extractos de ortiga (fermentación y extracción con etanol) en el control de pulgón (*Aphididae*) a nivel laboratorio. El extracto de ortiga obtenido por fermentación modificó notablemente la población de insectos en comparación con el extracto obtenido con etanol. Se determinó la actividad bioinsecticida y repelente en ambos extractos empleando el método de exposición a superficies tratadas. Las pruebas de actividad con el extracto fermentado se realizaron a diferentes concentraciones (v/v); 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 y 1:8. Los resultados obtenidos en las diluciones 1:4 a 1:7 mostraron 100% de repelencia. La actividad repelente del extracto ortiga-etanol no fue favorable, ya que mostró un promedio del 16.6% de repelencia y además presentó nula actividad insecticida. El análisis por FTIR de la ortiga permitió identificar los grupos funcionales asociados a los componentes principales de dicha planta, evidenciando la presencia de grupos –OH, C-H, C-O-H y C=O.

**Palabras clave:** *Bioinsecticida, extracto de ortiga, fermentación.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Currently the excessive use of pesticides has caused severe environmental damage that in many cases have been irreversible. In this way, the use of sustainable alternatives and low cost plays an important role. The aim of this study was to evaluate the effect of extracts of nettle (fermentation and extraction with ethanol) in controlling aphid (*Aphididae*) at laboratory level. Nettle extract obtained by fermentation changed significantly the insect population compared to the extract obtained with ethanol. The biopesticide and repellent activity in both extracts was determined by using the method of exposure to treated surfaces. Activity tests were performed in fermented extract at different concentrations (v/v); 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 and 1:8. The results obtained in dilutions 1:4 to 1:7 showed 100% repellency. Repellent activity in nettle-ethanol extract was not favorable, since it showed an average of 16.6% repellency and also showed no insecticidal activity. FTIR analysis of nettle identified functional groups associated to the main components of the plant, showing the presence of -OH, C-H, C-O-H and C = O bonds.

**Index words:** *Bioinsecticide, nettle extract, fermentation.*

### **INTRODUCCIÓN**

A través del tiempo se han desarrollado métodos para controlar diversas poblaciones de insectos y así evitar los daños a los cultivos. En nuestro país, la estrategia de manejo para el control de plagas se basa principalmente en la aplicación de plaguicidas de síntesis química.

Para minimizar los riesgos que inciden en la sociedad y para mejorar la sostenibilidad del sistema de producción de alimentos, es necesario incorporar métodos de control, como el biológico, que reduzcan el uso de plaguicidas químicos (Aldana-Llanos *et al.*, 2010; González-Maldonado y García-Gutiérrez, 2010; Ferreira-Da Silva *et al.*, 2016). Por tal motivo, es importante desarrollar acciones para implementar tecnologías para una producción sana de alimentos, que apoye la reducción de la contaminación ambiental y que se tenga un tratamiento más justo con los seres vivos y con los recursos naturales que nos rodean; fomentando y desarrollando una agricultura ecológica más sostenible (Rodríguez-Monroy y Orozco-Sánchez, 2007).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Dentro de las prácticas de la agricultura moderna, el uso de los insecticidas químicos ha permitido el control de las plagas de insectos, incrementando considerablemente los rendimientos de los cultivos. Sin embargo, se ha establecido que estos compuestos son altamente perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas; además de que favorecen la selección de insectos resistentes, lo que ha llevado al uso de dosis cada vez mayores o de productos más tóxicos. El uso de los mismos para controlar plagas ha llevado a varios efectos adversos, incluyendo la contaminación del agua y el suelo, eliminación de insectos benéficos y toxicidad para las especies expuestas y los consumidores (Asogw *et al.*, 2010). Existe una necesidad urgente de desarrollar alternativas de bajo costo, que sean seguras y amigables con el ecosistema, además de ser eficaces en el control de las plagas.

En este contexto el uso de bioinsecticidas y de coadyuvantes naturales ofrece una alternativa más fácil y segura para la salud del humano y para la estabilidad del agroecosistema (Porto-Piton *et al.*, 2014; Santos-Pinto *et al.*, 2013). Los insecticidas o repelentes derivados de plantas pueden constituir un método económico y sostenible de prevenir enfermedades de alto riesgo en los cultivos. Plantas específicas producen sustancias químicas que actúan como disuasivos de insectos como mecanismo de defensa (Parra-Henao *et al.*, 2007; Dayan *et al.*, 2009). Debido a esto, en los últimos años se está retornando el uso de las plantas como fuente de repelencia más seguros para el medio ambiente y la salud humana. La *U. dioica* (ortiga) representa una alternativa eficaz y viable para la agricultura, es rica en calcio, potasio y nitrógeno, es una planta arbustiva, perenne y de aspecto tosco; se le puede encontrar en cualquier lugar donde habite el humano o ganado, crece en huertos, muros de piedra, en el campo, o en la montaña. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto insecticida y/o repelente del extracto de ortiga obtenido por fermentación y extracción con etanol en el control de pulgón (*Aphididae*).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetal**

El material vegetal fue recolectado durante el mes de marzo en el cerro de Jocotitlán, Edo. de México. La planta recolectada se colocó en bolsas de plástico, evitando en todo momento el contacto directo. Posteriormente, la ortiga fue fraccionada en segmentos pequeños para ser sometida a deshidratación en un horno de secado a temperatura de 60 °C hasta obtener peso constante. El material seco fue triturado y tamizado a través de un tamiz de malla No. 40 y



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

se almacenó en frascos de vidrio con tapa hasta su empleo en los ensayos de fermentación y extracción con etanol.

#### **Obtención del fermento y extracto-etanol**

Se adaptó un sistema de tipo anaeróbico para el proceso de fermentación de la ortiga. Para esto, se empleó un matraz erlenmeyer de 250 mL acondicionado con una trampa de aire (airlock). Al recipiente anterior se agregó 15 g de ortiga en forma de polvo seco, 100 mL de agua destilada y 4 g levadura tipo comercial previamente activada a 35 °C. Enseguida se selló el sistema para dar paso al inicio al proceso de fermentación.

También se evaluó la obtención del extracto de ortiga empleando etanol como medio de extracción. Este proceso consistió en colocar 15 gramos de ortiga seca en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Posteriormente se agregó 120 mL de una mezcla de etanol-agua (1:3). El sistema se dejó reposar durante 3 días a temperatura constante de 25 °C. Transcurrido el tiempo de contacto, se realizó la separación de la fase líquida por filtración.

#### **Determinación de la actividad repelente**

La actividad repelente de ambos extractos (fermento y extracción con etanol) se determinó por el método de exposición a superficies tratadas. Dicho método consistió en dividir círculos de papel filtro (10 cm de diámetro) a la mitad. Una de las divisiones se humectó con 1.0 mL del producto de fermentación y la otra mitad con 1.0 mL de agua destilada. Ambas secciones se colocaron dentro de una caja Petri dejando una separación de 2 mm entre ellas. Enseguida, se colocaron 10 sujetos de prueba (pulgón) en la separación del papel filtro y se dejaron durante una hora. Finalizado el tiempo, se realizó el recuento de los sujetos a prueba desplazados hacia la parte tratada y hacia la parte control (agua destilada). Este mismo procedimiento fue utilizado para evaluar la actividad del extracto ortiga-etanol. Para cada caso, se realizó la evaluación con diferentes diluciones (1:1 a 1:8).

La actividad insecticida se realizó en base al siguiente criterio: Se considera “muerto” el insecto que colocado sobre el papel filtro no tenga actividad locomotora propia ya sea en forma espontánea o en cuanto sea estimulado con un pincel o pinza.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Caracterización por espectroscopía infrarroja (FT-IR)**

El análisis químico de la ortiga se realizó a través de espectroscopía infrarroja (FT-IR) con el propósito de determinar grupos funcionales característicos asociados a los componentes de dicha planta. El barrido espectral se realizó en modo ATR en el intervalo de 4000 a 500  $\text{cm}^{-1}$ .

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La población de insectos evaluados y tratados con el fermento y extracto-etanol estuvo constituida por individuos de la familia pulgón (*Aphididae*). A partir del análisis de poblaciones (Santos Pinto *et al.*, 2013) fue posible demostrar que el fermento modificó la población de dichos insectos en comparación con el extracto obtenido con etanol. Las diluciones 1:4 a 1:7 del fermento de ortiga mostraron 100% de actividad repelente, la repelencia de la dilución 1:8 fue del 96.3%. Con el propósito de disminuir la concentración del extracto se optó por trabajar con la dilución de 1:7 y evaluar su efectividad a través de experimentos de reproducibilidad (Asogwa *et al.*, 2010), como se muestra en Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Estudio de reproducibilidad de la actividad repelente para el fermento de ortiga.

Corrida	sujetos repelidos	sujetos no repelidos	% repelencia
<b>1</b>	10	0	100
<b>2</b>	10	0	100
<b>3</b>	10	0	100
<b>4</b>	10	0	100
<b>5</b>	9	1	89
<b>6</b>	10	0	100
<b>7</b>	10	0	100
<b>8</b>	10	0	100
<b>9</b>	9	1	89
<b>10</b>	10	0	100



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Los resultados obtenidos en los experimentos de reproducibilidad para la actividad repelente utilizando el extracto ortiga-etanol, no fueron favorables, ya que mostraron un promedio del 16.6% de repelencia empleando una dilución de 1:7, además de nula actividad insecticida en comparación con el producto fermentado. Así, de acuerdo al análisis de reproducibilidad de los sujetos repelidos con el fermento (Cuadro 1), éste presentó una desviación estándar de 0.42 y 9.8 como valor medio de la muestra. Por lo tanto, para un nivel de confianza de 0.95, el número de sujetos repelidos puede asumir valores entre 9.49 y 10.10.

Para el estudio en campo, se trabajó con plantas de ornato como el rosal (*Rosoideae*), las cuales estaban inicialmente repletas de pulgón. La aplicación del extracto fermentado en dicha planta se realizó durante tres días dos veces por día. En el día cuatro, las plantas de rosal carecían totalmente de la plaga, además, se evidenciaban con mayor vigor en comparación a su estado inicial, lo cual es acorde a lo reportado en estudios previos (Parra-Henao *et al.*, 2007; Porto Piton *et al.*, 2014)

El espectro por FTIR de la ortiga se realizó con el propósito de identificar los grupos funcionales asociados a los componentes principales de dicha planta. Se evidenció la presencia de una banda intensa en la región de alta energía ubicado en  $3450\text{ cm}^{-1}$  atribuido a la vibración de tensión del grupo  $\text{-OH}$ . Además, la banda distintiva a  $2925\text{ cm}^{-1}$  se atribuyó al enlace C-H. La banda intensa a  $1025\text{ cm}^{-1}$  fue relacionada a la presencia del enlace C-O-H o C-O-R (alcoholes o ésteres). Adicionalmente, a  $1545\text{ cm}^{-1}$  se encontró la vibración de tensión del grupo carbonilo, C=O. Los grupos funcionales descritos anteriormente se pueden atribuir al ácido fórmico, histamina y acetilcolina, los cuáles son los componentes principales de la ortiga (Al-Tameme *et al.*, 2015).

## **CONCLUSIONES**

El extracto de ortiga obtenido por fermentación tuvo un efecto insecticida y repelente sobre *Aphididae*. A su vez, el extracto de ortiga-etanol presentó nula actividad insecticida y baja actividad repelente. El uso de productos naturales como la ortiga es una alternativa viable para ser utilizada dentro de esquemas de control biológico de plagas en los principales cultivos agrícolas. Su uso podría mantener la productividad del campo sin contaminarlo y sin poner en riesgo la salud de la población que entra en contacto directo o en forma indirecta con estos insumos.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**LITERATURA CITADA**

- Aldana- Llanos, L., D.O. Salinas-Sánchez, M.E. Valdés Estrada, M. Gutiérrez Ochoa and M.G. Valladares Cisneros. 2010. Evaluación bioinsecticida de extractos de *bursera copallifera* (D.C.) bullock y *bursera grandifolia* (SCHLTDL.) engl. en gusano cogollero *spodoptera frugiperda* j.e. smith (lepidoptera: noctuidae). Polibotánica. 29: 149-158.
- Al-Tameme, H.J., M.Y. Hadi and I.H. Hameed. (2015). Phytochemical analysis of *Urtica dioica* leaves by fourier-transform infrared spectroscopy and gas chromatography-mass spectrometry. J. Pharmacogn. Phytother. 7: 238-252.
- Asogwa, E.U., T.C.N. Ndubuaku, J.A. Ugwu and O.O. Awe, 2010. Prospects of botanical pesticides from neem, *Azadirachta indica* for routine protection of cocoa farms against the brown cocoa mirid - *Sahlbergella singularis* in Nigeria. Journal of Medicinal Plants Research. 4: 1-6.
- Dayan, F.E., C.L. Cantrell, S.O. Duke. 2009. Natural products in crop protection. Bioorganic & Medicinal Chemistry. 17: 4022-4034.
- Ferreira- Da Silva, K., E.L. Lopes Baldin and L.E. Da Rocha Pannuti. 2016. Use of botanical insecticides as an alternative for the management of the mexican bean weevil. Rev. Caatinga. 29: 348-357.
- González-Maldonado, M.B. and C. García-Gutiérrez. 2010. Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. Ra Ximhai. 6: 17-22.
- Parra-Henao, G., C.M. García-Pajon and J.M. Cotes-Torres, 2007. Actividad insecticida de extractos vegetales sobre *Rhodnius prolixus* y *Rhodnius pallescens* (Hemiptera: Reduviidae). Boletín de Malariología y Salud Ambiental. 47: 125-137.
- Porto- Piton, L., L. Morais Turchen, A. Regina Butnariu and M.J. Barbosa Pereira. 2014. Natural insecticide based-leaves extract of *Piper aduncum* (Piperaceae) in the control of stink bug brown soybean. Ciência Rural. 44: 1915-9120.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Rodríguez-Monroy, M. and F. Orozco-Sánchez. 2007. Cultivos de células en suspensión de *Azadirachta indica* para la producción de un bioinsecticida. *Rev. Mex. Ing. Quím.* 6: 251-258.

Santos- Pinto, E., E. Moreira Barros, J. Braz Torres and R.C. Santos Neves. 2013. The control and protection of cotton plants using natural insecticides against the colonization by *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Acta Scientiarum. Agronomy.* 35: 169-174.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**NUEVOS REGISTROS DEL GÉNERO *Rhabdochona* (NEMATODA: RHABDOCHONIDAE) EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO**

**[NEW REGISTER OF GENUS *Rhabdochona* (NEMATODA: RHABDOCHONIDAE) FROM HIDALGO STATE MEXICO]**

**René Josué Monzalvo-López<sup>1</sup>, Jorge Falcón-Ordaz<sup>2§</sup>, Griselda Pulido-Flores<sup>2</sup>, Scott Monks<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de la Licenciatura de Biología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB). Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5 s/n, Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo. C. P. 42184. Tel. (771)7172000 ext. 6658, Fax (771)7172112. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jfalcon.ordaz@gmail.com; gpulido@uaeh.edu.mx; smonks@uaeh.edu.mx).

**RESUMEN**

El género *Rhabdochona* es parásito de diferentes especies de peces de agua dulce en todo el mundo. En México *Rhabdochona* se encuentra registrado en peces que habitan en diferentes cuencas del Altiplano Central Mexicano. El objetivo del presente trabajo es el registrar nuevas localidades y hospederos para dos especies de nematodos del género *Rhabdochona* en el estado de Hidalgo, en el cual se han reportado tres especies de *Rhabdochona* en siete municipios: *R. canadensis* parasitando la familia Cyprinidae (Tenango de Doria); *R. kidderi* en miembros de la familia Cichlidae (Atlapexco, Huazalingo y Yahualica) y *R. xiphophori* encontrada en la familia Poeciliidae (Calnali, Molango y Tenango de Doria). Para el presente trabajo se utilizó material previamente colectado en los años 2008 y 2009, identificando *R. canadensis* en muestras de *Tampichtys ipni* (Cyprinidae) del municipio de Mezquitlán y *R. xiphophori* provenientes de *Xiphophorus birchmanni* (Poeciliidae) del municipio de Tianguistengo. En este estudio se amplía el rango geográfico de ambas especies y un nuevo hospedero para *R. xiphophori*, además de corroborar la especificidad hospedatoria de este nematodo a nivel de familia.

**Palabras clave:** peces, *Rhabdochona canadensis*, *Rhabdochona xiphophori*, nematofauna.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

*Rhabdochona* is a parasite of different species of freshwater fish worldwide. In Mexico *Rhabdochona* is registered as a parasite of a wide range of families of freshwater fish that mostly inhabit the basins of the Central Mexican Plateau. The objective of this article is to register new locations and hosts for two species of nematodes of the genus *Rhabdochona* in the state of Hidalgo, which have been reported three species of *Rhabdochona* in seven municipalities: *R. canadensis* in the Cyprinidae (Tenango de Doria); *R. kidderi* parasitizing members of the cichlid family (Atlapexco, Huazalingo and Yahualica) and *R. xiphophori* in the Poeciliidae family (Calnali, Molango and Tenango de Doria). For the present work was used material previously collected in the years 2008 and 2009, identifying *R. canadensis* in samples of *Tampichtys ipni* (Cyprinidae) of the municipality of Mezquititlán and *R. xiphophori* from *Xiphophorus birchmanni* (Poeciliidae) of the municipality of Tianguistengo. In the present study the geographic range of both species and a new host to *R. xiphophori* are reported. In addition, is confirmed the host specificity to level family.

**Index words:** Fishes, *Rhabdochona canadensis*, *Rhabdochona xiphophori*, nematofauna.

### **INTRODUCCIÓN**

La fauna mexicana de *Rhabdochona* es rica en especies, por el hecho de encontrarse en México las regiones Neártica y Neotropical, dando como resultado un alto grado de endemismo de diferentes organismos; hasta la fecha, 12 especies de *Rhabdochona* se han encontrado parasitando peces en México (Moravec, 2012).

Para el estado de Hidalgo se han registrado: *Rhabdochona* sp. parasitando *Pseudoxiphophorus bimaculata* de los municipios Huazalingo y Yahualica. *R. canadensis* en *Tampichtys ipni* de Metzquititlán Tenango y Xochicoatlán; *R. kidderi* en el municipio de Atlapexco parasitando *Archocentrus nigrofasciatus*, *Herichthys cyanoguttatus*, *H. labridens* e *Ictalurus mexicanus*. También en los municipios de Huazalingo y Yahualica parasitando *Amatitlania nigrofasciata* y finalmente, *R. xiphophori* encontrado en *Xiphophorus* sp. de Tenango, así como de *X. birchmanni* y *X. malinche* de los municipios de Calnali, Molango de Escamilla y Xochicoatlán (Bautista-Hernández *et al.*, 2014, 2015; Falcón-Ordaz *et al.*, 2015a, 2015b). En el presente trabajo se registran nuevas localidades y hospederos para dos especies de nematodos del género *Rhabdochona*.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En los años 2008 y 2009 se recolectaron *Tampichtys ipni* del municipio de San Agustín Mezquititlán y *Xiphophorus birchmanni* de Tianguistengo en el estado de Hidalgo, la captura se realizó con trampas y electropesca. Los peces fueron revisados para helmintos de forma rutinaria, los nematodos encontrados se fijaron con alcohol caliente al 70% y almacenados con el mismo fijador, para su observación se montaron en preparaciones semipermanentes con una solución de alcohol-glicerina. Las medidas se obtuvieron con un ocular micrométrico montado en un microscopio óptico, presentándose en milímetros (mm) el rango y la media entre paréntesis.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan las descripciones de dos especies de nematodos del género *Rhabdochona* del estado de Hidalgo.

### ***Rhabdochona canadensis* (Fig 1 a - c).**

Generalidades. Organismos con prostomio ancho en forma de embudo rodeado de manera interna por 14 dientes, 5 a 9 papilas preanales con un par lateral a nivel del tercer par subcentral y seis pares de papilas postanales. Los huevos presentan filamentos polares.

Macho (10 especímenes): Longitud del cuerpo 3.4-4.1 (3.7), ancho máximo 0.06-0.07 (0.06), prostomio conspicuo largo 0.01 y ancho de 0.01, longitud del prostomio y el vestíbulo 0.05-0.06 (0.060105). Esófago muscular con una longitud de 0.1, esófago glandular 1.01-2.34 (1.44) de longitud, deiridios localizados a una distancia de la región anterior de 0.02-0.05 (0.03), espícula izquierda con una longitud de 0.23-0.46 (0.37), espícula derecha 0.07-0.14 (0.10) de longitud y ano a una distancia de 0.21- 0.23 (0.21) de la región posterior.

Hembra (8 especímenes): Longitud del cuerpo 4.18-10.85 (7.72), ancho medio 0.09-0.20 (0.14), largo del prostomio 0.01- 0.02 (0.01) por 0.007-0.015 (0.011) de ancho, longitud del prostomio y vestíbulo 0.05-0.10 (0.07), 0.525-0.105 (0.0745) respectivamente, longitud del esófago muscular 0.13-0.21 (0.18), esófago glandular 0.86-2.27 (1.70) de longitud, deiridios a 0.02-0.05 (0.04) de distancia de la región anterior. No se observaron la vulva y ano; huevos de forma ovalada con una longitud de 0.02-0.03 (0.03) por 0.01 de ancho, cuentan con un



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

filamentos en cada polo. Hospedero: *Tampichtys ipni* (Álvarez y Navarro, 1953). Localidad: San Agustín Mezquititlán. Lugar de infección: Intestino.

Comentarios taxonómicos: *Rhabdochona canadensis* fue descrita por Moravec y Arai en 1971 parasitando *Hybopsis gracillis*, *H. plumbea* y *Rinichthysbcataractae* (todos de la familia Cyprinidae) colectados en la provincia de Alberta, Canadá. Otros registros han sido en ríos de Nebraska y Texas en Estados Unidos de América (Barger y Janovy, 1994; Moravec y Huffman, 1988). En México se ha registrado en ríos del estado de Morelos (Caspeta-Mandujano y Mejia-Mojica, 2004); cabe señalar que todos han sido realizados en peces de la familia Cyprinidae.

Los ejemplares en estudio fueron asignados a *R. canadensis* por presentar el número de dientes en el prostomio (14), el número de papilas caudales en el macho (5 a 9 papilas preanales, un par lateral y seis pares postanales) y filamentos presentes en los polos de los huevos. Existen algunas diferencias entre los organismos estudiados y los ejemplares registrados por Moravec y Arai (1971). Los machos son más pequeños que los registrados previamente (3.4-4.1 vs. 5.74-8.36). En el caso de las hembras algunas medidas son pequeñas en comparación con la descripción original como: el ancho del prostomio, longitud del prostomio y vestíbulo, distancia de los deiridios a la región anterior, la longitud del esófago muscular y glandular.

#### ***Rhabdochona xiphophori* (Fig. 1 d)**

Generalidades. Organismos con un prostoma que cuenta con seis dientes. Los machos exhiben dos líneas de papilas precloacales, una con nueve y la otra con diez, además de un par lateral entre el primer y segundo par de papilas antes del ano; en la región caudal hay seis pares de papilas.

Macho (1 ejemplar). Longitud del cuerpo 3.81, ancho medio 0.09, largo del prostomio 0.01 por 0.02 de ancho, longitud del prostomio y el vestíbulo 0.06, esófago muscular mide 0.16 de largo, mientras que el esófago glandular tiene una longitud de 0.88, los deiridios se localizan a 0.05 de la región anterior. espícula izquierda con una longitud de 0.29, espícula derecha 0.07 de longitud. Ano abre a 0.21 de la región posterior.

Hembra (4 ejemplares). Longitud del cuerpo 1.85-7.40 (6.61), ancho medio 0.12-0.18 (0.16). Largo del prostomio 0.01-0.02 (0.02), longitud del prostomio y vestíbulo 0.06-0.08 (0.07), respectivamente. Los deiridios se localizan a 0.04 de la región anterior; longitud del

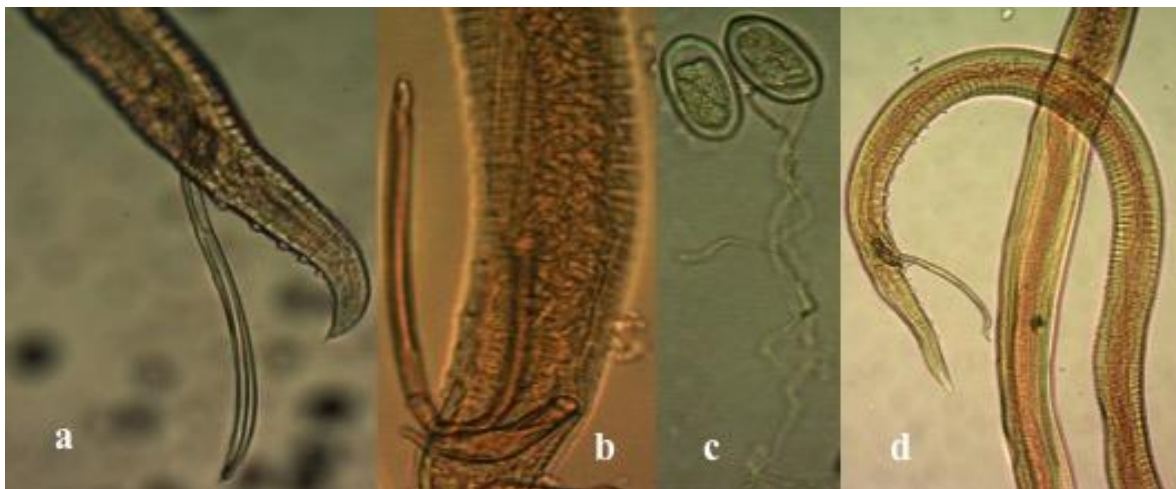


### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

esófago muscular 0.15- 0.17 (0.16) y la longitud del esófago glandular es 1.06-1.32 (1.21). No se observan la vulva, ano y huevos. Hospedero: *Xiphophorus birchmanni* Lechner y Radda, 1987. Localidad: Tianguistengo. Lugar de infección: Intestino.

Comentarios taxonómicos: *Rhabdochona xiphophori* fue descrita por primera vez parasitando peces del género *Xiphophorus* sin determinar su especie, provenientes de un arroyo temporal del municipio de Tianguistengo (Caspeta-Mandujano *et al.*, 2001). Los ejemplares se identificaron como *R. xiphophori* por exhibir seis dientes en el prostoma, los machos con nueve papilas preanales subventrales de un lado y 10 del otro; seis pares de papilas postanales y dos espículas desiguales en tamaño y forma, los huevos sin filamentos polares. Los ejemplares estudiados son pequeños en comparación con las reportados por Caspeta-Mandujano *et al.*, (2001); sin embargo, las medidas coinciden con las registradas por Falcón-Ordaz *et al.* (2015a), quienes encontraron *R. xiphophori* parasitando *X. malinche* de los municipios de Chicayotla y Malila en el estado de Hidalgo.



**Figura 1.** *Rhabdochona canadensis* a – b) papilas caudales y espículas; c) huevos con filamento. *R. xiphophori*, d) espículas.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

La combinación de características morfológicas para diferenciar las especies de *Rhabdochona*, como son el número de dientes en el prostoma, el número de papilas precloacales, la longitud y forma de las espículas así como la presencia de filamentos polares en los huevos, son los rasgos morfológicos mínimos para separar a las especies en estudio. La presencia de dos especies en dos localidades (San Agustín Metzquitlán y Tianguistengo), diferentes a las ya registradas con anterioridad, además de ampliar su distribución geográfica a nivel del país y del estado, indica que los hospederos se desplazan por toda la Cuenca del Río Pánuco, infectándose con parásitos que son afines a ellos a nivel de familia, de lo anterior observamos que *R. xiphophorus* parasita a peces de la familia Xiphophoridae, encontrándose por primera vez en *Xiphophorus birchmanni* y *R. canadensis* recolectada en la familia Cyprinidae (*Tampichtys ipni*).

## **LITERATURA CITADA**

- Barger, M.A. and J. Janovy, Jr. 1994. Host Specificity of *Rhabdochona canadensis* (Nematoda: Rhabdochonidae) in Nebraska. *Journal Parasitology* 80: 1032-1035.
- Bautista-Hernández, C. E., J. Violante-Gonzales, S. Monks and G. Pulido-Flores. 2014. Helminth communities of *Xiphophorus malinche* (Pisces: Poeciliidae), endemic freshwater fish from the Panuco River, Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 838-844.
- Bautista-Hernández, C.E., S. Monks y G. Pulido-Flores. 2015. Evaluación de las infracomunidades de tres especies de peces en dos localidades de la Huasteca Hidalguense. In: G. Pulido- Flores, S. Monks y M. López- Herrera (eds). *Estudios en Biodiversidad Volumen I*. Zea books, University of Nebraska Lincoln, Lincoln Nebraska, E.U.A. pp.44-51.
- Caspeta-Mandujano J.M. and H. Mejía-Mojica. 2004. Seasonal dynamics of the occurrence and maturation of *Rhabdochona canadensis* in its definitive host, *Notropis boucardi*, of the Chalma River, State of Morelos, Mexico. *Helminthologia*. 41: 121-123.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Caspeta-Mandujano J.M., F. Moravec and G. Salgado-Maldonado. 2001. Two new species of Rhabdochonids (Nematoda: Rhabdochonidae) from freshwater fishes in Mexico, with a description of a new genus. *Journal of Parasitology* 87: 139-143.
- Falcón-Ordaz, J., S. Monks, G. Pulido-Flores, C.E. Bautista- Hernández y S. Hernández-Hernández. 2015a. Nuevos registros y redescipción de *Rhabdochona xiphophori*. Caspeta-Mandujano, Moravec y Salgado-Maldonado, 2001 (Nematoda: Rhabdochonidae) en el Estado de Hidalgo, México. In: G. Pulido- Flores, Scott Monks y M. López- Herrera (eds). *Estudios en Biodiversidad Volumen I*. Zea books, University of Nebraska Lincoln, Lincoln Nebraska, E.U.A. pp. 38-43.
- Falcón-Ordaz, J., S. Monks, G. Pulido-Flores, L. García-Prieto y G. Lira-Guerrero 2015b. Riqueza de helmintos parásitos de vertebrados silvestres del estado de Hidalgo, México. In: G. Pulido- Flores, Scott Monks y M. López- Herrera (eds). *Estudios en Biodiversidad Volumen I*. Zea books, University of Nebraska Lincoln, Lincoln Nebraska, E.U.A. pp. 20-37.
- Moravec, F. 2012. Host–parasite relationships of *Rhabdochona kidderi* Pearse, 1936 (Nematoda: Rhabdochonidae) in fishes of the Lacantú'n River in the Lacandon rain forest of Chiapas State, southern Mexico, with a key to Mexican species of *Rhabdochona* Railliet, 1916. *Systematic Parasitology* 82: 1-2.
- Moravec, F. and H.P. Arai. 1971. The North and Central species of *Rhabdochona* Railliet 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) of Fishes, Including *Rhabdochona canadensis* sp.nov. *Journal Fisheries Research Board of Canada*. 28:1645-1662
- Moravec, F. and D. G. Huffman. 1988. Observations on the genus *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) from fishes of central Texas, with descriptions of two new subspecies. *Folia Parasitologica*. 35: 341-351.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**FUNCIONALIZACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS PARA EL ATRAPAMIENTO DE HIDROCARBUROS POLICÍCLICO AROMÁTICOS**

**[FUNCTIONALIZATION OF HUMIC ACIDS FOR TRAPPED POLYCYCLIC AROMATIC HIDROCARBONS]**

G. Robles-Mora<sup>1</sup>, J. Méndez-Vivar<sup>2</sup>, O. Solorza-Feria<sup>1</sup>, J. Barrera-Cortés<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Estudiante. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, (Cinvestav-IPN), Programa Nanociencias y Nanotecnología (PNN) Ciudad de México, México; <sup>2</sup> Investigador, Departamento de Química, UAM-I; Investigador Cinvestav-IPN, Departamento de Química; Investigador Cinvestav-IPN, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. (etherob@hotmail.com; jmv@xanum.uam.mx; osolorza@cinvestav.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jbarrera@cinvestav.mx).

**RESUMEN**

La contaminación con hidrocarburos del petróleo ha impactado dramáticamente el medio ambiente por su abundancia en suelos. Para su remoción se ha sugerido la adición de sustancias húmicas (SH) considerando las propiedades surfactantes de éstas, así como su extraordinaria y compleja estructura química, que permite el atrapamiento temporal de diferentes compuestos orgánicos. El objetivo del presente trabajo fue la modificación química de ácidos húmicos de origen mexicano (AH), enfocada al atrapamiento permanente de hidrocarburos del tipo policíclico aromático (HPA). Los AH fueron purificados y posteriormente modificados por esterificación y eterificación, utilizando como reactivos yoduro de metilo ( $\text{CH}_3\text{I}$ ), bromuro de pentilo ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$ ), bromuro de bencilo ( $\text{C}_7\text{H}_7\text{Br}$ ) e hidróxido de tetrabutilamonio ( $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NOH}$  ó TBAH), como catalizador. La funcionalización de los AH se verificó por FTIR, análisis elemental y determinación de las propiedades: solubilidad y tensión superficial. La capacidad de los AH nativos, puros y modificados para atrapar HPA se llevó a cabo bajo vía húmeda. El grupo funcional activado en mayor concentración fue el de alifáticos, que se ha reportado como el más adecuado en la inmovilización de los HPAs. De los HPA estudiados, el fluoranteno fue el HPA que modificó las señales del espectro de los AH puros y modificados en mayor intensidad.

**Palabras clave:** *Ácidos húmicos, biorremediación de suelos, modificación química.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Contamination with petroleum hydrocarbons has dramatically impacted the environment due to its abundance in soils. For its removal, it has been suggested adding humic substances (SH) considering its surfactant properties and its extraordinary complex chemical structure, which allows the temporary trapping of different organic compounds. The aim of this work was the chemical modification of humic acids of Mexican origin (AH), focused on the permanent entrapment of polycyclic aromatic hydrocarbon (HPA). AH were purified and subsequently modified by esterification and etherification, using methyl iodide ( $\text{CH}_3\text{I}$ ), pentyl bromide ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$ ), benzyl bromide ( $\text{C}_7\text{H}_7\text{Br}$ ) as reagents, and tetrabutylammonium hydroxide ( $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NOH}$  or TBAH) as catalyst. The AH functionalization was verified by  $^{13}\text{C}$ -NMR, FTIR, elemental analysis and determination of solubility and surface tension properties. The ability of native, pure and modified AH to entrap HPA was carried out under wet. The aliphatic was the functional group activated at the highest concentration. This has been reported as the most suitable group for the immobilization of PAHs. Of the HPA studied, anthracene and fluoranthene were the PAHs held in higher concentration. Fluoranthene was the HPA that modified the FTIR spectrum of the pure and modified AH at the greatest intensity.

**Index words:** *Bioremediation of soils, chemical modification, humic acids.*

### **INTRODUCCIÓN**

Las sustancias húmicas (SH) son materiales orgánicos en evolución, producto de la descomposición de plantas y animales (Davies y Ghabbour, 2001). Las SH están conformadas por ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (HU), de los cuales los AH se encuentran en mayor concentración ( $\approx 80\%$ ). Los AH poseen interesantes propiedades anfifílicas que les permite intervenir en diversos procesos bioquímicos del suelo relacionados no solo con la estimulación del crecimiento de las plantas, sino con su capacidad para atrapar contaminantes tóxicos como son los hidrocarburos policíclico aromáticos (HPA) (García Díaz *et al.*, 2015). Lo que logran usualmente de forma temporal y se lleva a cabo en las cavidades hidrofóbicas formadas en la compleja estructura de los AH (Schaumann, 2006).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Dadas las propiedades fertilizantes de los AH y su capacidad para atrapar contaminantes tóxicos, el objetivo del presente trabajo fue la modificación química de ácidos húmicos (AH), enfocada a su capacidad para atraparle forma permanente los HPA. La modificación química ha sido realizada por diferentes métodos con objetivos diferentes (Wang *et al.*, 2014). García-Díaz *et al.* (2015) por ejemplo, interesado en la remoción de mezclas complejas de hidrocarburos, modificó AH purificados mediante el método de eterificación-esterificación utilizando n-decanol como agente reactivo. En el presente trabajo se propone aplicar el mismo método de modificación química, pero utilizando haluros de alquilo. Se asume que este tipo de reactivos favorece la formación de grupos funcionales del tipo alifático, que son los más apropiados para atrapar estructuras aromáticas (Schaumann, 2006). La verificación de la modificación química de los AH fue realizada mediante análisis FTIR.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se estudiaron ácidos húmicos (AH) de origen mexicano (AH<sub>MX</sub>) que fueron donados por la empresa TEMA (Tecnología del Medio Ambiente). Para propósitos de comparación se adquirieron ácidos húmicos de la marca Humin Tech (AH<sub>HT</sub>). La purificación y modificación química de los AH, se realizó con reactivos grado analítico de la marca Sigma Aldrich.

### **Purificación de AH**

La purificación estuvo basada en el método reportado por la International Humic Substance Society (Swift, 1996). Una muestra de AH (2 g) fue solubilizada con una mezcla de soluciones de pH básico NaOH (0.1 N)/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>(0.1 M). Los sólidos precipitados fueron desechados y el sobrenadante acidificado con HCl (6 M) para precipitación de los AH (≈12-16 h). El precipitado fue recuperado por centrifugación y suspendido en una solución 1:1 de HCl (0.5 %)/HF para eliminación de silicatos. El precipitado, recuperado por centrifugación, es introducido en una membrana de diálisis para eliminación de iones cloro. Los AH fueron secados a 50 °C durante 48 h y guardados a temperatura ambiente hasta su posterior uso.

### **Modificación química de los ácidos húmicos**

Se realizó una O-alquilación por los métodos de esterificación-eterificación, usando hidróxido de tetrabutilamonio (TBAH) como catalizador. A 500 mg de AH purificados y solubilizados en 1.1 mL de una solución alcalina (NaOH 1.2 M, pH=9) fueron mezclados



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

con 200 mL de TBAH y 300  $\mu$ L del haluro de alquilo correspondiente (yoduro de metilo ( $\text{CH}_3\text{I}$ ), bromuro de pentilo ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$ ) ó bromuro de bencilo ( $\text{C}_7\text{H}_7\text{Br}$ )) (Piccolo et al., 1996); la reacción química se llevó a cabo por duplicado con agitación continua a 45 °C durante 24 horas. Los sólidos de reacción fueron separados por centrifugación (10,000 rpm, 10 min), lavados con agua destilada y secados a 50 °C durante 24-48 h. La formación de grupos funcionales fue verificada por FTIR (Nicolet 6700 Thermo Scientific). Análisis de solubilidad y tensión superficial (tensiómetro marca LAUDA TD1C), así como de elementos (Thermofinigan Flash 1112) fueron realizados para comparar las propiedades de los AH modificados con relación a los AH nativos.

#### **Atrapamiento de HPA en la estructura de los AH estudiados**

El atrapamiento de los hidrocarburos policíclico aromáticos (HPA: Fluoranteno, antraceno, pireno y naftaleno, 30 ppm de cada uno) en la estructura de los AH (1 mg) se llevó a cabo por duplicado vía húmeda en un matraz agitado a 200 rpm durante 24 h. Los sólidos fueron recuperados por centrifugación (10000 rpm, 5 min), lavados y secados (40 °C, 48 h) para su análisis de estructura molecular por Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) (Nicolet FTIR 6700, Thermo Scientific). El sobrenadante fue analizado por extracción líquido-líquido con diclorometano para determinación de HPA residuales. El tipo y concentración de hidrocarburo residual fue analizado por cromatografía de gases.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Análisis elemental de los ácidos húmicos estudiados**

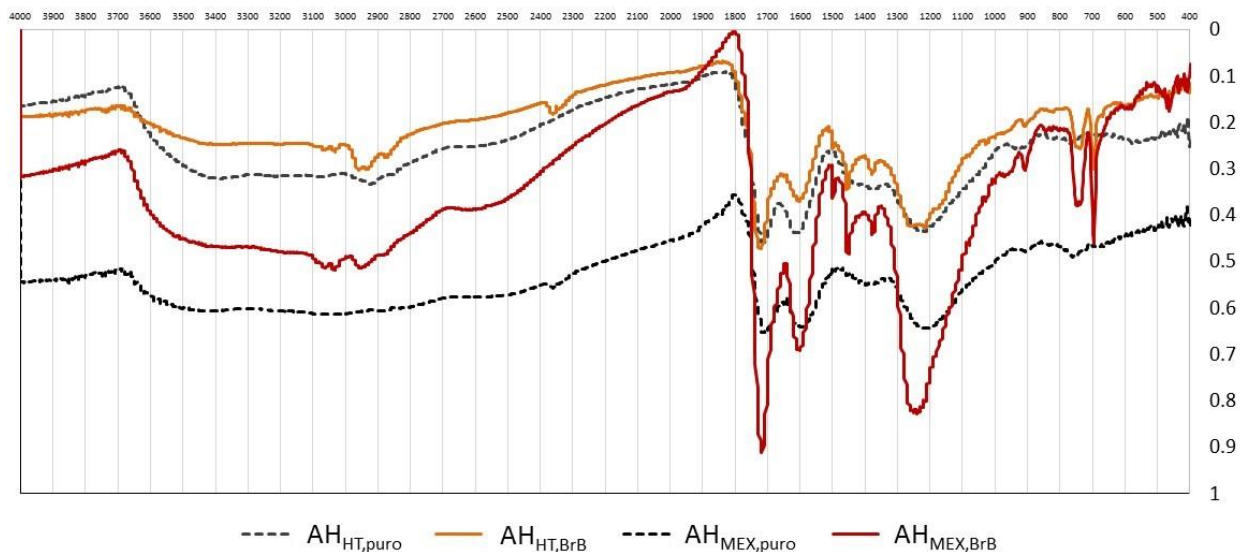
La purificación de los AH nativos de México reflejó un incremento en la composición de carbono ( $57.5\pm 0.52\%$ ), nitrógeno ( $1.1\pm 0.01\%$ ) e hidrógeno ( $2.63\pm 0.11\%$ ) del 312%, 400% y 100%, respectivamente. En el caso de los AH comerciales, la purificación incrementó en 12 y 27% la concentración de carbono y nitrógeno y disminuyó en 20% la del hidrógeno. La baja variación del contenido de C, N e H de los AH comercializados respecto de ellos mismos no tratados, podría atribuirse a que se trata de materiales procesados para su comercialización. Davies y Ghabbour (2001), han reportado que relaciones H/C del orden de 2 indican un alto contenido de estructuras alifáticas en los ácidos húmicos y mayor capacidad para incorporar en su estructura moléculas aromáticas. En el caso de los AH estudiados, la



### Memoria de resúmenes en Extenso

#### XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"

mayor relación H/C fue identificada en los AH comerciales (H/C=0.7), lo que sugiere una ventaja para llevar a cabo un mejor atrapamiento de hidrocarburos aromáticos.



**Figura 1.** Espectros FTIR de los AH purificados (mexicanos ( $AH_{MEX}$ ) y comerciales  $AH_{HT}$ ) y modificados con el agente reactivo Bromuro de Bencilo (BrB).

### Modificación química de los AH

La modificación química de los  $AH_{MEX}$ , con los tres agentes reactivos utilizados, tuvo un efecto importante en el pH, aumentó de 6 a 12, y en la solubilidad; de ser prácticamente insolubles, se logró solubilizar a pH básico con una solución de NaOH 0.2 M. En lo referente a la tensión superficial, ésta no registro cambios importantes en una concentración cercana al punto de solubilidad, 0.02-0.01 mg L<sup>-1</sup>. Von Wandruszka (1998), quien observó la estructura micelar en medio líquido de los AH, reporta la presencia de especies de baja polaridad con la propiedad de atrapar compuestos hidrofóbicos en su estructura. De acuerdo con Perminova, (2005) este proceso de agregación, es también afectado por cambios en el pH de los AH. En lo que respecta a los AH de origen comercial, ningún agente reactivo produjo cambios significativos en ninguna de las tres propiedades analizadas. Estos resultados podrían sugerir el fracaso de su modificación estructural; sin embargo, la detección de señales nuevas y el incremento en la intensidad de algunas señales ya existentes corrobora la modificación química, como se muestra en la Figura 1.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

El bromuro de pentilo fue el agente reactivo que generó los cambios estructurales más importantes de los AH purificados, tanto del de origen mexicano como del comercial. En la Figura. 1, las líneas interrumpidas corresponden a los AH purificados y las continuas a los modificados. En lo que respecta a los AH<sub>MEX</sub>, señales nuevas se registraron en los intervalos de 2800-3100 cm<sup>-1</sup> (grupos funciones =C-H y derivados) y 400-800 cm<sup>-1</sup> (anillos bencénicos sustituidos); señales intensificadas fueron identificadas en los intervalos 2500-2600 cm<sup>-1</sup> (enlaces S-H), 1500-1800 cm<sup>-1</sup> (-COOH y -C=C-) y 1500-900 cm<sup>-1</sup> (=CH<sub>2</sub> y -C-O-) (Tatzber *et al.*, 2007). En el caso de los AH<sub>HT</sub>, las nuevas señales se identifican en los intervalos 3000-3100 cm<sup>-1</sup> (=C-H); las señales intensificadas se registraron en las frecuencias: 1500-1300 (-CH<sub>2</sub>, -NO<sub>2</sub>, C-N, grupos funcionales en alifáticos), 754 cm<sup>-1</sup> (anillo bencénico monosustituído), y 2800-3100 cm<sup>-1</sup> (grupos funciones =C-H y derivados). En la estructura de los AH, la conocida fracción alifática permite el atrapamiento de los compuestos aromáticos (Simpson *et al.*, 2003). En el presente trabajo, la inserción de cadenas alifáticas sugiere que es factible el atrapamiento de los compuestos aromáticos en la estructura de los ácidos húmicos modificados de acuerdo a lo reportado por Klavins and Purmalis, (2013).

#### **Interacción con PAH's**

De los 4 HPA adicionados, el fluoranteno mostró cambios importantes en el FTIR de los AH comerciales modificados con el bromuro de pentilo. La interacción fue asociada a la intensificación de las señales en las regiones 1500 (dobles enlaces C=C), 3100 (grupos -CH) y 3500 cm<sup>-1</sup> (grupos OH<sup>-</sup>) (Perminova, 2005). El análisis cromatográfico del sobrenadante no arrojó resultados sobre la presencia de hidrocarburos remanentes en esta fase, lo cual permite asumir el atrapamiento de los HPA en las estructuras de los AH comerciales, modificados con el bromuro de pentilo. La ventaja de los AH comerciales respecto de los de origen mexicano se explica por la menor concentración de grupos polares (Davies y Ghabbour, 2001).

### **CONCLUSIONES**

Los métodos de eterificación y esterificación permitieron generar grupos funcionales alifáticos (-CH<sub>3</sub>, C<sub>5</sub> H<sub>12</sub> ó benzoicos) en los dos tipos de AH estudiados, los cuales son considerados los más adecuados para la inmovilización de los HPA. Los HPA se incorporaron en los diferentes ácidos evaluados para este propósito, AH nativos, puros y



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

modificados, comerciales y nativos de México; sin embargo la mejor interacción fue observada en los AH comerciales modificados químicamente con el bromuro de pentilo y específicamente para el fenantreno.

### **AGRADECIMIENTOS**

Investigación financiada por el Conacyt a través de los proyectos CB-2010-156837 e INFR-2012-01-188339.

### **LITERATURA CITADA**

- Davies G. and E. A. Ghabbour. 2001. Humic acids: marvelous products of soil chemistry. *Journal of Chemical Education* 78(12): 1609-1614.
- García-Díaz C., A. Nebbiosso, A. Piccolo, J. Barrera-Cortés and R. Martínez- Palou. 2015. Remediation of hydrocarbons contaminated soil by washing with novel chemically modified humic substances. *Journal of Environmental Quality* 44(6):1764-1771.
- Klavins M. and O. Purmalis. 2013. Surface activity of humic substances. In: V. Mladenov (ed.). *Recent advances in continuum mechanics, hydrology and ecology. Energy, environmental and structural engineering series 14*. Ed. WSEAS. Rhodes Island, Greece. pp. 146-151.
- Perminova, I.V., K. Hatfield, and N. Hertkorn, 2005. *Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice*. Ed. Springer. Series IV: Earth and Environmental Series 52.3. Dordrecht, The Netherlands. 506 p.
- Piccolo A., S. Nardi and G. Concheri. 1996. Macromolecular changes of humic substances induced by interaction with organic acids. *European Journal of Soil Science* 47:319-328.
- Schaumann, G. E. 2006. Soil organic matter beyond molecular structure. Part I: Macromolecular and supramolecular characteristics. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169: 145–156.
- Simpson M. J., B. Chefetz, and P. G. Hatcher. 2003. Phenanthrene sorption to structurally modified humic acids. *Journal of Environmental Quality* 32:1750–1758.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Swift, R. S. 1996. Organic matter characterization. In: D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, and R. H. Loeppert (Eds.). *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods*. Ed. Soil Science Society of America Book Series. 5.3. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp 1018-1020.
- Tatzber M., M. Stemmer, H. Spiegel, C. Katzlberger, G. Haberhauer, A. Mentler and M.H. Gerzabek. 2007. FTIR-spectroscopic characterization of humic acids and humin fractions obtained by advanced NaOH, Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> extraction procedures. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170: 522–529.
- Von-Wandruszka, R. 2000. Humic acids: Their detergent qualities and potential uses in pollution remediation. *Geochemical Transactions* 2:1-6.
- Wang L., L. Hou, X. Wang and W. Chen. 2014. Effects of the preparation method and humic-acid modification on the mobility and contaminant mobilizing capability of fullerene nanoparticles (nC60). *Environmental Science: Processes Impacts* 16: 1282–1289



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**INFILTRACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN UN SUELO  
EMPACADO EN CONDICIONES AMBIENTALES**

**[RAINFALL INFILTRATION IN A PACKED SOIL IN ENVIRONMENTAL  
CONDITION]**

**Hipólito Muñoz Nava<sup>1§</sup>, Juan Suárez Sánchez<sup>1</sup>, Saturnino Orozco Flores<sup>1</sup>, Johannes Cornelis van der Wal<sup>2</sup>, Wendolyne Velázquez Muñoz<sup>3</sup>, Silvia Chamizo Checa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), Ixtacuixtla, Tlax, México.

<sup>2</sup>Investigador El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Villahermosa, Tab., México. <sup>3</sup>Egresada de la Licenciatura de Ciencias Ambientales-UATx, Tlaxco, Tlax. México. jsuarezs71@hotmail.com, orosat80hotmail.com, hansvanderwal@hotmail.com, wendynaty\_292014@hotmail.com, silchami@hotmail.com).

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: (hipolito78@hotmail.com).

**RESUMEN**

La infiltración de la precipitación pluvial es una de las principales fuentes de agua que recargan el acuífero. El objetivo de este trabajo fue medir, en condiciones ambientales, la cantidad de agua pluvial que se infiltró en un suelo empacado durante un año. Para ello se diseñó un contenedor cilíndrico de 627.13 cm<sup>2</sup> y se empacó una capa de suelo de 24.4 cm. El contenido volumétrico de agua (CVA) del suelo fue medido con un sensor y un data logger. La precipitación pluvial (PP) se midió con un pluviómetro colocado junto al contenedor. El resultado mostró que la lluvia total registrada fue de 992.1 mm y el agua pluvial que pasó a través de la capa de suelo fue de 63.8 mm. Se concluye que un porcentaje menor del 10% de la precipitación pluvial se infiltró en la capa de suelo.

**Palabras clave:** *Infiltración, precipitación pluvial, suelo empacado.*

**ABSTRACT**

The infiltration of rainfall is a mean water source for aquifer recharge. The goal of this study was to measure the amount of water of rain that infiltrates through a packed soil during a



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

year, under environmental conditions. To do this, a cylindrical container of 627.13 cm<sup>2</sup> was designed and a soil layer of 24.4 cm was packed. Soil volumetric water content was measured by a sensor and data logger. Rainfall was gauged using a pluviometer located near to container. The result showed that total rainfall was 992.1 mm and the water of rain that passed through the packed soil layer was 63.8 mm. The conclusion is that a percentage less than 10% of rainfall was infiltrated into the soil layer.

**Index words:** *Infiltration, packed soil, rainfall.*

## **INTRODUCCIÓN**

La infiltración del agua pluvial en el suelo es un importante componente en el ciclo hidrológico, porque es una vía de recarga del acuífero. La infiltración depende de factores como el CVA en el suelo (Liu *et al.*, 2016); la cantidad e intensidad de la PP (Campos *et al.*, 2016) y de la vegetación (Dunkerley, 2015). El CVA a su vez depende de las propiedades del suelo como la textura, contenido de materia orgánica e inclinación del terreno. El objetivo de este trabajo fue medir durante un año en condiciones ambientales, la cantidad de agua pluvial que se infiltró en un suelo empacado.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se diseñó un contenedor cilíndrico de 627.13 cm<sup>2</sup>, para medir la infiltración de agua en una capa de suelo de 24.4 cm. El suelo se extrajo de un terreno con vegetación de tipo pastizal del Estado de Tlaxcala. Para medir la variación del CVA, se colocó verticalmente un sensor dieléctrico ECH<sub>2</sub>O<sup>®</sup> de 20 cm de largo conectado a un data logger de la marca Decagon Devices, Inc. Las mediciones empezaron en Enero y terminaron en Diciembre de 2015 y se iniciaron con el suelo saturado para conocer el máximo valor de CVA en esta condición. El suelo se mantuvo sin vegetación. La PP se midió con un pluviómetro colocado junto al contenedor.

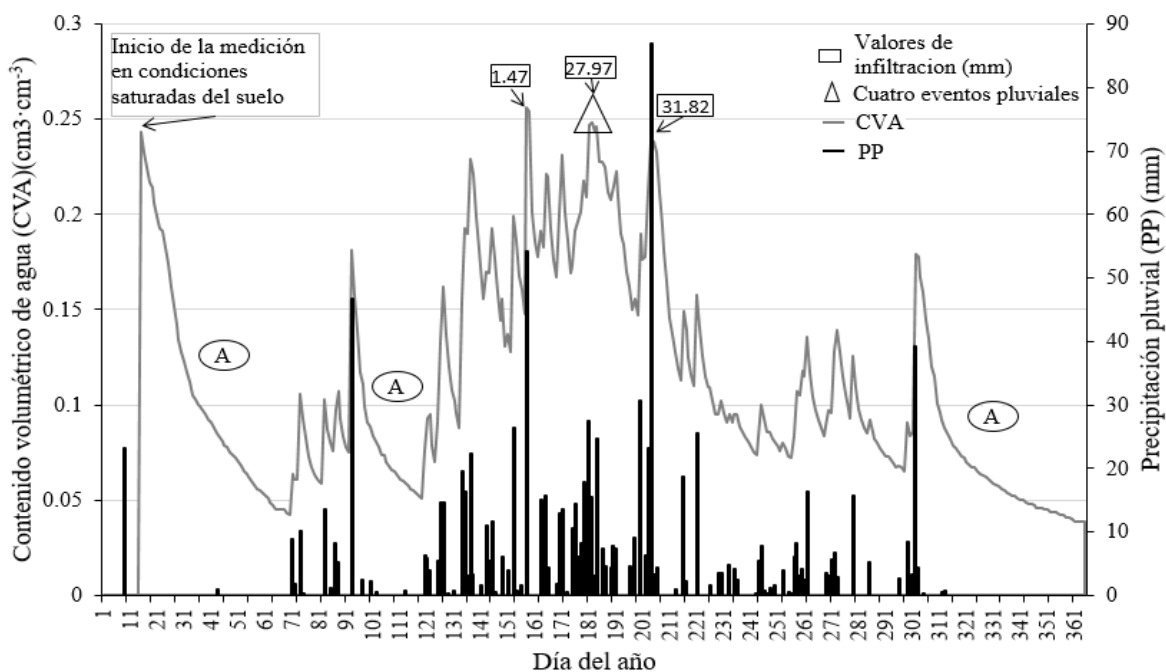


**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el año de medición se registraron 112 eventos pluviales. Las frecuencias de ocurrencia de los eventos pluviales, agrupados a intervalos de 5 mm, tuvieron una distribución semejante a la Pearson Tipo III, este resultado se asemeja al obtenido por Hanson y Vogel (2008), quienes reportaron que la precipitación diaria para Estados Unidos tuvo este tipo de distribución. En la Figura 1 destacan las precipitaciones pluviales de 30.71, 39.25, 46.70, 54.19 y 86.97 mm. Estos cinco eventos sumaron 4.46% de frecuencia de ocurrencia pero representaron 26% de la PP total que fue de 992.1 mm. La PP total fue mayor a la precipitación normal anual igual a 947 mm de la Región Hidrológica del Balsas (CONAGUA, 2015), en la cual se encuentra el estado de Tlaxcala.



**Figura 1.** Distribución de la precipitación pluvial (PP), contenido volumétrico de agua (CVA) en el suelo empacado y valores de infiltración. La letra A se usa para indicar descenso no lineal del CVA.

El máximo valor de CVA que registró el data logger en condiciones de saturación del suelo fue igual a  $0.248 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ . El CVA descendió no linealmente, este comportamiento se pudo observar claramente en otras dos ocasiones (letras A en la Figura 1), pero estos



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

descensos de CVA ocurrieron diariamente debido a la evaporación. En la figura se nota que las PP modificaron los valores del CVA del suelo, esta modificación depende de las características de las PP, como la cantidad y la intensidad, y del CVA previo o antecedente.

Se registraron 13 mediciones de agua infiltrada. En la Figura 1 se presentan las que fueron mayores a 1 mm. En total se infiltraron 63.8 mm, que representaron el 6.4% del total de la precipitación. Este resultado es comparable al obtenido por Liu *et al.* (2016), quienes reportan un valor mínimo de 7.4%. Un evento pluvial de 86.97 mm causó infiltración de 31.82 mm que representó 49.9% del total de agua infiltrada. Cuatro eventos pluviales ocurridos en días consecutivos (marcados con el triángulo en la Figura 1) infiltraron 27.97 mm. La suma de estas láminas de agua infiltrada corresponde al 93.7% del total y ocurrió a finales de junio y principios de julio. Los resultados mostraron que la infiltración del agua a través de la capa de suelo empacado estuvo en función de la falta de vegetación (Dunkerley, 2015) que a su vez afectó a la evaporación, del CVA (Liu *et al.*, 2016) y de los parámetros de la precipitación (Campos *et al.*, 2016), así como los días consecutivos de lluvia.

### **CONCLUSIONES**

Se concluye que las precipitaciones pluviales se infiltraron en un porcentaje menor del 10%, debido a que no todos los eventos pluviales aportan agua para que ocurra este proceso. Un porcentaje importante de las precipitaciones se evaporaron y no pasaron la capa de suelo empacado. Este resultado es importante porque aporta información que puede ser considerada en la realización de los balances de agua y en la estimación de la recarga del acuífero.

### **AGRADECIMIENTOS**

A la Dirección de Superación Académica de la SEP por su financiamiento mediante el Proyecto “Balance de agua y uso de suelo en tres condiciones ambientales”.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**LITERATURA CITADA**

- Campos, I., J. González-Piqueras, A. Carrara, J. Villodre and A. Calera. 2016. Estimation of total available water in the soil layer by integrating actual evapotranspiration data in a remote sensing-driven soil water balance. *Journal of Hydrology* 534: 427-439.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Atlas del agua en México 2015. <https://www.agua.org.mx/.../38767-atlas-del-agua-en-mexico-2015.pdf> (Consultado: 11/01/2016).
- Hanson, L. and R. Vogel. 2008. The probability distribution of daily rainfall in the United States. In: R. W. Badcock Jr. and R. Walton (eds). *Proceedings World Environmental and Water Resources Congress 2008, Honolulu, Hawaii*. pp. 1-10. doi: 10.1061/40976(316)585
- Dunkerley, D. 2015. Percolation through leaf litter: What happens during rainfall events of varying intensity? *Journal of Hydrology* 525: 737-746.
- Liu, X., Y. He, X. Zhao, T. Zhang, Y. Li, J. Yun, S. Wei and X. Yue. 2016. The response of soil water and deep percolation under *Caragana microphylla* to rainfall in the Horqin sand land, northern China. *Catena* 139: 82-91.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**TRANSVERSALIZACIÓN DEL EJE MEDIO AMBIENTE EN EL PLAN DE ESTUDIO DE CONTADURÍA, UAGro**

**[MAINSTREAMING OF THE ENVIRONMENT AXIS IN THE ACCOUNTANT CURRICULUM, UAGro]**

**Valentín Piza Flores<sup>1§</sup>, José Luis Aparicio López<sup>2</sup>, Rigoberto Marín Uribe<sup>3</sup>, Columba Rodríguez Alviso<sup>2</sup>, Juana Beltrán Rosas<sup>2</sup>, Ramón Bedolla Solano<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales (UCDR-UAGro), <sup>2</sup>Profesor Investigador-UAGro. Pino s/n, Col. El Roble, Acapulco, Guerrero. México. C. P. 39640. Tel. 01 (744) 4876624. <sup>3</sup>Profesor Investigador-UACH. Ave. Universidad y Pascual Orozco s/n, Chihuahua, Chihuahua, México. C.P. 31110. Tel. 01 (614) 4391500. jlcoordinador@hotmail.com; rimaur50@gmail.com; columba26@yahoo.com; rosas\_gro@hotmail.com; rabedsol@hotmail.com. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (vpiza@uagro.mx).

**RESUMEN**

Las empresas junto con las actividades antropogénicas están consideradas como de los principales generadores de problemas de contaminación y depredación, por lo que se han visto en la necesidad de incorporar a su gestión administrativa lo ambiental. Esto plantea retos y desafíos para la formación del recurso humano desde las escuelas, es decir se debe contemplar desde el diseño curricular la dimensión ambiental, que adicional a la formación disciplinar, integre las problemáticas de actualidad. En este contexto, la transversalidad se constituye como una estrategia eficaz para el abordaje de estos aprendizajes, articulándola para una formación integral y a lo largo de la vida. Este trabajo forma parte de una investigación doctoral que se encuentra en proceso (2015-2018). El objetivo fue evaluar el nivel de transversalización del eje medio ambiente en el plan de estudio (PE) de la Licenciatura en Contaduría y Administración. El estudio fue mixto y descriptivo, se aplicó una encuesta estructurada al coordinador del programa educativo. Los resultados dan cuenta de la poca vinculación de los componentes del eje con el perfil de egreso, así como la escasa presencia de la dimensión ambiental en el plan de estudio.

**Palabras clave:** *Transversalidad, educación ambiental, educación superior, contaduría.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Companies with anthropogenic activities are considered as the main generators of pollution and predation problems, which have seen the need to incorporate the environmental administrative management. This poses challenges for human resource training from schools, in other words, must be viewed from the curriculum environmental dimension, in addition to disciplinary training, integrate the problems of today. In this context, mainstreaming is established as an effective strategy for addressing these learnings, linking it to a comprehensive training and throughout life. This work is part of a doctoral research in process (2015-2018). The aim is to assess the level of mainstreaming environmental axis in the curriculum (PE) degree in Accounting. The study was mixed and descriptive, a structured survey coordinator of the educational program was applied. The results show little linkage of the axle components with the profile graduation and the scarcity of the environmental dimension in the curriculum.

**Index words:** *transversality, environmental education, higher education, accounting.*

### **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo del mundo moderno ha traído consigo la actual crisis ambiental, originada en mayor medida por las actividades de carácter antropogénico, entre ellas la ganadería intensiva, la deforestación para el desarrollo de grandes centros poblacionales y la industria. Esta última al ser señalada con una alta responsabilidad se ha visto obligada a implementar estrategias que contribuyan a mitigar el deterioro ambiental y coadyuven a mejorar la imagen que se tiene ante la sociedad

Para la contaduría como profesión y área estratégica de estas empresas o industrias, es obligatorio incorporar líneas de trabajo e investigación que generen información suficiente y actualizada para su implementación, para ello es conveniente actualizar sus planes de estudio a efecto de formar profesionistas pertinentes al mercado laboral que incorporen conocimientos, habilidades, actitudes y valores de tipo ambiental.

Esta investigación se centra en el rubro de la formación de recursos humanos capacitados y competentes que atiendan con eficacia el estado cada vez más crítico no solo de las empresas sino de la Tierra, así lo dejan ver los informes que presentan organismos



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

gubernamentales y no gubernamentales. Los umbrales críticos mundiales, regionales y locales se han venido superando, cambios sin precedente en la historia de la humanidad y los esfuerzos por reducir su magnitud han dado resultados moderados sin lograr revertir su adversidad (PNUMA, 2012). La presión de la humanidad sobre la naturaleza ha excedido lo que el planeta puede reponer, se necesitarían la capacidad regenerativa de 1.5 planetas Tierra para brindar los servicios ecológicos que se usan cada año (WWF, 2014).

Ante esta preocupación por el deterioro del entorno y ante la necesidad de conservarlo, en los años 70s surge la Educación Ambiental (EA). Desde entonces ha venido evolucionando, pasando de ser considerada en términos “conservacionistas” a una visión más formal de interrelación sociedad-naturaleza, que busca la sustentabilidad, a través de una mayor conciencia. El sector educativo puede incidir de manera estratégica y eficaz, a través de la EA, promoviendo pautas de producción y consumo hacia la sustentabilidad (AECID, 2015).

En una investigación realizada acerca de los contenidos ambientales en planes de estudio de nivel medio superior en Iberoamérica se identificó la presencia de la dimensión en una de cuatro modalidades, a saber: como unidad de aprendizaje, como bachillerato, integrada a las ciencias naturales o como eje transversal (Tello y Pardo, 1996). Otros estudios desarrollados en el nivel superior, en Latinoamérica evidencian, la relación entre las unidades de aprendizajes con la dimensión ambiental y plantean la necesidad de abordarla en las distintas carreras profesionales (Nieto-Caraveo y Salgado, 1999; Carbajal y Acevedo, 2014 y López-García, 2014;)

La Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro) como parte de ese sector, en su Modelo Educativo reivindica el respeto al medio ambiente, a través de su “Principio general de la Sustentabilidad”, y plantea que los temas transversales al ser contenidos relevantes, emergentes e integradores que enriquecen la experiencia de los estudiantes, deberán ser abordados en planes y programas de estudio a lo largo de toda la formación universitaria (UAGro, 2013).

Para el Comité Especializado para la Transversalización Curricular (CETC-UAGro<sup>1</sup>) la transversalidad es una manera de entender y atender los temas emergentes sociales, entre ellos: los ambientales, sociales, éticos, económicos, tecnológicos y culturales, tanto de los individuos como de la sociedad, no son disciplinares, se establecen a través de ejes que atraviesan el currículo de un plan de estudios y contribuyen a la formación integral del



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

estudiante, para que desarrolle competencias para analizar, criticar y mejorar la realidad de su contexto.

Otros atributos de la transversalidad curricular son mencionados por diversos autores, planteándolo como una estrategia: Para incorporar y adicionar a la función científica, la dimensión ética-moral (Muñoz, 2010). Dirigido al mejoramiento de la calidad educativa, buscando superar la fragmentación de las áreas de conocimiento, la aprehensión de valores y formación de actitudes (Magendzo, 2005). Cuyos objetivos dejan una puerta abierta a los nuevos problemas de relevancia social que vayan apareciendo (IRG, 2009). La transversalidad se presenta como el modelo más coherente con las características de la EA (González-Muñoz, 1996)

Este trabajo forma parte de una investigación doctoral, donde nos planteamos la siguiente interrogante, ¿El programa educativo de Contaduría y Administración es pertinente a las exigencias actuales del mercado e incorpora un enfoque ambiental y sus componentes en su perfil de egreso? estableciéndose como objetivo general: evaluar el nivel de transversalización del eje medio ambiente en dicho plan de estudios.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La Unidad Académica de Contaduría y Administración (UACA) forma parte de la oferta educativa de la UAGro; en 2011 rediseñó su plan de estudio de la Licenciatura en Contaduría, sustentado en el Enfoque Basado en Competencias (EBC) orientado a formar profesionistas con un perfil pertinente y congruente con las exigencias de un mundo cada vez más globalizado e interrelacionado.

El plan de estudios (PE) de la licenciatura en Contaduría está compuesto por 50 Unidades de Aprendizaje (UAp) de carácter obligatorio agrupadas en seis academias. La planta docente está compuesta por 68 profesores frente a grupo (Cuadro 1).

La investigación se basó en el método mixto (cualitativo-cuantitativo). Es una investigación descriptiva en la cual se retomó de la metodología propuesta por Aparicio *et al.* (2014) el instrumento diagnóstico sobre vinculación del eje transversal medio ambiente en el perfil de egreso o unidad de Aprendizaje. Dicho instrumento muestra el grado de vinculación de los componentes del eje medio ambiente, los cuales están sustentados en la



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

educación basada en competencias (EBC) y en los postulados de la educación integral (UAGro, 2013) y se integran por cuatro conocimientos, seis habilidades y cuatro actitudes y valores.

**Cuadro 1.** Unidades de aprendizaje y planta docente en licenciatura en Contaduría.

Academia	UAp	Docentes
1. Contabilidad General	23	37
2. Administración General	6	11
3. Informática	5	4
4. Métodos Cuantitativos	7	5
5. Socioeconómica Jurídica	7	7
6. Inglés	2	4
Total docentes	50	68

El diagnóstico consiste en una encuesta estructurada dirigida al coordinador de diseño curricular para identificar en qué grado se vinculan los componentes con el perfil de egreso del PE y para indicar en qué unidad de aprendizaje (UAp) están contemplados o es factible su incorporación.

El cuestionario en forma de test consta de 14 elementos que se contestan con 4 diferentes niveles de respuestas en la escala Likert desde muy vinculado hasta no se vincula y que toman valores de 1 a 4 puntos, redactado del siguiente modo: Conocimiento: Conoce los fundamentos y conceptos básicos sobre la biodiversidad (interrelación del aire, agua, suelo, flora, fauna silvestre y ecosistemas) y las respuestas esperadas fueron: muy vinculado (vale 3 puntos), parcialmente vinculado (vale 2 puntos), poco vinculado (vale 1 punto) y no se vincula (vale 0 puntos). La puntuación total obtenida al aplicar el instrumento de diagnóstico es calificada en función del índice de vinculación el cual es como sigue: muy vinculado (36 a 52 puntos), parcialmente vinculado (18 a 35 puntos), poco vinculado (1 a 17 puntos), y no se vincula (0 puntos). La entrevista se realizó en Acapulco, Gro., en septiembre de 2015, se aplicó al coordinador del currículo del PE de Contaduría y tuvo una duración de 2 h.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De los 14 componentes estructurados en conocimientos, habilidades y actitudes y valores ocho fueron calificados como no vinculados correspondiéndoles cero puntos, seis fueron calificados como poco vinculados correspondiéndoles un punto para cada uno. La puntuación total fue de 6 puntos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Vinculación de componentes del eje medio ambiente al PE.

Componente del eje medio ambiente	Puntos
Conocimientos	0
Habilidades	3
Actitudes y valores	3
Total de puntos	6

En función al índice de vinculación el resultado corresponde con el intervalo poco vinculado (1-17 puntos) lo cual muestra que para el coordinador de diseño curricular, los componentes del eje medio ambiente muestran poco grado de vinculación con el perfil de egreso del PE de contaduría, UAGro.

Con respecto a la pregunta en que unidad de aprendizaje están contemplados o es factible la incorporación de los componentes la propuesta fue de incorporar la EA como UAp optativa. Es preciso señalar que las respuestas del coordinador se sustentan sobre el currículo en general. Este resultado confirma la ausencia de la dimensión ambiental en el plan de estudio de la Licenciatura en Contaduría y deja de manifiesto que aun se encuentra fundamentado en una educación tradicional que privilegia el conocimiento técnico, teórico y metodológico.

Para Muñoz (2010) la incorporación del eje medio ambiente se justifica por la urgencia de los problemas y por la necesidad de propiciar desde la escuela una relación positiva y armónica entre el hombre y su medio.

El resultado denota que aun cuando se plantea que los temas transversales tales como: medio ambiente deben ser abordados en planes y programas de estudio no están siendo incorporados a lo largo de la formación de los estudiantes. Bravo (2012) indica que las instituciones de educación superior (IES), siempre se han considerado como una de las



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

principales que deberían de coadyuvar con la formación ambiental de los futuros ciudadanos, y recalca que es interesante saber en qué medida sus egresados, eventualmente, contribuirán a impulsar un determinado estilo de desarrollo, a partir de prácticas profesionales donde se inserten. Por lo tanto, para brindar solución a los problemas emergentes de la sociedad y buscar la formación integral de sus estudiantes, las instituciones educativas deben incorporar aprendizajes relacionados con su entorno (Lara *et al.*, 2010).

Los resultados anteriores cobran relevancia al ser comparados con otras investigaciones. Como la realizada por Aparicio *et al.* (2014) donde evaluaron con coordinadores de diseño curricular la presencia del eje medio ambiente en 12 PE de nivel superior de la UAGro., cinco resultaron muy vinculados, tres parcialmente, tres poco y uno no se vinculaba, mostrando que se requiere fortalecer la presencia del eje medio ambiente en los planes de estudio.

Bravo (2012) revisó 137 planes de estudio de 86 carreras de nivel licenciatura en la UNAM e identificó que solo en 46 carreras se incluía la dimensión ambiental.

En Bogotá, realizaron entrevistas a 11 directores de la carrera de contaduría pública de distintas universidades, para evaluar la presencia de la temática ambiental en PE, solo seis mostraron la presencia, los resultados indicaron la carencia de la temática ambiental lo que impide a estudiantes apropiarse de conceptos básicos sobre problemática ambiental y proponer soluciones globales (Poveda, 2011).

En 2009 se ejecutó un estudio en Argentina, de 68 PE de facultades de Ciencias Económicas (públicas y privadas) el resultado evidenció la ausencia del enfoque ambiental en la formación del Contador Público y su acotamiento a la óptica tradicional de enfoque económico-financiero (Fernández y Carrara, 2009).

A pesar de ser contextos diferentes (Modelos educativos diferentes al EBC) donde se realizaron las investigaciones mencionadas se aprecia la poca presencia de la dimensión ambiental en los planes de estudio. Sin embargo, un punto en común a la que hacen referencia es a la estrategia que se ha utilizado para incorporar el eje medio ambiente a los planes de estudio a través de una asignatura o materia, con contenido ambiental o de sustentabilidad, de carácter optativo, lo que no contribuye a modificar la orientación y alcance del curriculum. Los autores coinciden en que solo es posible la incorporación del enfoque a través de la articulación de las disciplinas.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Yus (1998) plantea organizar las unidades didácticas en torno a un tema de carácter disciplinar y/o de carácter transversal o bien como unidades didácticas dedicadas exclusivamente a un tema transversal, como estrategias para planificar y trabajar contenidos concretos de los temas transversales. Sin embargo recalca la necesidad de que exista cooperación entre docentes. Velásquez (2009) afirma al respecto que esta falta de participación de los docentes es una de las grandes dificultades para lograr la transversalización.

La participación de los docentes es vital para alcanzar la interdisciplinariedad. Para Salvador (2013) a través de la interdisciplinariedad los docentes de diferentes asignaturas aportan el conocimiento necesario para proponer y desarrollar proyectos que conduzcan a la solución de un problema concreto. También es importante la formación de los docentes para fortalecer sus enfoques pedagógicos, metodologías de enseñanza y sus conocimientos, habilidades y actitudes en temática ambiental y gestión de recursos naturales.

Argueta (2009) expone que los docentes tienen la responsabilidad de formar, en las nuevas generaciones, el compromiso social para dar respuesta coherente y precisa a los desafíos sociales que se presentan en la comunidad, el país y por ende la región.

Transversalizar el currículo en dirección a la sustentabilidad es la mejor forma de que el estudiante tenga una formación, con competencias, donde integre conocimientos, habilidades, valores y actitudes para enfrentar los problemas que aquejan a nuestro mundo y planeta en general.

### **CONCLUSIONES**

La evaluación del nivel de transversalización mostró que existe poca vinculación de los componentes del medio ambiente con el perfil de egreso y una ausencia de la dimensión ambiental en el currículo de la Licenciatura en Contaduría. La UAGro a pesar de reivindicar el respeto al medio ambiente y plantear que sea abordado como tema transversal en planes y programas de estudio, no lo ha incorporado en el diseño del currículo de la Licenciatura en Contaduría. La pertinencia de superar la visión superficial de lo ambiental mediante la capacitación a docentes en educación ambiental y transversalidad, queda en evidencia a través de la propuesta del coordinador de diseño curricular, acerca de incorporar una UAp de Educación Ambiental en el currículo de la Licenciatura en Contaduría. Por último es necesario el rediseño del plan de estudio de la licenciatura en contaduría de la UAGro para



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

incorporar el eje medio ambiente de manera transversal con estrategias de aprendizajes integradoras orientadas a una formación integral de los estudiantes.

### **AGRADECIMIENTOS**

Especial agradecimiento para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) al haberme otorgado la beca número 573403, con la que ha sido posible realizar este trabajo, que forma parte de una investigación doctoral que se encuentra en proceso (2015-2018). De igual manera un agradecimiento para los directivos y docentes de la Unidad Académica de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro) por la generosa ayuda brindada y las facilidades otorgadas.

### **LITERATURA CITADA**

- AECID. 2015. Guía de la AECID para la transversalización del medio ambiente y el cambio climático. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Madrid, España. 202 p.
- Aparicio, J. L., C. Rodríguez, y J. Beltrán. 2014. Metodología para la transversalidad del medio ambiente. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas* 3(Esp. 6): 1-20.
- Argueta, M. G. 2009. Ejes transversales en el currículo de la formación inicial de docentes. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, CECC/SICA. San José, Costa Rica. 152 p.
- Bravo, M. T. 2012. La UNAM y sus procesos de ambientalización curricular. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 17: 1119-1146.
- Carbajal, W. y C. Acevedo. 2014. Avances en la incorporación de la dimensión ambiental en la Universidad Señor de Sipán, Región Lambayeque. *In: Cárdenas, J. M. (ed.) V Foro Nacional Universidades, gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. Nuestro actuar frente al cambio climático. Tacna, Perú. pp. 38-39.*



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Fernández, L. E. y C. N. Carrara. 2009. Enfoque socio-ambiental en la formación del Contador Público. *Revista Visión del Futuro* 6 (Esp. 2): 1-15.
- González, M. del C. 1996. Principales tendencias y modelos de la educación ambiental en el sistema escolar. *Revista Iberoamericana de Educación* 11: 13-74
- IRG. 2009. Guía para transversalizar el eje ambiental en las carreras del nivel de educación superior de Honduras. International Resources Group. Honduras. 29 p.
- Lara, J. D., A. Fernández., S. Silva y R. Pérez. 2010. Representación social de las causas de los problemas ambientales. El caso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *Trayectorias* 12 (Esp. 30): 40-55.
- López, M. 2014. Incorporación de la dimensión ambiental en la Universidad César Vallejo. *In: Cárdenas, J. M. (ed.) V Foro Nacional Universidades, gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. Nuestro actuar frente al cambio climático.* Tacna, Perú. pp. 6-11.
- Magendzo, A. 2005. Currículo y transversalidad una reflexión desde la práctica. *Revista Internacional Magisterio* 16: 28-33.
- Muñoz, V. J. M. 2010. La educación ambiental como eje transversal en el currículo. *Revista Innovación y Experiencias Educativas* 29: 1-9.
- Nieto-Caraveo, L. M. y B. Salvador. 1999. La Preocupación ambiental en los planes de estudio de la UASLP. *Revista Universitarios* 6: 1-10.
- PNUMA. 2012. GEO5. Perspectivas del medio ambiente mundial. Resumen para responsables de políticas. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenia. 21 p.
- Poveda, D. M. 2011. ¿Cómo debe ajustarse la formación del Contador Público de la Pontificia Universidad Javeriana para hacer frente a la crisis ambiental y responder a la dinámica de cambios permanentes? Tesis de Licenciatura en Contaduría Pública, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 84 p.
- Salvador, M. 2013. ¿Es importante la transversalidad ambiental en los planes curriculares? *Revista Desarrollo Local Sostenible* 6: 1-9.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Tello, B. y A. Pardo. 1996. Presencia de la educación ambiental en el nivel medio de la enseñanza de los países iberoamericanos Revista Iberoamericana de Educación 11: 113-151.
- UAGro. 2011. Programa educativo de licenciatura en contaduría. Plan de Estudio 2011. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero, México. 127 p.
- UAGro. 2013. Modelo educativo. Hacia una educación de calidad con inclusión social. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero, México. 92 p.
- Velásquez, J. A. 2009. La transversalidad como posibilidad curricular desde la educación ambiental. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos 5: 29-44.
- WWF. 2014. Informe planeta vivo 2014: Resumen. World Wild Fund for Nature. Cali, Colombia. 35 p.
- Yus, R. 1998. Temas transversales: hacia una nueva escuela. Grao. Barcelona, España. 218 p.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**HUELLA HÍDRICA EN EXPLOTACIÓN COMERCIAL DE HUEVO EN  
CHIHUAHUA**

**[WATER FOOTPRINT IN COMMERCIAL EGG FARM IN CHIHUAHUA]**

**Yair Palma Rosas<sup>§</sup>, Rey Manuel Quintana Martínez, José Roberto Espinoza Prieto, Eduardo Santellano Estrada**

Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Perif. Fco.R. Almada km.1 Chihuahua, Chih. Méx. rquintan@uach.mx, jespinoza@uach.mx, esantellano@gmail.com. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (ypalma@uach.mx).

**RESUMEN**

La huella hídrica de una persona, empresa o país es el volumen de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios consumidos por lo que es un indicador que permite relacionar el consumo de agua dulce con los recursos hídricos existentes. El objetivo del estudio fue determinar la huella hídrica en un sistema de producción avícola de aves de postura. Para la determinación de la huella hídrica se midió agua consumida por el ave y la requerida para producir cada ingrediente de las dos dietas utilizadas. En la dieta de harina de carne, la huella hídrica es 4,529 L de agua para el ciclo productivo de 80 semanas. Con la dieta de pasta de soya, la huella hídrica es de 2,403 L para el mismo ciclo. Estos valores representan una huella hídrica por pieza de huevo de 272 L con la primera dieta y 125 L con la segunda; mientras que la huella hídrica promedio mundial es de 196 L. Por lo que se concluye, las dietas sin productos de origen animal reducen la huella hídrica, ya que a nivel mundial la harina de carne presenta un valor alto de huella hídrica en comparación con la pasta de soya, la cual se disminuye hasta 35 %, lo que ayuda a tener mayor responsabilidad con el medio ambiente.

**Palabras clave:** *Consumo, agua virtual, producción.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The water footprint of a person, company, or country is the total volume of fresh water that is used to produce goods and services consumed. An indicator relates consumption of fresh water with existing water resources. The objective of the study was to determine the water footprint in a poultry production system laying hens. For the determination of the water footprint was measured consumed water by the bird and that required to produce each ingredient of the two diets used. In the diet of corn and meat meal, the water footprint is 4,529 L of water for the production cycle of 80 weeks. With soybean meal diet, the water footprint is 2,403 L for the same cycle. These values represent a water footprint egg per piece 272 L with the first diet and 125 L with the second. While the global average Water Footprint is 196 L. In concludes that the diet without animal products reduces water footprint, worldwide meat meal present a very high value of water footprint compared to soybean meal, which is decreased to 35%, which helps to have more responsibility to the environment.

**Index words:** *Consumption, virtual water, production.*

### **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas, la población mundial ha estado en aumento por lo tanto el consumo de agua ha crecido de siete a nueve veces (UNESCO, 2009). Se estima que para el año 2025 aproximadamente 1,800 millones de personas vivirán en zonas de absoluta escasez de agua. Con el aumento de la población, el cambio de los patrones de consumo y las presiones adicionales ejercidas por el cambio climático, se prevé que habrá mayores dificultades para satisfacer la demanda de agua (UNESCO, 2009). Ante este pronóstico es urgente conocer con precisión los consumos de agua, especialmente en empresas y negocios agropecuarios. Así estos podrán emprender actividades para minimizar riesgos para el negocio y asegurar la sostenibilidad ambiental, económica y social del mismo. La huella hídrica de una persona, empresa o país es el volumen de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios consumidos por lo que es un indicador que permite relacionar el consumo de agua dulce con los recursos hídricos existentes (Aldaya, 2010).

Es considerado un indicador para medir el estado de los recursos naturales. En México, el huevo sigue siendo la proteína de origen animal más accesible para la alimentación humana y de las de mayor valor nutricional. Existe poca información e investigación en el uso del



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

agua para la producción de este alimento en México; sin embargo, recientes estudios mencionan que se necesitan 196 L de agua para la producción de un huevo y 3,265 L para un kg (Hoekstra, 2011a). El objetivo del presente estudio fue determinar huella hídrica en un sistema de producción avícola de aves de postura.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se realizó en la Granja Avícola Sacramento, ubicada en la localidad de El Sauz, Municipio de Chihuahua, Chih. México. La granja se encuentra a 1581 msnm, entre las coordenadas geográficas 106° 14' 02" longitud O. y 28° 54' 0.4" latitud N. Las aves del estudio fueron una parvada de 30,334 aves de postura de la línea genética LOHMANN LSL-LITE. Entre los parámetros productivos que se manejaron en la línea genética de esta ave fue de una relación 2 a 1. Esto significa que, el ave debe beber el doble de agua en relación al consumo de alimento. Una variación en este parámetro representa estrés, menor conversión alimenticia y una reducción en la postura.

#### **Variables consideradas**

Para la determinación de la huella hídrica se midió consumo de agua de la parvada y por ave, producción de huevo de la parvada, edad en semanas del ave, consumo de alimento por ave, conversión alimenticia, y ración del ave con base a proteína animal (harina de carne) y proteína vegetal (pasta de soya).

Para el cálculo del consumo de agua directo de las aves se determinó semanalmente, mediante la lectura del medidor del registro del agua bebida por la parvada y dividiéndola entre el número de aves de la parvada.

Para el cálculo de la huella hídrica en la producción de un kilogramo de huevo se utilizó el siguiente modelo matemático.

$$HH_H = (HH_V + HH_A + HH_G) / TH_P,$$

donde:

$HH_H$  = huella hídrica del sistema producto huevo



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

HH<sub>V</sub> = huella hídrica verde

HH<sub>A</sub> = huella hídrica azul

HH<sub>G</sub> = huella hídrica gris

TH<sub>P</sub> = total de huevo producido

El modelo se derivó de la huella hídrica directa e indirecta de la siguiente manera:

$$HH_H = ((HHD_V + HHD_A + HHD_G) + (HHI_V + HHI_A + HHI_G)) / TH_P,$$

donde:

HHD<sub>V</sub> = huella hídrica directa verde

HHD<sub>A</sub> = huella hídrica directa azul

HHD<sub>G</sub> = huella hídrica directa gris

HHI<sub>V</sub> = huella hídrica indirecta verde

HHI<sub>A</sub> = huella hídrica indirecta azul

HHI<sub>G</sub> = huella hídrica indirecta gris

TH<sub>P</sub> = total de huevo producido

Para estimar la huella hídrica verde (HH<sub>V</sub>) se utilizó el siguiente modelo

$$HH_V = (HH_{MV} + HH_{SYV} + HH_{HCV} + HH_{XV}),$$

donde:

HH<sub>MV</sub>: huella hídrica del maíz = (HH<sub>μVM</sub>) (% contenido en la ración)

HH<sub>μVM</sub>: huella hídrica verde media mundial del maíz



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

$HH_{SYV}$ : huella hídrica pasta de soya =  $(HH_{\mu VSY})$  (% contenido en la ración)

$HH_{\mu VSY}$ : huella hídrica verde media mundial de la pasta de soya

$HH_{HCV}$ : huella hídrica harina de carne =  $(HH_{\mu VHC})$  (% contenido en la ración)

$HH_{\mu VHC}$ : huella hídrica verde media mundial harina de carne

$HH_{XV}$ : huella hídrica otros ingredientes de la ración =  $(HH_{\mu VX})$  (% contenido en la ración)

$HH_{\mu VX}$ : huella hídrica verde media mundial de otros ingredientes en la ración

Para estimar la huella hídrica azul ( $HH_A$ ) se utilizó el siguiente modelo:

$$HH_A = (HH_{MA} + HH_{SYA} + HH_{HCA} + HH_{XA}),$$

donde:

$HH_{MA}$ : huella hídrica del maíz =  $(HH_{\mu AM})$  (% contenido en la ración) + (consumo del ave al mes)

$HH_{\mu AM}$ : huella hídrica azul media mundial del maíz

$HH_{SYA}$ : huella hídrica pasta de soya =  $(HH_{\mu ASY})$  (% contenido en la ración) + (consumo del ave al mes)

$HH_{\mu ASY}$ : huella hídrica azul media mundial de la pasta de soya)

$HH_{HCA}$ : huella hídrica harina de carne =  $(HH_{\mu AHC})$  (% contenido en la ración) + (consumo del ave al mes)

$HH_{\mu AHC}$ : huella hídrica azul media mundial harina de carne.

$HH_{XA}$ : huella hídrica otros ingredientes de la ración =  $(HH_{\mu AX})$  (% contenido en la ración) + (consumo del ave al mes)



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

$HH_{\mu AX}$ : huella hídrica azul media mundial de otros ingredientes en la ración.

Para estimar la huella hídrica gris ( $HH_G$ ) se utilizó el siguiente modelo:

$$HH_G = (HH_{MG} + HH_{SYG} + HH_{HCG} + HH_{XG}),$$

donde:

$HH_{MG}$ : huella hídrica del maíz = ( $HH_{\mu GM}$ ) (% contenido en la ración) + (agua contaminada)

$HH_{\mu GM}$ : huella hídrica gris media mundial del maíz.

$HH_{SYG}$ : huella hídrica pasta de soya = ( $HH_{\mu GSY}$ ) (% contenido en la ración) + (agua contaminada)

$HH_{\mu GSY}$ : huella hídrica gris media mundial de la pasta de soya.

$HH_{HCG}$ : huella hídrica harina de carne = ( $HH_{\mu GHC}$ ) (% contenido en la ración) + (agua contaminada)

$HH_{\mu GHC}$ : huella hídrica gris media mundial harina de carne.

$HH_{XG}$ : huella hídrica otros ingredientes de la ración = ( $HH_{\mu GX}$ ) (% contenido en la ración) + (agua contaminada)

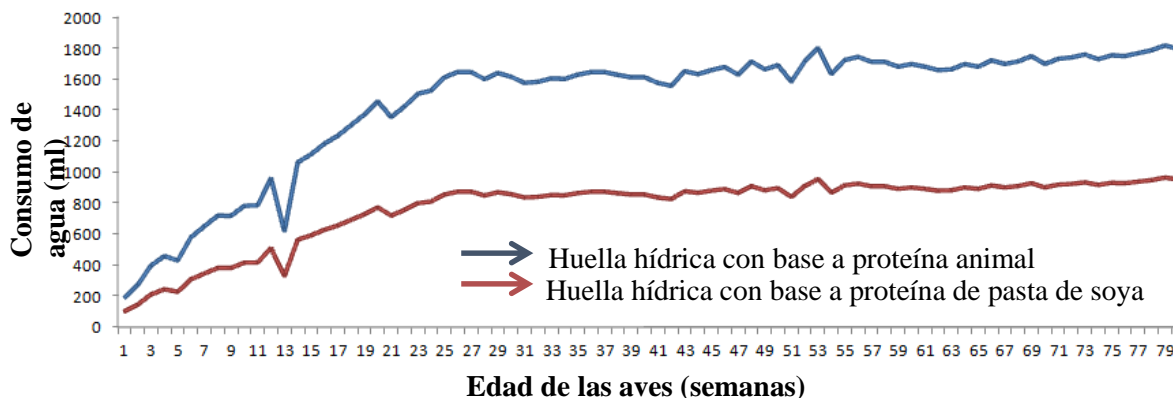
$HH_{\mu GX}$ : huella hídrica gris media mundial de otros ingredientes en la ración.

Las huellas hídricas directas que se determinaron para el estudio corresponden a las asociadas al consumo de agua semanal del ave y al empleado para las labores de limpieza; por lo que únicamente corresponden al concepto de huella hídrica azul. En el caso de la huella hídrica indirecta utilizada en el cálculo de la huella hídrica verde, se tomó el estándar mundial reportado por (Hoekstra, 2011a). La cual está en función de la cantidad de alimento que consumieron las aves durante todo el ciclo productivo.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 1.** Huella hídrica, con base a dos dietas del ave de postura en las 80 semanas en producción en la granja avícola Sacramento, Chihuahua.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de agua promedio del ave de postura de un día de edad hasta la semana 19 fue de 11.02 L; media semanal de 580 mL y diaria de 90 mL. En el periodo de postura de la semana 20 hasta la 80 se registró un consumo acumulado de agua por ave de 94.54 L; media semanal por ave de 1.55 L y diario de 230 mL. Por lo que el consumo del ave durante todo su ciclo productivo de las 80 semanas de edad fue de 105.56 L de agua.

El consumo de alimento balanceado en el periodo de crianza y desarrollo de un día de edad hasta la semana 19 fue de 6.051 kg por ave, con un consumo semanal de 320 g por ave y diario de 50 g. En el periodo de postura el consumo acumulado fue de 41.314 kg por ave; media semanal de 677 g y diario de 97 g. Por lo que el consumo del ave durante todo su ciclo productivo de las 80 semanas de edad fue 47.365 kg (Chapagain y Hoekstra, 2011).

La producción acumulada de huevo fue de 25.62 kg. Se estimó un índice de conversión alimenticia de 1.848 kg de alimento por un kg de huevo. La cantidad del agua de bebida del ave durante las 80 semana fue de 105.56 L.

La huella hídrica directa por ave fue de 4.12 L por kg de huevo producido. En el caso de la huella hídrica verde registrada por el concepto de la alimentación; se determinó que para las 80 semanas del ciclo productivo del ave fue de 4,529 L tomando en cuenta una



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

formulación de la dieta que la granja actualmente utiliza, la cual está compuesta de ingredientes con base a maíz y harina de carne, principalmente con un contenido de proteína mínimo del 17 %. En el caso de manejar una dieta sin incluir una proteína de origen animal en la formulación, únicamente con base a pasta de soya u otra oleaginosa, la huella hídrica disminuye a 2 ,403 L respectivamente por lo que en estudios anteriores la pasta de soya a nivel mundial reportada es mucho menor que la harina de carne de bovino (Hoekstra, 2011a). Se obtuvo una huella hídrica mayor a la media mundial registrada (Hoekstra, 2011b).

### **CONCLUSIONES**

Con base en la formulación tradicional por el productor durante el ciclo en producción de las aves de postura, únicamente por concepto de la alimentación y del agua consumida directamente, se consideró una formulación de la dieta la cual incluyo proteína de origen animal de harina de carne de bovino y vegetal de pasta de soya. El incluir en la ración del ave de postura la proteína de origen animal de bovino incrementa notablemente el registro de la huella hídrica para la producción de huevo. Esto debido a que este ingrediente por sí solo presenta a nivel mundial un valor alto, por lo que sí se modifica la dieta del ave de postura, y se sustituye la harina de carne por harina de pasta de soya u otra oleaginosa reduce la huella hídrica. Por lo anterior se necesita empezar a realizar más trabajo de investigación conjuntamente con los productores para obtener la huella hídrica de los principales sistema producto de cada región, junto con los insumos agropecuarios en forma conjunta con una cultura sostenible del agua.

### **LITERATURA CITADA**

- Aldaya. M. M. 2010. Huella hídrica y comercio de agua virtual en España. CRC Press Leiden. Países Bajos. pp. 49-59.
- Chapagain, A. K. and A.Y. Hoekstra. 2011. The impact of the uk’s food and fibre consumption on global water resources. World Wildlife Fund. 1:48-52.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

CONAGUA. 2010. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. En: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2010.pdf>. Consultado 13/11/2016.

Hoekstra, A. Y. 2011a. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecological Economics* 70:749-758.

Hoekstra, A. Y. 2011b. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Londres: Earthscan. *Ecological Economics*. 60:186-203.

UNESCO. 2009. Boletín de agua de la UNESCO N° 212: La huella hídrica. En: [http://www.unesco.org/water/news/newsletter/212\\_es.shtml#know](http://www.unesco.org/water/news/newsletter/212_es.shtml#know). (Consultado 4/10/2011).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**MUSGOS CULTIVADOS, INDICADORES AMBIENTALES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

**[CULTURED MOSSES, ENVIRONMENTAL INDICATORS OF AIR POLLUTION]**

**María de los Ángeles García-Chávez<sup>1§</sup>, Ana Marcela Gómez-Hinojos<sup>2</sup>, Nelson Avonce-Vergara<sup>3</sup>, Graciela Zarazúa-Ortega<sup>4</sup>, Carlos Eduardo Barrera-Díaz<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de posgrado de la Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Toluca, México. <sup>2</sup>Profesor Investigador-FaPUR-UAEMéx, Toluca, México. <sup>3</sup>Profesor Investigador-CIDC-UAEM, Cuernavaca, México. <sup>4</sup>Investigador-ININ, Toluca, México. <sup>5</sup>Profesor Investigador-FQ-UAEMéx, Toluca, México. ange\_magch@hotmail.com<sup>1</sup> nicemarcelagomez@yahoo.com.mx<sup>2</sup> nelson.avonce@uaem.mx<sup>3</sup> graciela.zarazua@inin.gob.mx<sup>4</sup> cbd0044@gmail.com<sup>5</sup>. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (ange\_magch@hotmail.com).

**RESUMEN**

Los musgos han demostrado ser muy útiles como bioindicadores de la contaminación del aire. El presente trabajo representa una alternativa a los tipos de monitoreo tradicionales (pasivo y activo), ya que propone evitar la extracción del musgo nativo de los sitios de monitoreo; en su lugar plantea el cultivo *in vitro* del musgo y su posterior exposición en los sitios de monitoreo. El protocolo incluye la identificación de la especie, obtención del esporofito con la cápsula cerrada, la esterilización de la cápsula de esporas con una solución de NaClO. Posteriormente la cápsula se rompe y se liberan las esporas en agua estéril, para ser dispersadas en medio BCD para su cultivo. La incubación de las esporas ocurre a temperatura e intensidad de luz controlada, condiciones que se mantienen constantes hasta que la planta produce gametofitos. Por este método se asegura la obtención de musgo no contaminado para su posterior exposición a la contaminación atmosférica. El biomonitoreo resulta ser un método relativamente económico y fácil de implementar, por lo que es una alternativa viable para ser desarrollada en lugares en donde no se cuente con la infraestructura para monitorear la calidad del aire.

**Palabras clave:** *Bioindicador, biomonitoreo, calidad del aire, cultivo in vitro.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Mosses have been proven as a highly useful bioindicators for air pollution monitoring. This work describes an alternative to the traditional monitoring strategies (passive and active) as it proposes to avoid the extraction of native communities of mosses from the monitoring areas. Instead, it aims the *in vitro* cultivation of the moss species and its subsequent exposition at monitoring areas. This protocol involves the identification of the species, obtainment of sporophytes containing closed spore capsules, sterilization of the capsules using NaClO. Sterilized capsules are broken in sterilized water to release the spores which are spread on BCD media containing plates. Plates containing spores are incubated at controlled conditions (temperature and light intensity) till the gametophyte phase occurs. The use of this methodology assures the obtención of unpolluted plant material to be eventually exposed to pollutants. Biomonitoring is a relatively inexpensive and easy method to implement, therefore it represents a viable alternative to be used in places where there is no infrastructure for monitoring air pollution.

**Index words:** *Air quality, bioindicator, biomonitoring, in vitro cultured.*

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación atmosférica se ha asociado a diversas enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Pan *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2015). Es por ello que hoy en día la calidad del aire es un tema de gran interés, tanto en el aspecto ambiental como de salud (Zarazúa *et al.*, 2013). Sin embargo, el monitoreo convencional de los contaminantes atmosféricos no siempre es posible debido a los costos generados por la adquisición y mantenimiento de los equipos tecnológicos necesarios (Ares *et al.*, 2012; Barandovski *et al.*, 2015). Para contrarrestar esta situación, se tiene como alternativa el uso de organismos biológicos como biomonitores de los contaminantes (Malizia *et al.*, 2012; Salo, 2014; Stankovic *et al.*, 2014).

Los musgos han demostrado ser buenos bioindicadores de la contaminación del aire (Qarri *et al.*, 2014; Salo, 2014; Zepeda *et al.*, 2014) y desde hace varios años se han empleado en estudios para evaluar la calidad del aire (De Nicola *et al.*, 2013; Salo y Mäkinen, 2014; Vuković *et al.*, 2015), ya sea mediante biomonitoreo pasivo o activo. En el primer caso el musgo se colecta directamente en el sitio de muestreo y se procede a analizarlo; en el



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

segundo el musgo es retirado del hábitat natural para ser trasplantado a los sitios de monitoreo durante cierto tiempo, posteriormente es retirado y analizado (Ares *et al.*, 2012; Boquete *et al.*, 2013).

En la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), se han llevado a cabo estudios sobre biomonitoreo atmosférico con musgos (Zarazúa *et al.*, 2013), complementados con estudios de la distribución y abundancia de las especies de musgos nativos (Zepeda *et al.*, 2014). Estos estudios han demostrado que las especies *Fabronia ciliaris* y *Leskea angustata* cumplen con las características deseables en los organismos bioacumuladores de metales y por lo tanto buenos bioindicadores de la contaminación del aire. Estas dos especies también resultaron ser de las más abundantes en la ZMVT. De acuerdo a lo anterior se eligieron estas dos especies para realizar el cultivo.

Si bien el biomonitoreo activo es un método relativamente económico y fácil de implementar, hay varios estudios que demuestran que al ser retirada gran cantidad de musgo de su hábitat natural, se altera el equilibrio ecológico de dicha zona (Tacoronte *et al.* 2009; Ares *et al.*, 2012; Barandovski *et al.*, 2015), Una alternativa que se presenta para esta situación es precisamente el cultivo de musgos *in vitro*.

El objetivo de este trabajo fue cultivar *in vitro* las especies de musgo *Fabronia ciliaris* y *Leskea angustata*, así como el musgo modelo *Physcomitrella patens*, observando de forma cualitativa su crecimiento. Tomando como base los requerimientos empleados para el cultivo de esta especie. La hipótesis de trabajo propone que el musgo obtenido del cultivo esté libre de contaminantes y al ser expuesto en el lugar contaminado, permita obtener los niveles de contaminación del lugar a monitorear y relacionar éstos valores con el tiempo de exposición.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Fase de campo**

La recolección del musgo de las especies *Fabronia ciliaris* y de *Leskea angustata* se llevó a cabo en el Municipio de Ocoyoacac, Estado de México, dentro del área perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, en el mes de septiembre de 2015. Se recolectó únicamente aquel musgo que contara con la presencia de esporofitos, las muestras se colocaron en recipientes de plástico para posteriormente ser identificadas y extraer los



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

esporofitos. Las esporas de *Physcomitrella patens* se obtuvieron del laboratorio de Biotecnología Vegetal del Centro de Investigación en Dinámica Celular de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

#### **Cultivo a partir de esporas**

Con la ayuda de un microscopio estereoscópico y pinzas con punta, se extrajeron las cápsulas de esporas de cada una de las especies: *Fabronia ciliaris* y *Leskea angustata*; enseguida las cápsulas del esporofito fueron separadas de sus setas cuidadosamente para posteriormente esterilizarlos e iniciar el cultivo.

Las cápsulas de las tres especies de musgos se esterilizaron con el fin de eliminar agentes contaminantes. Las cápsulas se colocaron en una solución de NaClO al 1%; tres de ellas (una de cada especie) se dejaron en la solución durante 5 min. Enseguida fueron lavadas varias veces con agua destilada estéril para eliminar restos del NaClO.

Una vez que las cápsulas se esterilizaron, cada una se colocó en aproximadamente 100  $\mu$ L de agua estéril, donde se rompieron utilizando una punta de micropipeta para liberar las esporas, posteriormente se agregaron 900  $\mu$ L más de agua estéril. Finalmente esta solución se dispersó varias cajas Petri previamente preparadas con el medio de cultivo BCD (Cove *et al.*, 2009) y cubiertas con papel celofán.

Las cajas Petri se sellaron con Parafilm y cinta micropore y se colocaron dentro de una incubadora para cultivo de tejidos. Los cultivos se incubaron durante tres meses a 25 °C, con una iluminación en fotoperiodos de 16 h y 8 h oscuridad, con una intensidad de entre 5 y 20  $W m^{-2}$  (Cove *et al.*, 2005).

#### **Cultivo a partir de tejido**

Después de los tres meses de incubación de los musgos en cajas Petri, el tejido de musgo se colocó en un tubo de plástico con 15 mL de agua estéril y se fragmentó utilizando un molino para tejidos; la mezcla fue vertida en frascos de vidrio de 145  $cm^3$  que contenían Turba Jiffy® hidratadas y esterilizadas. Posteriormente se colocó su tapa plástica y la unión del frasco tapa se selló con Parafilm, para ser incubados durante un mes bajo las mismas condiciones de temperatura, humedad y luz, mencionadas anteriormente. Observando únicamente su crecimiento sin medir variables o parámetros.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El cultivo de *Physcomitrella patens* reportado por Cove et al., 2009, sirvió de base para el proceso realizado a las especies *Fabronia ciliaris* y *Leskea angustata*, ya que no se contaba con referencias al respecto de su cultivo *in vitro*.

El cloronema de los musgos presenta un crecimiento lento, sin embargo, el caulonema crece a una velocidad mayor que el cloronema (Cove et al., 2006). En *Physcomitrella patens* la velocidad de elongación de las células apicales del cloronema es de 2 a 5  $\mu\text{m h}^{-1}$ , (Cove, 2005), mientras que las células apicales del caulonema se extienden a una velocidad de 25 a 40  $\mu\text{m h}^{-1}$ . La tasa de crecimiento del cloronema y del caulonema para *Fabronia ciliaris* y *Leskea angustata* es mucho menor que el de *Physcomitrella patens*. Durante el cultivo, respecto a *Fabronia ciliaris*, se observa un crecimiento mucho más lento que el de *Physcomitrella patens*, lo cual se atribuye principalmente a características propias de la especie y quizás en parte a que el medio de cultivo empleado está optimizado para dicha especie y no para *Fabronia ciliaris*.

### **Cultivo a partir de esporas**

La germinación de *Fabronia ciliaris* y *Physcomitrella patens* resultó exitosa, ya que la gran mayoría de las esporas germinaron y se desarrollaron en plantas independientes. Aunque las esporas de *Leskea angustata*, germinaron, éstas no continuaron su desarrollo y en algunos casos encontramos problemas de contaminación. Cabe resaltar que el cultivo de *L. angustata* se logró establecer en el laboratorio al germinar las esporas directamente sobre el sustrato de Jiffys®, aunque su crecimiento fue cualitativamente mucho más lento que el de *P.patens*.

Respecto a *Fabronia ciliaris*, se observa un crecimiento mucho más lento que el de *Physcomitrella patens*, lo cual se atribuye principalmente a características propias de la especie y quizás en parte a que el medio de cultivo empleado está optimizado para dicha especie y no para *Fabronia ciliaris*.

### **Cultivo a partir de tejido**

Por otro lado, al realizar el cultivo en el sustrato de la Jiffy® a partir del tejido, se observó que *F. ciliaris* presentó un crecimiento más acelerado que sobre medio BCD, sin embargo este crecimiento continúa siendo mucho más lento que el observado para *Physcomitrella patens*.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

A partir de este método se aseguró la obtención de cultivos asépticos *in vitro* de musgo para su posterior exposición al ambiente, y ser utilizado como biomonitor de la contaminación atmosférica, permitiendo determinar la acumulación de contaminantes en un periodo determinado de exposición del musgo. Se sugiere continuar con el cultivo del musgo a partir de tejido, ya que su crecimiento es más rápido.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Luis Cárdenas por permitirnos utilizar las instalaciones del laboratorio de Biotecnología de la UNAM, así como al Dr. Pedro Ávila Pérez por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

## **LITERATURA CITADA**

- Ares, A., J. R. Aboal, A. Carballeira, S. Giordano, P. Adamo and J. A. Fernández. 2012. Moss bag biomonitoring: a methodological review. *The Science of the Total Environment* 432:143-58.
- Barandovski, L., M. Frontasyeva, T. Stafilov, R. Sajn and T. Ostrovnaya. 2015. Multi-element atmospheric deposition in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique. *Environmental Science and Pollution Research* 22:16077-16097.
- Boquete, M., J. Fernández, A. Carballeira and J. Aboal. 2013. Assessing the tolerance of the terrestrial moss *Pseudoscleropodium purum* to high levels of atmospheric heavy metals: A reciprocal transplant study. *Science of the Total Environment* 461-462: 552-559.
- Cove D. 2005. The moss *Physcomitrella patens*. *Annual Reviews Genetic* 39: 339-358
- Cove D, M. Bezanilla, P. Harries and R. Quatrano. 2006. Mosses as Model Systems for the Study of Metabolism and Development. *The Annual Review of Plant Biology* 57:497-520



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Cove, D. J., P. Pierre-Francois, C. Audra, S. F. McDaniel, A. Khandelwal and R. S. Quatrano. 2009. Culturing the moss *Physcomitrella patens*. Cold Spring Harbor Protocols 4: 1-6.
- De Nicola, F., F. Murena, M. Costagliola, A. Alfani, D. Baldantoni, M. Prati, L. Sessa, V. Spagnuolo and S. Giordano. 2013. A multi-approach monitoring of particulate matter, metals and PAHs in an urban street canyon. Environmental Science and Pollution Research 20:4969–4979.
- Malizia, D., A. Giuliano, G. Ortaggi and A. Masotti. 2012. Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil. Chemistry Central Journal 6: S6.
- Pan, Y., S. Tian, X. Li, Y. Sun, Y. Li, G. Wentworth and Y. Wang. 2015. Trace elements in particulate matter from metropolitan regions of Northern China: Sources, concentrations and size distributions. Science of the Total Environment 537: 9-22.
- Qarri, F., P. Lazo, L. Bekteshi, T. Stafilov, M. Frontasyeva and H. Harmens. 2014. The effect of sampling scheme in the survey of atmospheric deposition of heavy metals in Albania by using moss biomonitoring. Environmental Science and Pollution Research 22:2258–2271.
- Salo, H. 2014. Preliminary comparison of the suitability of three sampling materials to air pollution monitoring. Fennia, 192: 154-163.
- Salo, H. and J. Mâkinen. 2014. Magnetic biomonitoring by moss bags for industry-derived air pollution in SW Finland. Atmospheric environment 97:19-27.
- Stankovic, S., P. Kalaba and A. Stankovic. 2014. Biota as toxic metal indicators. Environmental Chemistry Letters 12:63-84.
- Tacoronte, M., Y. León, A. Olivo and M. Vielma. 2009. Crecimiento in vitro de musgos del bosque nublado andino de Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana 24:69–89.
- Vuković, G., M. Anicic, M. Tomasevic, R. Samson and A. Popovic. 2015. Biomagnetic monitoring of urban air pollution using moss bags (*Sphagnum girgensohnii*). Ecological Indicators 52:40-47.
- Yang, Y., L. Liu, L. Guo, Y. Lv, G. Zhang, J. Lei, W. Liu, Y. Xiong and H. Wen. 2015. Seasonal concentrations, contamination levels, and health risk assessment of arsenic and heavy metals



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

in the suspended particulate matter from an urban household environment in a metropolitan city, Beijing, China. *Environmental Monitoring and Assessment* 187: 409-423.

Zarazúa-Ortega, G., J. Poblano-Bata, S. Tejeda-Vega, P. Ávila-Pérez, C. Zepeda-Gómez, H. Ortiz-Oliveros and G. Macedo-Miranda. 2013. Assessment of Spatial Variability of Heavy Metals in Metropolitan Zone of Toluca Valley, Mexico, Using the Biomonitoring Technique in Mosses and TXRF Analysis. *The Scientific World Journal*, 2013: 426-492.

Zepeda-Gómez, C., P. Ávila-Pérez, U. Díaz-García, Y. Alanís-Martínez, G. Zarazúa-Ortega and A. Amaya-Chávez. 2014. Diversidad de musgos epifitos de la zona metropolitana del valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 108-124.

Zhang, J., L. Sun, O. Barrett, S. Bertazzon, F. Underwood and M. Johnson. 2015. Development of land-use regression models for metals associated with airborne particulate matter in a North American city. *Atmospheric Environment* 106: 165-177.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO  
SOBRE LA DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS EN SUELOS  
CONTAMINADOS CON PETRÓLEO**

**[EFFECT OF THE ADDITION OF DIFFERENT SOURCES OF NITROGEN ON  
OIL DEGRADATION IN SOIL CONTAMINATED WITH OIL]**

**Julio Grijalva Avila<sup>1§</sup>, Javier López Miranda<sup>2</sup>, Ignacio Villanueva Fierro<sup>4</sup>, Sandra Martínez Estrada<sup>1</sup>,  
Gerardo Grijalva Avila<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de doctorado del Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Durango. <sup>4</sup>Profesor-investigador del Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Durango. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., México, 34220. <sup>4</sup>profesor-investigador, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Durango. Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya, Durango, Dgo. México, 34080. <sup>3</sup>profesor-investigador Universidad Politecnica de Durango, UNIPOLI, carretera Durango-México Km 9.5 Dgo. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jcgrijalva69@gmail.com).

**RESUMEN**

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la fuente de nitrógeno y la relación C/N/P sobre la disminución de la concentración de hidrocarburos de petróleo presentes en suelo contaminado. Se utilizó la técnica de bioestimulación en microcosmos para evaluar los tratamientos al suelo contaminado con hidrocarburos. El suelo contaminado se distribuyó en 18 unidades experimentales por duplicado, seis de ellas fueron tratadas con nitrato de amonio, seis con sulfato de amonio y seis más con urea. La duración de los tratamientos fue de 30 días. La eficiencia de los tratamientos se determinó mediante la cuantificación de hidrocarburos totales residuales de petróleo. Se obtuvo un 30.84% de remoción de hidrocarburos totales de petróleo con el tratamiento de urea con la relación C/N/P de 100/13/1, mientras que con el tratamiento con sulfato de amonio la mayor remoción, 10.30%, se presentó con una relación de C/N/P de 100/15/1. En el tratamiento con nitrato de amonio la mejor remediación, 8.58%, se presentó con la relación C/N/P de 100/7/1. Se concluyó que la adición de urea, facilitó el proceso de degradación de hidrocarburos en suelos contaminados con petróleo. La urea provoca una mejor remoción de hidrocarburos que el sulfato de amonio y nitrato de amonio.

**Palabras clave:** *Biorremediación, contaminantes, nitrógeno, remediación.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The aim of the current study was to evaluate the effect of the nitrogen source and the C/N/P proportion over the reduction of the concentration of petroleum hydrocarbons present in contaminated soil. The technique of Biostimulation in microcosm was used to evaluate the treatments for soil contaminated with petroleum hydrocarbons. The contaminated soil was distributed in 36 experimental units; six of them were treated with ammonium nitrate, six with ammonium sulfate and six more with urea. The evaluation was carried out during one month. The treatment efficiency was determined by quantification of total residual petroleum hydrocarbons. A 30.84% of removal of total petroleum hydrocarbons was obtained with the urea treatment with proportion C/N/P of 100/13/1, whereas with the ammonium sulfate treatment, highest removal, 10.30%, was obtained with a proportion C/N/P of 100/15/1. The ammonium nitrate treatment presented the best removal, 8.58%, with a proportion C/N/P of 100/7/1. It was concluded that the addition of urea, facilitated hydrocarbon degradation in petroleum contaminated soils. Urea provoked a better hydrocarbons removal than ammonium sulfate and ammonium nitrate.

**Index words:** *Bioremediation, pollutants, nitrogen, remediation.*

### **INTRODUCCIÓN**

El petróleo y otros combustibles fósiles son la principal fuente de energía para las actividades humanas. Por ello, el conocimiento de los problemas derivados de la contaminación y la búsqueda de nuevas alternativas que contribuyan a la optimización en el uso de estos compuestos preservando el medio ambiente, así como el desarrollo de nuevas metodologías para la depuración de ambientes contaminados constituyen un objetivo ecológico prioritario (Johnsena *et al.*, 2005).

La contaminación del suelo con petróleo o sus derivados, afecta negativamente su fertilidad, debido a que impide los procesos aerobios de mineralización de la materia orgánica, por acción de los microorganismos autóctonos del suelo (Johnsena *et al.*, 2005).

Los métodos biológicos han mostrado ser eficientes y adecuados, debido a que causan menor impacto en el sitio del problema (Johnsena *et al.*, 2005). Las técnicas clásicas de biorremediación, son bioaumentación y bioestimulación, ambas con la posibilidad de ser



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

aplicadas *in situ* o *ex situ*. En la bioestimulación es común la incorporación de nitrógeno, fósforo, potasio y humedad en el suelo contaminado para adecuar la relación carbono/nitrógeno/fósforo (C/N/P) del mismo (Atlas, 1995).

El nitrógeno es un elemento fundamental en el metabolismo de los microorganismos debido a que es incorporado en las células bacterianas con el fin de producir aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (Richardson y Watmough, 1999). Los suelos ricos en este nutriente tienen una marcada actividad metabólica y la capacidad de desarrollar biomasa (Bento *et al.*, 2005).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la adición de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y determinar la tasa de degradación de hidrocarburos presentes en el suelo por medio del método de bioestimulación; Además, de comparar la eficiencia de biodegradación de hidrocarburos con el uso de fertilizantes inorgánicos compuestos y con sales inorgánicas simples (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio) en suelos contaminados con petróleo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo fue realizado con una muestra de suelo proporcionada por el corporativo GoldCorp Unidad Minera San Antonio, en San Dimas, Municipio de Tayoltita, Durango, México. Se estudió la adición de diferentes fuentes de nitrógeno, como la urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio. Se utilizó la técnica de bioestimulación para observar el efecto de la fuente de nitrógeno con respecto a la remoción de hidrocarburos.

Se tomaron 40 gramos de suelo contaminado por cada tratamiento, con un porcentaje de humedad del 30%. Seis de las unidades experimentales se trataron con urea y fosfato de potasio en relación C/N/P de 100/3/1, 100/5/1, 100/7/1, 100/10/1, 100/13/1, y 100/15/1. Otras seis unidades se trataron con nitrato de amonio y fosfato de potasio con las mismas relaciones de C/N/P. Las muestras se almacenaron por un periodo de 30 días a temperatura ambiente.

Al final del periodo experimental, se determinó la cantidad de hidrocarburos totales de petróleo en cada unidad experimental, por medio de la técnica de extracción por Soxhlet.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS y DISCUSIÓN**

### **Caracterización física**

El análisis demostró que el suelo analizado era una mezcla de arena y arcilla en 82.20% y 7.40%, respectivamente. Los porcentajes de arcilla y espacio poroso no fueron elevados, lo que favorece un proceso de biorremediación adecuado, según lo reportado por Feijoo *et al.* (2003), quienes consideran que una porción baja de arcilla en el suelo ocasiona que los hidrocarburos del petróleo estén más disponibles para los microorganismos degradadores.

### **Caracterización química**

El pH del suelo se encontró dentro del intervalo requerido (5 y 9) para que la biorremediación se lleve a cabo con éxito, ya que el óptimo generalmente es de 7. Un pH por abajo o arriba del rango disminuye significativamente la actividad microbiana y reduce la solubilidad del fosforo (Von Fahnestock *et al.*, 1998).

### **Tratamientos**

En los tratamientos realizados con urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio en las relaciones antes mencionadas, los cuales se realizaron por triplicado, se pudo observar que con la adición de nitrato de amonio se obtuvo un 8.59% de remoción, usando una relación C/N/P de 100/7/1, mientras que con la proporción de 100/13/1 se observó una remoción de 3.88. En el tratamiento con sulfato de amonio se observó una remoción del 10.30% con una relación de C/N/P de 100/15/1, mientras que con una relación de C/N/P de 100/3/1 la remoción fue del 4.19%. Estos resultados contrastan con los obtenidos con el tratamiento con nitrato de amonio, en el cual la mayor remoción se dio en el tratamiento con 100/7/1, esto podría deberse a que el nitrato de amonio es menos soluble que el sulfato de amonio, por lo cual a bajas concentraciones de nitrato amonio se realiza una remoción elevada y en el caso del sulfato de amonio el ion amonio es un precursor que aporta mayor requerimiento de N<sub>2</sub> por lo tanto la degradación se da en elevadas concentraciones.

En el tratamiento con urea se observa una remoción de un 30.85% con una relación de 100/13/1 mientras que a una concentración 100/15/1 se observa una disminución en el grado de remoción a comparación de relaciones C/N/P más bajas y la remoción con urea en relación C/N/P de 100/13/1 es mayor que con la fuente de nitrógeno de nitrato de amonio y de sulfato de amonio debido a que la es más fácilmente asimilable por las bacterias



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

nitrificantes sin necesidad de conversión de esta en otros metabolitos secundarios para su incorporación por las bacterias.

La remediación de hidrocarburos presenta mejores resultados con relaciones C/N entre 100/10 y 100/1 según Van Hamme *et al.* (2003). En el presente trabajo se pudo establecer esa condición, ya que en condiciones de urea y de 100/13/1 se logró una remediación del 30.85% que es muy elevada en comparación con las otras proporciones C/N/P y con las otras fuentes de nitrógeno evaluadas. Chaîneau *et al.* (2005) encontraron que relaciones C/N bajas logran valores de remoción de hidrocarburos del 47%, mucho menor que con una relación 100/13, con la que esos autores lograron una remoción del 62%. De los resultados del presente trabajo, se puede observar que una deficiencia de nitrógeno junto con una fuente de nitrógeno poco asimilable ocasiona una baja degradación de hidrocarburos totales de petróleo. Toccalino *et al.* (1993) demostraron que el nitrógeno es un elemento limitante en la biodegradación de hidrocarburos, y observaron que cuando el nitrógeno disminuía en el suelo la biodegradación disminuyó considerablemente.

Según Acuña *et al.* (2008) la biestimulación con fertilizantes inorgánicos, compuestos por N, P y K, en un suelo impactado con HTP induce la mineralización de los hidrocarburos en un 54%, mientras que en un suelo solamente bioestimulado con fertilizantes que contenían P y K se obtuvo un 33% de remediación. Los resultados del presente trabajo apoyan los resultados de Acuña *et al.* (2008) e indican que un suelo contaminado se puede biorremediar con la técnica de bioestimulación y la adición de fertilizantes que cumplan con los requerimientos de nutrientes necesarios para que los microorganismos puedan utilizar los hidrocarburos como fuente de carbono y así lograr una disminución en los niveles de HTP.

## **CONCLUSIONES**

Entre los factores que regulan la eficiencia de un proceso de bioremediación en suelos contaminados se encuentran los nutrientes presentes en él. Dentro de los más importantes se encuentran los niveles de nitrógeno, los cuales son limitantes para una eficaz disminución de los contaminantes. La incorporación de la fuente de nitrógeno adecuada al suelo contaminado favorece el crecimiento de la microflora nativa y la degradación de los hidrocarburos contaminantes, lo cual se demostró disminuyendo los niveles de contaminación con niveles de nitrógeno bajos, alcanzando los niveles permitidos por la norma.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen el apoyo brindado por el Instituto Tecnológico de Durango y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), y al soporte económico brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

**LITERATURA CITADA**

- Acuña, A. J., O. H. Pucci and G. N. Pucci. 2008. Caracterización de un proceso de biorremediación de hidrocarburos en deficiencia de nitrógeno en un suelo de Patagonia Argentina. *Ecosistemas* 17: 85-93.
- Atlas, R. 1995. Bioremediation of petroleum pollutants. *International Biodeterioration and Biodegradation* 1: 317-327.
- Bento, F., F. Camargo, B. Okeke and W. Frankenberger. 2005. Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. *Bioresource Technology* 96: 1049-1055.
- Chaîneau, C., G. Rougeux, C. Yéprémian and J. Oudot. 2005. Effects of nutrient on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1490-1497.
- Feijoo, G., M. T. Moreira and J. M. Lema. 2003. Recuperación do litoral contaminado por fuel mediante técnicas de biorremediación. *Boletín das Ciencias, Especial Prestige* N° 52. Dpto. Enxeñaría 37 Química-Esc. Técnica Superior de Enseñaría. Universidade de Santiago de Compostela, España.
- Johnsena, A., L. Wick and H. Harmsb. 2005. Principles of microbial PAH-degradation in soil. *Environmental Pollution* 133: 71-84.
- Richardson, D. and N. Watmough. 1999. Inorganic nitrogen metabolism in bacteria. *Current Opinion in Chemical Biology* 3: 207-219.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Toccalino, P., R. Jonson and D. Boone. 1993. Nitrogen limitation and nitrogen fixation during alkane biodegradation in sandy soil. *Applied and Environmental Microbiology* 59: 2977-2983.

Von Fahnestock, F., G. B. Wickramanayake, M. Major, W.R. and R. J. Dratzke. 1998. *Biopile design, operation and maintenance handbook for treating hydrocarbon-contaminated soils*. Editions Battelle Press, Columbus, OH (Estados Unidos).

Van Hamme, J., A. Singh and O. Ward. 2003. Recent advances in petroleum microbiology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 67: 503-549.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**ALTERACIÓN A LOS SISTEMAS NATURALES POR LA EXPLOTACIÓN MINERA, UN ENFOQUE DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO**

**[DISTURBANCE TO NATURAL SYSTEMS FOR MINING, AN APPROACH FROM THE COMPLEX THOUGHT]**

**Anita Argüello Mejía<sup>§</sup>, Boris Aguirre Palma**

<sup>1</sup>Multiversidad Mundo Real Cerrada de Catemaco No. 9, Esq. Jalapa, Col. San Jerónimo Aculco, Ciudad de México, C.P. 10400, Ciudad de México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (aarguello@ute.edu.ec).

**RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis de la minería y sus efectos sobre los sistemas naturales. Partiendo de un enfoque de la complejidad, se aborda el estudio de la naturaleza humana y la necesidad que los seres humanos sean responsables frente al uso inadecuado de los recursos naturales. Desde una visión multidimensional del binomio indisoluble hombre-naturaleza; donde se afronta las principales ideas de la ruptura de esta unidad, considerando las múltiples interrelaciones que existen en este binomio, como la relación del hombre con los ecosistemas. Este análisis plantea investigar las consecuencias que ha tenido la explotación minera en los sistemas naturales de la Mitad del Mundo, Quito-Ecuador en el año 2015, para lo cual la matriz de impactos determina que acciones como el desbanque en el proceso de extracción de materiales y la afectación a factores ambientales como el aire y suelo, son determinantes en la afectación ambiental. En este estudio se realiza un análisis de la situación actual y como una aproximación a una nueva visión más holística, se aborda el cambio de perspectiva, partiendo de una propuesta de un nuevo modelo de explotación minera que permita el reconocimiento de la relación directa que existe entre la naturaleza humana y los sistemas naturales.

**Palabras claves:** *Complejidad, minería, naturaleza humana, sistemas naturales.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

This research has as main objective an analysis of mining and its effects on natural systems. Based on an approach from the complexity, the study addresses the human nature and the need to take responsibility over the use of natural resources. From a multidimensional view of the indissoluble binomial between man and nature; where the main ideas of the breakdown of this unit is facing, considering the many interrelationships that exist in this pair, as the relationship between man and ecosystems. This analysis present the consequences it has had mining in natural systems in Quito-Ecuador, in 2015; for which, the impact matrix determines that actions like unseat during the extraction process and the effect on environmental factors such as air and soil, are crucial in environmental affectation. In this study an analysis of the current situation is done and as an approach to a new, more holistic point of view, the change of perspective is discussed, based on a proposal of a new model of mining that allows the recognition of the direct relationship between human nature and natural systems.

**Index words:** *complexity, natural systems, human nature, mining.*

### **INTRODUCCIÓN**

El ser humano, se ha desarrollado en esta Tierra, desde sus inicios con una identificación total con la Naturaleza al desarrollar todas sus actividades en ella, suplir sus necesidades y gracias a ella; desde sus orígenes el hombre se ha sentido siempre arraigado a la naturaleza y se ha valido de ella.

La aparición, en el último tercio del siglo xx, de la ciencia ecológica y el progreso de la cosmología y las ciencias de la tierra, así como el conocimiento de la prehistoria, han sido necesarios para concebir que, si bien se distingue de la animalidad por su conciencia y su cultura, el ser humano lleva en sí toda la historia del universo y de la vida, puesto que sus partículas aparecieron ya en los primeros segundos de la existencia del mundo, sus átomos se formaron en soles anteriores al nuestro y sus moléculas se ensamblaron en una Tierra primitiva para formar el primer ser unicelular del cual, a través de transformaciones y metamorfosis, descienden todos los seres vivos, incluido el ser humano (Morin, 2011).

Esta concepción holística o global de la naturaleza conduce a volver a las raíces de los orígenes del hombre donde se sentía arraigado a ella, a la construcción de su historia en el



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

descubrimiento de esa relación y al uso racional y sostenido de los recursos y a la armonía entre lo físico, lo biológico, lo cósmico. La ruptura existente de esta armonía entre el hombre y la naturaleza, ha provocado el caos, ha determinado la destrucción de los ecosistemas y el desequilibrio y “la unidad indistinta de la creación y la destrucción” (Morín, 2009), donde las amenazas para la naturaleza son inminentes y la transformación debe darse para lograr salvar al planeta. A decir de Morín (2011b) “Desde la década de 1960, hemos descubierto que los desechos, emanaciones, exhalaciones de nuestro desarrollo técnico-industrial-urbano degradan la biosfera, y amenazan con envenenar irremediablemente el medio viviente del cual formamos parte: el dominio desenfrenado de la naturaleza mediante la técnica lleva a la humanidad al suicidio”.

Morín (2004) al hablar de la complejidad de la naturaleza considera necesario que los seres humanos reflexionen en la naturaleza y sus fenómenos interconectados e interdependientes consigo mismo, como con su vida: “Desgraciadamente la naturaleza no ha sido lo bastante gentil como para hacer las cosas tan simples como nosotros quisiéramos que fuesen. Debemos afrontar la complejidad”. El funcionamiento de la naturaleza y sus ecosistemas están determinados por un conjunto de sistemas que tienen interrelaciones y que funcionan entrelazados unos con otros y el hombre está integrado a ellos. De acuerdo con Childe (1995) “El hombre forma parte de una red de sistemas que no se pueden separar en partes, todos sus acciones relacionadas con estos sistemas y tendrán repercusión sobre sí mismo”.

El ser humano durante toda su historia ha aprovechado de los recursos que la naturaleza le provee, se ha valido de ellos para su supervivencia, ha obtenido de ella alimento, medicina, vestido y deleite. El hombre ha ido construyendo su conocimiento al descubrir en la naturaleza una amplia gama de beneficios. Esta relación hombre-naturaleza es insoluble e indivisible y el hombre ha mantenido su relación con la naturaleza en un proceso de auto-eco-organización; es decir, de acuerdo con Morin (1996) “la organización del mundo exterior está inscrita en el interior de nuestra propia organización viviente”, lo cual ha permitido cubrir sus necesidades, aprovechar su entorno y depender de él. Este conocimiento, ha permitido al ser humano el dominio de la naturaleza y le ha transformado en un conquistador gracias a su capacidad de adaptarse al entorno. Por cientos de años, vivió en armonía con su entorno, inmerso en los sistemas naturales sin disturbarlos.

Si para los antiguos, el hombre era capaz de aprender de la naturaleza, para la ciencia moderna lo válido resultó interrogar a la naturaleza y torturarla para que esta develase sus



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

secretos. De la naturaleza no se aprende, a ella se le hace frente como inquisidor severo, y se le obliga a revelar sus secretos. Hacerla “confesar” era el primer paso para someterla a dominio (Delgado, 1999).

La concepción que los recursos son inagotables ha consentido que el hombre avance sin límites en el uso insostenible de los mismos, ha determinado su agotamiento por una idea absurda que siempre estarán ahí y no se perderán. “Estamos asistiendo a un momento crucial de la historia humana, cuando al volvernos hacia la naturaleza, comprendemos que nuestra identidad no puede seguir siendo concebida por oposición al sistema natural de que formamos parte” (Delgado, 2006).

Descartes (1953) analiza la perfección de los procesos de la naturaleza, del cuerpo humano y de la física. Especialmente se sumerge en describir la armonía de las funciones del cuerpo y qué forma cada una está entrelazada a otra, debido al predominio de procesos mecánicos y físicos que permiten el desarrollo de la vida tanto física como espiritual. Asimismo identifica el perfecto funcionamiento de los fenómenos del mundo, de la participación del hombre en este mundo y el dominio de éste de los elementos de la naturaleza. “Consideren este cuerpo como una máquina que, por ser hecha de manos de Dios, está incomparablemente mejor ordenada y posee movimientos más admirables que ninguna otra de las que puedan inventar los hombres”

La naturaleza como sistema natural es parte de los sistemas abiertos, que “carecen de límites bien definidos y realizan intercambios con el medio externo. De acuerdo con Descartes (1953) “no se trata de sistemas estáticos con una estructura rígida”, más bien son sistemas complejos y dinámicos, que se auto-organizan por su propia capacidad de resiliencia frente a los cambios a los que confrontan. Garnezy (1991) reconoce a la resiliencia como “la capacidad para recuperarse y mantener una conducta adaptativa después del abandono o la incapacidad inicial al iniciarse un evento estresante”. García (2006) considera que “Todo sistema abierto (y todos los sistemas naturales son abiertos) evoluciona en continua interacción con el medio externo y se auto-organiza, adoptando formas de organización con estructuras que le permiten mantenerse en un cierto equilibrio dinámico con las condiciones de contorno”.

Un sistema natural no es simple, no son solo recursos agregados y partes que se agregan entre sí, son sistemas de sistemas interconectados unos a otros, abiertos a la interacción



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

externa y con una unión entre indisoluble entre el sujeto-objeto y su interrelación dinámica: al decir de Morin (1981) “El fenómeno es lo que nosotros llamamos la naturaleza que no es más que esta extraordinaria solidaridad de sistemas encabalgados edificándose los unos sobre los otros, por los otros, con los otros, contra los otros: la naturaleza son los sistemas de sistemas, en rosario, en racimos, en pólipos, en matorrales, en archipiélagos”. Desde el punto de vista de la complejidad se busca tener una visión holística de la realidad que se presenta como un todo cambiante. Restrepo (2010) menciona que “Nuestra mega diversidad no es sólo ecológica, como se dice, sino geográfica, biológica, étnica, técnica, económica, política, social y cultural.”.

Así, el hombre debe estar consciente de los cambios que está produciendo en su entorno provocando desequilibrios en el sistema que tiende a reestructurarse pero tiene límites para mantener su estabilidad en la estructura del sistema. Al pensar en sistemas naturales hoy en día, las alteraciones a la estabilidad ambiental, han determinado perturbaciones a toda la biósfera, provocando así fenómenos como el efecto invernadero y cambio climático que representan una amenaza para la auto-organización de los mismos. Es hora de cambiar dicha lógica que no puede sostenerse porque arriesga la vida del planeta y la paz de la especie consigo misma, fracturada por guerras que hoy, en las condiciones técnicas, sólo pueden conducir a la cuenta regresiva de una inminente catástrofe (Restrepo, 2010). La concepción de que los recursos son inagotables ha permitido que el hombre avance sin límites en el uso insostenible de los mismos. Al decir de Morin (2009) “La humanidad emerge en un caos que amenaza con destruirla”.

Es necesario que los seres humanos consideren la naturaleza y sus fenómenos interconectados e interdependientes consigo mismo, como con su vida. El ser humano forma parte de una red de sistemas, los cuales son considerados por Moriello (2005) como “una abstracción que simplifica la realidad y que remite a un conjunto de elementos o partes que interaccionan dinámicamente entre sí (y con el entorno que lo rodea), que tiene una cierta permanencia dentro del espacio-tiempo y que intenta alcanzar un objetivo concreto”. Por lo cual, no se pueden separar en partes, y todas sus acciones están relacionadas entre sí y tendrán repercusión sobre sí mismo. La ruptura existente de esta armonía, ha provocado el caos, concibiéndose como tal, de acuerdo a Morin (2009) como “la unidad indistinta de la creación y la destrucción”, donde las amenazas para la naturaleza son inminentes y la transformación debe darse para lograr salvar al planeta.

Las actividades productivas, que dependen de los sistemas económicos en los que vive



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

cada grupo humano, producen cambios en el entorno, alteración de las condiciones físicas, biológicas y cósmicas de los ecosistemas, transformaciones que tienen múltiples efectos como son procesos degradativos como la erosión, la contaminación, la salinización de los suelos y el cambio más extremo la desertificación.

El Papa Santo Padre Francisco (2015) en la Carta Encíclica *Laudato Si'*, sobre El Cuidado De La Casa Común dice: “La intervención humana en la naturaleza siempre ha acontecido, pero durante mucho tiempo tuvo la característica de acompañar, de plegarse a las posibilidades que ofrecen las cosas mismas”.

Al interpretar los procesos productivos, como la minería, es necesario considerar una multivisión, que parte, según Leff (2007) de “la re-flexión del pensamiento sobre la naturaleza; es el campo donde convergen diversas epistemologías, racionalidades e imaginarios que transforman la naturaleza y que abren la construcción de un futuro sustentable”. Uno de los elementos importantes en esta problemática constituye la generación de daños provocados por las actividades productivas. Dado el carácter de relación entre los elementos involucrados en las actividades productivas, de acuerdo con Morin (2008) “la Complejidad puede estar en la vida cotidiana y jugar varios roles sociales”.

Se trata de problemas estructurales de los sistemas complejos compuestos por un subsistema físico (suelo, agua, clima, ecología natural), un subsistema productivo (cultivos, métodos de producción, inputs tecnológicos) y un subsistema socioeconómico (grupos sociales, condicionantes económicos, factores políticos) (García, 2006).

En la presente investigación se realiza un análisis de la minería y sus efectos sobre los sistemas naturales. Partiendo de un enfoque de la complejidad, se aborda el estudio de la naturaleza humana y la necesidad que los seres humanos sean responsables frente al uso inadecuado de los recursos naturales.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Bajo el análisis de esta ruptura entre el binomio hombre-naturaleza se plantea considerar las consecuencias que ha tenido la explotación minera en los sistemas naturales del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y se propondrá una propuesta de modelo para la extracción minera con un enfoque desde la bioética global.

Se parte de los resultados obtenidos de dos proyectos realizados previamente; el proyecto



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

de Riesgos Antrópicos generados por la Actividad Minera en las Parroquias de Pomasqui, San Antonio y Calacalí y el Plan de Mitigación de Riesgos generados por la actividad minera en las comunidades de Caspigasí, Rumicucho y Tanlahua (Proyectos de Vinculación con la Colectividad realizados en la Universidad Tecnológica Equinoccial, en Quito, Ecuador), proyectos en los cuales se analizaron los efectos ambientales de la explotación anti técnica de áridos para la construcción y donde se deduce que la actividad se ha basado en los beneficios económicos y no se ha tomado en cuenta la transformación del entorno, poniendo en estado crítico al ambiente y afectando a la población (Argüello, *et. al.*, 2012).

La presente investigación pretende realizar un análisis de la situación actual y una aproximación a una nueva visión holística, que conduce a volver a las raíces de los orígenes del hombre, al uso racional y sostenido de los recursos y a la armonía entre lo físico, lo biológico, lo cósmico, basado en un enfoque bioético global. Se realiza un análisis de los impactos ambientales mediante la matriz de Leopold. Se aborda el cambio de perspectiva, partiendo de una propuesta de un nuevo modelo de explotación minera que permita el reconocimiento de la relación directa que existe entre la naturaleza humana y los sistemas naturales.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El ser humano desde la perspectiva de la complejidad se ve abocado a cambiar su óptica de la naturaleza, dejar de someterla y convertirse en el responsable y salvador de su casa, promoviendo la integralidad de los sistemas naturales y productivos y rompiendo las ideas de dominación que han prevalecido hasta hoy.

En este sentido, es necesario promover una visión más compleja de este tipo de actividades productivas, tomando en cuenta procesos de extracción de recursos, alteración de los componentes bióticos y abióticos, recuperación ambiental y responsabilidad social, vinculadas directamente a la extracción de los recursos naturales (minería, actividad forestal, combustibles fósiles entre otras); actividades que siendo muy rentables, pocas veces están orientadas al verdadero bienestar de las personas y del ambiente.

En la actualidad con la globalización, basada en los principios económicos de la sociedad,



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

sin tomar en cuenta al ser humano en su complejidad y los sistemas que le rodean, necesita retomar principios tradicionales que orientaron al hombre desde sus inicios. Es necesario construir una visión holística, amplia y correlacional del ambiente, que cambie la óptica que subyuga el sistema humano bajo el sistema económico. Acorde a Morin & Pttlelli-Palmeri (1982) “Y al sistema “*Homo*” lo consideran como una “realidad trinitaria: individuo-sociedad-especie, cuyos términos resultan indisociables porque son interdependientes unos de otros”.

La actitud humana frente a la naturaleza ha generado un pensamiento antropocéntrico, es decir, el hombre como regulador de todos los procesos de la naturaleza, no como un binomio integrado, sino con una visión de superioridad y dominio; esto ha determinado el caos ambiental. Considerando la unidad hombre-naturaleza y su complejidad, es necesario considerar las interrelaciones que se dan entre ambos y determinar un cambio de perspectiva. El giro o el cambio de vía, tiene que ser planteando un cambio en la idea sobrenatural del hombre, dando el valor necesario tanto al porvenir del hombre como al de la naturaleza. Es necesario considerar la diversidad del planeta, (culturas, ecosistemas, fauna, flora, genes, y paisajes): la única casa para conservar y salvar.

La idea de la dominación sobre la naturaleza acompaña al pensamiento occidental desde los postulados cartesianos originarios (Descartes, 1953) y permanece en el discurso político contemporáneo y en la añoranza humana de una vida mejor como realización de un reino de libertad donde la gran sometida es la naturaleza y sus “fuerzas ciegas”.

De acuerdo con Delgado (1999) (2010), el optimismo tecnológico contemporáneo, el cientificismo y los ideales tecnocráticos se nutren permanentemente de este ideal, que penetra en lo profundo incluso del pensamiento ambientalista en las formas de ecología social que colocan al ser humano en el pináculo de la creación y lo estiman “depredador”, “responsable”, “salvador”, y prioridad primera de las acciones ambientales.

Cada vez más, se hace patente la comprensión de que formamos parte de un sistema, sin el cual nuestra existencia biológica y social es imposible. Contar con el nivel de conciencia no significa más que seamos los dueños y señores de la naturaleza. Tiene una significación moral fundamental: nos convoca a asumir nuestros deberes para con el resto de las entidades vivientes con quienes compartimos el sistema naturaleza. Así, la noción de responsabilidad moral se abre hacia la naturaleza (Delgado, 2006).

La actividad minera en la Mitad del Mundo ha sido intensiva desde hace más de 40 años.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

En sistemas naturales del lugar, los impactos que se han generado, entre otros, contaminación de agua, suelo y aire; amenazas por taludes verticales y generación de pasivos ambientales, determinan la alteración de los ecosistemas frágiles de la zona:

Cabe indicar que las áreas mineras se encuentran dentro de una zona considerada como sensible por la presencia de las siguientes áreas sensitivas: Bosque Protector Calacalí-San Antonio, Bosque Protector Tanlahua, Bosque Protector Calacalí-San Antonio-Pomasqui, Bosque Protector San Antonio-Pomasqui-Calderón, Reserva Geobotánica Pululahua y presencia de áreas arqueológicas (COGEMINPA, 2005).

En el Ecuador, la serie de eventos naturales que han impactado el territorio en los últimos años ratifican su condición de ser uno de los países del mundo con mayor grado de exposición a diversos fenómenos naturales, entre ellos inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas y terremotos. La Constitución de la República del Ecuador (2008), en el artículo 71, plantea los derechos de la naturaleza, “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructuras, funciones y procesos evolutivos”.

Los estudios realizados previamente han permitido constatar que la explotación indiscriminada de las canteras se realiza antitécnicamente, constituyendo una amenaza a estos sistemas naturales frágiles, por cuanto existe la probabilidad de un derrumbe de los taludes y la generación de movimiento de masa que se disponen en amenazas latentes para las poblaciones que se desarrollan en los alrededores de las canteras. Por otra parte, ya se pueden evidenciar impactos negativos relacionados con el ecosistema de matorral seco, como es el incremento de las zonas desérticas en gran magnitud; la destrucción de la flora y fauna, la alteración del paisaje en zonas de valor turístico y arqueológico, la desaparición de las fuentes de agua; y, consecuentemente, el deterioro de aspectos sociales y económicos de las comunidades aledañas.

De acuerdo con COGEMINPA (2005), la explotación minera de canteras en una zona abierta, el paisaje no constituye una barrera natural ante el polvo y ruido que genera esta actividad, la cual se realiza de una manera antitécnica y apresurada, dando lugar a un estado de inestabilidad del suelo por la aridez del sector y la calidad de los depósitos rocosos podría ocasionar derrumbes o colapsos de zonas inestables (Figura 1).



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 1.** Talud inestable de más de 90° en una cantera en la Mitad del Mundo.

La alteración a los sistemas naturales en la zona de explotación minera, está dada principalmente por la intensiva extracción de los recursos naturales sin parámetros de cuidado ambiental ni social y la actividad continua a pesar de la normativa ambiental. Partiendo de la Constitución de la República del Ecuador, la Ley de Gestión Ambiental, el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y las Ordenanzas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), ha determinado que las empresas mineras cumplan los planes de manejo ambiental; en muchas ocasiones las canteras se clausuran y después de poco nuevamente entran en funcionamiento aunque sea en la clandestinidad. El desarrollo de actividades como ésta están causando un daño ambiental, social y cultural en la zonas aledañas y en las poblaciones vecinas, es por ello necesario el desarrollo de modelos que permitan multidimensionalmente determinar los elementos que conforman y articulan estos sistemas para poder construir un desarrollo sostenible basado en la concepción clara que los Sistemas naturales tienen un frágil equilibrio y que se debe contemplar las integraciones que existen entre éstos y las poblaciones que viven en la Mitad



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

del Mundo, ya que estas actividades productivas, se consideran indispensables para el desarrollo de ciudades como el DMQ.

El hombre depende de la naturaleza y es la única especie que puede transformarla, partiendo de la organización social, política y cultural, diferenciada de otras especies. En el proceso histórico del ser humano, luego de domesticar las plantas para la agricultura, la era tecnológica e industrial convierten a la naturaleza en una fuente de recursos, materia prima para la producción y el sostenimiento de los sistemas económicos. Morin (2006) reconoce que “El planeta está en peligro: la crisis del progreso afecta a la humanidad entera, ocasiona rupturas por todas partes, hace crujir las articulaciones, determina repliegues particularistas; las guerras se reavivan, el mundo pierde la visión global y el sentido del interés general. Por doquier la veracidad en la ciencia, en la técnica y en la industria, se tropieza con los problemas que plantean la ciencia, la técnica y la industria”.

El estudio impacto ambiental determina que la actividad tiene impacto por acciones durante el proceso de la extracción de materiales de la construcción y por la afectación a los factores ambientales como la contaminación ambiental por material particulado en el aire, nivel de polvo y directamente en el suelo por erosión como se puede observar en la Cuadro 1.

La remediación de los impactos ambientales y sociales demanda que se implementen mecanismos para su cumplimiento de la normativa ambiental, generando sistemas que integren a todos elementos y que contribuyan a la responsabilidad social que propicia consensos entre los grupos de interés para encontrar soluciones viables a los problemas sociales, ambientales y económicos, de tal manera que la actividad productivas se desarrollen de una manera sostenible (Argüello, *et. al.*, 2012). Al decir de Enrique Leff (2007) “En la complejidad ambiental subyace una ontología y una ética opuestas a todo principio de homogeneidad, a todo conocimiento unitario, a todo pensamiento global y totalizador”. La racionalidad ambiental implica un cuestionamiento del conocimiento, un replanteamiento de los conceptos de naturaleza y plantea una nueva comprensión del mundo, combate la globalización económica y la simplificación de los sistemas naturales.

La remediación de los impactos ambientales y sociales demanda que se implementen mecanismos para su cumplimiento de la normativa ambiental, generando sistemas que integren a todos elementos y que contribuyan a la responsabilidad social que propicia consensos entre los grupos de interés para encontrar soluciones viables a los problemas



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

sociales, ambientales y económicos, de tal manera que la actividad productivas se desarrollen de una manera sostenible (Argüello, *et. al.*, 2012). Al decir de Enrique Leff (2007) “En la complejidad ambiental subyace una ontología y una ética opuestas a todo principio de homogeneidad, a todo conocimiento unitario, a todo pensamiento global y totalizador”. La racionalidad ambiental implica un cuestionamiento del conocimiento, un replanteamiento de los conceptos de naturaleza y plantea una nueva comprensión del mundo, combate la globalización económica y la simplificación de los sistemas naturales.

**Cuadro 1.** Matriz de impactos donde se determina que los mayores impactos por acciones tanto en magnitud (M) como importancia (I) constituye el desbanque y por afectación a los factores ambientales el nivel de polvo y la erosión.

Compo- nentes ambientales	Factores ambientales	Acciones de la actividad minera														Impacto por factores ambien- tales
		Desbanque		Arranque		Cribado		Clasificado		Cargado		Transporte		Escombros		
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	
Paisaje	Derrumbes	-9	9	-8	8	-2	2	-7	7	-5	-5	-7	7	-9	8	-294
Aire	Nivel de polvo	-9	9	-8	8	-8	8	-9	9	-8	8	-10	10	-5	5	-479
	Nivel de ruido	-7	7	-1	1	-6	6	-7	7	-7	7	-9	9	-3	3	-274
Suelo	Erosión	-8	8	-6	6	-2	2	-6	6	-7	7	-6	6	-9	9	-306
Agua	Calidad de agua superficial	-6	6	-6	6	-1	1	-7	7	-6	6	-7	7	-8	8	-271
Flora	Disminución global de flora	-7	7	-8	8	-4	4	-2	2	-2	2	-6	-6	-6	6	-137
Fauna	Disminución global de fauna	-6	6	-4	4	-4	4	-2	2	-2	2	-6	6	-4	4	-128
Socio- económico	Generación de empleo	2	4	-1	1	2	2	2	2	4	2	7	7	2	4	80
	Conflictos sociales	-9	9	-4	1	-2	2	-2	2	-2	2	-9	9	-2	2	-182
Impacto por acciones		-469		-286		-141		-272		-177		-347		-299		-1991

La propuesta de un modelo de extracción de materiales de la construcción, permitirá tomar en cuenta los componentes de estos sistemas naturales y determinar un adecuado manejo más holístico y multivisión de la actividad minera en estos ecosistemas que se consideran frágiles e importantes en el contexto de la biodiversidad del país.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CONCLUSIONES**

Se ha determinado que la actividad minera por su manejo antitécnico se ha desarrollado con una visión simplificadora y orientada al desarrollo económico sin considerar la afectación a los sistemas naturales, los cuales, siendo sistemas abiertos, involucran múltiples componentes tanto internos como externos que han sido alterados. De acuerdo a la matriz de impactos se determina que existen acciones durante el proceso de extracción del material de las canteras que afectan mayormente al ambiente como son el desbanque donde se retira la cobertura vegetal y se remueve el material. Por otro lado, la mayor afectación se da en la generación de polvo para el aire y la erosión para el suelo. La generación de modelos que permitan el desarrollo de actividades productivas como la minería con racionalidad ambiental, determinará la sustentabilidad de estos sistemas y su auto-eco-organización en el tiempo.

**LITERATURA CITADA**

- Argüello, A., E. Cantos & J. Moya. 2012. Riesgos antrópicos generados por la actividad minera. *Letras Verdes*. (11): 53-63.
- Childe, G. 1995. *Los orígenes de la civilización*. México: Fondo de Cultura Económica.
- COGEMINPA. 2005. *Estudio ampliatorio integral de la evaluación ambiental para las zonas de explotación de materiales de construcción en San Anonio de Pichincha*. Quito: Ministerio de Energía y Minas. Unidad Ambiental Minera.
- Constitución de la República del Ecuador. 2008. Quito-Ecuador: Asamblea Nacional del Ecuador.
- Delgado D., C.-J. 2006. *Crisis y revolución en el pensamiento científico contemporáneo: la hipótesis del nuevo ser*. La Habana: Edizioni ETS-PISA, Imagen Contemporánea.
- Delgado, C. 1999. *Hacia un nuevo saber*. En *Cuba Verde*. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI. La Habana: José Martí.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Delgado, C. 2010. Diálogo de saberes para una reforma del pensamiento y la enseñanza en América Latina. *Estudios*(93): 23-44.
- Descartes, R. 1953. *Discurso del método*. Barcelona: Editorial Fama.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, Gedisa.
- Garmezy, N. 1991. Resiliency and vulnerability to adverse developmental outcomes associated with poverty. *American Behavioral Scientist* 34(4): 416-430.
- Leff, E. 2007. La Complejidad ambiental. *Gaia Scientia* 1(1): 47-52.
- Moriello, S. 2005. *Dinámica de los sistemas complejos*. <http://www.pensamientocomplejo.com.ar>. (Consultado el 07/07/2015).
- Morin, E. 1981. *El método, la naturaleza de la naturaleza Vol. 1*. Madrid: Cátedra.
- Morin, E. 1996. *El pensamiento ecologizado*. <http://hdl.handle.net/10481/13582>. (Consultado el 02/07/2015).
- Morin, E. 2004. La epistemología de la complejidad. *Gazeta de Antropología*.
- Morin, E. 2006. Pensar en mediterráneo y mediterrizar el pensamiento. *Transversales*, [www.transversales.net/t03morin.htm](http://www.transversales.net/t03morin.htm). (Consultado el 02/07/2016).
- Morin, E. 2008. *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Morin, E. 2009. *El Método. La humanidad de la humanidad 5*. 4ta. Ed. Madrid: Cátedra.
- Morin, E. 2011a. *La vía. Para el futuro de la humanidad*. Barcelona, Paidós.
- Morin, E. 2011b. *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona, Paidós.
- Morin, E., & Pttelli-Palmerini. 1982. La unidad del hombre como fundamento a la aproximación interdisciplinaria. En *interdisciplinaria y ciencias humanas*. Madrid: Tecnos/UNESCO.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Restrepo, G. 2010. La clave de Melquíades. Estudios. México: ITAM, VIII(93).

Santo Padre Francisco. 2015. Vaticano, Laudato Si´, Sobre el Cuidado de la Casa Común.  
[http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si\\_sp.pdf](http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_sp.pdf). (Consultado el 08/08/2015).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**REMOCIÓN DE Al (III), Cr (VI) DISUELTOS EN FASE ACUOSA EMPLEANDO BIOMATERIAL *Musa cavendishii* L.**

**[REMOVAL OF Al (III), Cr (VI) DISSOLVED IN AQUEOUS PHASE USING BIOMATERIAL *Musa cavendishii* L.]**

**Eduardo Campos Medina<sup>§1</sup>, Salvador Adame Martínez<sup>1</sup>, Juan Roberto Calderón Maya<sup>1</sup>, Patricia Balderas Hernández<sup>2</sup>, María Magdalena García Fabila<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México. UAEM. Toluca, Estado de México. <sup>2</sup>Profesor-Investigador. Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México. UAEM. Toluca, Estado de México. sadamem@uamex.mx, jrcalderonm@uamex.mx, patbh2003@yahoo.com.mx, mmgafa@yahoo.com.mx. <sup>§</sup>Autor paracorrespondencia: (edcm68@gmail.com, ecamposm@uamex.mx).

**RESUMEN**

El objetivo principal en esta investigación fue comparar la eficiencia de remoción de aluminio y cromo hexavalente disueltos en fase acuosa por separado empleando el biomaterial *Musa cavendishii* L. Dicho biomaterial fue recolectado, deshidratado y finalmente triturado alcanzando 425  $\mu\text{m}$ . Este biomaterial fue dividido en dos porciones una de manera natural y otra con tratamiento ácido. Esto fue para realizar los estudios de biosorción de Al (III) y Cr (VI). De ambos analitos se prepararon soluciones madre de 500  $\text{mgL}^{-1}$  y a partir de estas se elaboraron soluciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 60  $\text{mgL}^{-1}$  fijando valor ácido del pH. Posteriormente se colocaron 0.1 g de los biomateriales en tubos de ensayo, agregando 10 mL de las soluciones sintéticas preparadas para realizar en forma de batch los estudios de sorción. Los porcentajes de remoción alcanzados fueron para el aluminio de 90% y 92% para el cromo. Cabe señalar que para ambos casos los mejores resultados se obtuvieron utilizando la biomasa tratada. El comportamiento de biosorción de ambos elementos se ajusta al modelo de Freundlich.

**Palabras clave:** *Aguaresidual, biomaterial, biosorción, isotermas.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The main objective of this research is to compare the removal efficiency of aluminum and hexavalent chromium, dissolved in aqueous phase separately, using the biomaterial *Musa cavendishii* L. Such biomaterial was gathered, dehydrated and finally crushed reaching 425  $\mu\text{m}$ . This biomaterial was divided into two portions, one in a natural way and the other one through an acid treatment. This was to execute the adsorption studies of Al (III) and Cr (VI). From both analyses, two stock solutions of  $500 \text{ mgL}^{-1}$  were prepared and from these, synthetic solutions of 10, 20, 30, 40, 50 and 60  $\text{mgL}^{-1}$  were elaborated, establishing the pH acid value. 0.1 g of these biomaterials mentioned above were placed in test tubes, adding 10 mL of the synthetic solutions to carry out the sorption studies as batch form. The reached removal percentages were: 90% for aluminum and 92% for chromium. It is noted that for both cases, the best results were gotten using the treated biomass. The adsorption behaviour of both elements conforms to Freundlich's model.

**Index words:** *Wastewater, biomaterial, biosorption, isotherms.*

### **INTRODUCCIÓN**

Los metales pesados reciben gran atención en el mundo debido a sus efectos de largo plazo en el ambiente. Sin embargo estos elementos son usados ampliamente en los procesos industriales y en bienes de uso común, aumentando así su presencia y concentración en los sistemas acuáticos (Beltrán-Hernández *et al.*, 2015; Purkayastha *et al.*, 2014)

De manera convencional los metales pesados han sido removidos del agua residual por procesos que incluyen precipitación química, coagulación/floculación, flotación, resinas de intercambio iónico, absorción y filtración por membrana. Sin embargo los costos de estos procesos son desventajosos (Oliveira *et al.*, 2014; Hasfalina *et al.*, 2012).

En este contexto la biosorción es una tecnología emergente y atractiva que ha sido empleada en varias investigaciones desde hace dos décadas. Se ha demostrado por muchos investigadores que los desechos agrícolas lignocelulósicos, en particular de cáscaras de nuez, son muy buenos candidatos como precursores para la eliminación de iones de metales pesados a partir de soluciones acuosas (Rahman *et al.*, 2014; Rajamohan *et al.*, 2013).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Las propuestas de remoción para elementos tóxicos han empleado materiales de desecho, en la propuesta de esta investigación se buscó aprovechar otro residuo orgánico fácil de obtener, esto justifica el uso de la *Musa cavendishii* L. Es un residuo orgánico generado en grandes cantidades en mercados; manipulándolo es capaz de solucionar el problema de contaminación de agua por elementos tóxicos. Este residuo ha sido utilizado por Hameed *et al.* (2008) para estudiar la sorción de colorantes, por lo cual en esta propuesta se plantea analizar al aluminio y cromo hexavalente. El objetivo principal es comparar la eficiencia de remoción de ambos analitos disueltos en fase acuosa por separado empleando el biomaterial señalado. La hipótesis planteada fue que en los dos procesos de remoción los porcentajes serían cercanos al 95% de eficiencia.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Recolección y preparación del biomaterial**

El biomaterial *Musa cavendishii* L. fue recolectado como residuo orgánico en los mercados de la ciudad de Toluca. Posteriormente se fraccionó en pequeñas porciones, para colocarse a los rayos del sol por 7 días a fin de secarlo, posteriormente se terminó de deshidratar a 70 °C por 5 horas en una estufa del laboratorio. Una vez seca la biomasa se trituró con la ayuda de un molino Wiley G.E. No. 4352, hasta que se obtuvieron partículas que pasaron por una malla del No. 40 mesh.

### **Pretratamiento del biomaterial**

El biomaterial se dividió para trabajar con dos tipos de biomasa, uno sin un pretratamiento ácido y otro con el pretratamiento. El biomaterial destinado al pretratamiento se dispuso de la siguiente manera: a) se colocó el biomaterial en un recipiente y se agregó un volumen de una solución al 2 % de ácido sulfúrico, b) agitación mediante un rotor mecánico artesanal durante 2 horas a 50 rpm, c) lavado nuevamente con agua desionizada, d) secado el biomaterial en la estufa por 24 h a 60 °C y se colocó en un desecador hasta ser utilizado.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Caracterización mediante microscopia electrónica de barrido y microanálisis elemental (MEB)**

Pequeñas muestras de los dos biomateriales se ubicaron cada una por separado en un soporte de grafito el cual se introdujo en un Microscopio Electrónico Philips XL-30 a bajo vacío, con esto se obtuvieron las imágenes de las muestras, así como el microanálisis correspondiente y el área superficial. Cabe señalar que este equipo se encuentra en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

#### **Preparación de soluciones de Al y Cr (VI)**

Se pesó 2.47 g de  $\text{AlCl}_3$  y 1.141 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  con la finalidad de preparar soluciones madre de  $500 \text{ mg L}^{-1}$  tanto de Al como de Cr (VI), a dichas soluciones se les ajustó el pH alrededor de 4. De ambas soluciones madre, mediante el método de diluciones se prepararon soluciones sintéticas de 10, 20, 30, 40, 50, 60 y  $70 \text{ mg L}^{-1}$  de los correspondientes elementos. Con estas últimas soluciones se prepararon las curvas patrón correspondientes para la calibración del equipo de absorción atómica.

#### **Tiempo de contacto**

De los dos tipos de biomasa se pesaron 100 mg de la biomasa para cada una de las soluciones de los analitos. De cada una de estas soluciones se recolectaron 10 mL de muestra, y se pusieron en contacto con la biomasa en tubos de ensayo para realizar los experimentos en forma de batch. Esto se realizó mediante agitación mecánica por medio de un rotor mecánico artesanal a 60 rpm. Los tiempos de contacto fueron de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 minutos, este proceso se realizó por triplicado, siendo los promedios los reportados en este estudio.

#### **Determinación de Al y Cr por absorción atómica**

Una vez llevada a cabo la adsorción, para cada una de las soluciones se procedió a la separación del biomaterial, mediante filtración. Las soluciones de Al se llevaron a un equipo de absorción atómica marca Varian SpectrAA 10 plus el cual se encuentra en el Centro de Investigación de Química Sustentable de la UAEMex. Para las soluciones de Cr se cuantificaron de dos maneras: a) Cromo hexavalente se aplicó la metodología señalada en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-044-SCFI-2014, b) Cromo total se utilizó el equipo de absorción atómica previamente señalado. Y mediante una diferencia se determinó tanto Al y Cr adsorbido por el biomaterial.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Estudio de las isotermas**

Con los datos que se obtuvieron, se calcularon las respectivas isotermas de Langmuir y Freundlich después del fenómeno de adsorción. Las fórmulas de cada uno de los modelos son las siguientes:

Modelo de la isoterma de Langmuir

$$q_e = \frac{Q_o b C_e}{1 + b C_e}$$

$q_e$  = Cantidad de soluto adsorbido / peso unitario de adsorbente ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$Q_o$  = Cantidad de moles soluto adsorbido/ peso unitario de adsorbente ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$b$  = Constante empírica ( $\text{L mg}^{-1}$ )

$C_e$  = Concentración en equilibrio ( $\text{mg L}^{-1}$ )

Modelo de la isoterma de Freundlich

$$\text{Log } q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n \text{Log } C_e}$$

Donde  $q_e$  = Cantidad de soluto adsorbido por peso unitario de adsorbente ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$K_f$  = Constante de Freundlich ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$1/n$  = Coeficiente de Freundlich

$C_e$  = Concentración en equilibrio ( $\text{mg L}^{-1}$ )



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De la caracterización de los dos tipos de biomateriales se pueden apreciar las morfologías de cada una de ellas en la figura 1. a) Natural, b) Tratamiento ácido y las correspondientes áreas superficiales. En el caso del tratamiento químico el área superficial es mayor, esto indica que desde el inicio existieron mayor número de sitios activos donde se lleve a cabo la adsorción. Esta suposición fue corroborada, ya que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para el aluminio y cromo fueron con el biomaterial tratado químicamente. Este mismo comportamiento del incremento de eficiencia fue reportado por Eggs *et al.* (2012), esto llevo a establecer que el tratamiento químico tuvo un efecto positivo en el proceso de adsorción. El 89% de remoción alcanzado fue para la concentración de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de Al (III), al aumentar la concentración de aluminio los porcentajes disminuyen gradualmente, esto se muestra en la Figura 2a. El biomaterial que se utilizó de manera natural generó porcentajes de remoción relativamente bajos del orden del 25%, por esta razón solo se consideraron los resultados generados con la biomasa tratada química.

En la biosorción de cromo hexavalente con el biomaterial de manera natural se presentó una reducción química de este elemento, esto se concluyó de dos maneras: a) al realizar las cuantificaciones siguiendo lo señalado en la norma NMX-AA-044-SCFI-2014, no se detectó presencia del cromo hexavalente y b) las determinaciones mediante la absorción atómica mostraron que las concentraciones del cromo total en las soluciones sintéticas después de los tiempo de contacto eran prácticamente las mismas antes del proceso de biosorción. Barrera-Díaz *et al.* (2012) reportaron esta misma reducción química que es ocasionada por los grupos funcionales hidroxilo (OH) de los compuestos orgánicos celulosa y hemicelulosa que se encuentran presentes en los biomateriales naturales. Este fenómeno se debe principalmente a la característica básica que posee el oxígeno, esto concuerda con lo reportado por Al-Degs *et al.* (2008).

Estos grupos funcionales proporcionan electrones para que se lleve a cabo dicha transformación del cromo  $6+$  a  $3+$ . Los resultados de remoción de Cr (VI) empleando el biomaterial con el tratamiento químico siguen un comportamiento similar al detectado en la remoción del aluminio, porcentajes de remoción altos ( $10 \text{ mg L}^{-1}$  - 92%) a bajas concentraciones al aumentar la concentración el porcentaje de remoción disminuye ( $60 \text{ mg L}^{-1}$  - 42%), esto debido a que los sitios activos del biomaterial son ocupados rápidamente por el adsorbato en los primeros minutos del proceso de contacto. Los resultados de la remoción de ambos analitos se presentan en el Cuadro 1. De estos datos se trazaron los



### Memoria de resúmenes en Extenso

#### XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"

correspondientes gráficos, pero para mostrar claramente el comportamiento de la disminución de porcentajes se presentan solamente las concentraciones de 10, 30 y 60 mg L<sup>-1</sup> para ambos elementos (Figura 2a y 2b).

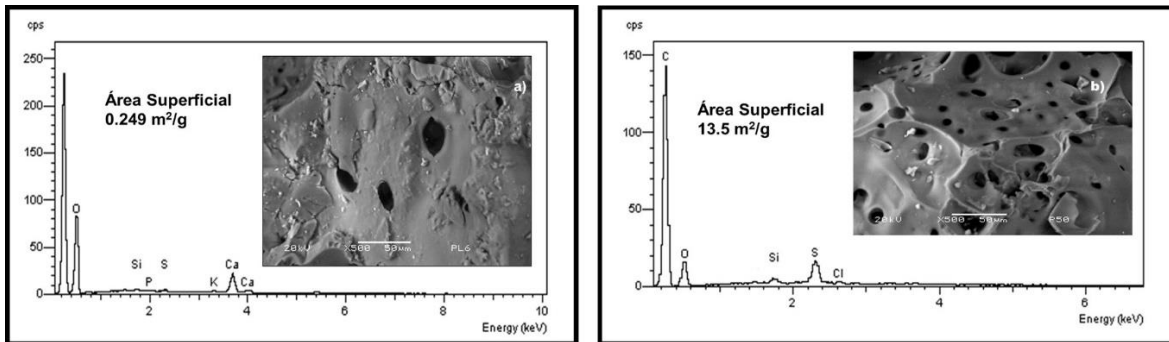


Figura 1. MEB de los biomateriales empleados en la biorremoción de Aluminio y Cromo.

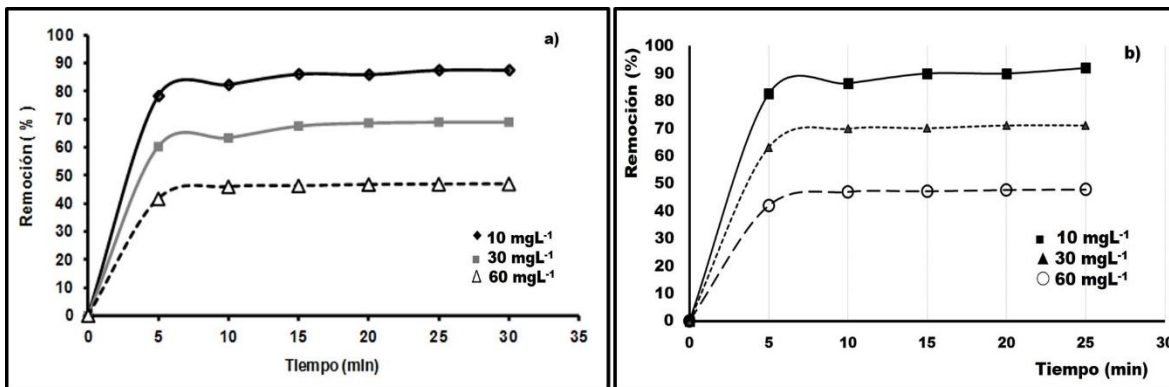


Figura 2. Porcentajes de Remoción alcanzados al emplear biomaterial tratado químicamente de los iones: a) Aluminio (Al<sup>3+</sup>), b) Cromo (Cr<sup>6+</sup>).

Con base a los porcentajes de remoción calculados se generaron las ecuaciones linealizadas para los modelos de isothermas de Langmuir y Freundlich, para los dos elementos estudiados, asimismo se muestra el coeficiente de correlación de las mismas. Esto se muestra en el Cuadro 2. En dicho Cuadro se puede apreciar claramente que los mejores resultados se ajustan el modelo de Freundlich. Esta decisión se tomó con base en los resultados de  $r^2$ , estadísticamente el valor que más se acerque a 1 de este coeficiente, es el considera como el valido para discernir cual modelo teórico es que explica el proceso de adsorción. Este criterio también fue utilizado por Flores *et al.* (2005) en su investigación.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 1.** Porcentajes de remoción generados de la biomasa tratada químicamente.

Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Tiempo (min)	Aluminio	Cromo
		Porcentaje de remoción (%)	Porcentaje de remoción (%)
10	5	80.4	83.5
	10	84	87.3
	15	87.8	90.3
	20	88	91.06
	25	89.1	92.1
	30	89.1	92.1
20	5	67.3	78.5
	10	73.5	82.3
	15	77.3	85.45
	20	78.7	86.07
	25	78.84	87.2
	30	78.84	87.2
30	5	61.5	62.3
	10	64.2	66.1
	15	68.3	69.2
	20	68.5	69.5
	25	68.9	70.1
	30	68.9	70.1
40	5	50.3	51.3
	10	53.9	54.8
	15	55.3	56.02
	20	56.4	57.01
	25	56.9	58.12
	30	56.9	58.12
50	5	40.5	41.5
	10	47.5	48.4
	15	49.3	50.02
	20	49.5	50.11
	25	50	51.22
	30	50	51.22
60	5	40.3	39.5
	10	47.6	40.7
	15	48.4	41.5
	20	48.7	41.86
	25	48.8	42
	30	48.8	42.1



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Esto significa que los dos analitos se adhirieron al adsorbato (biomaterial tratado químicamente) en forma de monocapa, en una superficie que es de naturaleza heterogénea. Este planteamiento concuerda con lo citado por Villanueva-Díaz *et al.* (2012) en cuanto la heterogeneidad del biomaterial y como el modelo teórico de la isoterma de Freundlich es que se ajusta al fenómeno de adsorción reportado.

#### **Cuadro 2. Resultados de Modelos de Isotermas para aluminio y cromo.**

Isoterma	Aluminio		Cromo	
	Ecuación	Coef. Correlación	Ecuación	Coef. Correlación
Langmuir	$y = 0.0379x + 0.7438$	0.8503	$y = 0.557x + 0.9496$	0.9403
Freundlich	$y = 0.366x + 0.2535$	0.9892	$y = 0.361x + 0.7886$	0.9812

Los resultados obtenidos al final de esta investigación se pueden comparar con otra realizada por Torres *et al.* (2012) en la cual emplearon el mismo biomaterial para remover cromo hexavalente. Los resultados reportados muestran porcentajes de remoción del 100% a una concentración de  $50 \text{ mgL}^{-1}$  empleando el mismo experimento en batch, a un tiempo de 60 minutos. La diferencia entre la investigación de Torres y la que se muestra en este artículo, es que en la primera el proceso de tratamiento del biomaterial se fundamentó en una etapa de calentamiento a ebullición. Este tratamiento provocó una desnaturalización de la hemicelulosa, con lo cual generó una mayor exposición de los grupos funciones de la celulosa con el cromo hexavalente en solución, acorde a esto se presenta la posibilidad de atracciones electrostáticas por parte de los oxígenos con el Cr (VI).

En este estudio el tratamiento químico con el ácido sulfúrico oxidó la superficie del biomaterial, generando con ello sitios activos para la adsorción del Cr (VI). La pregunta que se plantea es ¿A qué se debe que los resultados de porcentajes de remoción sean diferentes entre ambas investigaciones?, la posible réplica a este escenario es que la superficie del biomaterial tratado químicamente es heterogéneo en comparación con el biomaterial calentado a ebullición y esto sería una variable que afectaría a la eficiencia de remoción del Cr (VI). En ambos casos se recomendaría un estudio de desorción para estimar el grado de recuperación de dicho cromo, ya sea para otros usos ó en caso para una disposición final como residuo peligroso.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

Al término de la investigación se determinó que los mejores resultados de remoción de Cr (VI) y Al (III) corresponden al biomaterial tratado químicamente. El tratamiento químico es determinante ya que propicia la generación de más sitios activos sobre la superficie del biomaterial, esto se corroboró con los resultados del área superficial. El área superficial es mayor para el biomaterial tratado y este factor es determinante ya que facilita la adsorción de los dos analitos en sus ensayos correspondientes. El contacto entre el biomaterial de manera natural con el cromo hexavalente propicia una reducción química de este elemento para permutar de una valencia de +6 a +3. Por esta razón no el cromo no se adsorbió sobre la superficie del biomaterial. El comportamiento de la adsorción para los dos analitos, fue que a concentraciones pequeñas el porcentaje de remoción es alto, al aumentar la concentración este porcentaje disminuye. Esta propuesta plantea que los porcentajes de remoción son inversamente proporcionales a la concentración del contaminante. Esto es debido a la saturación rápida de los sitios activos de la superficie que tiene el biomaterial tratado químicamente. Para ambos elementos el fenómeno de adsorción se ajusta al modelo teórico de Freundlich, en el cual los analitos se adsorben formando una monocapa sobre una superficie heterogénea. Finalmente la hipótesis planteada inicialmente de alcanzar para ambos elementos el 95 % de remoción, no fue consumada, sin embargo se obtuvieron porcentajes de 89 y 92 % para el aluminio y cromo respectivamente, lo que indica que se tiene que generar más investigaciones que profundicen y planteen nuevas variantes para lograr tocar los porcentajes propuestos en un inicio.

## **LITERATURA CITADA**

- Al-Degs Y. S., M. I. El-Barghouthi, A. H. El-Sheikh and Gavin M. Walker. 2008. Effect of solution pH, ionic strength, and temperature on adsorption behavior of reactive dyes on activated carbón. *Dyes and Pigments* 77: 16-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2007.03.001>
- Barrera-Díaz, C. E., V. Lugo-Lugo and B. Bilyeu. 2012. A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr (VI) reduction. *Journal of Hazardous Materials* 223-224: 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.04.054>



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Beltrán-Hernández, R. I., G. A. Vázquez-Rodríguez, L. F. Juárez-Santillan, C. Coronel-Olivares and A. Lucho Constatino. 2015. Cadmium Removal from Aqueous Systems Using *Opuntia albicarpa* L. Scheinvar as Biosorbent. *BioMed Research International* 6 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/832571>
- Eggs, N., S. Salvarezza, R. Azario, N. Fernández y M. C. García. 2012. Adsorción de cromo hexavalente en la cáscara de arroz modificada químicamente. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 3 (3): 141-151.
- Flores, J. A., A. E. Navarro, K. P. Ramos, L. Chang, N. Ale, M. Ly and M. Holger. 2005. Adsorción de Cu(II) por Quitosano en polvo y perlas de gel. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 71: 17-25.
- Hameed B. H., D. K. Mahmoud y A. L. Ahmad. 2008. Sorption equilibrium and kinetics of basic dye from aqueous solution using banana stalk waste. *Journal of Hazardous Materials* 158: 499-506. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.098>
- Hasfalina, C. M., R. Z. Maryam, C. A. Luqman and M. Rashid. 2012. Adsorption of copper (II) from aqueous medium In Fixed-Bed. *APCBEE Procedia* 3: 255-263. DOI: [doi:10.1016/j.apcbee.2012.06.079](http://dx.doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.06.079)
- Oliveira, A. G., J. P. Ribeiro, D. Q. Melo, F. W. Sousa, V. O. Neto, G. S. Raulino and R. F. Nascimento. 2014. Evaluation of Two Biosorbents in the Removal of Metal Ions in. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*. DOI: [10.17807/orbital.v6i1.493](http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v6i1.493)
- Purkayastha, D., U. Mishra and S. Biswas. 2014. A comprehensive review on Cd (II) removal from aqueous solution. *Journal of Water Process Engineering* 2: 105–128. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.05.009>
- Rahman, M. M., M. Adil, A. Yusof, Y. B. Kamaruzzaman and R. H. Ansary. 2014. Removal of Heavy Metal Ions with Acid Activated Carbons Derived from Oil Palm and Coconut Shells. *Materials* 7: 3634-3650. DOI: [10.3390/ma7053634](http://dx.doi.org/10.3390/ma7053634)
- Rajamohan, N., M. Rajasimman, R. Rajeshkannan y B. Sivaprakash. 2013. Kinetic modeling and isotherm studies on a batch removal of acid red 114 by an activated plant biomass. *Journal of Engineering Science and Technology* 8(6): 778 - 79.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Torres, L., J.F. Cárdenas, M. G. Moctezuma, V. M. Martínez and I. Acosta. 2012. Remoción de cromo hexavalente por la cascara de Plátano (*Musa cavendishii*). *Química Hoy Chemistry Sciences* 2: 29-32.

Villanueva-Díaz, P., E. Campos-Medina, F. Ureña-Nuñez and M. García-Fabila. 2013. Reuse of *Citrillus Lanatus* peel as biosorbent to remove aluminum in aqueous phase. *Fresenius Environment Bulletin* 22(5): 1432-1140.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**COMPORTAMIENTO PRO AMBIENTAL EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ENFERMEDADES TROPICALES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**

**[PRO- ENVIRONMENTAL BEHAVIOR IN THE TROPICAL DISEASES RESEARCH CENTER OF AUTONOMOUS UNIVERSITY OF GUERRERO]**

**Mirella Saldaña-Almazán<sup>1</sup>, Rayma Ileri Maldonado Astudillo<sup>2</sup>, María Xóchitl Astudillo Miller<sup>2</sup>, Juan Villagómez Méndez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de posgrado de la Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación (UEPI- UAGro), <sup>2</sup>Profesor Investigador de posgrado (UEPI-UAGro) Calle Pino S/N Col. El Roble, Acapulco, Guerrero México. CP. 39640 Teléfono: 744 487 7740. <sup>3</sup>Profesor Investigador Unidad Académica de Matemáticas Acapulco-UAGro, Calle Carlos E. Adame No. 54 Col. La Garita CP. 39750 Acapulco, Gro. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (mirellasal@hotmail.com).

**RESUMEN**

La universidad, sin ser una industria de gran contaminación, tiene un impacto ambiental negativo que no se puede subestimar, son las personas que laboran en ella las que causan este impacto; por una falta de comportamiento pro ambiental. El objetivo fue analizar el comportamiento pro ambiental desde la percepción de académicos, administrativos y estudiantes en el CIET - UAGro; para dicha investigación la escala de medición fue retomada de una tesis doctoral sobre responsabilidad social empresarial y comportamiento pro ambiental. Contando 20 ítems y un alpha de Cronbach de 0.771. En los resultados en CPA global; los estudiantes obtuvieron 78%, los docentes un 83%, los administrativos un 79%. La comunidad universitaria expresa participar en el cuidado y conservación del medio ambiente.

**Palabras clave:** *Conservación, medio ambiente, universitarios.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The university, without being a high pollution industry, has a negative environmental impact can not be underestimated and are the people who work in it that cause this impact; by a lack of pro-environmental behavior. The main objective was to analyze the behavior Environmental Pro from the perception of academic, administrative and student ICLS - UAGro; for such research measuring scale was retaken a doctoral thesis on corporate social responsibility and environmental behavior pro. Counting 20 items and Cronbach's alpha of .771. Results in overall CPA; students obtained 78%, 83% teachers, administrative 79%. The university community express participate in the care and conservation of the environment.

**Index words:** *Conservation, environment, university.*

### **INTRODUCCIÓN**

Desde el inicio de los tiempos el ser humano ha interactuado con la naturaleza y está se ha ido modificando debido al comportamiento del mismo. Según Bolzan-Campos (2008) menciona que diferentes autores emplean diversos términos cuando se refieren al humano y la interacción con el medio ambiente. Suárez (2000) lo llama conducta ecológica. De Castro-Maqueda (2000) y Corral-Verdugo (2001) lo conciben como comportamiento pro ambiental: acción que es realizada de manera individual o colectiva cuya intencionalidad es la protección de los recursos naturales o al menos la reducción del deterioro ambiental con el fin de tener una mejor calidad de vida. Existe una gran cantidad de enfoques sobre el CPA, lo que para algunos autores puede ser un hábito diario; para otros es una conducta intencional y dirigida; y algunos más lo refiere a que solo puede surgir de una manera forzada (Martínez-Soto, 2004).

Bolzan-Campos (2008) hace referencia a tres principales características sobre el comportamiento pro ambiental: este comportamiento es un producto o un resultado, pues consiste en acciones que generan cambios visibles en el medio; el mismo se identifica como conducta efectiva: resulta de la solución de un problema o de una respuesta a un estímulo. La importancia de las conexiones entre intención y conducta implica que las personas formen planes específicos que detallan cuando, donde y como la conducta deseada va a ser desarrollada (Suárez, 2000). La conducta o comportamiento de las personas son las que provocan una alteración en el ambiente (Gilmartín-De y Corraliza, 1996).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

La UNESCO (2014) menciona diversas alteraciones al ambiente: cambio climático, destrucción de la capa de ozono, pérdida de biodiversidad, entre otras. Es por ello, la importancia de implementar la educación ambiental dirigida a las generaciones jóvenes y adultos, como alternativas a la conservación de la naturaleza.

Actualmente, las Instituciones de Educación Superior (IES) están realizando procesos de acreditación a las Instituciones en donde los indicadores evaluación la conexión que estas tienen a favor de conservación del ambiente (Sánchez-González *et al.*, 2007). Conocer el comportamiento pro ambiental es un indicador para la implementación de una buena educación ambiental y viceversa. Salinas-Fernández y Cotillas-Alandi (2007) menciona que las universidades deben tener un sistema de evaluación, de motivación a la calidad y creatividad.

Como objetivo principal fue analizar el comportamiento pro ambiental desde la percepción de académicos, administrativos y estudiantes del Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales (CIET).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se realizó en el Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales (CIET) en la Universidad Autónoma de Guerrero (Acapulco, Guerrero), el CIET se fundó en 1985 y ha entrenado a más de 600 planificadores e investigadores de 58 países, y a muchos más empleados y oficiales de la salud mexicanos, a través de una selección variada de cursos y pro de la sociedad en comunidades urbanas y rurales; han ayudado a realizar investigaciones y planificaciones orientadas para la acción sobre temas de salud críticos, como la diarrea infantil, los parásitos, las picaduras de escorpiones y la maternidad segura.

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo cuyo alcance fue descriptivo al pretender, como parte de los objetivos de la presente, describir las características del comportamiento pro ambiental, desde la percepción de los docentes, estudiantes y trabajadores administrativos, el universo de estudio fue a todos los estudiantes, administrativos y docentes del CIET, concretando 25 encuestados.

La escala de medición para esta variable fue retomada de Maldonado-Astudillo (2014). Contando originalmente con 23 ítems y un alpha de Cronbach de .771. Su adaptación quedó de la siguiente manera:



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Según la estructura de los indicadores: está basada en la escala de motivación para medir la conducta pro ambiental propuesta por Osbaldiston y Sheldon (2003) que consta de 9 conductas; sin embargo, la escala final quedó formada por 20 indicadores redactados en forma de acciones realizadas por la primera persona del singular. Según la forma de respuesta: la escala fue tipo Likert de cinco categorías, con opciones de respuesta de Nunca a Siempre.

Según su validez y confiabilidad: en cuanto a la validez del instrumento, entendida como el grado en que un instrumento refleja un dominio específico del contenido de lo que se mide (Hernández-Sampieri *et al.*, 2003), está basada en la operacionalización de la variable surgida de la revisión de la teoría, así como del juicio emitido por cinco expertos. Asimismo, para medir la fiabilidad del instrumento y la congruencia interna de los constructos, se realizó una primera recolección de datos, ya que en este punto del desarrollo de la escala es necesario someterla a un contraste cuantitativo para poder analizar cada uno de sus ítems y determinar su fiabilidad. Con esto, la determinación del coeficiente estadístico alpha de Cronbach fue de .771, que según Schmitt (1996) se considera aceptable en los estudios empíricos de las ciencias sociales un 0.70 o superior, a fin de poder considerarse confiables.

Según el índice de comportamiento pro ambiental (ICPA), sobre la base de 20 ítems cuya respuesta ideal esperada es 5, se obtiene una puntuación ideal máxima por universitario de 115 puntos. Así, cada universitario  $i$ -ésimo emite su puntaje  $p_i$  que se compara con 115; se divide  $(p_i/115) \times 100 =$  al grado de cumplimiento global del ICPA desde la perspectiva de cada universitario. El máximo grado de cumplimiento que podría valorar cada trabajador es del 100%.

Se utilizó el paquete estadístico especializado IBM SPSS versión 21, principalmente para el empleo de la estadística descriptiva, analizando la información a través de tablas y gráficos y medidas de tendencia central y dispersión como medias y desviaciones típicas, para el análisis de fiabilidad del instrumento y las correlaciones y pruebas de hipótesis necesarias.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

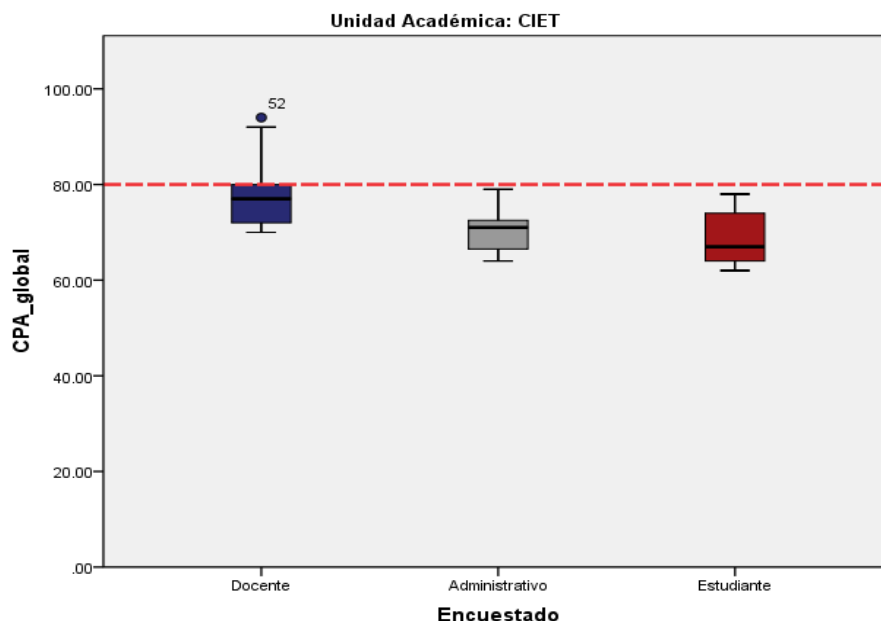
De acuerdo a los valores arrojados y usando 80 puntos como un valor aceptado, se observa en la Figura 1 que por lo menos el 25 % de los docentes fueron los únicos que autocalifican por encima de lo esperado, además se observado un valor máximo muy por encima del resto



### Memoria de resúmenes en Extenso

#### XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

casi en 95%. Mientras que administrativos y alumnos están como máximo valor con 80 puntos.



**Figura 1.** Resultados de la evaluación de CPA en universitarios.

De acuerdo con los autores Lara-González *et al.* (2010) y Espejel-Rodríguez y Flores-Hernández (2012) donde concluyen en estudios realizados sobre CPA los resultados obtenidos fueron mejores en las personas con mejor conocimiento ambiental al igual que los resultados del presente estudio; los que obtuvieron un mejor CPA fueron los docentes, donde el conocimiento sobre el cuidado del ambiente es mayor relativamente. Cumpliendo con el objetivo de esta investigación, de conocer el CPA de los docentes, administrativos donde se observa la interacción quien tienen con el medio ambiente como menciona Suárez (2010) la importancia de esto para poder conocer su intención y conducta, lo que sirve para formar planes específicas dirigidos al mejoramiento continuo.

Los resultados de esta investigación se observa la existencia de un comportamiento pro ambiental por encima de lo esperado, como menciona Sánchez-González *et al.* (2007) es un indicador favorable para el CIET-UAGro. Sin embargo, se necesita mantener un sistema de evaluación continua del comportamiento pro ambiental como mencionan los autores Salinas-Fernández y Cotillas-Alandi (2007), en la institución para monitorear los resultados y aplicar



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

propuestas de acción dirigidas a mejorar el comportamiento pro ambiental de los universitarios.

### **CONCLUSIONES**

La comunidad universitaria expresa tener un comportamiento pro ambiental cerca del promedio esperado, lo que significó lo siguiente: que los universitarios participan en actividades que son cómodas de realizar como (apagar las luces que no necesitan) pero en actividades que demandan más tiempo no las realizan (reutilizar el agua de enjuague de la lavadora). Por lo tanto, es indispensable monitorear por medio de la aplicación de nuevos instrumentos las causas por las cuales los universitarios no efectúan actividades que puedan requerir más tiempo, indagando si es falta de tiempo, falta de conocimiento o falta de compromiso con el mismo.

### **LITERATURA CITADA**

- Bolzan-Campos, C. 2008. Sistemas de gestión ambiental y comportamiento pro ambiental de trabajadores fuera de la empresa: aproximación de una muestra brasileña. Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona, España. 43 p.
- De Castro-Maqueda, R. 2000. Educación ambiental. Psicología ambiental. 2ª ed. Ed. J. I. Aragonés y M. Américo. España. 357 p.
- Corral-Verdugo, V. 2001. Comportamiento pro ambiental. México. Revista Mexicana de Análisis de la Conducta 2: 111-127.
- Espejel-Rodríguez, C. y A. Flores-Hernández 2012. Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior, Puebla-Tlaxcala, México. Revista Mexicana de Investigación Educativa 17: 1173-1199.
- Gilmartín-De, C. M. A. y J. A. Corraliza R. 1996. Psicología Social Ambiental. Ideas y contextos de intervención. Argentina. Revista Psicología Social Aplicada 1: 409-428.
- Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado, y P. Baptista-Lucio, 2003. Metodología de la investigación. 6ª ed. Ed. McGraw-Hill Education. México. 600 p.
- Lara-González, J. D., C. A. Fernández, S. E. Silva y A. Pérez, R. 2010. Representación social de las causas de los problemas ambientales: Caso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Revista Trayectorias 12(30):39-55.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Martínez-Soto, J. 2004. Comportamiento pro ambiental. Una aproximación al estudio del desarrollo sustentable con énfasis en el comportamiento persona-ambiente Revista Theomai 1(99): 1-9.
- Maldonado-Astudillo, R. 2014. La influencia de la responsabilidad social empresarial en el comportamiento pro ambiental de los trabajadores de empresas con y sin distintivo ESR de CEMEFI. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Guerrero. México. 67 p.
- Osbaldiston R. and K. Sheldon. 2003. Promoting internalized motivation for environmentally responsible behavior: A prospective study of environmental goals. Journal of Environmental Psychology 4: 349-357.
- Sánchez-González, C., L. A., Herrera-Márquez, L. G., Zárate-Moreno y W. Moreno-Méndez. 2007. La responsabilidad social universitaria (RSU) en el contexto del cambio de la educación superior. Repositorio UNAM. México. 16 p. <http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1458/1/224-MSG.PDF> (Consultado: 26/11/2014).
- Salinas-Fernández, B. y C. Cotillas-Alandi. 2007. La evaluación de los estudiantes en la educación superior. Ed. Servei de Formació Permanent. España. 116.
- Schmitt, N. 1996. Uses & abuses of coefficient Alpha. Psychological Assessment 8(4): 350-353.
- Suárez, E. 2010. Problemas ambientales y soluciones conductuales. Psicología Ambiental. Ed. Pirámide. España. pp. 307 – 332.
- UNESCO. 2014. Educación sobre el cambio climático para el desarrollo sostenible en la UNESCO. México. <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/climate-change-education/> (Consultado: 13/12/2015).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**EFFECTO DE LA TOXICIDAD DE LODOS RESIDUALES DE FRACTURA  
HIDRÁULICA SOBRE LA GERMINACIÓN DE TUBÉRCULOS**

**[EFFECT OF TOXICITY OF RESIDUAL SLUDGE OF HIDRAULIC  
FRACTURING OVER TUBER GERMINATION]**

**Adriana Michelle Castillo Martínez<sup>1</sup>, Aracely Maldonado-Torres<sup>2</sup>, José Alberto López Santillán<sup>3</sup>,  
Eduardo Osorio Hernández<sup>3</sup>, Benigno Estrada-Drouaillet<sup>3§</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas (FIC-UAT),  
<sup>2</sup>Estudiante de Doctorado Posgrado e Investigación FIC-UAT, <sup>3</sup>Profesor Investigador FIC-UAT. Centro  
Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas. C.P. 87149. Tel. 01(834) 3181718.  
michh13.mc@gmail.com, aracely\_maldonado85@hotmail.com, jalopez@uat.edu.mx, osorio-  
5@hotmail.com, <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (benestrada@uat.edu.mx).

**RESUMEN**

La fractura hidráulica es una técnica que permite la extracción de hidrocarburos almacenados en reservorios no convencionales del subsuelo, como las formaciones de lutitas. Este proceso origina lodos residuales que se almacenan en embalses cercanos al sitio de perforación y posteriormente son transportados a áreas de confinamiento. Una alternativa para tratar estos residuos es la fitorremediación, técnica que reduce costos y atenúa el impacto ambiental provocado por las sustancias tóxicas del sustrato. Sin embargo, para que este proceso ocurra es necesario que las especies vegetales toleren el contaminante. El objetivo de este trabajo fue evaluar la toxicidad de lodos de exploración sobre la germinación de *Lepidium sativum*, *Raphanus sativus* y *Daucus carota*. El experimento se estableció en laboratorio en un arreglo factorial 4x3, los factores corresponden a la concentración del contaminante (0, 25, 50 y 100%) y a las especies evaluadas. Se utilizó un modelo de regresión Poisson para estudiar el efecto de la toxicidad del lodo residual sobre la germinación. Se observó efecto de la concentración del lodo sobre la germinación de las tres especies.

**Palabras clave:** Biorremediación, fitorremediación, fitotoxicidad, fracking.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Hydraulic fracturing is a technique that allows the extraction of hydrocarbons stored in unconventional reservoirs in subsoil such as shale formations. This process origin residual sludge which are stored in dams near the drilling site and subsequently are transported to confinement areas. An alternative to treat this waste is the phytoremediation, a technique that reduces both costs and the environmental impact caused by toxic substances from the substrate. However, for this process to occur it is necessary that plants tolerate the contaminant. The aim of this study was to evaluate the toxicity of sludge exploration over the seed germination of *Lepidium sativum*, *Raphanus sativus* and *Daucus carota*. The experiment was established in laboratory conditions in a 4x3 factorial arrangement, the factors corresponding at concentration of the pollutant (0, 25, 50 and 100%) and the species evaluated. Poisson regression model was used to study the effect of the toxicity of the sludge on the seed germination. Effect of the concentration of the sludge on the germination of the three species was observed.

**Index words:** *Bioremediation, fracking, phytoremediation, phytotoxicity.*

### **INTRODUCCIÓN**

La fractura hidráulica también conocida como “fracking” es el proceso de extracción de gas natural y petróleo de las formaciones de esquisto o lutitas. El proceso consiste en romper las formaciones para liberar el gas y petróleo que contienen, para lo cual se realizan perforaciones horizontales en toda la formación rocosa mediante el uso de agua inyectada a altas presiones. En este proceso también se utilizan soluciones químicas, como las mezclas de perforación que se llegan a recuperar parcialmente en el fluido de retorno el cual da origen a lodos residuales (Rahm *et al.*, 2013); además debido a la presión que se ejerce en este proceso se ha comprobado el desgaste de las membranas de protección para mantos acuíferos con el riesgo de que los lodos generados contaminen el agua o el subsuelo (Cruz-Sánchez, 2013).

Aunque las empresas que se dedican a realizar el fracking aseguran utilizar tecnologías de punta en cuanto al reciclado o disposición de lodos residuales, dichas tecnologías aún están en desarrollo (White *et al.*, 2010) y no implican el reciclado total de las toneladas de agua que esta actividad conlleva, lo que causa impactos al medio ambiente, así como riesgos en la



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

salud de las personas que viven en las regiones donde se explota el gas de esquisto (Rozell and Reaven, 2012).

Por lo anterior, los lodos que se generan en la fractura hidráulica deben ser tratados como residuos peligrosos y en la medida de lo posible disminuir o eliminar las sustancias tóxicas que contienen. Según Trejo, (2002) las tecnologías para remediar suelos contaminados se dividen en tres grupos: biológicas, fisicoquímicas y térmicas, con propiedades diferentes pero que coinciden en degradar, transformar o remover los contaminantes del suelo. La fitorremediación es una tecnología biológica que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos en suelos, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto *in situ* como *ex situ*. Para esta técnica las plantas son seleccionadas con base a su potencial fisiológico, como es el caso de enzimas que les permiten tolerar y asimilar sustancias tóxicas, por sus tasas de crecimiento, por la profundidad de sus raíces o su habilidad para acumular y degradar contaminantes (Peña-Salamanca *et al.*, 2013).

Sin embargo, para que la técnica de fitorremediación se lleve a cabo es necesario utilizar especies tolerantes al contaminante. Estudios previos han demostrado la eficiencia que tienen los tubérculos para remediar sitios contaminados (Montes, 2014). El objetivo de esta investigación consistió en evaluar el efecto de la toxicidad de los lodos de exploración de gas natural sobre la germinación de semillas de berro (*Lepidium sativum*), rábano (*Raphanus sativus*) y zanahoria (*Daucus carota*).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetal y lodo residual**

Las especies que se utilizaron en el experimento corresponden a dos tubérculos, zanahoria (*Daucus carota*) y rábano (*Raphanus sativus*); además, se utilizó el berro (*Lepidium sativum*) ya que en este tipo de ensayos se emplea como testigo. El sustrato utilizado corresponde a lodo de perforación base aceite con un contenido de hidrocarburos de 29,167 mg kg<sup>-1</sup> y 79,489 mg kg<sup>-1</sup> de fracción media y pesada.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Metodología**

El experimento se estableció en laboratorio aplicando un arreglo factorial de 4 x 3 en un diseño completamente al azar, en el cual el primer factor corresponde a diferentes concentraciones del contaminante (0, 25, 50 y 100% en peso de lodo residual y suelo agrícola) y el segundo factor a las especies vegetales, por lo que se evaluaron 12 tratamientos. Las unidades experimentales consistieron en una caja Petri de vidrio de 10 cm de diámetro en la que se establecieron 10 semillas y se aplicaron 10 mL de una solución preparada de acuerdo al % indicado de lodo-suelo y agua destilada (relación 1:10), se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento. Las semillas se incubaron en oscuridad a 28° C y se contabilizó la germinación de las especies evaluadas cada 24 h.

#### **Método de cálculo**

Se emplearon modelos de regresión Poisson para analizar en las tres especies evaluadas la relación entre la germinación y la concentración del lodo residual. En el modelo se consideró la interacción entre la concentración del lodo y el día del conteo, con esto es posible estimar cambios en la pendiente de la recta provocados por el efecto de las diferentes concentraciones que se evaluaron. Además, se incluyó un término cuadrático que permite identificar curvaturas en la recta de regresión. Para cada una de las especies evaluadas, el modelo se definió de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = (\beta_0 + \tau_i) + (\beta_1 + \tau_i^*)dia + \beta_2 dia^2 + \varepsilon_{ij}; i = 1, \dots, 4, j = 1, \dots, 4 \quad (1)$$

donde:

$Y_{ij}$ : Germinación en la concentración i-ésima de lodo de la j-ésima repetición,

$\beta_0$ : Intercepto de la recta de regresión,

$\tau_i$ : Cambio en el intercepto de la recta debido al efecto de la i-ésima concentración de lodo,

$\beta_1$ : Pendiente del término lineal de la recta de regresión,

$\tau_i^*$ : Cambio en la pendiente del término lineal de la recta de regresión debido al efecto de la i-ésima concentración,

$\beta_2$ : Pendiente del término cuadrático del modelo de regresión,



### Memoria de resúmenes en Extenso

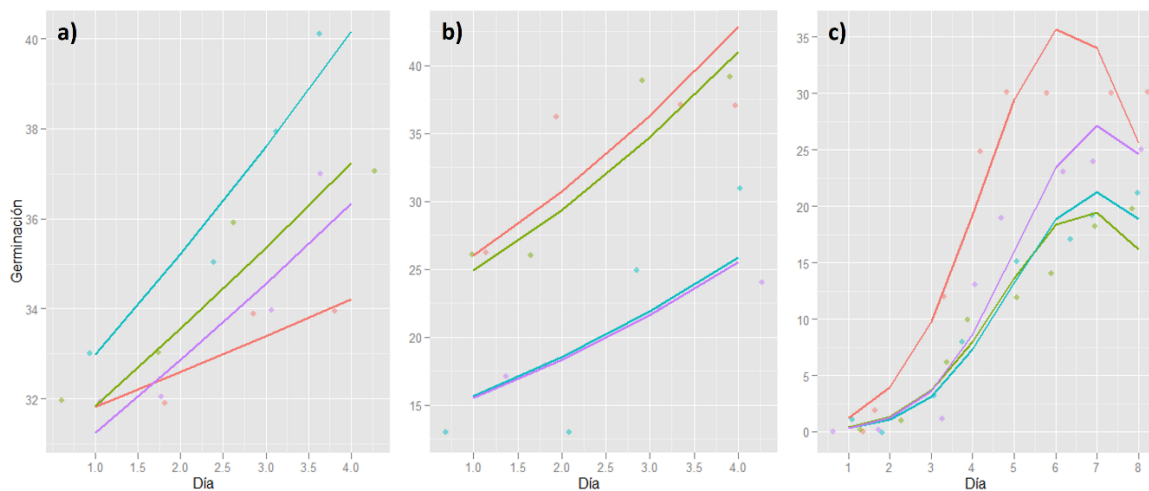
## XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental en la j-ésima repetición de la i-ésima concentración.

El análisis de los conteos de germinación se llevó a cabo en el programa R con el comando *glm* utilizado para ajustar modelos lineales generalizados, en nuestro caso se empleó la distribución Poisson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tres especies evaluadas se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las concentraciones del lodo ya sea en el intercepto o en alguna de las pendientes (Cuadro 1); es decir se observan cambios en la germinación de las semillas de cada especie provocado por las diferentes concentraciones de lodo. En el berro la concentración de lodo al 50% favorece la germinación mientras que las semillas expuestas a las otras concentraciones tuvieron germinaciones más bajas (Figura 1a). Las semillas de rábano presentaron mayor germinación en el tratamiento correspondiente al 0% de lodo residual y conforme se incrementó la concentración del lodo disminuyó la germinación de las semillas (Figura 1b). En zanahoria la mayor proporción de las semillas germinaron en la condición sin lodo (lodo al 0%) sin embargo, existe mayor tolerancia a las concentraciones más altas del lodo (Figura 1c).



**Figura 1.** Germinación de las especies a) berro, b) rábano y c) zanahoria en diferentes concentraciones de lodo; 0% (naranja), 25% (verde), 50% (azul) y 100% (morado).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

El término lineal de la tasa de germinación fue significativo ( $P \leq 0.05$ , Cuadro 1) en rábano y zanahoria por lo que el número de semillas que germinaron se incrementó de forma lineal conforme transcurrieron los días (Figura 1), sin embargo, en el caso de la zanahoria se tienen diferentes pendientes en función de la concentración del lodo por lo que existe interacción significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre la concentración de lodo y los días transcurridos (Cuadro 1); es decir, en la zanahoria la tasa lineal de la germinación se ve afectada por la concentración del lodo de tal manera que se observa mayor tolerancia a las concentraciones altas del lodo (Figura 1c). Por último, solo en la zanahoria fue significativo ( $P \leq 0.05$ ) el término cuadrático (Cuadro 1); es decir la recta de regresión presenta curvatura (Figura 1c); es decir, la tasa de germinación no es constante respecto al tiempo.

**Cuadro 1.** Estimación de los parámetros intercepto y pendiente de la relación entre los días transcurridos y la concentración del lodo con la respuesta, germinación, de las especies evaluadas.

	Rábano	Berro	Zanahoria
<b>Intercepto</b>			
Concentración 0%	22.05**	31.04**	0.31*
Concentración 25%	21.07§	30.22§	0.27*
Concentración 50%	13.29**	30.87§	0.19**
Concentración 100%	13.13**	29.70§	0.20**
<b>Día</b>			
Concentración 0%	5.18**	0.81§	7.94**
Concentración 25%	5.18**	1.89§	4.25**
Concentración 50%	5.18**	2.55§	4.32**
Concentración 100%	5.18**	1.78§	5.57**
<b>Día<sup>2</sup></b>	-	-	-0.35**

\*Significativo a  $P \leq 0.05$ , \*\*significativo a  $P \leq 0.01$ , §no significativo  $P > 0.05$  (prueba t), respectivamente. Parámetro no estimado.

Con base en los resultados obtenidos las tres especies presentan tolerancia al contaminante en sus diferentes concentraciones, por lo cual se podrían emplear en trabajos futuros de biorremediación. Sin embargo, el berro presenta mejor respuesta en concentraciones del lodo al 50%, mientras que el rábano y la zanahoria presentan la mayor tolerancia en concentraciones de lodo al 25 y 100% respectivamente.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

La concentración de lodo afectó la germinación de las semillas de las especies evaluadas. La germinación del berro fue favorecida en la concentración del lodo al 50%, mientras que en el caso de semillas de rábano y zanahoria, germinó menor cantidad por efecto del lodo residual. Existe interacción entre la concentración del lodo y la tasa lineal de germinación en zanahoria, de tal forma que se identifica una mayor tolerancia de esta especie ante la concentración del lodo al 100%.

## **LITERATURA CITADA**

- Cruz-Sánchez, A. 2013. Identificación de los riesgos ambientales y sanitarios de la producción de gas mediante fracturación hidráulica y bases para una propuesta metodológica de vulnerabilidad de las aguas subterráneas. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Geológica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. E.T.S.I. Minas. España. 168 p.
- Montes, L. 2014. Especialización de concentración de metales pesados cromo, zinc y plomo en el complejo industrial Fabrilfame y propuesta de remediación de suelos. Tesis de Doctorado. Universidad de las Fuerzas Armadas. Carrera Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Ecuador. 114 p.
- Peña-Salamanca, E. 2005. Las plantas que limpian. Uso de la biodiversidad de la flora local para aplicaciones en biorremediación. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 17:43–44.
- Peña-Salamanca, E. J., C. A. Madera-Parra, J. M. Sánchez and J. Medina-Vásquez. 2013. Bioprospecting of native plants for their use in bioremediation process: *Heliconia psittacorum* case (heliconiaceae). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 37:469–481.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Rahm, B. G., J. T. Bates, L. R. Bertoia, A. E. Galford, D. A. Yoxtheimer and S. J. Riha. 2013. Wastewater management and Marcellus shale gas development: Trends, drivers, and planning implications. *Journal of Environmental Management* 120:105–113.
- Rozell, D. J. and S. J. Reaven. 2012. Water pollution risk associated with natural gas extraction from the Marcellus shale. *Risk Analysis* 32:1382–1393.
- Trejo, J. A. V. 2002. *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. Instituto Nacional de Ecología. INE: México 62 p.
- White, S. B., J. Biernat, K. Duffy, M. H. Kavalar, W. E. Kort, J.S. Naumes, M. R. Slezak and C. R. Stoffel. 2010. *Water markets of the United States and the world: A strategic analysis for the Milwaukee water council Milwaukee, Wisconsin*. Milwaukee: University of Wisconsin-Milwaukee School of Continuing Education. 428 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**EFFECTO DE LA TOXICIDAD DE LODOS DE GAS SHALE EN LA GERMINACIÓN DE *Zea mays***

**[EFFECT OF TOXICITY OF SHALE GAS SLUDGE OVER *Zea mays* GERMINATION]**

**Catarino Medina de la Cruz<sup>1</sup>, Aracely Maldonado-Torres<sup>2</sup>, Eduardo Osorio Hernández<sup>3</sup>, José Alberto López Santillán<sup>3</sup>, Jacinto Treviño Carreón<sup>3§</sup>, Benigno Estrada Drouaillet<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas (FIC-UAT), <sup>2</sup>Estudiante de Doctorado Posgrado e Investigación FIC-UAT, <sup>3</sup>Profesor Investigador FIC-UAT. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas. C.P. 87149. Tel. 01(834) 3181718. kato\_medina94@hotmail.com, aracely\_maldonado85@hotmail.com, osorio-5@hotmail.com, jalopez@uat.edu.mx. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (jatrevino@docentes.uat.edu.mx).

**RESUMEN**

El fracking es una técnica empleada para potenciar la explotación del gas natural, ya que esta técnica permite llegar a los depósitos de lutitas lo que es difícil mediante técnicas convencionales. Para ello se perfora la roca verticalmente con agua, arena y productos químicos inyectados a grandes presiones. El agua utilizada regresa a la superficie donde se recupera para inyectarse nuevamente, generando lodos residuales tóxicos a la salud humana y al ambiente, que son depositados en embalses superficiales. La fitorremediación es una opción viable para la reducción de costos ocasionados por el confinamiento de estos lodos, consiste en la combinación de especies vegetales y técnicas agronómicas, para reducir o eliminar el nivel del contaminante. El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la toxicidad de lodo residual sobre tres variedades de maíz. Se utilizó un arreglo factorial 4x3 y se evaluó el efecto de la concentración del lodo sobre la germinación, elongación radicular y el índice de germinación para determinar la tolerancia del maíz a la toxicidad del lodo. Solo existen diferencias significativas entre las variedades para la variable elongación radicular, por lo cual se concluye que las variedades son tolerantes al contaminante y pueden ser utilizadas en fitorremediación.

**Palabras clave:** *Fracking, fitotoxicidad, biorremediación, lodos de exploración.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Fracking is a technique used to enhance the exploitation of natural gas, as this technique allows come at shale deposits wich is difficult by conventional techniques. For this the shale rocks are drilled vertically with water, sand and chemical products injected at high pressures. The waste water returns at the surface where is re-injected again, generating sludge toxic to human health and the environment, which are deposited in pills in the surface. Phytoremediation is a viable option for reducing costs caused by confinement of this sludge, consist of the combination of plant species and agronomic techniques in order to reduce or eliminate the contaminant level. The aim of this research was evaluate the residual sludge toxicity over three varieties of corn. A factorial arrangement 4x3 was used and the effect of the sludge concentration over germination, root elongation and the germination index to determinate the tolerance of corn at the sludge toxicity was evaluated. There are only significant differences between varieties for root elongation variable, so it is concluded that the varieties are tolerant to pollution and can be used in phytoremediation.

**Index words:** *Fracking, phytotoxicity, bioremediation, sludge exploration.*

### **INTRODUCCIÓN**

La extracción de hidrocarburos como el gas natural se encuentra en auge desde hace algunos años, para su explotación se ha recurrido al empleo de métodos no convencionales como es el caso del fracking, los cuales se han vuelto una necesidad para las compañías dedicadas a la producción de este recurso, debido a que se encuentra almacenado en formaciones rocosas de baja porosidad y permeabilidad localizadas a más de 2 km de profundidad (Avellaneda, 2015). Una de las tecnologías aplicadas para este fin es el fracking, el cual consiste en inyectar a presiones elevadas una mezcla de agua, arena y productos químicos para lograr una perforación que primero es vertical para después complementarse con la perforación horizontal, fracturando la roca y de esta forma conseguir la liberación del hidrocarburo (de las Heras y Vega, 2015). Sin embargo, el uso de esta técnica acarrea una serie de problemas ambientales que ocasionan un impacto severo, como la generación de lodos residuales producto del agua de retorno contaminada con sustancias químicas, altas concentraciones de hidrocarburos, metales pesados y elementos radioactivos (Brown, 2014; EPA, 2015), por lo que estos lodos resultan nocivos para la salud de los trabajadores y comunidades cercanos al lugar de la extracción, afectando también la flora y fauna del lugar. Esto se debe al



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

almacenamiento que se da a estos residuos en embalses superficiales lo cual expone las sustancias tóxicas al ambiente (de las Heras y Vega, 2015).

En México existe una gran cantidad de sitios contaminados por derrames de hidrocarburos que ocasionan severos deterioros ambientales (Escobar y Valadez, 2011). En los últimos años han surgido tecnologías basadas en la utilización de organismos vivos para recuperar sitios contaminados con una amplia variedad de materiales tóxicos, estas técnicas se conocen como biorremediación, entre estas se encuentra la fitorremediación, que se basa en la utilización de plantas para eliminar los contaminantes auxiliándose de técnicas agronómicas, lo que resulta benéfico para el ambiente (Carpena y Bernal, 2007). Sin embargo, para aplicar esta técnica se deben utilizar especies vegetales que sean capaces de crecer en presencia de los compuestos tóxicos. Por este motivo se planteó como objetivo evaluar la toxicidad del lodo de exploración de gas natural sobre tres variedades de maíz.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Variedades de maíz y sustratos empleados**

Se utilizaron tres variedades de *Zea mays* las cuales corresponden a maíz azul colectado en el estado de Morelos y dos cruces de maíz nativo (3x6 y VHA) de Tamaulipas. Se utilizó lodo residual obtenido por la técnica de fracking procedente de la explotación de gas natural, obtenido de las perforaciones realizadas en la Cuenca de Burgos en Tamaulipas con un contenido de 29,167 mg kg<sup>-1</sup> y 79,489 mg kg<sup>-1</sup> de hidrocarburos de fracción media y pesada respectivamente. También se empleó suelo sin uso alguno de las inmediaciones de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la UAT.

### **Metodología**

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en donde se estableció en un arreglo factorial 3x4, donde el primer factor corresponde a la variedad de maíz y el segundo factor a las concentraciones de lodo-suelo (0, 25, 50 y 100%). La concentración al 0% se preparó con 10 mL de agua y un gramo de suelo mientras que la concentración al 25% se preparó con 0.25 g de sustrato mezclado con 0.75 g de suelo y 10 ml de agua destilada, la concentración 50% contiene 0.50 g de sustrato, 0.50 g de suelo y 10 ml de agua y la concentración del 100% contiene 1 g de sustrato y 10 ml de agua destilada. El extracto se



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

colocó en cajas Petri de vidrio con 10 semillas, y se realizaron 4 repeticiones para cada tratamiento.

#### **Método de cálculo**

El índice de germinación (IG) se obtuvo mediante la relación propuesta por Zucconi y modificada por Tam y Tiquia (1994), en la cual se establece que:

$$IG = \frac{GR \cdot ER}{100} \quad (1),$$

donde:

*GR*: Germinación relativa y

*ER*: Elongación radicular relativa.

Se empleó un análisis de covarianza (ANCOVA) para examinar la relación entre las variables germinación, longitud de raíz e índice de germinación y la concentración del lodo residual; se estudió el efecto de los cultivares de maíz sobre cada una de las variables respuesta y la interacción entre los cultivares y la concentración del lodo. El modelo se definió de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = (\mu + \tau_i) + (\beta_1 + \tau_i^*) \text{concentración} + \varepsilon_{ij}; \quad i = 1, 2, 3, j = 1, \dots, 4 \quad (1),$$

donde:

$Y_{ij}$ : Variable respuesta del *i*-ésimo cultivar de maíz en la repetición *j*-ésima,

$\mu$ : Efecto de la media general,

$\tau_i$ : Cambio en el intercepto de la recta debido al efecto del *i*-ésimo cultivar de maíz,

$\beta_1$ : Pendiente de la recta de regresión,

$\tau_i^*$ : Cambio en la pendiente de la recta de regresión debido al efecto del *i*-ésimo cultivar de maíz,

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental en la *j*-ésima repetición del *i*-ésimo cultivar de maíz.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las pendientes de las rectas de regresión no son significativas en las tres variables analizadas (GR, ER e IG) (Cuadro 1), por lo que no se encontraron efectos de la concentración del lodo ni de la interacción especie-concentración, es decir, las variedades de *Zea mays* que se evaluaron son tolerantes a la toxicidad del lodo residual. Sin embargo, en la variable elongación radicular el factor especie es significativo (Cuadro 1); por lo que los valores de esta variable son diferentes entre los cultivares evaluados de tal forma que la cruz 3x6 y el maíz azul son los que tienen mayor y menor longitud de raíz, respectivamente (Figura 1). A pesar de que no se encontró diferencias en cuanto a la concentración del contaminante en el sustrato, otros autores han reportado que el *Zea mays* alcanza un mayor desarrollo radicular con respecto al testigo, en sustratos contaminados por hidrocarburos de fracción pesada (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2003; Pérez-Armendáriz *et al.*, 2011). Esta variable es gran importancia para el proceso de fitorremediación, puesto la función principal de la raíz es absorber agua y minerales, y se ha comprobado que la capacidad de una planta para estimular la degradación de un contaminante en la rizosfera, depende de la especie, edad y vigor de las raíces (Walton *et al.*, 1994). Además, si el sistema radicular se ve afectado esto se reflejará en el desarrollo de los órganos aéreos (Espinoza-Velázquez *et al.*, 2012).

**Cuadro1.** Estimación de los parámetros intercepto y pendiente de la relación entre la concentración de lodo y las respuestas germinación relativa (GR), elongación radicular (ER) e índice de germinación (IG) de cada una de las variedades de maíz evaluadas.

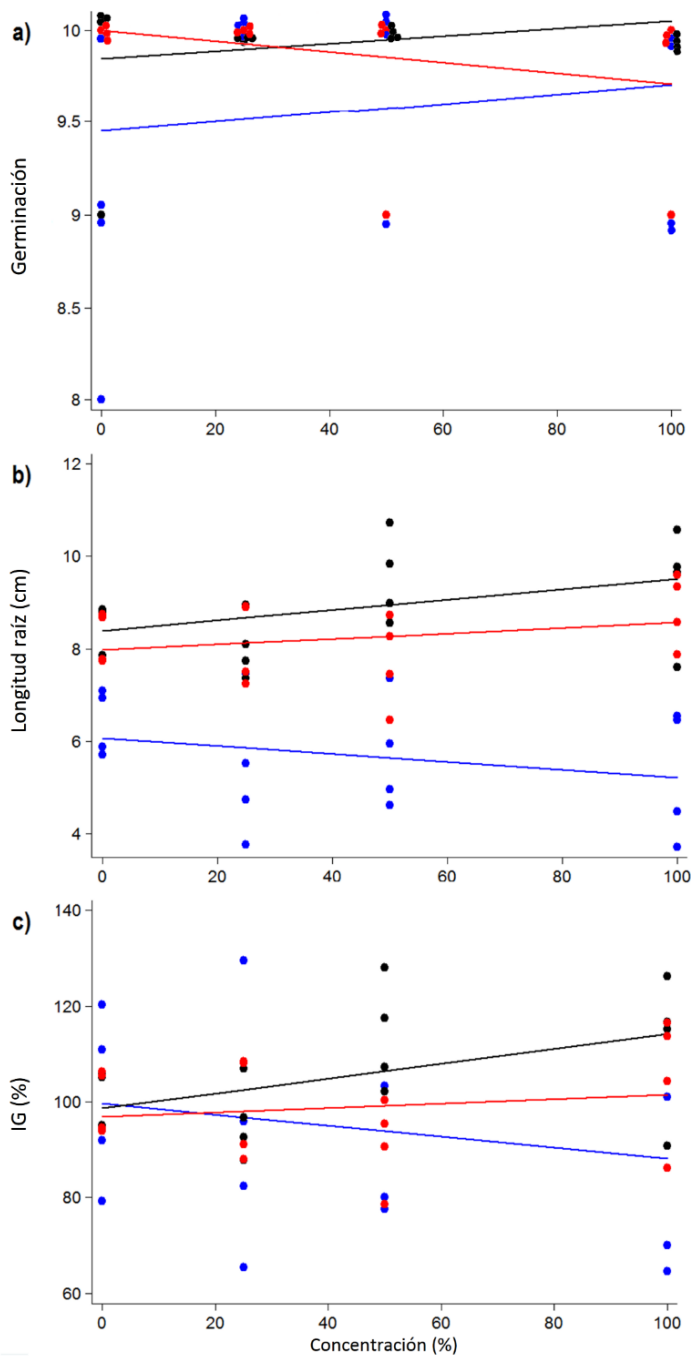
	GR	ER	IG
<b>Intercepto</b>			
Maíz azul	9.45**	6.07*	99.59§
Cruza 3x6	9.85§	8.39§	98.64§
VHA	10.00**	7.97**	96.80§
<b>Pendiente</b>			
Maíz azul	0.0025§	-0.008§	-0.114§
Cruza 3x6	0.0020§	0.011§	0.155§
VHA	-0.0028§	0.006§	0.046§

\*Significativo a  $p \leq 0.05$ , \*\* significativo a  $p \leq 0.01$ , §no significativo  $p > 0.05$  (prueba t), respectivamente.



*Memoria de resúmenes en Extenso*

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"



**Figura 1.** Análisis de covarianza de las variables a) germinación, b) longitud de raíz e c) índice de germinación; maíz azul (azul), cruza 3x6 (negro) y VHA (rojo).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Por otro lado, en el Cuadro 1 se observa que al analizar el IG las tres variedades no mostraron significancia en el intercepto y la pendiente por lo que se deduce que la concentración del lodo no afecta a las variedades evaluadas; este comportamiento ha sido reportado en otras especies de gramíneas como *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha*, para las cuales la capacidad germinativa de las semillas no se ha visto afectada por la presencia de hidrocarburos. Sin embargo, en *Zea mays*, se ha reportado que existe efecto de la concentración de hidrocarburos de fracción pesada sobre la germinación, la cual disminuye conforme aumenta la concentración del contaminante (Méndez-Natera *et al.*, 2004).

Las tres variedades presentan valores superiores al 80% en el IG, como se observa en la Figura 1; por lo cual se estima que las variedades evaluadas son tolerantes a los hidrocarburos presentes en el lodo residual y que no hay sustancias que ejerzan un efecto fitotóxico en el lodo, de acuerdo a los criterios para este índice establecidos por Emino y Warman (2004).

### **CONCLUSIONES**

Según los resultados obtenidos de este análisis se puede observar que las variedades de maíz utilizadas no presentan diferencias en cuanto a su germinación e índice de germinación; sin embargo, presentan diferencias en la elongación de raíz. Además, se observa que la concentración del lodo no afecta el comportamiento de las variables evaluadas lo cual muestra la tolerancia de los cultivares a los hidrocarburos presentes en el lodo residual; los resultados del IG corroboran la idea anterior puesto que en los tres cultivares se estimaron valores superiores al 80% es decir, existe tolerancia al lodo residual y puede emplearse cualquiera de las variedades evaluadas en trabajos posteriores de biorremediación.

### **LITERATURA CITADA**

- Avellaneda, A. S. 2015. Criterios sanitarios ambientales a tener en cuenta en los proyectos de fracking en España. *Revista de Salud Ambiental* 15: 57–60.
- Brown, V. J. 2014. Radionucléotidos en las aguas residuales de la fracturación hidráulica. Manejo de una mezcla tóxica. *Salud Pública de México* 56: 408–415.
- Carpena, R. y M. P. Bernal. 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Revista Ecosistemas* 16: 1-3.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- de las Heras, S. G. y D. A. Vega. 2015. La adecuación de la normativa para regular la técnica del fracking: el caso español. *Derecho & Sociedad* 42: 391–400.
- Emino, E. R. and P. R. Warman. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science and Utilization* 12:342–348.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2015. TENORM: Oil and Gas Production Wastes. En: <http://www.epa.gov/radiation/tenorm-oil-and-gas-production-wastes>. (Consultado: 30/05/2016).
- Escobar, J. M. y F. J. R. Valadez. 2011. Biorremediación de lodos de recortes de perforación base aceite, contaminados con hidrocarburos mediante un consorcio bacteriano y la adición de ácidos húmicos como surfactantes. En: Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. 560-565.
- Espinoza-Velázquez, J., J. Valdés-Reyna y J. M. Alcalá-Rodríguez. 2012. Morfología y anatomía de radículas múltiples en plántulas de maíz derivadas de cariopsis con poliembrionía. *Polibotánica* 33:207-221.
- Méndez-Natera, J. R., C. Roque, K. Zapata y V. A. Otahola-Gómez. 2004. Efecto de la concentración y tiempo de contaminación de un suelo por petróleo en la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Himeca 95. *Revista UDO Agrícola* 4:66-71.
- Pérez-Armendáriz, B., D. Castañeda-Antonio, G. Castellanos, T., Jiménez-Salgado, A. Tapia-Hernández y D. Martínez-Carrera. 2011. Efecto del antraceno en la estimulación del crecimiento en maíz y frijol. *Terra Latinoamericana* 29: 95-102.
- Quiñones-Aguilar, E., R. Ferrera-Cerrato, F. Gavi-Reyes, L. Fernández-Linares, R. Rodríguez-Vázquez y A. Alarcón. 2002. Emergencia y crecimiento de maíz en un suelo contaminado con petróleo crudo. *Agrociencia* 37:585-594.
- Tam, N. y S. Tiquia. 1994. Assessing toxicity of spent pig litter using a seed germination technique. *Resources, Conservation and Recycling* 11: 261-274.
- Walton, T. B., E. A. Guthrie and A. M. Hoylman. 1994. Toxicant degradation in rhizosphere. *In: Bioremediation through rhizosphere technology*. Pp. 11-26 Anderson, T. A. and J. R. Coats (eds).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESCATE DE LA LAGUNA DE CAJITITLÁN: ACCIONES, AVANCES Y PERSPECTIVAS**

**RECOVERING THE LAGUNA DE CAJITITLAN: ACTIONS, ADVANCES AND PERSPECTIVES**

**Ramiro Lujan Godínez<sup>1§</sup>, J. Guadalupe Michel Parra<sup>2</sup>, Luis Manuel Martínez Rivera<sup>3</sup>, Luz Adriana Vizcaíno Rodríguez<sup>1</sup>, Juan Luis Caro Becerra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Profesor-Investigador de la Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México. Correo: adyvizcaino7@gmail.com, jcaro\_becerra@hotmail.com. <sup>2</sup>Profesor-Investigador del Centro Universitario del Sur (CUSUR) de la Universidad de Guadalajara, México. Correo: michelp@cusur.udg.mx, <sup>3</sup>Profesor-Investigador del Centro Universitario Costa Sur (CUCSUR) de la Universidad de Guadalajara, México. Correo: lmartinez@cucsur.udg.mx. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (ramen5302@hotmail.com).

**RESUMEN**

La laguna de Cajititlán posee características de los humedales que la hacen sitio propicio para protección y reproducción de múltiples especies de fauna y flora. Actualmente está en proceso de deterioro ocasionado por factores antropogénicos, lo que motivó a sectores sociales regionales a buscar acciones de recuperación. Este trabajo describe las acciones efectuadas para su rescate, avances recientes y potenciales escenarios finales. Los estudios realizados fueron de naturaleza transversal y descriptiva y son la base para declarar parte de su cuenca como área natural protegida y a la laguna como sitio “Ramsar”. Los trabajos facilitaron establecer el marco legal para su rescate y manejo mediante la *Comisión de Cuenca de la Laguna de Cajititlán*. Concluir exitosamente los programas permitirá rehabilitar y conservar la laguna en beneficio de generaciones actuales y futuras; en caso contrario, se perderán valiosos recursos naturales, reduciendo el nivel de vida de la población e impactando el medio ambiente regional.

**Palabras clave:** *Humedales, manejo, rehabilitación.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The Laguna de Cajititlan is a valuable source of natural services for the region; having wetland characteristics it is an appropriate site for the protection and reproduction of many flora and fauna species. Today it is under a deteriorating process caused by anthropogenic factors, which prompted regional social sectors to implement protection and conservation measures. This paper describes the actions aimed to recover it and also, recent advances and potential outcomes. The performed studies were of nature descriptive and transversal, setting up the basis to declare the lake as “Ramsar” site and its basin as protected area. The carried out activities facilitated the establishment of the legal framework to recover and manage the lake by means of the *Comisión de Cuenca de la laguna de Cajititlan*. The successful completion of the programs will make possible the rehabilitation and conservation of the lake in benefit of the actual and future generations; otherwise, valuable natural resources will be lost resulting in lower living standards and impacts to the regional environment.

**Index words:** *Wetlands, management, rehabilitation.*

### **INTRODUCCIÓN**

La laguna de Cajititlán, lago natural perenne ubicado en el centro sur del estado de Jalisco, es símbolo de identidad e importante fuente de ingresos para los habitantes del municipio (Poett, 2010) y posee características propias de los humedales, lo que la convierte en sitio para refugio y reproducción de especies de flora y fauna (Michel, 2009). Se encuentra en un severo proceso de deterioro ocasionado por factores antropogénicos: deforestación, descargas de aguas residuales y retornos agrícolas con sustancias químicas, evidenciados por el intenso color verde de sus aguas y episodios de muerte masiva de peces. Posee especies de flora y fauna endémicas de la región que están siendo afectadas por los factores mencionados. Está considerada como uno de los lagos prioritarios por los servicios ambientales, sociales, económicos y culturales que presta a la región.

El creciente daño a la laguna motivó a los habitantes, grupos defensores del medio ambiente e instituciones educativas regionales, a desarrollar acciones para su rehabilitación y manejo sustentable. La laguna se ubica en Tlajomulco de Zúñiga a 30 km al sur de Guadalajara. Es un cuerpo de agua natural perenne localizado entre los paralelos 26°26.2'–20°24.1' latitud norte y los meridianos 103°22.3' - 103°16.9' de longitud oeste. Tiene una



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

longitud de 7.5 km, ancho de 2.0 km y profundidad media de 2.5 m; su almacenamiento es de 54.400 millones de m<sup>3</sup> en un área de embalse de 1,700 ha (POETT, 2010).

Los estudios realizados tuvieron como objetivo general identificar y describir las características fisiográficas e hidrológicas de la laguna, así como a las poblaciones relevantes de flora y fauna existentes en su cuenca, que permiten clasificarla como humedal de importancia internacional y recurso hídrico natural de gran valor. Se mencionan además las acciones desarrolladas por los diversos sectores sociales para el rescate de la laguna, los avances recientes logrados y posibles escenarios resultantes.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los estudios fueron de naturaleza transversal y descriptivos, mediante mediciones de variables e indicadores físicos y ambientales (García, 1981) y (INEGI, 2000). Las actividades de investigación cubrieron aspectos sobre climatología, hidrología, hidrometría, batimetría y calidad de aguas, registro de especies de flora y fauna, incluyendo mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces. Las actividades iniciaron en enero de 2014, la mayoría se concluyeron en diciembre de ese año, aunque algunas continúan a la fecha, como la toma de datos de calidad de agua.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El progresivo deterioro de las condiciones de la laguna motivó a diversos sectores de la región a emprender acciones para rehabilitar y proteger el embalse. Como parte de esas acciones se desarrollaron estudios sobre las características físicas del sitio y su región, geología, hidrología del área, batimetría y calidad del agua, así como inventarios de la flora y fauna de la laguna y parte de su cuenca. La batimetría del vaso de la laguna permite clasificarlo como laguna somera al registrar una profundidad máxima de 4.65 m. Los estudios de calidad de agua indican que los niveles relativos a temperatura (19.82-24.84 °C), transparencia (18-23 cm), oxígeno disuelto (0.39-17.38 mg L<sup>-1</sup>), pH (8.54-9.52), dureza, salinidad (0.3-0.342 ppm), DBO (9.6-27.6 mg L<sup>-1</sup>), DQO (14.76-394.8 mg L<sup>-1</sup>), organismos coliformes fecales (7.0-2,400 UFC/100 mL) y totales (5.0-2,400 UFC/100 mL), posibilitan catalogarlo como un cuerpo de agua cálido, alcalino, contaminado, con bajos niveles de oxígeno y severa tendencia a la eutrofización.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Las investigaciones sobre flora de la región comprendieron tipos de vegetación y comunidades vegetales tales como: vegetación terrestre, acuática y semiacuática. Entre la vegetación terrestre se encuentran coníferas, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, pastizal inducido, y vegetación secundaria. Se registran 330 géneros y 530 especies distribuidas en 102 familias botánicas. Los estudios sobre la fauna local incluyeron la clasificación de invertebrados y vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces). El inventario ictiológico contiene seis órdenes, siete familias y doce especies. Las especies relevantes de peces son cuatro exóticas y tres nativas; coincidiendo con estudios previos del Instituto de Limnología (Guzmán, 1989), como se muestra en el siguiente Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Peces de la Laguna de Cajititlán (Michel *et al.*, 2010).

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Perciformes	Cichlidae	<i>Tilapia nilotica</i>	Tilapia
		<i>Oreochomis aurea</i>	Mojarra
Cypriniformes	Cyprianidae	<i>Cyprinus carpio comunis</i>	Carpa
Cyprinodontiformes	Goodeidae	<i>(Goodea atripinnis)</i>	Pececillo lodero
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poeciliopsis infans</i>	Guatopote de Lerma
	Atherinidae	<i>Chirostoma chapaliencis</i>	Charal
		<i>Chirostoma lucius</i>	Pescado blanco
Perciformes	Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina negra
Siluriformes	Ictaluridae	<i>Ictalurus dugesii</i>	Bagre

Las aves son el mayor grupo de vertebrados del humedal. Se inventariaron 56 especies acuáticas pertenecientes a 17 familias y 8 órdenes (Reyna *et al.*, 2011). Se observaron 40 especies de mamíferos, distribuidos en 7 órdenes y 14 familias. Se identificaron 13 especies de reptiles agrupados en 2 órdenes y 5 familias; y 5 especies de anfibios agrupados en 1 orden y 2 familias (Reyna *et al.*, 2011).

Se identificaron características de la laguna propias de los humedales que cumplen con cuatro criterios de la Convención “Ramsar” para ser declarada como humedal de importancia: El Criterio 2 se refiere a que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico, o comunidades ecológicas amenazadas. En la laguna existen tres especies de aves, tres especies de reptiles, dos de mamíferos y dos de anfibios que se encuentran amenazadas según la norma NOM-059-SEMARNAT-2001. El Criterio 4 considera que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vegetales y/o animales cuando se encuentran



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

en una etapa crítica de su ciclo biológico, o les ofrece refugio cuando prevalecen condiciones adversas. Se tienen en la laguna múltiples especies de aves residentes y migratorias que la utilizan como sitio de refugio, alimentación y protección. El Criterio 5 establece que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta de manera regular una población de 20.000 o más aves acuáticas. La población de aves residentes y migratorias observadas en la laguna es superior a los 24,000 ejemplares (Reyna *et al.*, 2011). El Criterio 7 señala que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonas, etapas del ciclo biológico, interacciones de especies y/o poblaciones que son representativas de los beneficios y/o los valores de los humedales y contribuye de esa manera a la diversidad biológica del mundo. La laguna sustenta especies acuáticas nativas, dos de peces y dos de anfibios, que contribuyen a la diversidad biológica nacional representativas de los humedales de importancia (SEMARNAT, 2001).

Los estudios mencionados constituyeron la base para que en el 2014 y 2015 se realizaran reuniones intersectoriales conjuntas de autoridades gubernamentales, ciudadanos, organizaciones sociales e instituciones educativas que permitieron la instalación de la Comisión de la Cuenca de la Laguna de Cajititlán, la cual es el marco jurídico legal para la atención y manejo de la laguna. Consecuentemente, en el 2015 se conformaron Grupos Especializados de Trabajo que definieron las actividades de rescate. Se espera lograr para el 2017 la potencial declaración de la laguna como humedal de importancia y sitio “Ramsar”.

### **CONCLUSIONES**

La laguna de Cajititlán se encuentra en un proceso de deterioro ambiental que pone en riesgo su existencia como embalse natural de alto valor. Posee características físicas y especies de flora y fauna que constituyen recursos naturales de gran importancia. Los estudios realizados señalan la urgencia de desarrollar acciones para evitar un deterioro adicional. Entre las acciones se identifican: declaración de parte de su cuenca como área natural protegida y de la laguna de humedal de importancia internacional. Las actividades de la Comisión de la Cuenca de la Laguna de Cajititlán constituyen los pasos necesarios para el rescate y conservación del cuerpo de agua. El concluir exitosamente las actividades podría hacer posible que en el 2016 una parte de su cuenca pueda ser declarada zona de protección ecológica y en 2017 declarar potencialmente la laguna como humedal de importancia y sitio



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

“Ramsar”. Ello contribuiría a fomentar la conciencia y educación ambiental de los pobladores, la conservación de la biodiversidad, permitiendo incrementar el nivel de vida de los habitantes y la preservación del medio ambiente.

**LITERATURA CITADA**

- García E. 1981. Modificación a la Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros Núm. 6, Quinta Edición 2004. [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo\\_siglo21/serie\\_lib/modific\\_al\\_sis.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf) (Consultado: 13/05/2016)
- Guzmán. A., M. 1989. La Fauna Acuática de la Nueva Galicia. Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara, Chapala, Jalisco, México.
- INEGI. 2000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Cartas topográficas, F13D76 (Chapala) y F13D75 (Jocotepec), escala 1:50,000.
- Michel P. J. G., C. Gómez G., M. C. Hernández T., T. Santamaría P., E. Barragán B., G. Rocha C., L. Estrada P., H. Olivares Á., N. Moreno G., N. M. Quintero F. y A. G. Quintero F. 2009. Monitoreo ictiológico, limnológico, pesquero y sanitario en cuatro humedales de Jalisco. *In* XIX Semana Nacional de Investigación. Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara. Ciudad Guzmán, Jalisco.
- Michel P. J. G., L. I. Ortiz G., C. Gómez G., M. C. Hernández T., M. Montañez O., T. Santamaría P., G. Rocha C., L. Estrada P., H. Olivares Á., E. Barragán B. y J. Flores O. 2010. Ictiología, limnología, pesquería y microbiología del lago de Cajititlán. *In* IX Congreso Internacional y XV Nacional de Ciencias Ambientales, Universidad de Quintana Roo - Academia Nacional de Ciencias Ambientales A.C. 2010.
- Poett. 2010. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, H. Ayuntamiento 2006-2009 de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.
- Reyna B. O. F., I. López A. y V. R. Salazar G. 2011. Riqueza, abundancia, distribución y estacionalidad de las aves acuáticas de la laguna de Cajititlán, Jalisco, México. *In* XI



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Congreso para el estudio y conservación de las aves en México (CECAM). Mazatlán, Sinaloa. Contribución Oral No. 70.

SEMARNAT. 2001. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2001. NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de Federación, miércoles 6 marzo de 2002, 2ª. Sección: 1-78.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**EFFECTO DE LA RELACIÓN C:N EN CÁSCARAS DE NARANJA SOBRE LA ACUMULACIÓN DE LÍPIDOS BACTERIANOS**

**[EFFECT OF C: N RATIO IN ORANGE PEELS ON THE ACUMULATION OF BACTERIAL LIPIDS]**

**Alfredo Tobías Salas<sup>1</sup>, Marisol Pérez-Rangel<sup>2§</sup>, María del Rosario Álvarez González<sup>1</sup>, Daniela Yahaira Sosa Bañuelos<sup>1</sup>, Jaquelina González-Castañeda<sup>3</sup>, Adán R. Torres Sánchez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de licenciatura, <sup>2</sup> Estudiante de Doctorado, <sup>3</sup>Profesor-Investigador, <sup>4</sup>Profesor de tiempo parcial. DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato (UG), Ex Hacienda El Copal, Km 9 Carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato, México, C.P. 36500. tobiassalasalfredo@gmail.com, rosario\_jip@hotmail.com, sosa\_14yahaira@hotmail.com, areu40@hotmail.com, jaquegl@hotmail.com, <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (solalos18@hotmail.com).

**RESUMEN**

Los cítricos son uno de los cultivos más abundantes a nivel mundial y en México se ha reportado una producción anual de aproximadamente 3 millones de toneladas. El biodiesel es una opción viable a obtenerse a partir de microorganismos y residuos orgánicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la acumulación de lípidos en una bacteria expuesta a diferentes relaciones C:N, utilizando como sustrato cáscaras de naranja. La bacteria se aisló a partir de una composta de residuos vegetales. La bacteria aislada se inoculó en reactores en lote con un volumen de trabajo de 100 mL utilizando como medio de cultivo un medio mineral, adicionando cáscaras de naranja y extracto de levadura, para ajustar cuatro relaciones C:N (20, 60, 100 y 125). Se incubaron a 35°C durante 7 días. El contenido de lípidos totales se cuantificó mediante extracción con solventes. La bacteria fue un bacilo Gram (+), con una velocidad de crecimiento de 0.6 generaciones/h. El ANOVA ( $P < 0.05$ ) mostró que la relación C:N tuvo efecto significativo sobre la acumulación de lípidos. La mayor producción de lípidos se obtuvo con la relación C:N=60 (708.55 mg L<sup>-1</sup>). La bacteria aislada posee potencial para la producción de lípidos y ofrece ventajas económico-ambientales al crecer en residuos orgánicos.

**Palabras clave:** *Biocombustibles, contenido de carbono, contenido de nitrógeno, lípidos bacterianos, residuos de cítricos.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Citrus are one of the most abundant crops worldwide and in Mexico has been reported an annual production of approximately 3 million tons. Biodiesel is a viable option to be obtained from microorganisms and organic wastes. The aim of this study was to evaluate the accumulation of lipids in bacteria with different C:N ratios, using orange peels as substrate. The bacterium was isolated from organic compost. The isolated bacteria was inoculated in batch reactors with a working volume of 100 mL using mineral medium as a culture medium, orange peels and yeast extract were added to adjust four C:N ratios (20, 60, 100 and 125). They were incubated at 35 °C for 7 days. The total lipid content was quantified by solvent extraction. The bacterium was a Gram (+) bacillus with a growth rate of 0.6 generations/h. The ANOVA test ( $P < 0.05$ ) showed that the C:N ratio had a significant effect on lipid accumulation. The maximum yield of lipids was 708.55 mg L<sup>-1</sup> with a C:N ratio of 60. The isolated bacterium has a potential for lipids production and provides economic-environmental advantages due to it can growth on organic wastes.

**Index words:** *Bacterial lipids, biofuels, carbon content, citrus waste, nitrogen content.*

### **INTRODUCCIÓN**

La producción actual de biocombustibles debe ser ambientalmente sustentable, contribuir a la reducción neta de las emisiones de los gases de efecto invernadero, no amenazar al suministro de alimentos e imitar la composición química y propiedades de los combustibles líquidos a base de petróleo (Hallenbeck, 2012). El biodiesel se presenta como una alternativa renovable para la diversificación y demanda energética puesto que tiene propiedades similares al diésel producido del petróleo crudo y se puede utilizar directamente para hacer funcionar motores diésel existentes o como una mezcla con diésel de petróleo crudo (Helwani *et al.*, 2009).

Recientemente se ha mostrado especial interés por microorganismos como las bacterias, algas y hongos, debido a que son capaces de acumular grandes cantidades de lípidos 18 al 77% en peso seco (PS), los cuales pueden convertirse directamente a biodiesel. Comparados con los aceites vegetales, los lípidos bacterianos ofrecen las siguientes ventajas: i) tienen un ciclo de vida corto, ii) fácil manejo, iii) se ven menos afectadas por el lugar, temporada y clima, iv) es más fácil de escalar el proceso, y v) pueden utilizar residuos orgánicos. Se ha



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

estudiado su producción utilizando sustratos simples como glucosa, acetato y sacarosa como fuente de carbono. Sin embargo, pocos estudios se han enfocado en la utilización de sustratos complejos y de bajo costo como los residuos agroindustriales, entre los que se encuentran los residuos de naranja cuya generación y disponibilidad es amplia, ya que los cítricos son uno de los cultivos más abundantes a nivel mundial y en México se ha reportado una producción de aproximadamente 3 millones de toneladas (Gouda *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2008; INEGI, 2014).

El rendimiento global de conversión de la fuente de carbón a lípidos depende de la duración de la fase de crecimiento y a su vez, de la relación C:N. Una relación C:N inicial baja da una mala conversión sustrato-lípidos, mientras que a altas relaciones crean una deficiencia severa de nitrógeno, dando lugar a una rápida disminución de células viables antes de que éstas entren en la etapa de acumulación (Beopoulos *et al.*, 2009). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la acumulación de lípidos en una bacteria expuesta a diferentes relaciones C:N, utilizando como sustrato cáscaras de naranja.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La bacteria utilizada en el presente trabajo se aisló a partir de una composta de residuos vegetales provenientes del mercado “Tomasa Esteves” en el huerto “Xidoo” de la ciudad de Salamanca, Guanajuato, México, en la ubicación a 20°34' N y 101°12' O. Se determinó la morfología microscópica por tinción de Gram utilizando el microscopio Leica DM500. Se determinaron los parámetros de crecimiento como el tiempo de generación y la velocidad de crecimiento mediante una curva de crecimiento microbiano durante 6 h utilizando el espectrofotómetro Eppendorf.

El experimento se realizó por triplicado, se preparó un medio mineral con las siguientes concentraciones de nutrientes por litro: 44.5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 7.0 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 0.1 g  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0.015 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0.025 g de  $\text{FeSO}_4$ , 0.005 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 2.5 g de extracto de levadura y 50.25 g, 150.75 g, 262.60 g y 328.23 g de cáscaras de naranja deshidratadas para obtener las relaciones C:N de 20, 60, 100 y 125 respectivamente. Se añadió la bacteria y se incubaron a 35 °C por 7 días. La extracción de los lípidos se llevó a cabo mediante una técnica modificada de Bligh y Dyer (1959).

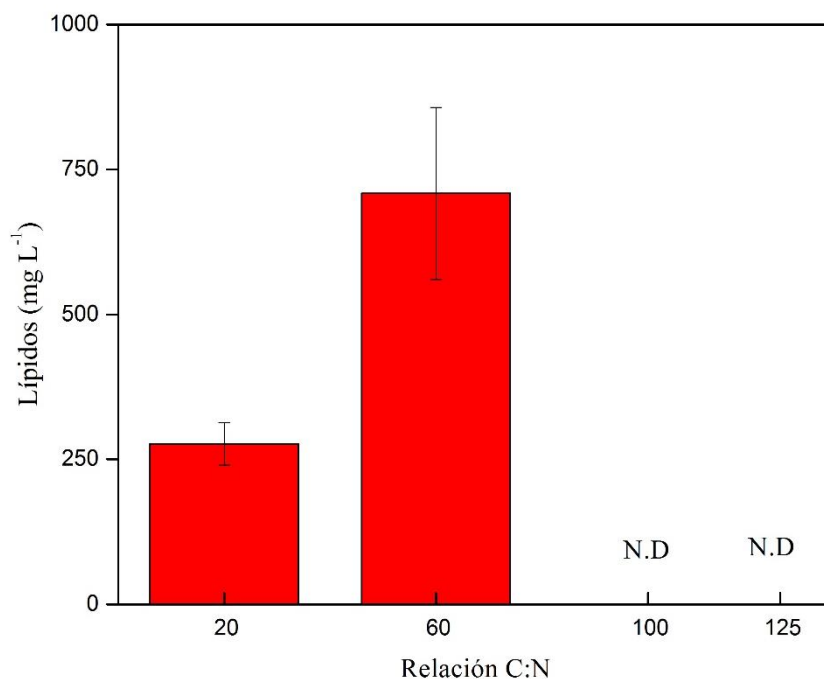


### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La bacteria de estudio es un bacilo Gram (+). El tiempo de generación es de 1.92 h mientras que la velocidad de crecimiento de 0.519 gen/h. Por ANOVA ( $P < 0.05$ ) se demostró que la relación C:N usando cáscaras de naranja tuvo efecto significativo sobre la acumulación de lípidos. La Figura 1 muestra la producción de lípidos a las diferentes relaciones C:N estudiadas, se observa que la mayor producción de lípidos se obtuvo con la relación C:N=60 ( $708.55 \text{ mg L}^{-1}$ ) presentando un contenido lipídico de 1 % PS y  $81.89 \text{ g biomasa L}^{-1}$ .



**Figura 1.** Producción de lípidos a diferentes relaciones C:N (N.D=No determinado).

La menor producción se obtuvo con la relación C:N=20 ( $276.65 \text{ mg L}^{-1}$ ) con un contenido lipídico de 1.5 % PS y  $17.77 \text{ g biomasa L}^{-1}$ . Las relaciones C:N de 100 y 125 no fueron determinadas ya que debido a una cantidad mayor de sustrato en los reactores se obtuvo una consistencia sólida, la cual imposibilitó la recuperación de la biomasa. Las producciones de lípidos obtenidas coinciden con lo reportado por Diamantopoulou *et al.* (2016), quienes mencionan una mayor producción a una relación C:N de 60 comparada con una de 20,



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

utilizando *Volvariella volvacea* y glucosa como fuente de carbono. Se han reportado contenidos de lípidos bacterianos que van de 0.3- 87% PS utilizando sustratos simples como la glucosa, glicerol y sacarosa (Zabeti *et al.*, 2010; Liang y Jiang, 2013).

En lo que respecta a la utilización de sustratos complejos, se ha reportado la producción de lípidos a partir de residuos agroindustriales teniendo rendimientos que van de 0.05 a 0.64 mg g<sup>-1</sup> biomasa (Martínez *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos en el presente trabajo con las relaciones C:N de 20 y 60 (0.18 y 0.21 mg g<sup>-1</sup> biomasa, respectivamente se encuentran entre el rango de rendimientos reportados para sustratos complejos). Así mismo, en la relación C:N=60 se obtuvo una producción 7 veces mayor a la reportada para *Gordonia* sp (88.9 mg L<sup>-1</sup> a partir residuos de naranja (Gouda *et al.*, 2008).

### **CONCLUSIONES**

Se comprobó que la relación C:N tiene efecto en la acumulación de lípidos en la bacteria de estudio. La mayor producción de lípidos se obtuvo a una relación C:N=60. La bacteria aislada posee potencial para la producción de lípidos, ofrece ventajas económicas y ambientales al crecer en residuos orgánicos. Sin embargo, es necesario realizar experimentos para encontrar condiciones óptimas de acumulación.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agrade a la Universidad de Guanajuato por las instalaciones y el apoyo brindado. Al huerto “Xidoo” por la muestra amablemente proporcionada.

### **LITERATURA CITADA**

Beopoulos, A., J. Cescut, R. Haddouche, J. L. Uribelarrea, C. Molina-Jouve and J. M. Nicaud. 2009. *Yarrowia lipolytica* as a model for bio-oil production. Progress in Lipid Research 48(6): 375-387.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911-917.
- Diamantopoulou, P., S. Papanikolaou, G. Aggelis and A. Philippoussis, 2016. Adaptation of *Volvariella volvacea* metabolism in high carbon to nitrogen ratio media. *Food Chemistry* 196: 272–280.
- Gouda, M. K., S. H. Omar and L. M. Aouad. 2008. Single cell oil production by *Gordonia sp.* DG using agro-industrial wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24(9): 1703-1711.
- Hallenbeck, P. C. 2012. Microbial production of fatty-acid-based biofuels. In *Microbial Technologies in Advanced Biofuels Production*, pp. 213-230. Springer US.
- Helwani, Z., M. R. Othman, N. Aziz, W. J. N. Fernando and J. Kim. 2009. Technologies for production of biodiesel focusing on green catalytic techniques: a review. *Fuel Processing Technology* 90(12): 1502-1514.
- INEGI. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/enuestas/agropecuarias/ena2014/> (Consultado: 30/09/2016)
- Li, Q., W. Du and D. Liu. 2008. Perspectives of microbial oils for biodiesel production. *Applied Microbiology and Biotechnology* 80(5): 749-756.
- Liang, M. H. and J. G. Jiang. 2013. Advancing oleaginous microorganisms to produce lipid via metabolic engineering technology. *Progress in Lipid Research* 52(4): 395-408.
- Martínez, E. J., V. Raghavan, F. González-Andrés and X. Gómez. 2015. New Biofuel Alternatives: Integrating Waste Management and Single Cell Oil Production. *International Journal of Molecular Sciences* 16: 9385-9405.
- Zabeti, N., P. Bonin, J. K. Volkman, S. Guasco and J. F. Rontani. 2010. Fatty acid composition of bacterial strains associated with living cells of the haptophyte *Emiliania huxleyi*. *Organic Geochemistry* 41(7): 627-636.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**PERFIL FITOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTICOAGULANTE DE HOJAS, FLORES Y PSEUDOBULBOS DE *Prosthechea karwinskii***

**[PHYTOCHEMICAL PROFILE AND EVALUATION OF ANTICOAGULANT ACTIVITY OF LEAVES, FLOWERS AND PSEUDOBULBS OF *Prosthechea karwinskii*]**

**Gabriela S. Barragán Zarate<sup>§</sup>, Luicita Lagunez Rivera<sup>1</sup>, Rodolfo A. Solano Gómez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca. Hornos núm. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán. C.P. 71230, Oaxaca, México.

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: (gabybarraganzarate@hotmail.com).

**RESUMEN**

Es importante encontrar productos naturales con actividad anticoagulante y antiagregante plaquetaria que no presenten efectos secundarios adversos, ya que estos sirven para tratar problemas cardiovasculares, la cual es la principal causa de muerte en el mundo. El objetivo de este trabajo fue conocer el perfil fitoquímico y evaluar la actividad anticoagulante de las hojas, flores y pseudobulbos de la orquídea *Prosthechea karwinskii*. Para ello se obtuvieron extractos de las hojas, flores y pseudobulbos de la planta, a esos extractos se les realizó un tamizaje fitoquímico con pruebas colorimétricas, cromatografía en capa fina (TLC) y evaluación del Tiempo de Tromboplastina Parcial activada (TTPa) y Tiempo de Protrombina (TP). El perfil fitoquímico y TLC mostraron los diferentes compuestos en cada parte de la planta. Los tres extractos prolongaron los TTPa, inhibiendo la coagulación por la vía que actúan los medicamentos anticoagulantes. Esta investigación muestra el potencial que tiene esta planta, no solo como anticoagulante natural, sino también en las actividades que estén relacionadas con los compuestos encontrados en ella.

**Palabras clave:** *Circulación sanguínea, compuestos fenólicos, cromatografía en capa fina, flavonoides, orquídea.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

It is important to find natural products with anticoagulant and antiplatelet activity that showing no adverse side effects, because these are used to treat cardiovascular problems, which is the leading cause of death worldwide. The aim of this work was to evaluate the phytochemical profile and anticoagulant activity of leaves, flowers and pseudobulbs of the orchid *Prosthechea karwinskii*. For it was obtained extracts from leaves, flowers and pseudobulbs of the plant, to the extracts were made a phytochemical screening with colorimetrics tests, thin layer chromatography (TLC) and evaluation of activated Partial Thromboplastin Time (aPTT) and Prothrombin Time was obtained (PT). The phytochemical profile and TLC showed the different compounds in each part of the plant. The three extracts prolong the aPTT, inhibiting clotting how acting anticoagulant medications. This research shows the potential of this plant, not only as a natural blood thinner, but also in the activities that are related to the compounds found in it.

**Index words:** *Blood circulation, flavonoids, orchid, phenolics compounds, thin layer chromatography.*

### **INTRODUCCIÓN**

La orquídea *Prosthechea karwinskii* es endémica del sureste de México, donde crece como una epífita en bosques de encino o pino encino, esta planta tiene flores amarillas con agradable aroma. En la región de la mixteca del estado de Oaxaca, las diferentes partes de esta orquídea son usadas para tratar diferentes padecimientos como: diabetes, tos, en el tratamiento de heridas y quemaduras, para evitar aborto espontaneo y asistir en el labor de parto (Cruz-García *et al.*, 2014). Estas propiedades son debidas a los compuestos fenólicos presentes en la orquídea. Entre las actividades presentadas por los compuestos fenólicos están la antiagregante plaquetaria y anticoagulante.

La actividad antiagregante plaquetaria y anticoagulante son de gran importancia, debido a que las enfermedades cardiovasculares (los cuales engloban a los problemas del corazón y los vasos sanguíneos) son la principal causa de muerte en el mundo (WHO, 2011) y para tratarlos se emplean algunos medicamentos como la heparina, la cual, presenta efectos adversos como trombocitopenia, urticaria, asma, anafilaxis, osteoporosis y hemorragias debidas a fragmentos no eliminados de heparina (Jappe *et al.*, 2004; Rocha *et al.*, 2004).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Debido a esto, hay un creciente interés por el uso de productos naturales que presenten estas actividades biológicas y que no presenten esos efectos secundarios.

Algunas orquídeas asiáticas del genero *Dendrobium* y *Gastrodia* presentan actividad antiagregante plaquetaria (Fan *et al.*, 2001; Pyo *et al.*, 2004; Jiang-Miao *et al.*, 2008). Es posible que la orquídea mexicana *Prosthechea karwinskii* presente también esa actividad, ya que pertenecen a la misma familia de plantas, así como por las diferentes propiedades medicinales presentadas por ésta. El objetivo de esta investigación fue conocer qué tipo de compuestos hay en las hojas, flores y pseudobulbos de *Prosthechea karwinskii* y evaluar su actividad anticoagulante.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetal y extracción**

Las orquídeas *Prosthechea karwinskii* fueron colectadas después de semana santa, de los adornos de los altares de las iglesias en Zaachila, Oaxaca. Estas plantas fueron limpiadas, separadas en hojas, flores y pseudobulbos. Posteriormente fueron secadas a 50 °C. El material seco fue molido y tamizado, posteriormente se extrajeron los compuestos en un equipo Soxhlet, con etanol al 50% en agua, relación muestra solvente 1:10 muestra: solvente y un tiempo de extracción de 2 h.

### **Screening fitoquímico preliminar**

Los extractos fueron sometidos a un screening fitoquímico de acuerdo a Trease y Evans (1989). Para la confirmación de compuestos: alcaloides, flavonoides del tipo auronas/chalconas y xantonas/flavonas, saponinas, taninos, triterpenoides, cumarinas, quinonas, glucósidos cardiotónicos y sesquiterpenlactonas.

### **Cromatografía en capa fina (TLC)**

Se realizó cromatografía en capa fina de los extractos de pseudobulbos, hojas y flores de *P. karwinskii*. Se usaron placas pre revestidas de sílica gel, con detector UV para 254 nm. El sistema solvente empleado fue: Acetato de etilo-acido fórmico- ácido acético glacial- agua



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

(100: 11: 11: 26). Se les aplicó el revelador NP/PEG de acuerdo a la metodología de Wagner y Bladt (2001).

**Evaluación de la actividad anticoagulante *in vitro***

La actividad anticoagulante *in vitro* de los extractos se evaluó siguiendo la metodología usada por Sae-Kwang y Jong-Sup (2014). Se determinó el Tiempo de tromboplastina parcial activada (TTPa) y el Tiempo de protrombina (TP).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Cuadro 1 se puede ver qué familias de compuestos, así como la intensidad en la que se encuentran en cada parte de la orquídea. En ninguna parte de la planta hubo presencia de alcaloides, cumarinas, glucósidos cardiotónicos o sersquiterpenlactonas.

**Cuadro 1.** Perfil fitoquímico de hojas, flores y pseudobulbos de *Prosthechea Karwinskii*.

Tipo de Compuesto	Hojas	Flores	Pseudobulbos
Alcaloides	-	-	-
Flavonoides: auronas/chalconas	++	-	-
Flavonoides: xantonas/flavonas	++	+	+
Taninos	+++	+++	++
Saponinas	+	++	++
Triterpenoides	++	++	+
Cumarinas	-	-	-
Quinonas	++	+	++
Glucósidos	-	-	-
Cardiotónicos			
Sersquiterpenlactonas	-	-	-

No hay presencia (-), se encuentra en poca cantidad (+), se encuentra en mediana cantidad (++) , se encuentra en gran cantidad (+++).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

La presencia de auronas o chalconas estuvo solamente en las hojas de la planta, las chalconas y flavonas son precursores de flavonoides e isoflavonoides, y están relacionados con la coloración amarilla en las flores de algunas plantas (Ono *et al.*, 2006) y presentan además actividad antioxidante (Narsinghani y Sharma, 2012). Hubo presencia de xantonas y flavonas en las tres partes de la planta, pero en mayor cantidad en las hojas, estos compuestos son una subclase de flavonoides. La prueba para taninos fue positiva para compuestos fenólicos en las tres partes de la orquídea, la cual fue corroborada con los diferentes compuestos fenólicos observados con TLC. Los diferentes compuestos fenólicos, entre ellos los flavonoides, presentan propiedades benéficas para la salud, entre ellas la capacidad antioxidante (Porrás-Loaiza y López-Malo, 2009).

Las tres partes de la orquídea contienen además saponinas, triterpenoides y quinonas. En farmacia, las saponinas son usadas en drogas expectorantes, diuréticas y venotropas, así como materia prima para la hemisíntesis de principios activos esteroídicos (antiinflamatorios, andrógenos, estrógenos, diuréticos) y como anticonceptivos (López, 2001). Los compuestos triterpenoides presentan actividad citotóxica (Lee *et al.*, 2001). Las quinonas son compuestos responsables de los pigmentos en las plantas, dentro de sus propiedades se encuentran las tintóreas y laxantes.

Las diferentes familias de compuestos identificadas en la orquídea *Prosthechea karwinskii* demuestran el potencial que tiene cada parte de esta planta de presentar diferentes actividades biológicas.

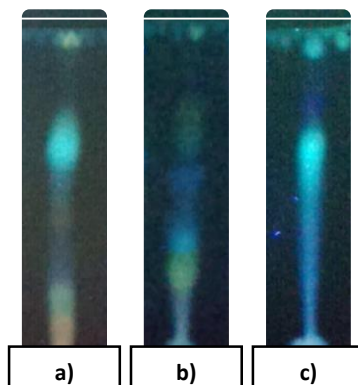
La Figura 1 muestra la TLC de hojas, flores y pseudobulbos, la cual muestra la presencia de compuestos fenólicos de diferentes familias, entre ellas ácidos fenólicos (con coloraciones azules) y diferentes tipos de flavonoides (con coloraciones verde y naranja) de acuerdo con los datos reportados por Wagner y Bladt (2001).

Se observó además que existen diferencias respecto al perfil de compuestos entre las hojas, flores y pseudobulbos. Lo que explica porque las diferentes partes de la planta tienen efecto sobre diferentes padecimientos en la medicina tradicional como reportan Cruz-García *et al.* (2014), donde las hojas verdes masticadas y la infusión de pseudobulbos son usadas para tratar la diabetes, los pseudobulbos son usados como un cataplasma para heridas y quemaduras, la infusión de flores y pseudobulbos para aliviar la tos y la infusión de flores con una moneda y una avispa para evitar aborto y ayudar en labor de parto.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 1.** Cromatografía en capa fina (TLC) de hojas (a), flores (b) y pseudobulbos (c) de *Prosthechea karwinskii*.

Los resultados de la evaluación de los tiempos de tromboplastina parcial activada (TTPa) y tiempo de protrombina (TP) se muestran en la Cuadro 2, se usó un control (evaluación sin extracto) para comparar los resultados obtenidos con y sin los extractos de prueba. No se encontró diferencia significativa entre los TP de las tres partes de la orquídea y el TP control (sin muestra).

En lo que se refiere a los TTPa, hay diferencia significativa entre el control y las tres diferentes partes de la orquídea, sin embargo no se encontró diferencia significativa entre los TTPa de hojas, flores y pseudobulbos, es decir, las tres partes de la planta muestran la misma actividad anticoagulante. La prolongación de TTPa indica la inhibición de la vía intrínseca y/o común en la cascada de coagulación, mientras la prolongación de TP indica inhibición en la vía extrínseca (Zamora-González, 2012).

Las hojas, flores y pseudobulbos de la orquídea *Prosthechea karwinskii* inhiben la coagulación en la vía intrínseca y/o común, pero no en la vía extrínseca. Los medicamentos anticoagulantes como la heparina y warfarina o acenocumarol actúan inhibiendo alguno (s) de los factores de la cascada de la coagulación perteneciente a la vía intrínseca (Trejo, 2004).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 2.** Tiempos de tromboplastina parcial activada (TTPa) y tiempo de protrombina (TP) de hojas, flores y pseudobulbos *Prosthechea karwinskii*.

Parte de la planta	TTPa (s)	TP (s)
Hojas	43.83 ± 1.159 <sup>a</sup>	15.95 ± 0.636 <sup>a</sup>
Flores	42.30 ± 0.424 <sup>a</sup>	16.55 ± 0.778 <sup>a</sup>
Pseudobulbos	44.75 ± 0.919 <sup>a</sup>	16.45 ± 0.495 <sup>a</sup>
Control (Sin Extracto)	37.7 ± 0.424 <sup>b</sup>	14.00 ± 0.034 <sup>a</sup>

Media ± desviación estándar de tres repeticiones. Letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

## CONCLUSIONES

Se confirmó la diferencia en el perfil de compuestos presentes en las hojas, flores y pseudobulbos de la orquídea *Prosthechea karwinskii*. Lo cual muestra el potencial que tiene cada parte de la planta para futuras investigaciones sobre diferentes evaluaciones biológicas. Explica además el hecho de que las diferentes partes de la planta son usadas para tratar diferentes padecimientos en la medicina tradicional. Las tres partes de la planta inhibieron los tiempos de Tromboplastina Parcial Activada, vía por la que actúan los medicamentos anticoagulantes mayormente empleados como la heparina, warfarina y acenocomarol. Lo cual comprueba el potencial de esta planta para ser usado como un anticoagulante natural.

## LITERATURA CITADA

Cruz-García, G., R. Solano-Gómez and L. Lagunez-Rivera. 2014. Documentation of the medicinal knowledge of *Prosthechea karwinskii* in a Mixtec community in Mexico. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 24: 153-158.

Fan, C., W. Wang, Y. Wang, G. Qin and W. Zhao. 2001. Chemical constituents from *Dendrobium densiflorum*. *Phytochemistry* 57: 1255–1258.

Jappe, U., U. Juschka, N. Kuner, B. M. Hausen and K. Krohn. 2004. Fondaparinux: a suitable alternative in cases of delayed-type allergy to heparins and semisynthetic heparinoids? A study of 7 cases. *Contact Dermatitis* 51(2): 67-72.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Jiang-Miao, H., C. Ji-Jun, Y. Hong, Z. You-Xing and Z. Jun. 2008. Two novel bibenzyls from *Dendrobium trigonopus*. *Journal of Asian Natural Products Research* 10 (7): 647-651.

López-Luengo, M. T. 2001. Saponósidos. Documento descargado de <http://www.doymafarma.com> (Consultado el 20/10/2016).

Lee, S., Y. Kho, B. Min, J. Kim, M. Na, S. Kang and K. Bae. 2001. Cytotoxic triterpenoides from *Alismatis Rhizoma*. *Archives of Pharmacal Research* 24(6): 524–526.

Narsinghani, T. and M. C. Sharma. 2013. Chemistry synthesis, docking studies and antioxidant activity of some chalcone and aurone derivatives. *Medicinal Chemistry Research* 22: 40-59.

Ono, E, M. Fukuchi-Mizutani, N. Nakamura, Y. Fukui, K. Yonekura-Sakakibara, M. Yamaguchi, T. Nakayama, T. Tanaka, T. Kusumi and Y. Tanaka. 2006. Yellow flowers generated by expression of the aurone biosynthetic pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103:11075–11080.

Porras-Loaiza, A. P. y A. Lopez-Malo. 2009. Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 3(1): 121-134.

Pyo-Mi, K., L. Jin-Jing, K. Koo-Yean and H. S Yun-Choi. 2004. Phenolic and Furan Type Compounds isolated from *Gastrodia elata* and their Anti-Platelet Effects. *Archives of Pharmacal Research* 27 (4): 381-385.

Rocha, H. O., E. H. Farias, L. C. Bezerra, I. R. Albuquerque, V. P. Medeiros, K. C. Queiroz and E. L. Leite. 2004. Polissacarídeos sulfatados de algas marinhas com atividade anticoagulante. *Infarma* 6(1-2): 82- 86.

Sae-Kwang, K. and B. Jong-Sup. 2014, Antiplatelet, anticoagulant, and profibrinolytic activities of withaferin A. *Vascular Pharmacology* 60: 120–126.

Trejo, C. 2004. Anticoagulantes: Farmacología, mecanismos de acción y usos clínicos. *Cuadernos de cirugía* 18: 83-90.

World Health Organization (WHO). 2010. Global status report on noncommunicable diseases. Geneva, World Health Organization. [http://www.who.int/nmh/publications/ncd\\_report\\_full\\_en.pdf](http://www.who.int/nmh/publications/ncd_report_full_en.pdf) (Consultado el 20/02/2016).



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Trease, G. E. and W. C. Evans. 1989. Pharmacognosy. 11th edition. Brailliar Tiridel and Macmillan Publishers, London. Harborne JB: Phytochemical Methods. 3rd edition. Chapman and Hall Ltd. London. pp. 135-203.

Wagner, H. and S. Bladt. 2001. Flavonoid drugs including *Ginkgo biloba* and *Echinaceae* Species. *In*: Plant drug analysis: a thin layer chromatography Atlas. 2nd edition. Springer. München Germany. pp.195-245.

Zamora-González, Y. 2012. Pruebas del coagulograma y componentes de la hemostasia. Utilidad para diagnosticar las diátesis hemorrágicas. Revista Cubana Hematología, Inmunología y Hemoterapia 28 (2): 141-150.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**REINO *Fungi*: ACTUALIZACIÓN DE BASE DE DATOS EN EL SUR DE TAMAULIPAS**

**[*Fungi* KINGDOM: DATABASE UPDATE IN SOUTHERN TAMAULIPAS]**

**Adrián Arroyo Galván§, Marco Antonio González González, Frank Antonio López Herrera, José Mario Torres Jiménez, Alexia Elizabeth Vargas Nedzelsky**

Universidad del Noreste A. C. Prolongación Avenida Hidalgo No. 6315, Nuevo Aeropuerto, 89337 Tampico, Tamaulipas, México. Correo de coautores: Marco González: marco\_gg18@hotmail.com, Frank López: falhdglh@hotmail.com, José Torres: mariotjim@hotmail.com, Alexia Vargas: alexia\_vn1996@outlook.com. §Autor para correspondencia: (adrian.arroyo.g7@hotmail.com).

**RESUMEN**

Actualmente los registros de diversidad de especies de hongos en México son escasos, la base de datos de la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO) solo tiene 5 especies registradas para la zona de estudio en el sur de Tamaulipas. Teniendo un registro actualizado de qué especies de hongos habitan en este lugar, se conocerá de qué forma estos interactúan en sus ecosistemas, para establecer preceptos en cuanto a su relevancia biológica y ecológica que representarían. La presente investigación se realizó en el periodo de 2014 a 2015, el objetivo fue recopilar la información existente, la cual se obtuvo mediante la consulta de bases de datos de la CONABIO, así como de diferentes instituciones de educación superior y en centros de investigación de carácter nacional. Como resultado, se obtuvieron 38 especies registradas en total, 33 especies más que en la CONABIO, ninguna de estas en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Es importante señalar que la problemática de la carencia de registros conjuntos se debe a la falta de reportes que se hacen en las instituciones; realizando esta investigación ayudará a que se actualicen estos registros oficiales para fines de conocimiento y uso de la biodiversidad.

**Palabras clave:** *Biodiversidad, ecosistema, registro, relevancia biológica.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Currently the records of species diversity of fungi in Mexico are scarce, the database of the National Comition for the knowledge and biodiversity use (CONABIO) has just 5 species recorded in the study area in southern Tamaulipas. Having an updated fungal record of species which inhabit this place, we can know how they interact in their ecosystems, to establish provisions regarding its biological and ecological relevance represent. This research was conducted in the period from 2014 to 2015, the goal was to collect existing information, which was obtained by querying databases CONABIO and different institutions of higher education and research centers of national character. As a result, 38 species recorded in total were obtained, 33 more than in the CONABIO species, none of these in the list of NOM-059-SEMARNAT-2010. It is important to note that the problem of the lack of joint records is due to the lack of reports made in the institutions; conducting this research will help these records for the purpose of knowledge and use of biodiversity are updated.

**Index words:** *Biodiversity, ecosystem, record, biological relevance.*

### **INTRODUCCIÓN**

La pluralidad de especies que existen de hongos es de las más extensas que hay en cuanto a biodiversidad en el mundo. Su importancia ecológica es trascendental para cualquier ecosistema, además de presentar una gran variedad en cuanto a morfología y sus ciclos vitales. Lo que caracteriza a estos organismos principalmente, es su composición filamentosa y pared celular quitinosa, que carecen de clorofila, que son heterótrofos y su reproducción puede ser sexual o asexual a través de esporas (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

Los hongos forman parte trascendental para el ser humano, esto debido a que entre sus funciones se destaca la descomposición de materia orgánica, también pueden ser beneficiosos en la elaboración de alimentos y medicamentos, sin embargo, algunos pueden ser venenosos o psicotrópicos (Popoff y González, 2007). Se estima que en el mundo hay aproximadamente 100,000 especies de hongos, y en México 10,000, pero solo el 5% de estas están registradas (Vázquez y Valenzuela, 2010).

La utilidad de esta investigación se resalta al tener un registro actualizado de la diversidad de macromicetos para que este sirva como referencia o punto de partida al momento de



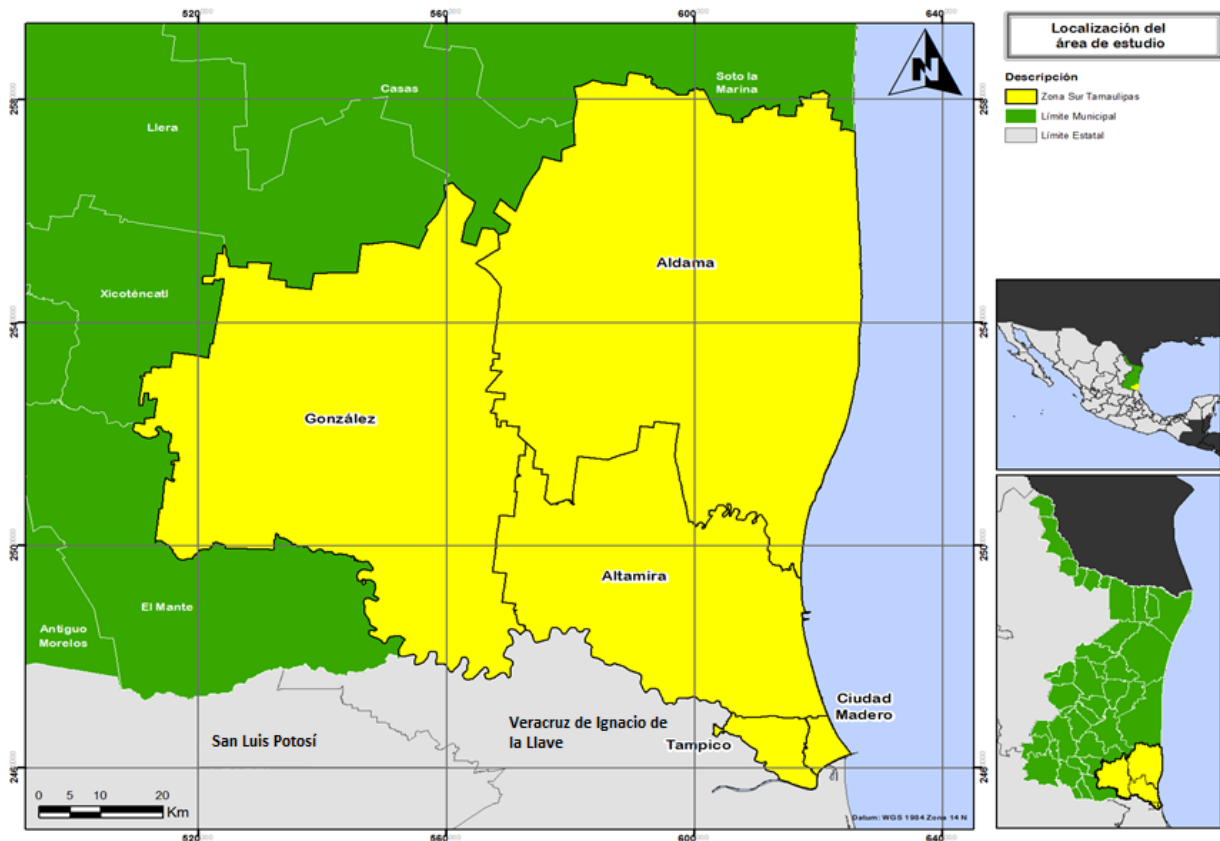
### Memoria de resúmenes en Extenso

## XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

realizar un proyecto que requiera esta información, cabe destacar que, con este registro, se pueden establecer preceptos para la importancia ecológica que representarían en la zona de estudio. La finalidad de este trabajo fue obtener un registro actualizado de hongos macroscópicos de la zona sur de Tamaulipas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el estado de Tamaulipas en el periodo 2014-2015, el cual se encuentra dividido en seis regiones: Franja Fronteriza, Valle de San Fernando, Centro, Altiplano, Mante, y Sur; esta última, la zona de estudio, la cual abarca los municipios de Aldama, Altamira, González, Madero y Tampico (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de la zona de estudio. Los cinco municipios del área estudiada se encuentran resaltados en color amarillo. En color gris, el resto de los estados de la República Mexicana. En color verde los municipios restantes del estado de Tamaulipas.



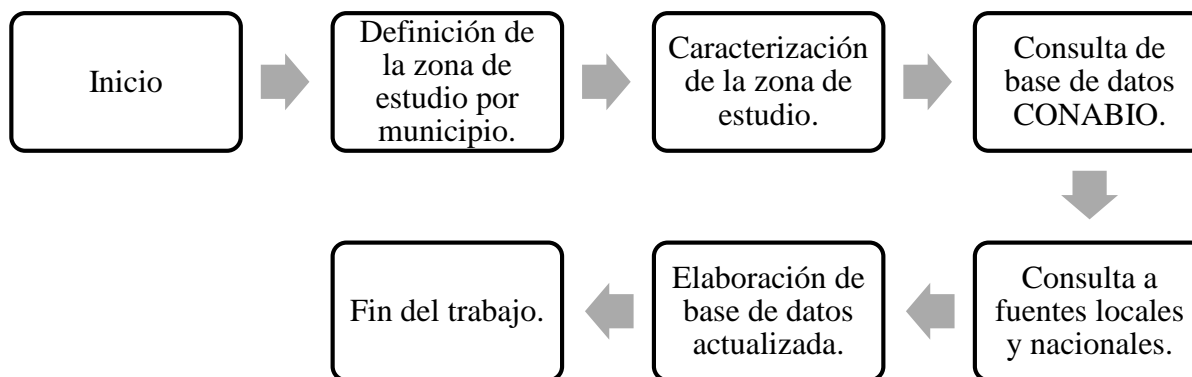
### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Recolección de datos**

Se consultaron bases de datos y registros de distintas instituciones de la zona y a nivel nacional, las cuales fueron la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Universidad del Valle de México/Campus Tampico (UVM), el Instituto Tecnológico de Altamira (ITA) y el Instituto de Ecología A.C. (INECOL) (Figura 2).

Posteriormente se identificaron las especies por municipio y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT 2010, para después elaborar una tabla general con la clasificación taxonómica, su fuente de información y su respectivo estado de conservación.



**Figura 2.** Metodología. En el presente diagrama, se muestra el orden que se siguió para la realización de esta investigación. En cada bloque se precisa la fase y actividad concretada.

## **RESULTADOS**

Como resultado, se obtuvieron 38 especies registradas en total, 33 especies más que en la CONABIO (Cuadro 1), ninguna de estas en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 1.** Especies registradas en total en el sur de Tamaulipas.

División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Fuente	Municipio
Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Cariopsis</i>	<i>Brunneoleuca</i>	1	At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Trametes</i>	<i>Villosa</i>	1	Ad, At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Pycnoporus</i>	<i>sanguineus</i>	1	At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Polyporus</i>	<i>tricholoma</i>	1	At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Trametes</i>	<i>Elegans</i>	1	Go
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Agaricaceae	<i>Leucocorprinus</i>	<i>cepistipes</i>	2	At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Hymenochaetales	Hymenochaetaeae	<i>Phellinus</i>	<i>pomaceus</i>	2	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Corticiales	Corticaceae	<i>Cyrtia</i>	<i>salicina</i>	2	At, Md, Ta
Basidiomycota	Homobasidiomycetes	Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus</i>	<i>campestris</i>	2	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Agaricaceae	<i>Coprinus</i>	sp.	2	At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Agaricales	Agaricaceae	<i>Macrolepiota</i>	<i>procera</i>	2	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Strophariaceae	<i>Psilocybe</i>	<i>cubensis</i>	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Pleurotaceae	<i>Pleorutus</i>	<i>mexicanus</i>	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Basidiomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	<i>Trogia</i>	sp.	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus</i>	sp.	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Auriculariales	Auriculariaceae	<i>Auricularia</i>	<i>polytricha</i>	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Polyporales	Ganodemataceae	<i>Ganoderma</i>	<i>lucidum</i>	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Agaricomycetes	Hymenocetales	Hymenochaetaeae	<i>Phellinus</i>	<i>Robustus</i>	3	At, Md, Ta
Basidiomycota	Homobasidiomycetes	Phallales	Phallaceae	<i>Clathrus</i>	<i>Ruber</i>	3	At, Md, Ta
Myxomycotina	Myxomycetes	Stemonitales	Stemonitidaceae	<i>Stemonitis</i>	<i>splendens</i>	3	At, Md, Ta
Ascomycota	Sordariomycetidae	Xylariales	Xylariaceae	<i>Hypoxylon</i>	<i>monticulosum</i>	4	Sin definir
Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	<i>Daldinia</i>	<i>clavata</i>	4	Sin definir
Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	<i>Daldinia</i>	<i>childiae</i>	4	Sin definir
Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Diatrypaeae	<i>Diatrype</i>	<i>pestigma</i>	4	Sin definir
Ascomycota	Euascomycotina	Xylariales	Xylariaceae	<i>Hypoxylon</i>	<i>coharens</i>	4	Sin definir
Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	<i>Hypoxylon</i>	<i>shearii</i>	4	Sin definir
Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	<i>Hypoxylon</i>	<i>ticinense</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Auriculariales	Auriculariaceae	<i>Auricularia</i>	<i>delicata</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Auriculariales	Auriculariaceae	<i>Auricularia</i>	<i>brasiliensis</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Auriculariales	Auriculariaceae	<i>Auricularia</i>	<i>mesentérica</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Hexagonia</i>	<i>hydnoides</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Basidiomycetes	Poriales	Coriolaceae	<i>Hexagonia</i>	<i>papyracea</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Poriales	Meripliaceae	<i>Hydnopora</i>	<i>fimbriatus</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Polyporales	Polyporaceae	<i>Panus</i>	<i>Rudis</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Agaricomycetes	Polyporales	Schizophyllaceae	<i>Schizophyllum</i>	<i>commune</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Myxomycetes	Stemonitales	Stemonitidaceae	<i>Semonitis</i>	<i>Fusca</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Himenoscomycetes	Sphaeriales	Sphaeriaceae	<i>Daldinia</i>	<i>concentrica</i>	4	Sin definir
Basidiomycota	Himenoscomycetes	Leotiales	Geoglossaceae	<i>Leotia</i>	<i>Lubrica</i>	4	Sin definir



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Se obtuvieron de las siguientes fuentes: 1 CONABIO; 2 Universidad de Valle de México, Campus Tampico; 3 Instituto Tecnológico de Altamira; y 4 Instituto de Ecología, A.C.. Claves para municipios: Aldama (Ad), Altamira (At), González (Go), Madero (Md) y Tampico (Ta). Si bien solo se observa que 5 especies son de la CONABIO, es importante aclarar que los 14 registros de la CONABIO son de especies repetidas en los municipios, contándose así una especie como 3 registros (ejemplo: *Cariolopsis brunneoleuca*).

Las especies representativas son: para Aldama, *Trametes villosa*, para González *Trametes elegans* y para los municipios restantes, *Agaricus Campestris* (Figura 3).



**Figura 3.** A la izquierda, ejemplares de *Trametes villosa* (Germer, 2011); en el centro, ejemplares de *Trametes elegans*; y a la derecha, dos ejemplares de *Agaricus campestris* (Kuo, 2001 y 2005).

## **DISCUSIÓN**

Las estimaciones mundiales más aceptadas del número total de especies de hongos varían considerablemente entre 1 y 1.5 millones (Rossman 1994; Lodge *et al.*, 1996; Aime y Brearley, 2012), pero existen cálculos mucho mayores. Como la vasta mayoría de los hongos no han sido descritos, sobre todo en las regiones tropicales, los cálculos del número total de especies micóticas son extrapolaciones basadas en la razón aritmética entre el número de especies de plantas y las especies de hongos de cada región (Lodge *et al.*, 1996; Lodge, 1997).



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Se ha utilizado una relación de 6:1 entre las especies de hongos y plantas para arribar a las estimaciones más altas de la diversidad mundial de especies de hongos. Sin embargo, la proporción de hongos y plantas puede ser diferente en los trópicos (Lodge, 1997; Lodge et al., 1996).

Es importante mencionar que García (2013) ha contribuido de manera destacable en la identificación y registro de macromicetos en el estado de Tamaulipas, obteniendo como resultado 1036 especies, las cuales pertenecen a 93 familias de las clases Ascomycetes, Basidiomycetes y Glomeromycetes.

### **CONCLUSIONES**

Una de las problemáticas de la carencia de registros conjuntos se debe a la falta de reportes que se hacen en las instituciones. Si bien se obtuvo una mayor cantidad de registros con respecto a la CONABIO, existe la posibilidad de que el número de especies identificadas se pueda ampliar. El sur de Tamaulipas posee una gran diversidad de macromicetos y es necesario elaborar más estudios de la pluralidad de esta clase de organismos.

### **LITERATURA CITADA**

- Aime, M.C. y F.Q. Brearley. 2012. Tropical fungal diversity: closing the gap between species estimates and species discovery. *Biodivers Conserv.* 21(9): 2177-2180.
- Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa, S. Aguilar, J. Cifuentes, y R. Valenzuela. 2014. Biodiversidad de Hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 76-81.
- García-Jiménez, J. 2013. Diversidad de macromicetos en el estado de Tamaulipas, México. Tesis de doctorado en ciencias con especialidad en manejo de recursos naturales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México. 54 p.
- Lodge, D. J. 1997. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests, *Biodiversity and Conservation* 6: 681–688.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Lodge, DJ, PJ. Fisher and BC. Sutton. 1996. Endophytic fungi of *Manilkara bidentata* leaves in Puerto Rico. *Mycologia* 88(5): 733-738.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.

Popoff, O., y A. González. 2007. Reino Fungi. Universidad Nacional del Nordeste: Fac. de Agroindustrias. <http://www.biologia.edu.ar/fungi/fungi.htm> (Consultado: 20/01/2015).

Rossmann, A. 1994. A strategy for all-taxa inventory of fungal biodiversity. *In*: C.I. Peng y C.H. Chou (eds.). Biodiversity and terrestrial ecosystems. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series, Taipei, Republica de China. pp. 169-194.

Vázquez, S. y R. Valenzuela. 2010. Macromicetos de la Sierra Norte del Estado de Puebla. *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional* 8(1): 44-78.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**LOS DETERMINANTES SOCIALES EN LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS MICROBIANAS CON PRODUCTORES DE CHIAPAS**

**[SOCIAL DETERMINANTS IN THE ADOPTION OF MICROBIAL TECHNOLOGIES WITH PRODUCERS OF CHIAPAS]**

**Sergio Márquez Zavala<sup>1§</sup>, Enrique Martínez y Ojeda<sup>2</sup>, Obeimar Balente Herrera Hernández<sup>3</sup>, Andrés Enrique Miguel Velasco<sup>2</sup>, Alfredo Ruíz Martínez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de posgrado del Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO). <sup>2</sup>Profesor Investigador, ITO, Av. Ingeniero Víctor Bravo Ahuja 125, Oaxaca. <sup>3</sup>Profesor investigador, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (smz.160292@hotmail.com).

**RESUMEN**

En Chiapas la producción de café convencional y orgánico representa la principal fuente de ingresos para miles de familias en todo el Estado, sin embargo los caficultores han tenido que lidiar con afectaciones por plagas y enfermedades en los cafetales. Esto les ha provocado pérdidas económicas en los últimos años. La Federación Indígena Ecológica de Chiapas (FIECH) es una importante organización que desde hace tres años ha implementado con sus socios un paquete que incluye un conjunto de cepas microbianas denominadas microorganismos eficientes, con el objetivo de mejorar las condiciones de las plantas y del suelo. Se ha probado en parcelas demostrativas la eficacia de esta tecnología, sin embargo los productores no la adoptan como parte de sus insumos en la parcela. En esta investigación se han identificado los factores sociales que influyen en el proceso de adopción y difusión de los microorganismos con los productores de la FIECH. Por medio de recorridos en campo y entrevistas con cafecultores en las zonas de estudio se ha encontrado que hay un bajo nivel de adopción y los factores más determinantes son: el desinterés del caficultor, el bajo nivel de ingresos, la falta de conocimiento sobre los microorganismos eficientes y la ineficacia de la FIECH para promover su uso.

**Palabras clave:** *Café, microorganismos, factores sociales y tecnología.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

In Chiapas the production of conventional and organic coffee is the main source of income for thousands of families across the state, however the farmers have had to deal with affectations by pests and diseases in coffee plantations. This has caused them economic losses in recent years. The Indigenous Ecological Federation of Chiapas (FIECH) is an important organization that for three years has implemented with its partners a package that includes a set of microbial strains called efficient microorganisms, with the aim of improving the conditions of plants and soil. It has been tested in demonstration plots the effectiveness of this technology, however the producers do not accept it as part of their inputs on the plot. This research intent to identified social factors that influence the process of adoption and diffusion of microorganisms with producers of the FIECH. Through interviews with coffee farmers in areas of study we have found that there is a low level of adoption and the most determining factors are: the lack of coffee grower, low income, lack of knowledge about the efficient microorganisms and the ineffectiveness of FIECH to promote its use.

**Index words:** *Coffee, microorganisms, social factors and technology.*

### **INTRODUCCIÓN**

En los municipios de Amatenango de la Frontera, Bella vista y Frontera Comalapa pertenecientes a la región socioeconómica XI Sierra Mariscal, el cultivo y aprovechamiento del café representa una de las principales actividades económicas de los habitantes que viven en comunidades rurales. En estos tres municipios se encuentran ubicadas dos organizaciones sociales afiliadas a la Federación indígena ecológica de Chiapas (FIECH) las cuales se denominan, Organización de Cafeticultores Emiliano Zapata, AC (OCAEZ) y Unión Regional de Productores Agroecológicos “la Flor de Café”, SC de RL de CV. Y las oficinas centrales de estas se encuentran en la cabecera municipal de Frontera Comalapa.

Estas dos organizaciones albergan alrededor de 415 caficultores orgánicos y es en esta zona del estado donde se desarrollaron las actividades de investigación. La FIECH por medio de un grupo de técnicos especializados en el manejo y la producción de café orgánico, brindan asesoría técnica a sus socios con el objetivo de producir café de alta calidad. Por medio del equipo técnico desde hace tres años se dio a conocer un paquete tecnológico basado en microorganismos como los hongos de fermentación, levaduras y bacterias principalmente



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

que unidos forman una sustancia fermentada capaz de fortalecer las condiciones nutritivas del suelo, nutrir la planta y prevenirla de plagas y enfermedades, con mayor énfasis para contrarrestar los efectos de la roya (*Hemileia vastatrix*) que en los últimos dos ciclos productivos ha causado pérdidas en muchos productores en diferentes partes del estado y del país.

A esta mezcla de microorganismos se le denomina tecnología microbiana o microorganismos eficientes y la componen 11 diferentes grupos de microorganismos los cuales se mencionan a continuación: *Trichoderma*, *Azotobacter*, Micorrizas, *Metarhizium anisoplia*, *Beuveria bassiana*, Lixiviado de lombrices, Microorganismos de montaña, Rumen de vaca, Nitrozomas, Guano y Algas. Cada especie cumple su función en la parcela formando una simbiosis que genera beneficios para las plantaciones de café y de otros cultivos que se encuentran regularmente asociados al cafetal.

Los productores ya conocen y han aplicado esta tecnología en sus parcelas. Sin embargo, a pesar de observar los buenos resultados no se ha llegado a un nivel de adopción óptimo en todos los productores para con los microorganismos eficientes aun cuando no representa un costo por obtener este producto que representa una alternativa viable para los cafecultores orgánicos limitados a no usar productos contaminantes.

Bajo este contexto, surgió la idea de estudiar la adopción para identificar los factores sociales que facilitan o limitan la adopción de tecnologías microbianas con los cafecultores de la OCAEZ y La Flor de Café pertenecientes a la FIECH y de esta manera ilustrar el grado en que la aceptación de la tecnología microbiana es limitada o facilitada por la carencia o abundancia de insumos e infraestructura, con la finalidad de plantear mejoras a la eficiencia y la eficacia en la transferencia de la tecnología por parte de la FIECH.

Pacheco y Ceballos (2012) indican que los factores para que haya adopción de tecnologías en los agricultores cafetaleros en Colombia, son, la edad del productor, el número de familiares presentes en la parcela, el nivel de escolaridad, la cantidad de terreno para uso agrícola, como principales factores.

Así mismo Röling y Pretty (1998) señalan que a lo largo de la historia, el desarrollo de la agricultura se ha dado por medio de la introducción de insumos del exterior (pesticidas, fertilizantes inorgánicos, tractores y otras maquinarias) obteniendo por medio de estos insumos un aumento en la producción pero también provocando distintos cambios en los procesos ecológicos y la aparición de nuevas plagas, malezas y enfermedades cada vez más



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

resistentes. Esto trae como consecuencia que la agricultura se vuelva dependiente de insumos externos pero ha logrado un alto desarrollo gracias a los avances tecnológicos y por medio de las tecnologías microbianas, la cafecultura orgánica puede alcanzar un mejor desarrollo ante la vulnerabilidad que existe con la propagación de plagas y enfermedades asociadas al cambio climático que está alterando los ciclos productivos.

Por otra parte Bunch y López (1994) mencionan que las características que las tecnologías de conservación deben tener para que los productores las adopten con mayor facilidad y perduren en el tiempo son: que generen resultados en poco tiempo, que sean de bajo costo, adecuadas a las condiciones y necesidades de los agricultores, fácil manejo y que no representen exceso de trabajo.

De acuerdo con las diferentes investigaciones el objetivo debía considerar como patrones a las características socioeconómicas de los cafecultores, las características de la tecnología microbiana y el papel que juega la FIECH como transmisor del conocimiento hacia sus socios para que se adopte este producto.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en 20 comunidades ubicadas en tres municipios del estado de Chiapas ubicados en la región económica XI “Sierra Mariscal”. Los municipios en los que se llevó a cabo la investigación son Amatenango de la Frontera, Bella vista y Frontera Comalapa. Básicamente con cafecultores que pertenecen a las organizaciones “OCAEZ” y “La Flor de Café”.

Por medio de reuniones con productores, recorridos en parcelas, entrevistas y encuestas personalizadas, se obtuvieron los datos requeridos para esta investigación utilizando como materiales, un equipo de cómputo, una cámara fotográfica, hojas de papel, cuaderno para apuntes y medios de transporte para trasladarse a las comunidades.

Se capturaron los datos para hacer los análisis estadísticos por medio de un software que permite analizar la información y emitir conclusiones.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Un 90% de los caficultores son mayores de 40 años y con un nivel de estudios de primaria inconclusa, de los cuales su única actividad ha sido la caficultura desde su juventud por lo tanto, conocen y saben sobre el manejo de esta actividad. No obstante, son pequeños productores con menos de 5 ha cultivadas de café y sus hijos regularmente asisten a la escuela y muy pocos caficultores tienen familiares que ayudan en las actividades de la parcela, excepto en temporada de cosecha donde participa toda la familia.

A pesar de estas limitantes, de acuerdo a los requerimientos de la tecnología microbiana, la mayoría de los productores se pueden considerar como aptos para adoptar el producto, puesto que tienen el conocimiento y las herramientas necesarias para poder aplicarlo en sus cafetales con cierta regularidad que permita ver resultados contundentes.

Para algunos productores el acceso a sus parcelas es complicado por las condiciones orográficas de la zona y en algunos casos es agua no perdura todo el año disponible en la parcela lo cual se considera una limitante para la adopción de los microorganismos eficientes.

Se encontraron productores con bajo interés en el uso y aplicación de la tecnología microbiana puesto que cuentan con ciertos recursos que ayudan a que estos productores puedan obtener el producto y aplicarlo periódicamente en los cafetales. Tomando en cuenta que se les ha dado a conocer en repetidas ocasiones el manejo y la función que realizan los microorganismos al aplicarlos en la parcela.

Los caficultores que han probado el producto al menos una vez aseguran que la aplicación es relativamente fácil y que no representa una carga laboral puesto que no hay necesidad de comprar equipos para la aplicación porque ya cuentan con bomba aspersora para ello y además es muy barato obtener la tecnología microbiana en las bodegas de la organización que se encuentran en las cabecera municipal de Frontera Comalapa. Esto es parecido a lo que Röling y Pretty, (1998) indican, que si las nuevas tecnologías son adecuadas y se ajustan a determinadas condiciones o necesidades de los agricultores, entonces tienen una buena oportunidad de ser adoptadas.

Aunque también existe ineficacia por parte de la FIECH para la promoción de la tecnología microbiana puesto que la estrategia utilizada hasta hoy en día no ha tenido mucho éxito puesto que sigue habiendo muchos socios que no quieren adoptar este producto como



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

un insumo básico en sus parcelas. En ello intervienen factores como la falta de interés y la dependencia gubernamental señaladas por Barrera *et al.* (2012).

Los caficultores adoptantes tienen entre 30 y 50 años con secundaria terminada, sus hijos son pequeños o ya no viven con ellos, tienen entre 2 y 5 ha de café, realizan todas las labores culturales necesarias para que el cafetal esté en buen estado, cuentan con el equipo necesario para desarrollar las actividades y presentan un gran interés por aprender nuevas cosas que ayuden a mejorar las condiciones de las parcelas. Asisten a las capacitaciones e innovan en todo momento poniendo en práctica lo que aprenden en los talleres.

### **CONCLUSIONES**

Los caficultores de la FIECH al estar inmersos en el sistema de producción de café orgánico, no tienen una variedad de insumos disponibles para mejorar las condiciones de los cafetales puesto que no pueden agregar productos contaminantes. Las tecnologías microbianas que son de bajo costo, que proporcionan resultados en poco tiempo y que además son fáciles de aplicar son una alternativa viable para este tipo de productores y en especial para los caficultores de la “OCAEZ” y “La Flor de Café”. Los caficultores de estas organizaciones son de muy bajos recursos y dependen de esta actividad principalmente y son muy pocos los que pueden complementar sus gastos con otras actividades. Se deja ver claramente que existe una dependencia de subsidios gubernamentales que pueden ser en dinero en efectivo o en especie pero que no siempre son suficientes para completar sus gastos. Afortunadamente cuentan con el apoyo de la FIECH que busca siempre apoyar a sus socios por medio del cooperativismo donde todos los socios se ayudan mutuamente permitiendo encontrar una salida a los problemas económicos que atraviesan estos caficultores.

### **LITERATURA CITADA**

Barrera, J. F., C. Junghans y R. E. Hernández. 2012. IRFA: Virtudes y limitaciones de un modelo de desarrollo endógeno. Sitio Web de la Red de Espacios de Innovación Socioambiental. El Colegio de la Frontera Sur. México. <http://www.ecosur.mx/redisa/?p=1676>. (Consultado: 20/08/2016).



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Bunch, R. y G. López (1994). Soil recuperation in Central American. Sustain innovation after intervention. GATEKEEPER SERIES. No. 55. Honduras. 15 p.

Pacheco S., C. J. y A. J. Ceballos F. 2012. Factores sociales y económicos que inciden en la adopción tecnológica en el cultivo del café como estrategia para el desarrollo sostenible local. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales, Colombia. 99 p.

Röling, N. and Pretty J. 1998. Extension´s role in sustainable agricultural devolopment. *In:* B.E. Swanson, R.P. Bentz y A.J. Sofranko (eds.). Improving agricultural extension. A reference manual. Rome Italy pp. 3-5.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**FITOTOXICIDAD DEL LODO DE EXPLORACIÓN DE GAS SHALE**

**[PHYTOTOXICITY OF EXPLORATION SLUDGE OF SHALE GAS]**

**Aracely Maldonado-Torres<sup>1</sup>, José Alberto López-Santillán<sup>2</sup>, Eduardo Osorio-Hernández<sup>2</sup>, Benigno Estrada-Drouaillet<sup>2§</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado. Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas (FIC-UAT), <sup>2</sup>Profesor Investigador. Posgrado e Investigación FIC-UAT. Centro Universitario Adolfo López Mateos. C.P. 87149. Cd. Victoria Tamaulipas. C.P. 87149. Tel. 01(834) 3181718. aracely\_maldonado85@hotmail.com, jalopez@uat.edu.mx, osorio-5@hotmail.com. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (benestrada@uat.edu.mx).

**RESUMEN**

La extracción de gas shale mediante fractura hidráulica genera una gran cantidad de lodos residuales, considerados tóxicos debido a los compuestos que contienen; los cuales afectan tanto la salud humana como el ambiente. La fitorremediación es una alternativa a la disposición final, consiste en utilizar especies vegetales capaces de degradar, extraer o estabilizar los compuestos tóxicos. Sin embargo, para que esta técnica sea viable, es necesario que las especies empleadas toleren la toxicidad del sustrato. Por lo cual se evaluó la toxicidad de lodo obtenido por fractura hidráulica en la Cuenca de Burgos, Tamaulipas, sobre cuatro especies vegetales, para determinar su tolerancia y potencial fitorremediador. Se determinó el índice de germinación para *Amaranthus caudatus*, *Zea mays*, *Jatropha curcas* y *Moringa oleifera* relacionando la elongación radicular temprana y el porcentaje de germinación para cada especie, mediante un arreglo factorial 4x4 en un diseño completamente al azar donde los factores corresponden a la concentración del contaminante (0, 25, 50 y 100%) y las especies vegetales. Las especies evaluadas son tolerantes a la toxicidad de los contaminantes presentes en el lodo residual, todas presentaron índices de germinación superiores al 80% y no se encontraron diferencias significativas entre especies.

**Palabras clave:** *Fitorremediación, fractura hidráulica, lodo residual.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Gas shale extraction by hydraulic fracturing generate a lot of sludge, considered toxic due to compounds that contains which affect both human health and environment. Phytoremediation is an alternative to the final disposal, consists in use plant species capable to degrading, remove or stabilize toxic compounds. However, for the viability of this technique, is necessary that the species used tolerate the substrate toxicity. Whereby the toxicity of sludge obtained by hydraulic fracturing in the Burgos Basin, Tamaulipas over four plant species was evaluated, in order to determine their tolerance and phytoremediation potential. Germination index was determinate by *Amaranthus caudatus*, *Zea mays*, *Jatropha curcas* and *Moringa oleifera*, linking early root elongation and germination percentage for each specie, by a factorial arrangement 4x4 in a complete randomized design where factors are contaminant concentration (0, 25, 50 and 100%) and plant species. The evaluated species are tolerant at the pollutants toxicity presents in the residual sludge, all of them had germination index up the 80% and not significant differences were found between species.

**Index words:** *Phytoremediation, hydraulic fracturing, sludge.*

### **INTRODUCCIÓN**

En México la explotación de gas shale es una actividad que está en auge, panorama que se repite a nivel mundial, el término “gas shale” se utiliza para denotar al gas natural que se encuentra almacenado en formaciones rocosas conocidas como roca shale de donde toma su nombre, las cuales se localizan por debajo de los 2 km de profundidad bajo la superficie terrestre (Wei *et al.*, 2013). Por tal motivo, para realizar su extracción es necesario utilizar técnicas no convencionales como es el caso de la fractura hidráulica, la cual consiste en inyectar a presiones elevadas una mezcla de agua, arena y químicos para fracturar los almacenes de gas natural y permitir su liberación hacia la superficie; donde se recolecta en pozos previamente excavados.

Sin embargo, el uso de esta técnica ha ocasionado la generación de grandes cantidades de residuos peligrosos, entre ellos los lodos residuales correspondientes a la fracción sólida del fluido de retorno, el cual vuelve a la superficie contaminado por los químicos aplicados, hidrocarburos de distintas fracciones presentes en el gas natural, elementos potencialmente



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

tóxicos e isotopos radiactivos propios de las formaciones rocosas, los cuales pueden afectar a la salud humana y al ambiente (Chen *et al.*, 2015).

Estudios previos demuestran que es posible aplicar técnicas de remediación biológica a los sustratos contaminados por fluidos del fracking (Castorena-Cortés *et al.*, 2015); una opción viable es la fitorremediación, que utiliza especies vegetales para degradar, extraer o estabilizar compuestos tóxicos (Bjørlykke, 2010). Sin embargo, para que esta técnica sea efectiva es necesario que las especies vegetales sean tolerantes a la toxicidad de los contaminantes presentes (Vázquez-Luna *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2015).

Existen diversas metodologías para evaluar el efecto de la toxicidad de los contaminantes, una de las más rápidas y efectivas es el índice de germinación propuesto por Zucconi para evaluar la toxicidad de elementos potencialmente tóxicos presentes en compost inmaduro, sobre el desarrollo temprano de especies vegetales (Tam y Tiquia, 1994).

En esta investigación se planteó como objetivo evaluar la tolerancia de las especies amaranto (*Amaranthus caudatus*), maíz (*Zea mays*), jatropha (*Jatropha curcas*) y moringa (*Moringa oleifera*) a la toxicidad de los lodos de exploración de gas shale procedentes de la Cuenca de Burgos, Tamaulipas; utilizando el índice de germinación como indicador de la tolerancia de las mismas, a fin de determinar su viabilidad como especies a probar en futuras etapas de biorremediación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Especies vegetales y sustratos**

Las especies vegetales evaluadas fueron amaranto (*Amaranthus caudatus*), maíz (*Zea mays*), jatropha (*Jatropha curcas*) y moringa (*Moringa oleifera*). Los sustratos utilizados corresponden a lodo residual con un contenido de hidrocarburos de 29,167 mg kg<sup>-1</sup> y 79,489 mg kg<sup>-1</sup> correspondientes a las fracciones media y pesada respectivamente, procedente de la extracción de gas shale en el Municipio de Camargo, Tamaulipas y suelo sin uso alguno de las inmediaciones de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Establecimiento del experimento**

El experimento se estableció a nivel de bioensayos en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias perteneciente a la UAT. Para ello se estableció un arreglo factorial 4x4 en un diseño completamente al azar, en el cual el primer factor correspondió a la concentración de lodo residual (0, 25, 50 y 100 % en peso lodo-suelo), y el segundo factor a las cuatro especies vegetales utilizadas. Se emplearon cajas Petri de vidrio de 10 cm de diámetro con 10 semillas como unidades experimentales, a las cuales se aplicaron 10 mL de una solución preparada con el porcentaje indicado de lodo-suelo y agua destilada (relación 1:10). Se realizaron 4 repeticiones por tratamiento y las semillas se colocaron en incubadora a una temperatura de 28 °C en ausencia de luz. Durante este periodo se registró el número de semillas germinadas cada 24 h y a las 72 h se midió la elongación radicular y longitud de la parte aérea, en el caso de *J. curcas* y *M. oleifera* el período se extendió a 10 días.

#### **Variables evaluadas y análisis estadístico**

Para determinar el efecto de la toxicidad del lodo sobre las especies se evaluaron la elongación radicular (cm) y crecimiento de la parte aérea (cm) para cada especie, así como el índice de germinación (%) de acuerdo a la metodología propuesta por Zucconi y modificada por Tam y Tiquia (1994), que propone que el índice de germinación (IG) es igual a la germinación relativa multiplicada por la elongación relativa y dividida entre 100. La interpretación se realizó de acuerdo a lo propuesto por Emino y Warman quienes proponen que IG con valores menores al 50% son indicativos de fitotoxicidad del material, IG entre el 50 y 80% indican fitotoxicidad moderada e IG con valores superiores al 80% indican que el sustrato evaluado no ocasiona fitotoxicidad (Emino y Warman, 2004). Los datos se sometieron a un análisis de varianza y se aplicó una prueba de comparación de medias de (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) para los casos que presentaron significancia.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Efecto de la toxicidad del lodo residual sobre la germinación**

No se encontró interacción entre los factores especie y concentración del lodo residual para la variable germinación. Este proceso ocurrió entre los tres y cinco días, excepto para *Jatropha curcas* que emergió más lentamente y presentó el menor porcentaje de germinación



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

(63%) (Cuadro 1), mientras que las demás especies presentaron una germinación superior al 95% de las semillas establecidas. La tendencia de la germinación para las especies evaluadas puede observarse en la Figura 1, en la cual se muestra que las semillas de *Amaranthus caudatus* presentaron una germinación del 96.2 % transcurridas 24 h. En el caso de las semillas de *Zea mays*, *Jatropha curcas* y *Moringa oleífera* presentaron una tasa de germinación rápida la cual ocurrió durante los primeros 6 días, seguida de una tasa de germinación más lenta; tal como se ha reportado en estudios similares (Tam y Tiquia, 1994; Vázquez-Luna *et al.*, 2010).

En el caso de *Amaranthus caudatus* la concentración de 100% de lodo favoreció la germinación; en estudios similares con *Leucaena leucocephala* y *Crotalaria incana* se encontró que concentraciones altas del contaminante estimulan la germinación en estas especies (Varnero *et al.*, 2007).

En el resto de las especies evaluadas esta concentración reduce las tasas de germinación; este patrón se acentúa en *Jatropha curcas* donde se aprecian efectos tóxicos del lodo sobre la germinación.

**Cuadro 1.** Comparación de medias para las variables de respuesta en las especies vegetales evaluadas.

Especie	Germinación	ER	IG
<i>Amaranthus caudatus</i>	9.62 A	2.96 C	89.67 A
<i>Zea mays</i>	9.93 A	8.88 A	105.46 A
<i>Jatropha curcas</i>	9.5 A	4.06 B	91.92 A
<i>Moringa oleífera</i>	6.37 B	3.77 BC	85.65 A

A, B, C: Literales diferentes en la misma columna representan diferencias estadísticas (p < 0,05).

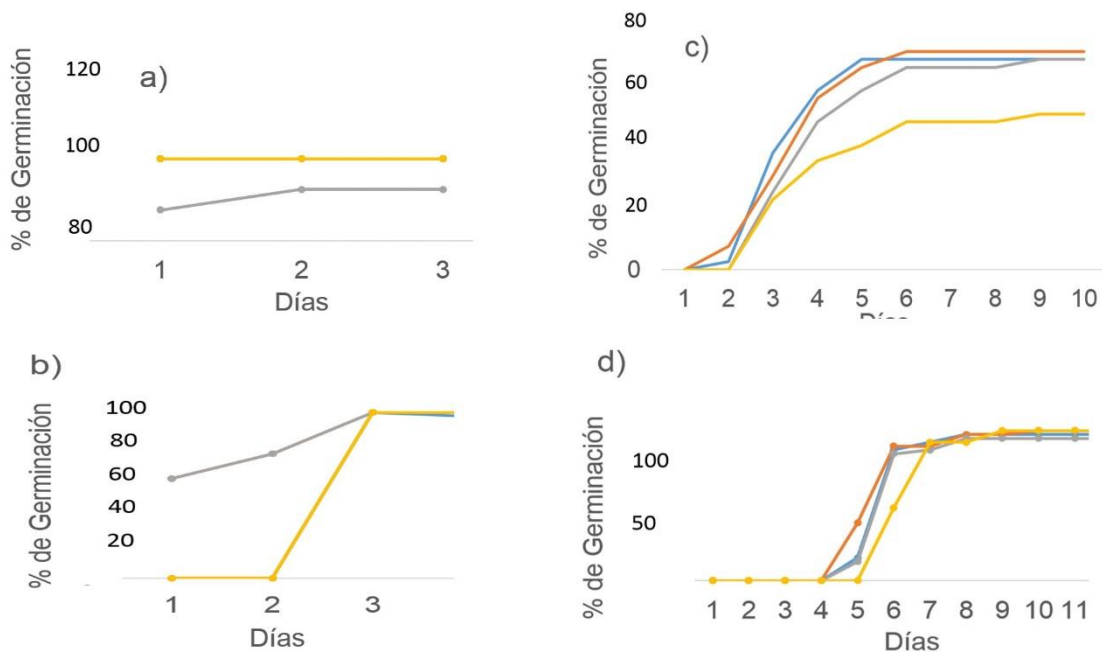
**Efecto de la toxicidad del lodo residual sobre el desarrollo de la raíz y crecimiento de la parte aérea**

No se encontró interacción entre los factores especie vegetal y concentración de lodo residual para la variable elongación radicular, por lo que se evaluaron los factores por separado. No se presentaron diferencias entre la elongación radicular a diferentes concentraciones; sin embargo, entre especies, *Zea mays* presentó el mayor desarrollo de la raíz mientras que el menor desarrollo se presentó en *Amaranthus caudatus* (Cuadro 1).



### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"



**Figura 1.** Curvas de germinación para las especies a) *Amaranthus caudatus*, b) *Zea mays*, c) *Jatropha curcas* y d) *Moringa oleifera*; en diferentes concentraciones de lodo residual 0% (azul), 25% (naranja), 50% (gris) y 100% (amarillo).

Para el caso de la parte aérea se encontró interacción entre los factores especie vegetal y concentración de lodo residual, la mejor respuesta se obtuvo para *Jatropha curcas* en la concentración de lodo 0%, seguida de *Jatropha curcas* expuesta al 50% de lodo y *Moringa oleifera* en las concentraciones de 25 y 100% del contaminante (Figura 2), mientras que el menor crecimiento se presentó en *Amaranthus caudatus* expuesto al 50 y 100% de lodo residual, estas diferencias pueden deberse principalmente a las características biológicas de la especie, puesto que *Amaranthus caudatus* presenta crecimiento arbustivo, mientras que *Jatropha curcas* y *Moringa oleifera* corresponden a especies arbóreas.

### Índice de germinación

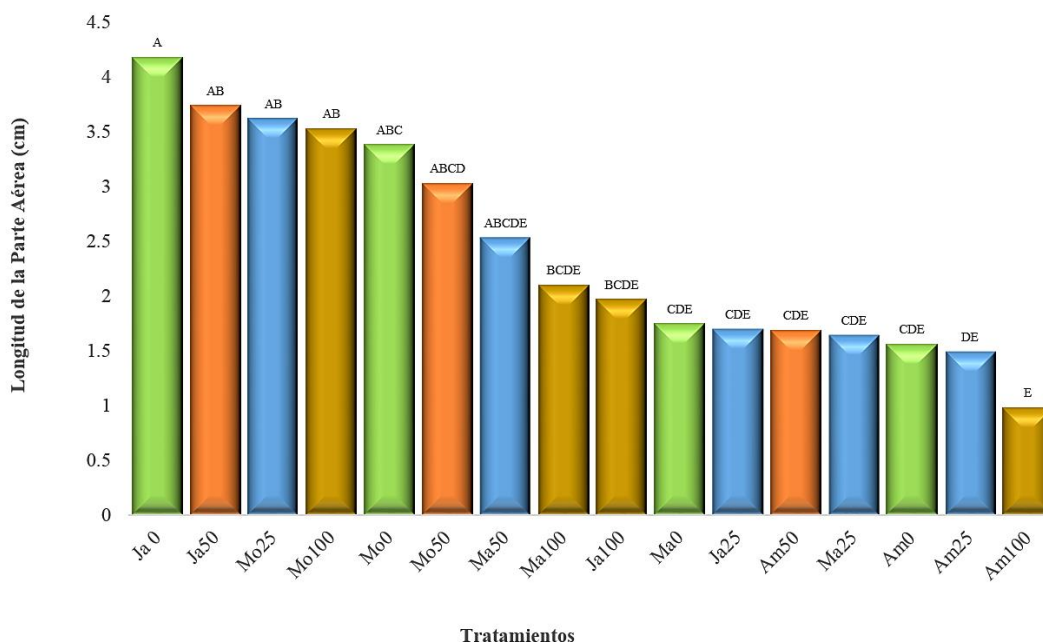
No se encontró interacción entre especie y concentración para el índice de germinación evaluado por lo que los factores se analizaron por separado, no se encontraron diferencias de efecto significativas ( $P > 0.05$ ) entre las diferentes concentraciones ni entre especies. En las cuatro especies vegetales se obtuvieron índices de germinación superiores al 85% lo cual indica que corresponden a especies tolerantes a los hidrocarburos presentes en el lodo



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

residual de fractura hidráulica, por lo cual, a pesar de las concentraciones de estos contaminantes, las sustancias fitotóxicas presentes están en concentraciones tan bajas que no afecta el desarrollo vegetal (Emino y Warman, 2004). Sin embargo, considerando las diferencias en el desarrollo radicular, es posible que las sustancias fitotóxicas no impidan la germinación de las semillas utilizadas, pero si limitan el desarrollo de la radícula (Zucconi *et al.*, 1981; Tiquia, 2000).



A, B, C, D, E: Literales diferentes representan diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ).

**Figura 2.** Crecimiento de la parte aérea en las especies evaluadas. J=*Jatropha curcas*, Mo=*Moringa oleífera*, Ma= *Zea mays* y A=*Amaranthus caudatus*. Concentraciones: 0% (verde), 25% (anaranjado), 50% (azul) y 100% (amarillo).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CONCLUSIONES**

Las semillas de las especies evaluadas fueron tolerantes a la toxicidad del lodo residual de fractura hidráulica ocasionada por las altas concentraciones de hidrocarburos de fracción media y pesada, presentando índices de germinación superiores al 80%. No hay diferencias entre especies para el índice de germinación, evaluando por separado germinación y elongación radicular el maíz resulta la mejor opción para ensayos futuros de fitorremediación.

**LITERATURA CITADA**

- Björlykke, K. 2010. Unconventional hydrocarbons: oil shales, heavy oil, tar sands, shale gas and gas hydrates. pp. 581–590. *In: Petroleum Geoscience*. Springer. Alemania. Björlykke, K. (ed.).
- Castorena-Cortés, G., T. Roldán-Carrillo, I. Zapata-Peñasco, J. Reyes-Ávila, L. Quej-Aké, J. Marín-Cruz and P. Olguín-Lora, P. 2009. Microcosm assays and taguchi experimental design for treatment of oil sludge containing high concentration of hydrocarbons. *Bioresource Technology* 100:5671–5677.
- Chen, Z., K. G. Osadetz and X. Chen. 2015. Economic appraisal of shale gas resources, an example from the horn river shale gas play, Canada. *Petroleum Science* 12:712–725.
- Emino, E. R. and P. R. Warman. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science and Utilization* 12:342–348.
- Tam, N. and S. Tiquia. 1994. Assessing toxicity of spent pig litter using a seed germination technique. *Resources, Conservation and Recycling* 11:261–274.
- Tiquia, S. M. 2000. Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig-on-litter system pp. 625-647. *In: Proceedings of the International Composting Symposium*. CBA Press Inc. Canada. Warman, P. R. and B. R. Taylor (eds).
- Varnero M., M. T., C. Rojas A. y R. Orellana R. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Journal of Soil Science and Nutrition* 7:28-37.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Vázquez-Luna, D., M. del C. Castelán-Estrada, M. Rivera-Cruz, A. I. Ortiz-Ceballos, A. I. y F. Izquierdo R. 2010. *Crotalaria incana* L. y *Leucaena leucocephala* Lam. (Leguminosae): especies indicadoras de toxicidad por hidrocarburos de petróleo en el suelo. *Revista Internacional de Contaminación* 26:183–191.

Wei M., Y. Duan, Q. Fang, R. Wang, B. Yu and C. Yu. 2013. Mechanism model for shale gas transport considering diffusion, adsorption/desorption and Darcy flow. *Journal Center South University* 20:1928-1937.

Zucconi, F., A. Pera, M. Forte and M. de Bertoli. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* 22:54-57.



*Memoria de resúmenes en Extenso*

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

**EL TRABAJO ARTESANAL FEMENINO COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR LA CRISIS CAFETALERA EN PLUMA HIDALGO, OAXACA**

**[WOMEN’S HANDCRAFT JOB AS ALTERNATIVE TO MITIGATE THE COFFEE CRISIS IN PLUMA HIDALGO, OAXACA]**

**Ileana Conde Rubio<sup>1</sup>, Enrique Martínez y Ojeda<sup>2</sup>, Alfredo Ruíz Martínez<sup>3</sup>, Blasa Celerina Cruz Cabrera<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, Instituto Tecnológico de Oaxaca, ITO, Oaxaca, México. <sup>2</sup>Profesor, División de Estudios de Posgrado, Instituto Tecnológico de Oaxaca, ITO, Oaxaca, México. [emartyojeda@gmail.com](mailto:emartyojeda@gmail.com), [rmalfredo56@gmail.com](mailto:rmalfredo56@gmail.com), [cabreracruz85@hotmail.com](mailto:cabreracruz85@hotmail.com)). <sup>3</sup>Autor para correspondencia: ([condeileana@yahoo.com](mailto:condeileana@yahoo.com)).

**RESUMEN**

El cultivo de café es la principal actividad económica en el municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca y aunque la cosecha del aromático es una actividad familiar, las cifras oficiales indican que en el sector primario la participación de los hombres (60%) es mayor que la de las mujeres (21%). La zona cafetalera ha sido recientemente afectada por una plaga denominada roya del cafeto, que atacó alrededor del 70% de los cultivos, repercutiendo económicamente en la población. Dado que existen otros recursos disponibles en el municipio, se plantea que la actividad artesanal femenina puede ayudar a mitigar los efectos de la crisis del café. Por medio de una metodología mixta e inmersión en el contexto con un enfoque participativo, la realización de entrevistas semiestructuradas y generación de estadísticas a partir de fuentes secundarias, esta investigación tiene como objetivo analizar la actividad de producción y comercialización de artesanías bordadas que las mujeres de la región realizan por tradición, así como su contribución para complementar el ingreso familiar, a la economía y al desarrollo local.

**Palabras clave:** *Artesanías, bordado artesanal, desarrollo local, economía rural, mujeres artesanas.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Coffee crops are the main economic activity in Pluma Hidalgo, Oaxaca. Although the coffee harvest is a family activity, official statistics indicate that in the primary sector, the participation of men is higher than women (60% and 21% respectively). In recent years, these coffee crops have been affected with a plague called Coffee Rust, which damaged almost 70% of them bringing economic hardships to the local communities. As other resources are available in Coffee zones, women’s artisan work arises as an alternative to mitigate the effects of the coffee crisis. Through a mixed methodology research, focus groups, semi-structured interviews and generating statistics from secondary sources, this research mainly objectives are to analyze the production and commercial trade of traditional women’s artisan handmade crafts and their economic contributions to supplement family income, to improve the economy of the zone and the local development.

**Index words:** *Artisan women, handicrafts, handmade embroidery, local development, rural economy.*

### **INTRODUCCIÓN**

Los habitantes de las zonas rurales suelen enfrentar distintos problemas de cultivo derivados de factores climáticos y ambientales (como la variación de la temperatura, viento, lluvias, así como de posibles enfermedades y plagas). Cuando una comunidad depende de un solo cultivo, se vuelve altamente vulnerable a esos factores, por lo que están obligados a hacer frente a las dificultades económicas y a encontrar alternativas para responder a las necesidades básicas y de subsistencia (Paolo, 2014).

El cultivo del café en México ha decaído por diversas razones. Una de ellas fue la implementación del modelo económico neoliberal que prácticamente coincidió con la desaparición del Instituto Mexicano del Café en la década de 1990, mismo que brindaba financiamiento y asesoría técnica a los productores y regulaba el precio. La disminución del precio del café ha ocasionado la disminución de esta actividad productiva, el incremento de la migración y el debilitamiento del tejido social (González y Doppler, 2008). En las zonas cafetaleras, la riqueza cultural y la diversidad de su flora y fauna contrastan con las condiciones de marginación y los bajos ingresos de la población.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Las principales productoras de café en el país son familias que pertenecen a algún grupo étnico y se encuentran en condiciones económicas poco favorables (Bartra, 2006). Para estas familias, el cultivo del aromático es prácticamente su único sustento (Bartra, 2006; González y Doppler, 2008) y han tenido que tolerar la constante disminución internacional del precio, así como la intervención de los acaparadores que establecen el precio a su conveniencia. Por si fuera poco, su situación se deteriora cuando entran plagas a los cafetales que causan la disminución del rendimiento.

En ese contexto, la migración de los varones se ha convertido en una solución para la obtención de ingresos necesarios para la subsistencia de las familias. Las mujeres permanecen en las comunidades porque tienen menos posibilidades de movilidad, lo cual probablemente tiene relación con su papel reproductivo, es decir, llevar a cabo las actividades y responsabilidades de procreación, crianza, cuidado de los hijos y las tareas domésticas. En ese sentido, cumplen con tres importantes roles: el reproductivo, el productivo y el de arraigo de la población. Con el primero, garantizan el mantenimiento y reproducción de la fuerza de trabajo; en lo referente al productivo, está su participación a la elaboración de bienes, la prestación de servicios o a la realización de actividades comerciales por cuenta propia, como son la elaboración y venta al menudeo de productos artesanales (Briascos, 2014; Arias, 2003). A través del autoempleo, no sólo generan ingresos, también desempeñan el papel de “fijadoras de la población” uno de los objetivos del desarrollo local (Juste *et al.*, 2011).

Una forma de mitigar los efectos adversos mencionados y remediar la situación precaria de los pequeños productores es aprovechar sus propios recursos y potencialidades. El enfoque del desarrollo local propone justamente el aprovechamiento de los recursos físicos, humanos, económicos, tecnológicos, socioculturales y capital social, con el objetivo de influir favorablemente sobre las condiciones económicas y sociales de los productores (Apollin y Eberhart, 1999).

La vocación más importante de una comunidad está relacionada con su identidad, entendida esta como el conjunto de percepciones colectivas de sus habitantes en relación con su pasado, sus tradiciones, su patrimonio cultural, entre otros elementos (Silva, 2003). Si la identidad se refuerza, se logra la revalorización de los recursos subutilizados o abandonados y a partir de estos pueden surgir nuevas actividades productivas que impulsen el desarrollo local.

El estado de Oaxaca es considerado el tercer productor de café a nivel nacional (Correa *et al.*, 2014). Asimismo, una de las principales actividades en la entidad es la confección,



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

bordado y deshilado de productos textiles, en la que participan mayormente las mujeres. Además, ocupa el primer lugar en el país por actividades productivas realizadas al interior de la vivienda (INEGI, 2014). De esta manera, se identifica la importancia que ambas actividades productivas tienen en la entidad.

La participación de las mujeres en las actividades productivas artesanales ha generado ingresos que han servido para sostener a las familias en el municipio y contribuido a solventar la crisis que atraviesa el sector cafetalero de Pluma Hidalgo en Oaxaca.

Este trabajo forma parte de una investigación más amplia sobre los factores culturales en el proceso de producción y comercialización de los bordados artesanales del municipio antes mencionado. En este caso, se ofrecen elementos para sustentar que la elaboración y comercialización de productos bordados por las mujeres tienen un papel importante para complementar el ingreso y contribuir a la economía y al desarrollo local.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se desarrolló en el municipio de Pluma Hidalgo que pertenece al distrito de Pochutla y se localiza en la región de la Costa, entre los paralelos 15° 58' 30" y 15° 52' 9" de Latitud Norte y los meridianos 96° 29' 40" y 96° 21' 7" de Longitud Oeste y a una altitud de 1,200 m. Colinda al norte con los municipios de Candelaria Loxicha, San Pedro el Alto, San Marcial Ozolotepec y San Mateo Piñas; al este con los municipios de San Mateo Piñas y San Pedro Pochutla; al sur con el municipio de San Pedro Pochutla; al Oeste con los municipios de San Pedro Pochutla y Candelaria Loxicha. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 203 km.

Se utilizó el método de investigación mixto secuencial, entendido este como un análisis cualitativo que complementa un estudio cuantitativo para la obtención de resultados más objetivos y veraces; la integración de ambos permite que los resultados del análisis cualitativo respondan las preguntas surgidas al terminar el estudio cuantitativo (Ugalde y Balbastre, 2013).

En primer lugar, se generaron estadísticas con los datos obtenidos de fuentes secundarias y en una segunda etapa se realizaron entrevistas semiestructuradas a mujeres bordadoras para finalmente combinar ambos resultados. Las entrevistas se realizaron durante el trabajo de



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

campo en el mes de julio de 2016 a 10 mujeres que se dedican a elaborar y comercializar artesanías bordadas a mano.

Para la realización del diagnóstico del municipio se eligió la propuesta metodológica Silva (2003). Se recolectó y analizó la información obtenida de las entrevistas semiestructuradas y de un estudio previo del municipio. Con la información recolectada se determinaron las potencialidades, limitaciones y problemas presentes en el cultivo de café, y se identificaron recursos subutilizados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La población de Pluma Hidalgo es de 2,871 habitantes, compuesta por 1,489 mujeres y 1,382 hombres, según datos de la encuesta intercensal (INEGI, 2015). Su pirámide poblacional es triangular, lo que refleja las altas tasas de natalidad y baja esperanza de vida. Hay presencia de las etnias zapoteca y mixteca, según registros de la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

El cultivo de café es la principal actividad en el municipio, la cual es considerada una actividad familiar en la que participan por igual mujeres y hombres. Hasta 2014, para los habitantes de Pluma Hidalgo los ingresos provenientes de la actividad cafetalera representaban entre el 80% y el 100%. Sin embargo, con la aparición de la plaga de la roya estos disminuyeron hasta representar solo el 20% de sus ingresos, según la percepción de las mujeres entrevistadas.

La dimensión de las afectaciones derivadas de la plaga de la roya en Pluma Hidalgo se puede advertir al comparar la producción anual del aromático entre 2012 y 2014. Mientras en el primero fue de 2,406.35 t, para 2013 se redujo a 2,378.04 y 1,557.05 t en 2014; aunque en este periodo pudo haber incidencia de otros factores que repercutieron en la producción. La misma tendencia se presenta en el rendimiento de toneladas por hectárea, pues mientras en 2012 era de 0.85 para 2014 fue de 0.55 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2016).

En un estudio realizado por Berrocal *et al.* (2009) se señala que el café producido en el municipio mantiene condiciones de calidad, pero no existe organización comunitaria alrededor del producto. Afirman que el café se vende con la denominación de origen “Pluma



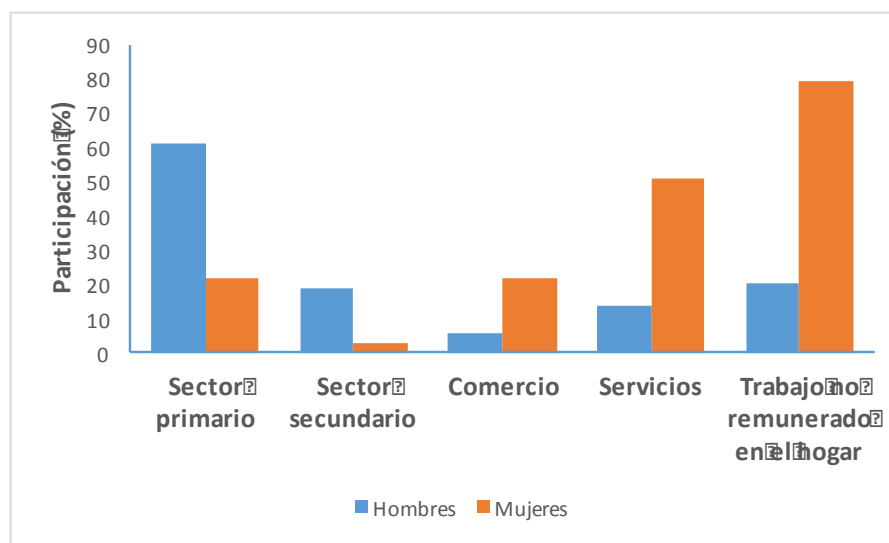
**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Hidalgo” pero no se reconoce como un producto vinculado al territorio porque no hay una participación activa, progresiva, permanente y dinámica de los miembros de la comunidad.

Con la entrada de la roya del cafeto, el cultivo de café ha dejado de ser la principal fuente de ingresos y ha obligado a los pobladores a la diversificación productiva para la subsistencia de las familias. Las mujeres realizan actividades complementarias como la cosecha de plátano, guanábana, nopal, tomate y chile, o la crianza de animales y también elaboran bordados artesanales de servilletas de mesa, manteles y fundas para almohadas.

La mayoría de las mujeres entrevistadas refieren que más que una herencia, el bordado es una actividad que han aprendido de forma autodidacta por necesidad, la cual realizan desde hace quince o veinte años. Aunque las estadísticas oficiales (del INEGI) no registran el bordado como parte de las actividades formales en el municipio, de acuerdo con estimaciones de las mismas mujeres, el 70% de ellas realizan bordado a mano. Este dato coincide con el porcentaje de mujeres registradas realizando trabajo no remunerado en el hogar (Figura 1).



**Figura 1.** Participación en actividades económicas por sector en Pluma Hidalgo. Elaboración propia con base en INEGI (2015).

La actividad del bordado es prioritaria para ellas porque “no se invierte casi nada” y consideran que el dinero que perciben de la elaboración y venta de los bordados es indispensable porque no cuentan con suficientes opciones para la obtención de ingresos. Las mujeres reciben \$250 pesos mexicanos en promedio por una servilleta bordada a mano, que



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

les toma entre cuatro y cinco días terminar, aunque sólo le dedican dos horas diarias a esta actividad porque la alternan con sus actividades diarias en el hogar. Por otro lado, mencionan que, en la temporada de pizca del café, el pago es “por lata” (con esto se refieren a la unidad de medida que equivale al tamaño de un contenedor con capacidad para 16.6 kg de café cereza), que corresponde a 40 pesos mexicanos, y en promedio toma una hora llenar cada lata, aunque el tiempo puede variar dependiendo de la habilidad del “pizcador”.

La variación de la duración de esta labor también está asociada con la cantidad de fruto que tenga el cafeto y las condiciones de pendiente del terreno, ya que en esta zona los cafetales están sembrados en laderas. Aunque el pago por esta actividad es equitativo para los hombres y las mujeres, una de las bordadoras señala que “los pizcadores [hombres] que entran de 7:00 de la mañana a 5:00 de la tarde se hacen sus ocho latas donde hay mucho café, porque ahorita ya no hay mucho, como que ya no quiere darse. Las mujeres se van más despacio [en la pizca] porque como los niños se van a la escuela y todo eso, pues [ellas] se bajarán unas 3 latas.”

Al comparar los ingresos por cada actividad, en el Cuadro 1 podemos notar que los que se obtienen por la pizca de café son superiores a los que provienen de los bordados. Sin embargo, la pizca de café sólo genera empleos temporales por un lapso de cuatro meses, específicamente de octubre a enero, y de acuerdo con una de las bordadoras entrevistadas: “se da donde hay patrones que no tienen gente y buscan gente [local] para su corte de café, ahí es donde aprovechamos nosotros y nos vamos unos días a cortar el café para obtener algo de dinero.”

**Cuadro 1.** Comparativo de ingresos por actividad productiva. Fuente: elaboración propia con base en entrevistas realizadas a mujeres bordadoras.

<b>Actividad</b>	<b>Horas al día</b>	<b>Horario</b>	<b>Meses que se desarrolla la actividad/año</b>	<b>Ingreso promedio (\$/hora)</b>
<b>Pizca del café</b>	10	7:00 a 17:00 h	4	30
<b>Bordado a mano</b>	2	Variable	8	25



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Por su parte, la producción de bordados se detiene durante la temporada de cosecha de café y se incrementa en la temporada de lluvias “porque las mujeres se encierran en las casas y no salen a ninguna parte, entonces se producen más bordados y bajan en la temporada de trabajo de la cosecha del café, [periodo en el que] no tocan nada de sus costuras, ya hasta que empieza febrero, marzo, abril y mayo y en adelante, ya empiezan otra vez.”

Lo anterior hace suponer que ambas son actividades complementarias en la economía local y familiar; además de evidenciar que la producción de café mantiene su posición predominante, aunque no en el plano económico y material, sí en el simbólico-cultural.

### **CONCLUSIONES**

A pesar de ser un recurso económico-productivo subutilizado, hasta ahora la actividad del bordado artesanal en Pluma Hidalgo ha permitido la subsistencia y ha contribuido a mitigar los efectos desfavorables originados por la reciente caída de la producción cafetalera provocada por la invasión de la roya en el municipio. Las estadísticas oficiales plantean que la mayor parte de las mujeres en Pluma Hidalgo no están haciendo nada productivo y desde esa perspectiva, se supone que no aportan ingresos a sus familias. Sin embargo, la presente investigación muestra que han asumido una mayor participación en distintas actividades productivas sin olvidarse del cuidado del hogar y sus familias. El bordado a mano en servilletas, manteles y fundas de almohada, no se contabiliza porque se realiza de manera informal y tampoco se califica como trabajo por no ser una actividad remunerada, sin embargo, las bordadoras de Pluma Hidalgo, de origen indígena y con un nivel de escolaridad básico, están contribuyendo a la economía familiar y al fortalecimiento del tejido social. Parece probable que la producción de los bordados artesanales, a través de mayor nivel de organización y capacitación, podrían llegar a consolidarse como una estrategia de desarrollo local.

### **AGRADECIMIENTOS**

A Concepción Alonso Jiménez, Israel Morales Becerra, Aarón Juárez Arana, Alejandra Hudson, Carolina Benítez, Roberto Carlos Martínez Hernández, Ignacio Paniagua y Javier Lugo, por su apoyo, aportaciones y sugerencias para la realización de este trabajo.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**LITERATURA CITADA**

- Arias, P. 2003. Diversidad rural y relaciones de género en México, ayer y hoy. *Estudios del Hombre* 17: 15-46.
- Apollin, F. y C. Eberhart. 1999. Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural, guía metodológica. CARE, Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, CICDA y RURALTER. Quito, Ecuador. 239 p.
- Bartra, A. 2006. Virtudes económicas, sociales y ambientales del café certificado: el caso de la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca. En *Diversidad rural: estrategias y procesos culturales*. Universidad Autónoma Metropolitana, Plaza y Valdés. pp. 153 – 202.
- Berrocal, J., K. Schroeder y A. Villalobos. 2009. Café y desarrollo territorial rural: contraste de experiencias en Centroamérica y México. En: C. Ranaboldo, A. Schejtman (Eds.). *El valor del patrimonio cultural, territorios rurales, experiencias y proyecciones latinoamericanas*. RIMISP-Instituto de Estudios Peruanos. Lima, Perú. pp. 349 – 374.
- Briascó, I. 2014. El desafío de emprender en el siglo XXI: herramientas para desarrollar la competencia emprendedora. Narcea Ediciones, Organización de Estados Iberoamericanos. España. 174 p.
- Correa, G., I. Morales y E. Ramírez. 2014. Condiciones geográficas propicias para el cultivo de café en la Sierra Madre del Sur del estado de Oaxaca. *Ciencia y Mar* 20(52): 37-48.
- González, A. y F. Doppler. 2008. Estrategias de arraigo y generación de empleo en zonas rurales cooperativas del comercio justo en Chiapas. En: B. Espinosa, A. Esteves y M. Pronka, editoras. *Mundos de trabajo y políticas públicas en América Latina*. FLACSO, Ministerio de Cultura del Ecuador. Quito, Ecuador. pp. 171-190.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Censos económicos. [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/m\\_inimonografias/m\\_acev\\_ce2014.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/m_inimonografias/m_acev_ce2014.pdf) (Consultado: 3/05/2016).



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Encuesta Intercensal. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/> (Consultado: 3/05/2016)

Juste, J.J., J.M. Gómez y J.E. Fernández. 2011. Economía social y desarrollo local/rural, un análisis de sus sinergias. *Estudios de Economía Aplicada* 29 (1): 189-222.

Paolo, L. J. D. P. 2014. Hacia un desarrollo integrador y equitativo: una introducción al desarrollo local. [http://www.iepala.es/IMG/pdf/Articulo\\_Di\\_Pietro\\_Desarrollo\\_Local\\_2\\_.pdf](http://www.iepala.es/IMG/pdf/Articulo_Di_Pietro_Desarrollo_Local_2_.pdf) (Consultado: 5/11/2016)

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> (Consultado: 11/05/2016)

Silva, I. 2003. Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. Gestión pública y planificación del desarrollo. <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/7/13867/sgp42.pdf> (Consultado: 3/05/2016).

Ugalde, N. y F. Balbastre. 2013. Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. *Ciencias Económicas* 31(2): 179-187.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA ADSORBENTE DE ARSÉNICO, CON MALLA MESOPOROSA SBA-15, Y NANO PARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (III)**

**[DEVELOPMENT OF AN ARSENIC ADSORBING SYSTEM MADE OF A MESOPOROUS MESH, SBA-15 AND IRON (III) OXIDE NANOPARTICLES]**

**Myrna Cerón-Rodríguez<sup>1</sup>, Rodrigo Rafael Velázquez-Castillo<sup>2§</sup>, Rufino Nava-Mendoza<sup>2</sup>, Georgina Navarro-Castro<sup>3</sup>, Ma. Guadalupe Olvera-Torres<sup>3</sup>, María Vanessa Paz-González<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de posgrado de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), <sup>2</sup>Profesor investigador-Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las campanas S/N, Las Campanas, C.P. 76010 Santiago de Querétaro, Qro. <sup>3</sup>Investigador-Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. Parque tecnológico Querétaro s/n, Sanfandila, 76703 Pedro Escobedo, QRO. Teléfono. 01 (442) 1921200 ext. 65425. <sup>§</sup>Autor para correspondencia rodrigo.velazquez@uaq.mx

**RESUMEN**

En estados de la República Mexicana donde se practica la explotación minera existe contaminación del agua por arsénico, la exposición de la población ha generado enfermedades como el hidroarsenicismo. El límite permisible de exposición según la NOM-127-SSA1-1994 es de 0.025 mg L<sup>-1</sup>, y la Organización Mundial de la Salud propone disminuirlo a 0.001 mg L<sup>-1</sup>. Métodos de purificación como ósmosis inversa son costosos siendo ello la limitante para su uso en comunidades pobres. En esta investigación se desarrolló un sistema adsorbente de arsénico hecho de una malla mesoporosa modificada con nanopartículas de óxido de hierro III, usando cloruro de hierro como precursor. Las nanopartículas están en concentración de 10 y 15% en peso respecto a la malla. Las propiedades texturales del material adsorbente se determinaron por medio de la adsorción-desorción de nitrógeno, la observación de su morfología y tamaño de poro se realizó mediante microscopía electrónica de barrido y su estructura cristalina se analizó con difracción de rayos X. Se prepararon soluciones acuosas de arsénico en concentraciones de 100 mg L<sup>-1</sup> para estudiar el proceso de remoción a 60 y 90 min, la concentración de arsénico remanente se determinó por absorción atómica utilizando horno de grafito. La máxima remoción del arsénico alcanzada fue del 93%.

**Palabras clave:** *Arsénico, agua, SBA-15, óxido de hierro.*



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**ABSTRACT**

In some states in the Mexican Republic where mining is the main economic activity, their waters are contaminated by arsenic, their habitants are exposed to this element and it has generated diseases as hydroarsenicism. The limit concentration allowed per NOM-127-SSA1-1994 is  $0.025\text{mg L}^{-1}$ , and the World Health Organization proposed to reduce it to  $0.001\text{mg L}^{-1}$ . There are several methods to purified water such reverse osmosis, but they are expensive and this is the main restriction to use them on poor communities. This research is aimed to develop an arsenic absorbing system made of a mesoporous mesh, modified with iron (III) oxide nanoparticles, and using ferric chloride as a precursor in concentration of 10% and 15% by weight related to the mesh. Textural properties were determined by the adsorption-desorption of nitrogen, morphology and porosity were observed using a scanning electron microscopy and the crystal structure was analyzed by X-ray diffraction. Aqueous arsenic solutions were made with concentration of  $100\text{mg L}^{-1}$  to determine the arsenic release process at 60 and 90 minutes. Remaining arsenic concentration was determined by atomic absorption using a graphite furnace. The maximum arsenic removal achieved was 93%.

**Index words:** *Arsenic, water, SBA-15, iron oxide.*

**INTRODUCCIÓN**

La presencia de metales pesados, como el arsénico, en los suelos, aguas superficiales y subterráneas, se encuentra asociada de manera natural al volcanismo circumpacífico que mediante los procesos específicos de este fenómeno se depositan los metales en los cuerpos de agua. No obstante, de manera antropogénica existe contaminación debido a las actividades que involucran principalmente la explotación minera (Prieto *et al.*, 2005; Guerrero, 2009; Bueno *et al.*, 2012).

La distribución del arsénico en el agua de consumo humano ha puesto en riesgo a las poblaciones residentes de las zonas contaminadas. La exposición a concentraciones por arriba de los  $0.05\text{ mg L}^{-1}$ , se asocia a la enfermedad del hidroarsenicismo crónico regional endémico, así como a diversos tipos de cáncer. Este límite permisible de exposición se ha reducido cada vez más, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y la Secretaría de Salud proponen la modificación de la NOM-127-SSA1-1994, donde se establece una concentración máxima de  $0.025\text{ mg L}^{-1}$ , y disminuirla hasta  $0.001\text{ mg L}^{-1}$ , como



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

lo propone la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental (Ruíz *et al.*, 2012; Soler *et al.*, 2012).

En consecuencia, la remoción del arsénico en el agua de consumo humano, es de suma importancia para lo cual se han utilizado diferentes procesos de tratamiento de agua que representan un alto costo, entre ellos se destaca el de ósmosis inversa, con el que se obtiene hasta un 95% de remoción de arsénico; sin embargo, la aplicación de este proceso requiere de un equipo que debe estar montado sobre una planta de tratamiento de agua, lo que incrementa el costo de fabricación, operación y mantenimiento. El presente trabajo de investigación propone la remoción de arsénico utilizando la malla mesoporosa, SBA-15, modificada con nanopartículas de óxido de hierro III, lo cual puede representar una alternativa eficiente y de bajo costo, debido a su alta estabilidad fisicoquímica y elevada área superficial. Además de que el óxido de hierro III tiene afinidad por diferentes estados de oxidación del arsénico lo que favorecerá su remoción (Flores *et al.*, 2009).

El objetivo fue desarrollar un sistema adsorbente de arsénico hecho de una malla mesoporosa, con adecuadas propiedades texturales y modificada superficialmente con nanopartículas de óxido de hierro III para la remoción de este metal en el agua. Bajo la hipótesis que el desarrollo de la sílice mesoporosa SBA-15 con adecuadas propiedades texturales, permitirán una alta dispersión y estabilización de las nanopartículas de óxido de hierro III, en la superficie interna de los poros de la malla y, en consecuencia, se logrará la remoción del arsénico por este material.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La síntesis de la malla mesoporosa SBA-15 se realizó mediante el proceso Sol-Gel, siguiendo el método propuesto por Zhao (1998) y por Flodström y Alfredsson (2003), utilizando el surfactante neutro pluronic P123 como agente director de la estructura hexagonal de poros y el tetraetil ortosilicato como precursor del óxido de silicio. El copolímero de tres bloques Pluronic se disuelve en una solución acuosa de ácido clorhídrico 4M, manteniendo una agitación constante y una temperatura de 35°C, posteriormente se adiciona el tetraetil ortosilicato, la reacción se mantiene a 35°C con agitación constante durante 24 h. Una vez transcurrido este tiempo, la mezcla se transfiere a un recipiente para iniciar el proceso de madurado y se somete a 80°C durante 24 h. Se recupera el sólido por filtración y se lava tres



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

veces, posteriormente se seca a 110°C durante 18 h y finalmente se calcina a 550°C durante 4 h para eliminar el molde orgánico.

La malla mesoporosa SBA-15 se modifica mediante el método de impregnación por llenado de poro utilizando como precursor del óxido de hierro III soluciones de cloruro de hierro III hexahidratado. Los contenidos de óxido de hierro III que se incorporaron por separado en el soporte de la SBA-15, corresponden al 10 y 15% en peso respecto a la malla. El método de impregnación se realiza conforme a lo establecido en la literatura; se gotea la solución del precursor en la malla mesoporosa, se mezclan, posteriormente el material impregnado se seca a 110°C por 18 h y finalmente se calcina a 500°C durante 4 hora.

Las propiedades texturales de los materiales obtenidos se determinaron mediante las isotermas de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> (SBET), utilizando un equipo Autosorb iQ2, Quantachrome Instruments. Con estos análisis se determinó la distribución de tamaño de poro, el área superficial y el volumen de poro. La observación de la morfología y del tamaño de partícula de los materiales, se realizó mediante la microscopía electrónica de barrido (SEM), utilizando un microscopio JEOL JSM-6060 LV. Para identificar la presencia de óxido de hierro dentro de los poros de la SBA-15, se hicieron análisis por difracción de rayos-X (DRX), utilizando radiación K $\alpha$ <sub>Cu</sub> ( $\lambda = 1.5415\text{\AA}$ ) con tamaño de paso angular de 0,009 grado y permanencia de un segundo. Se barrió el rango de  $5^\circ \leq 2\theta \leq 80^\circ$ , para lo cual se utilizó un difractor D8 Advance de la marca Bruker. Las transiciones electrónicas que presentan las partículas de óxido de hierro III se evaluaron con espectroscopía de ultravioleta-visible (UV-Vis) midiendo la absorbancia del material, utilizando un espectrofotómetro CARY VARIAN 5000.

Para evaluar la eficiencia de remoción del arsénico del agua, se prepararon soluciones acuosas sintéticas de arsénico con 100 mg L<sup>-1</sup>, las cuales se pusieron en contacto con los diferentes materiales adsorbentes. Se midió en un vaso de precipitados 50 mL de la solución sintética de arsénico y se pesó el adsorbente (0.275 g de cada material por separado). Los tiempos de contacto fueron de 60 y 90 min, y se trabajó con pH = 7, la mezcla se mantuvo con agitación constante. Una vez transcurrido el tiempo de contacto, se filtró para separar el adsorbente de la solución acuosa, el arsénico remanente en la solución sintética se evaluó mediante la técnica analítica de absorción atómica por horno de grafito, y fueron analizadas en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, (CIDETEQ), técnica analítica acreditada ante la Entidad Mexicana de Acreditación No. A-177-170/10.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como lo describe, Esquivel (2011), es posible realizar una serie de procesos de funcionalización secundarios, que no alteran la composición estructural de la sílice mesoporosa, modificando su tamaño de poro. De los análisis realizados a los materiales mediante SBET, se obtuvieron las curvas de adsorción-desorción de  $N_2$ . En la Figura 1, se pueden observar estas curvas para la SBA-15 pura (1a) y para las mallas dopadas, con 10% (1c) y 15% (1e) en peso de óxido férrico, todas estas curvas de adsorción-desorción son del tipo IV, de acuerdo a la clasificación de la IUPAC, y los ciclos de histéresis que presentan son del tipo H1, los cuales corresponden a un material mesoporoso con una distribución uniforme de tamaño de poro.

La distribución de los tamaños de poro para los diferentes materiales, se pueden observar en la Figura 1b, 1d y 1f, correspondientes a SBA-15 pura, y dopada con 10 y 15% en peso respectivamente. Los tamaños promedio de poro fueron de 4.9 nm (pura), 4.9 nm (10%) y 6.5 nm (15%), de acuerdo a la literatura, el material mesoporoso tiene un tamaño de poro entre los 2 y 50 nm (Leofanti *et al.*, 1998) estos materiales están dentro del intervalo de la mesoporosidad (Arellano *et al.*, 2008; Ruff *et al.*, 2016).

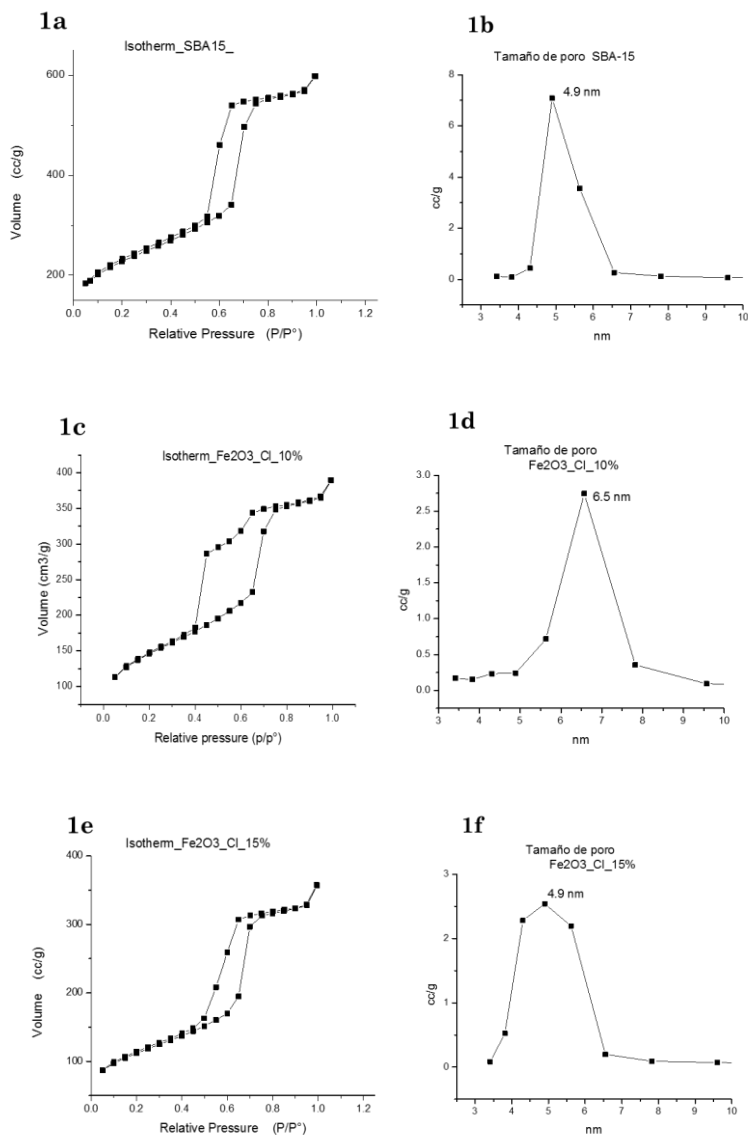
En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las propiedades texturales para los diferentes materiales derivados de las isotermas de adsorción-desorción de  $N_2$ . Se observa cómo el área superficial y el volumen de poro decrecen para las mallas modificadas, esto es por la presencia de las nanopartículas. También se ve que estos valores son menores para la malla con 10% de óxido, ello puede deberse a que en este material están mejor dispersadas las nanopartículas.

Aunque la malla SBA-15 tiene un arreglo hexagonal de sus poros, es de estructura amorfa, y por ello tiene una topología irregular. En la Figura 2 se observa la morfología de fibra y la superficie porosa que tiene la malla en imágenes obtenidas por el SEM. Estas características no variaron al modificar la malla con el óxido de hierro. Utilizando la micro-sonda instalada en el SEM, se obtuvo la composición elemental en los materiales, y se identificó la presencia de cloro en concentración de 7.92% en peso, siendo esto un remanente del precursor utilizado en la síntesis de las nanopartículas de óxido de hierro III.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 1.** Isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno y distribución de tamaño de poro para los diferentes materiales, puro y dopados.

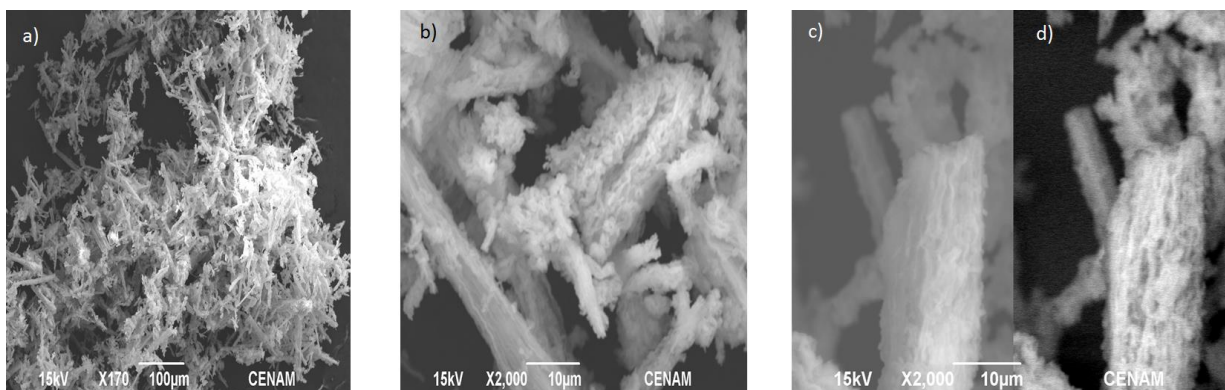


**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 1.** Propiedades texturales de los adsorbentes.

<b>Adsorbente</b>	<b>Área superficial (m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Volumen de poro (cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>)</b>
SBA-15	772.278	0.781
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Cl - 10%	213.387	0.375
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Cl - 15%	390.409	0.528



**Figura 2.** Observación de la morfología y la superficie de la malla SBA-15 pura (a, b y c) y dopada (d).

Mediante difracción de rayos X, se ratificó la estructura amorfa de la SBA-15, y en las mallas modificadas, se identificó la fase cristalina del óxido de hierro depositado (Figura 3). La identificación del óxido de hierro se hizo por comparación utilizando el banco de archivos de difracción por polvos (PDF por sus siglas en inglés), y encontrando una similitud de las reflexiones de Bragg en el material con el PDF 01-0741369, el cual corresponde al óxido de hierro.

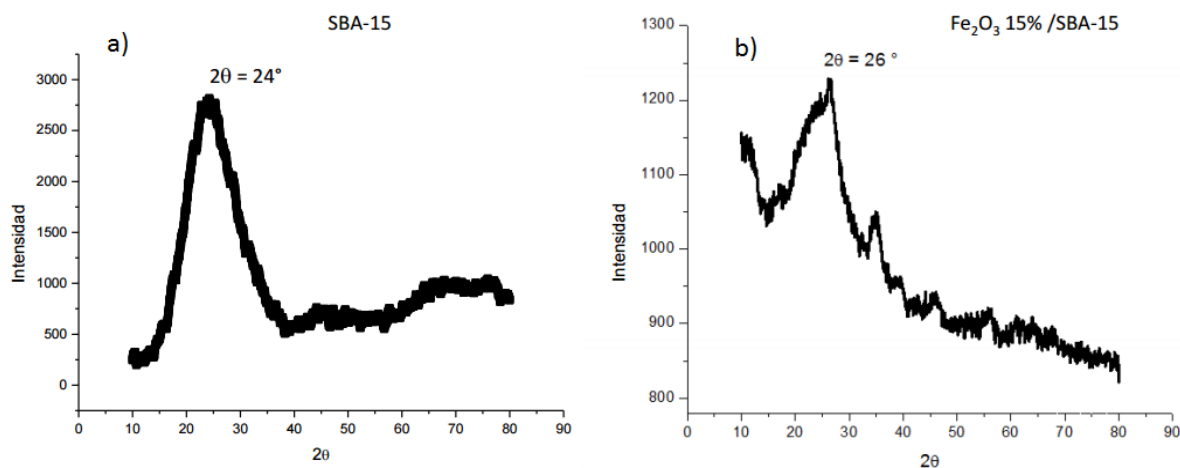
La determinación de la eficiencia de remoción de arsénico se hizo por retroceso, evaluando la concentración remanente del metal en sus soluciones acuosas después de ponerlas en contacto con los diferentes materiales adsorbentes. Adicionalmente, se analizaron muestras de las soluciones de arsénico sin contacto previo con el material adsorbente, utilizándolas como blanco. Se puede ver que los porcentajes de remoción de arsénico son altos para ambas mallas modificadas, destacándose la que tiene el contenido de



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

15% en peso. El porcentaje de remoción para este material no varió con el tiempo de contacto, lo cual puede ser indicativo de que las nanopartículas en la malla se saturan alrededor de los 60 min (Cuadro 2).



**Figura 3.** Difractogramas correspondientes a la SBA-15 pura (a) y modificada (b) con 15% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Durante todas las pruebas de remoción, el pH de las soluciones varió desde 7 hasta 2.7. Esto es consecuencia de la formación de una superficie ácida en la malla, debida en parte, a las trazas de cloro identificadas en los materiales por los análisis de micro-sonda.

**Cuadro 2.** Resultados del proceso de adsorción. Método analítico absorción atómica por horno de grafito. CIDETEQ.

Identificación	pH final	Tiempo de contacto 60	Tiempo de contacto 90
		min	minutos
		Porcentaje de remoción	Porcentaje de remoción
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Cl – 15%	2.7	93	93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Cl – 10%	2.7	81	82



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**CONCLUSIONES**

Se logró la síntesis de los materiales adsorbentes de arsénico a base de la SBA-15 modificada con nanopartículas de óxido de hierro. El material con la mejor capacidad de adsorción fue el de 15% en peso, logrando remover hasta el 93% de arsénico, esto se logró con una cantidad muy pequeña del material adsorbente y con un tiempo de contacto relativamente corto.

**LITERATURA CITADA**

- Arellano, N., J. Pérez, V. Sazo, C. Urbina & C. López., 2008. Síntesis de sílices mesoporosas tipo SBA-15 a partir de un silicato de sodio de Venezuela. *Ciencia* 16(2): 226-233.
- Bueno, D., M. Peña, L. Arias, C. Díaz, I. Marengo, & M. García. 2012. Presencia de arsénico y coliformes en agua potable del municipio de Tecula, Nayarit, México. *Revista Internacional de Ciencias Ambientales* 28(2): 127-135.
- Esquivel, M. 2011. Síntesis, caracterización y aplicaciones de materiales periódicos mesoporosos organosilícicos. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Flodström, K. & V. Alfredsson. 2003. Influence of the block length of triblock copolymers on the formation of mesoporous silica. *Microporous and Mesoporous Materials* (59): 167-176.
- Flores, E., A. Armienta, S. Micete, & M. Valladares. 2009. Tratamiento de agua para consumo humano con alto contenido de arsénico: Estudio de caso en zimapan. *Información Tecnológica* 20(4): 85-93.
- Guerrero, M. 2009. Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26(1): 143-161.
- Leofanti, G., M. Padovan, G. Tozzola & B. Venturelli. 1998. Surface area and pore texture of catalysts. *Catalysis Today* 41: 207-219.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Norma Oficial Mexicana. 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM–127–SSA1–1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización: México, Secretaría de Salud, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2000.
- Prieto, F., J. Callejas, M. Lechuga, J. Gaytán & E. Barrado. 2005. Acumulación en tejidos vegetales de arsénico proveniente de aguas y suelos de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *Bioagro* 17(3): 129-135.
- Ruff, P., S. Lauterbach, H. Kleebe & C. Hess. 2016. Surface structuring of mesoporous materials by controlled synthesis of nanocavities. *Microporous and Mesoporous Materials* 235: 160-169.
- Ruíz, H. & M. Armienta. 2012. Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 28(2): 103-117.
- Soler, R., M. Hernández, J. Oropesa & L. Pérez. 2012. Riesgos de los residuos de minería: intoxicación intencional en vacuno por arsénico inorgánico. *Revista de Toxicología* 29(1): 36-39.
- Zhao, D., P. Yang, D. Margolese, F. Bradley & D. Galen 1998. Synthesis of continuous mesoporous silica thin films with tree-dimensional accessible pore structures. *Chemical Communications* 22: 2499-2500.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**ANÁLISIS UNIVERSITARIO SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: ACCIONES DE ADAPTACIÓN**

**[UNIVERSITY ANALYSIS OVER CLIMATE CHANGE PERCEPTION: ADAPTATION ACTIONS]**

**Elizabeth Olmos-Martínez<sup>§</sup>**

Profesora investigadora de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Carretera al Sur km 5.5., C.P. 23080, La Paz, Baja California Sur, México. Teléfono (612) 12 388 00. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (eolmos@uabcs.mx).

**RESUMEN**

La presente investigación se desarrolló en la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) con el objetivo de conocer la percepción del cambio climático (CC) y las medidas de adaptación que llevan a cabo los alumnos universitarios. Se aplicaron 357 encuestas a estudiantes de licenciatura en 2015. Los resultados muestran que el tipo de información a la que se acercan los alumnos de la UABCS no está relacionada directamente con temas ambientales. Los alumnos que sí están interesados en dichos temas, no están completamente dispuestos a modificar su estilo de vida. Se observa que existen obstáculos que dificultan la adquisición de conductas respetuosas con el medio ambiente. Para los alumnos, el cambio climático es percibido como más grave cuanto más alejado se encuentra de ellos (futuras generaciones). El sentido de responsabilidad se vuelve bajo o nulo ante problemas percibidos a nivel global. Se percibe al menos una predisposición a realizar comportamientos reactivos y proactivos. Para los programas de estudio de ciencias del mar y de la tierra y Agronomía, los alumnos más informados se encuentran en el último año de la carrera. Los alumnos de sociales y humanidades tienen poca información independientemente del semestre que cursen. Se observa que los estudiantes de la UABCS conocen y reconocen la situación real, pero está alejada de sus intereses más cotidianos.

**Palabras clave:** *Comportamiento, ambiente, estudiantes.*



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

This research is conducted at the Autonomous University of Baja California Sur (UABCS) with the objective of knowing the perception of climate change (CC) and the adaptation measures carried out by university students. 357 surveys were applied to undergraduate students in 2015. The results show that the type of information that students UABCS approach is not directly related to environmental issues. Students which are interested in these issues are not fully willing to change their lifestyle. It is noted that there are obstacles to the acquisition of respectful behavior to the environment. For students, climate change is perceived as more serious the farther you are from them (future generations). The sense of responsibility becomes low or no to perceived problems globally. Is perceived at least a predisposition to perform reactive and proactive behavior. Study programs for marine science and earth and agronomy, the students are informed in the last year of the race. Students of social sciences and humanities have little information regardless of the semester they are studying. It is observed that students UABCS know and recognize the real situation, but it is far from their everyday interests.

**Index words:** *Behavior, environment, students.*

### **INTRODUCCIÓN**

El tema del cambio climático de origen antropogénico es uno de los problemas que ha tomado mayor relevancia por sus implicaciones científicas, políticas, medioambientales, económicas y de salud pública (Kindelán, 2013).

Durante los últimos 20 años el mundo ha sido testigo de los grandes avances en el entendimiento entre la ciencia y el cambio climático. Se observa una presencia mayor del concepto cambio climático en la sociedad, pero de manera confusa y controvertida para a mayoría de los ciudadanos. La responsabilidad de conseguir un mensaje comunicativo, eficaz y de gran impacto en la conciencia de los ciudadanos reside, además de los gobiernos, en los científicos y medios de comunicación; se asume que una vinculación y aproximación entre los dos últimos, podría mejorar aspectos importantes como las estrategias de comunicación para explicar con más claridad los impactos de este fenómeno global (Briceño, 2012; Kindelán, 2013).



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

El reto que plantean los grandes problemas ambientales a los que enfrentamos en la actualidad hace necesaria la formación de ciudadanos capacitados para valorar y participar activamente en su solución. Estas situaciones deben abordarse desde una concepción sistémica del medio en la que se visualicen las estrechas relaciones de tipo natural, social, económicas, culturales y políticas que subyacen en toda problemática ambiental (Novo, 2002).

La relación existente entre el ser humano y su ambiente es en gran parte el reflejo de sus percepciones ambientales que son entendidas como la forma en que cada individuo aprecia y valora su entorno, y aporta elementos que potencialmente pueden contribuir a la conservación (Moyano, 2009). La participación ciudadana tendría que ser el eje central de la política ambiental y debería enmarcarse en un contexto donde coincidan los más diversos intereses (Fernández, 2008). Frente a esto, la política ambiental mexicana refleja más las percepciones, visiones e intereses de los tomadores de decisiones que los de la población local (Subirats, 1995), situación que repercute en el fracaso o éxito de un programa o política pública (Fernández, 2008). De ahí se deriva la necesidad de generar estudios de las percepciones ambientales, tomando en cuenta a diferentes actores sociales involucrados. El conocimiento generado permite contribuir al diseño de políticas ambientales verdaderamente públicas, más incluyentes y encaminadas hacia el interés general (Olmos-Martínez *et al.*, 2013).

Los procesos subjetivos que influyen en la toma de decisiones son el foco de atención de la investigación de algunos trabajos del estudio de las percepciones ambientales (Lazos y Paré, 2000). Para tal fin se utilizan técnicas de investigación social, tanto cualitativa como cuantitativa, que miden y evalúan factores psicológicos, sociales y económicos que influyen en la toma de decisiones de diferentes grupos sociales. Algunas variables utilizadas son: edad, ingreso económico, educación, clase social, tenencia de la tierra, así como sexo, origen étnico, lenguaje y religión (Whyte, 1985; Jaén y De Pro, 2006.).

En el presente trabajo, las percepciones ambientales son entendidas como la forma en que cada individuo aprecia y valora su entorno, y se aportan elementos que potencialmente pueden contribuir a la conservación (Arizpe *et al.*, 1993; Padilla-y Sotelo y Luna, 2003).

El objetivo de esta investigación fue analizar la opinión, percepción y acciones de los estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) sobre el tema del cambio climático (CC).



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación descriptiva hace referencia al conocimiento, percepción y acciones de los alumnos de la UABCS ante el CC. De un total de 5000 alumnos, se aplicaron 357 encuestas de manera aleatoria (nivel de confianza del 95% y error del 5%), el cuestionario se integra de preguntas cualitativas y cuantitativas dirigidas a estudiantes de licenciatura en marzo y abril de 2015. La encuesta cuenta con tres secciones: 1) Datos de identificación; 2) información, opinión y percepción sobre el CC; 3) adaptación y acciones para combatir el CC. El análisis de los datos se basa en tendencias y comportamientos a partir de porcentajes del total de la muestra aleatoria, donde se pretende conocerla percepción, conocimiento y acciones de los alumnos.

Se trata de un estudio transversal donde la información se ha recogido una única vez en un periodo de tiempo delimitado y de una población definida. Para el análisis de algunas preguntas se utilizó la escala de Likert orientada a respuestas de nivel ordinal, se caracteriza por ubicar una serie de frases seleccionadas en una escala con grados de acuerdo/desacuerdo (ayuda a conocer prioridades) (Fernández-de Pinedo, 1982).

## **RESULTADOS**

### **Datos socioeconómicos e información, opinión y percepción sobre el cambio climático**

Del total de estudiantes encuestados de la UABCS, el 49% son hombres y el 51% mujeres; de los cuales, la media tiene entre 21 y 22 años (47%), 67% pertenecen al área del conocimiento de ciencias sociales y humanidades, 24% se encuentra en noveno semestre, seguido del 21% en tercer semestre y 15% en séptimo semestre. El 57% de los estudiantes trabaja y estudia, mientras que el 47% restante sólo estudia. Sobre el estado civil, la mayoría se encuentra soltero (76%).

El 100% de los estudiantes encuestados de la UABCS dijo haber escuchado alguna vez sobre el CC, el 84% de ellos han obtenido la información de la televisión, 66% de internet, y 50% de la radio y a través de los maestros.

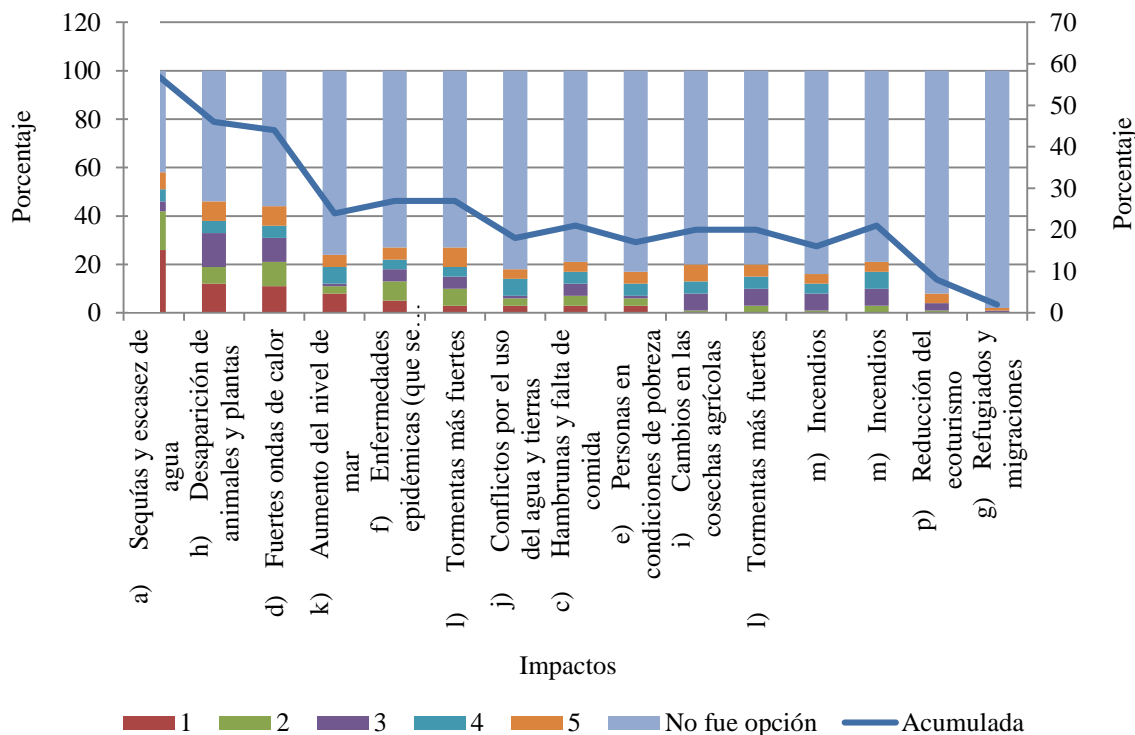


**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Entre las principales causas del CC se encuentran el agujero en la capa de ozono, la contaminación del aire y el uso de combustibles como el petróleo, desechos tóxicos y deforestación. Por el contrario, los estudiantes consideran que la menor causa del CC es la ganadería, el aerosol de spray y la lluvia ácida.

Según su percepción, se les pidió que enumeraran del uno al cinco, en orden de importancia (escala de Likert), los principales impactos del CC, se les brindó 29 opciones de respuesta, los resultados muestran que las tres opciones más seleccionadas fueron sequías y escases de agua, desaparición de plantas y animales y fuertes ondas de calor; en ese sentido, fue seleccionada como número uno y dos (al mismo tiempo) la sequía y escases del agua (26% y 16%); número tres, desaparición de animales y plantas (14%); cuatro, tormentas más fuertes, aumento en el nivel del mar, y conflictos por el agua y la tierra (7% c/u); y cinco, desaparición de plantas y animales y fuertes ondas de calor (16%) (Fig. 1). Los sucesos que consideran que no son desencadenados por el CC son los refugiados y las migraciones, la reducción del ecoturismo, las enfermedades en cultivos y los incendios.



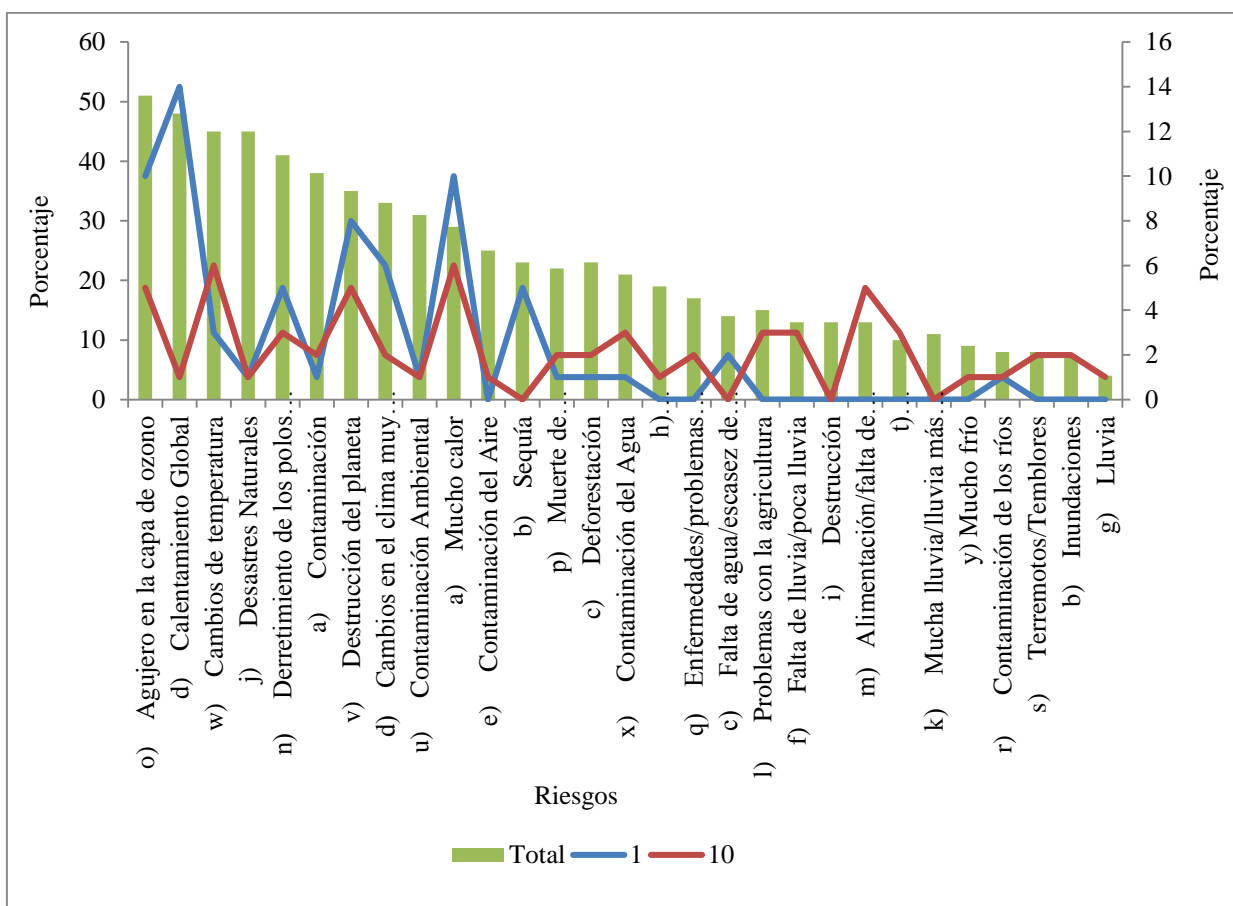
**Figura 1.** Principales impactos del cambio climático (donde 1 es el principal y 5 el menor).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Sobre los riesgos del CC, de las 29 opciones a escoger, 60% considera que el agujero en la capa de ozono, seguido del calentamiento global (58%), el cambio de temperatura (55%) y los desastres naturales (53%). Asimismo, menos del 11% de los encuestados considera que los temblores y terremotos, las inundaciones y la lluvia, son un menor un riesgo del CC. Por otro lado, cuando se les preguntó sobre los principales riesgos (donde 1 > riesgo y 10 < riesgo), el número uno corresponde al calentamiento global, el número dos a mucho calor y tres a destrucción del planeta; y las últimas prioridades son cambios en la temperatura, mucho calor y falta de alimentación (Fig. 2). Se observa que los principales riesgos se agrupan en temas de medio ambiente y recursos naturales, dejando atrás los riesgos de los temas sociedad y la economía.



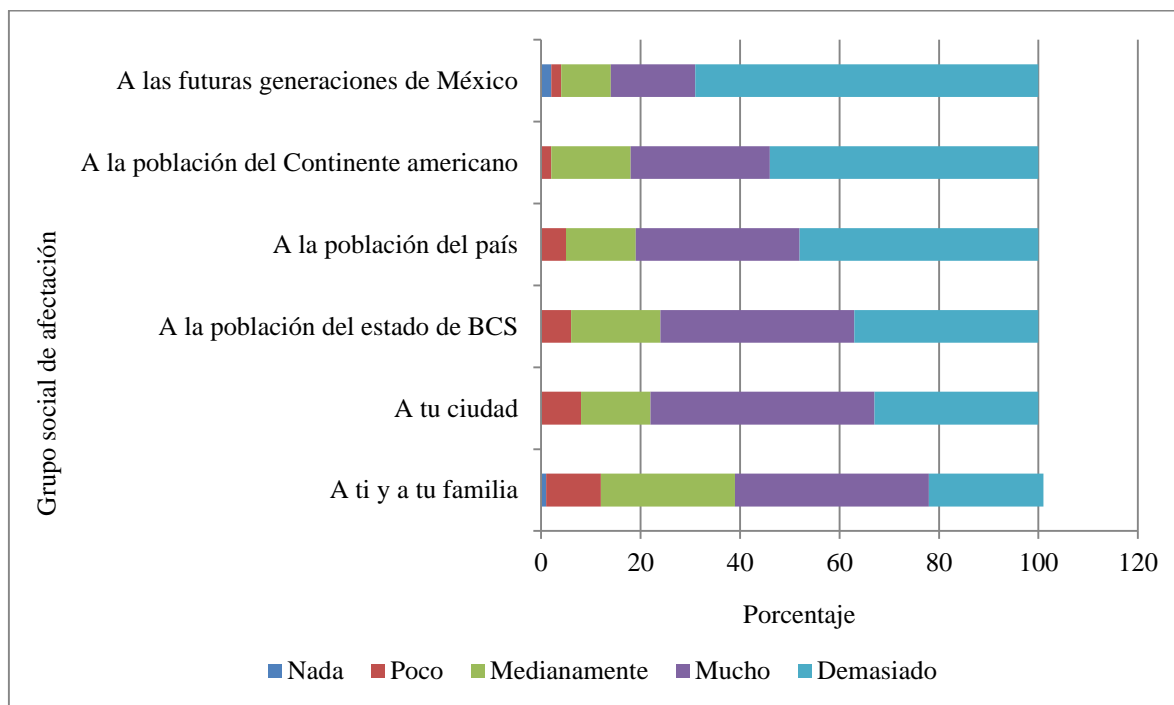
**Figura 2.** Percepción de riesgo cuando escuchan cambio climático (1: mayor riesgo, 10: menor riesgo).



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Asimismo, la percepción de la cercanía ante la afectación del CC a los diferentes grupos sociales es relevante para conocer lo que las personas están dispuestas a hacer ante la problemática, al respecto, se otorgaron 6 escenarios y cinco categorías de respuestas en la escala de Likert. En la categoría “demasiada afectación” 67% opina que la cercanía de afectación es a las futuras generaciones, 54% dice que a la población del continente Americano, seguido de 48% que opina que afectará “demasiado” a toda la población del país. En la categoría “mucho afectación” 45% opina que a ellos y a su ciudad, seguido de 39% percibe que a él (ella) y su familia y a la población de Baja California Sur, en tercer lugar “media afectación” 27% percibe que afectará mucho a él (ella) y a su familia (Fig. 3).



**Figura 3.** Percepción de cercanía de afectación del cambio climático.

Se sabe que la confianza que la población percibe sobre las fuentes de información es muy importante ya que en esa medida los individuos están en posición de tomar decisiones acertadas o no, al respecto, en la encuesta se abordaron nueve medios de información y seis categorías de confianza hacia dichas fuentes que tratan el tema del CC y a continuación se detallan: a) plena confianza: 34% en científicos y maestros, 31% en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y 29% en organizaciones ambientales; b) mediana confianza:



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

40% en organizaciones de la sociedad civil ambientalistas, 38% en el IMN y 34% en científicos y maestros; c) confía un poco: 32% en familiares y amigos, 32% en gobiernos locales y 27% en empresas privadas; d) indiferente: 28% para familia y amigos, 20% en los líderes religiosos, gobierno local y gobierno nacional (igual porcentaje); e) desconfía un poco: 20% en empresas privadas, 16% en líderes religiosos y 14% en gobiernos locales; f) desconfía completamente: 34% en líderes religiosos, 21% en empresas privadas y 13% en gobiernos locales. Se observa que maestros y científicos, organizaciones de la sociedad civil ambientales y el IMN tienen la mayor credibilidad. Asimismo, en los niveles más altos de confianza se encuentran los científicos y maestros, lugar privilegiado para influir en el comportamiento de los jóvenes hacia una cultura más responsable hacia el ambiente.

Se les preguntó específicamente sobre los problemas ambientales prioritarios que deben atenderse para el desarrollo del país, se les pidió que seleccionaran los tres principales de una opción de diez temas (Contaminación del agua, contaminación del aire, cambio climático, deforestación, desaparición de animales y plantas silvestres, contaminación de suelo, cambio de uso de suelo (urbanización), destrucción del hábitat, manejo de residuos y explotación masiva de recursos naturales), se encontró que 66% opina que el prioritario es contaminación del agua, seguido de 65% con el CC y 45% con el tema de contaminación del aire (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Problemas ambientales prioritarios que deben incluirse en el desarrollo nacional.

No.	Problemas	Porcentaje
1	Contaminación del agua	66
2	Cambio climático	65
3	Contaminación del aire	45
4	Cambio de uso de suelo (urbanización)	41
5	Desaparición de animales y plantas silvestres	35
6	Contaminación de suelo	24
7	Deforestación	24
8	Explotación masiva de RN	23
9	Destrucción de hábitat	22
10	Manejo de residuos	21



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Por su parte, el gobierno federal publicó como documento de política nacional ambiental el “Programa especial de cambio climático 2014-2018” (DOF, 28 de abril de 2014), documento que tiene los siguientes objetivos: 1) Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica; 2) conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al CC; 3) reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones; 4) reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, propiciando beneficios de salud y bienestar; y, 5) consolidar la política nacional de CC mediante instrumentos eficaces, y en coordinación con entidades federativas, municipios.

Al respecto, se les preguntó a los alumnos en qué medios de información habían escuchado sobre los objetivos antes expuestos; las respuestas fueron las siguientes, sobre el objetivo 1: 24% se informó en televisión; sobre el objetivo 2: 22% se informó en redes sociales, radio/televisión/periódicos y centros de educación; sobre el objetivo 3: 25% escuchó en centros de educación; sobre el objetivo 4: 23% escucho información en radio/televisión/periódicos y centros de educación; finalmente sobre el objetivo 5: 19% escucho información en radio/televisión/periódicos. Se observa que, radio/televisión/periódicos y centros de educación son los medios de información donde mayormente se informan.

También se les cuestionó sobre el apoyo u oposición, de las diferentes políticas públicas existentes o que podrían presentarse para enfrentar el CC, se propusieron siete posibles políticas públicas y cinco posibles categorías de respuestas ordinales. En la categoría “fuertemente a favor” se encontró que 72% apoyan la protección de bosques para reducir la deforestación, 69% apoya la siembra de árboles, 56% está fuertemente a favor de aumentar los controles y las penas para reducir abusos con el ambiente y fortalecer los comités de emergencia para estar preparados ante desastres naturales. En la categoría “a favor” 40% apoya la producción agrícola para que sea más amigable con el ambiente, 32% apoya la construcción de más represas hidroeléctricas y fortalecer los comités de emergencia para estar preparados ante desastres naturales. En la categoría indiferente se encuentra el 28% de los encuestados sobre la construcción de más represas hidroeléctricas. Finalmente, se encontró que 35% y 16% de los estudiantes se encuentran en las categorías “opuesto” y “fuertemente opuesto” (respectivamente) frente la política de aumentar el precio del agua para conservar las cuencas.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

#### **Acciones de adaptación para el cambio climático**

El CC hasta hace pocos años era un problema que sólo llamaba la atención de los científicos y algunos gobiernos. No obstante, en los últimos años la sociedad ha comenzado a interesarse y preocuparse por este fenómeno. Al respecto, se preguntó sobre el nivel de preocupación sobre el CC, obteniendo como resultado que 46% está preocupado, 33% muy preocupado, 14% un poco preocupado, 6% ni preocupado ni despreocupado y 1% nada preocupado.

A continuación, se les preguntó, solo a los que manifestaron un grado de preocupación, qué acciones realizan como respuesta a dicha preocupación ante el CC a partir de nueve acciones y cinco posibles respuestas categorizadas en la escala de Likert. En la categoría “siempre” se encontró que 89% apaga la luz cuando sale de la habitación, 78% utiliza focos ahorradores de energía, seguido de 64% que desenchufa los electrodomésticos que no está usando y 46% usa transporte público; por el contrario, en la categoría “nunca”, se encontró que 38% nunca recicla vidrio, aluminio y otros materiales, 36% nunca compra comida orgánica, 27% nunca compra productos con materiales reciclados y 23% nunca comparte el viaje en el vehículo, “rara vez (una vez al año)” el 28% compra productos de materiales reciclados; “a veces (una vez al mes)” 22% compra comida orgánica.

Ante una problemática que involucra multi-actores, conocer el comportamiento, adaptación y acciones para reducir los impactos y/o minimizar el daño del CC, es de vital importancia, al respecto se les preguntó qué acciones llevan a cabo en su vida diaria (llámese adaptación reactiva o proactiva), los resultados muestran que 55% de los alumnos dice que almacena agua para sobrellevar periodos de racionamiento, 46% tiene lista de teléfonos en caso de desastres, 44% se informa sobre el riesgo de inundaciones del lugar donde vive, 43% en el último año ha leído información de grupos ambientalistas, 35% conoce el plan de emergencia de la comunidad, 33% conoce el programa d emergencia del lugar donde trabaja y/o estudia y 27% se asegura que el drenaje este limpio antes del inicio de lluvias (Cuadro 2).

Acerca de los sectores de la población que deben tomar acciones (de cualquier tipo) para mitigar y adaptarse ante los efectos del CC y/o reducir los impactos, 87% opina que es la ciudadanía misma, 67% el gobierno federal, 48% las organizaciones no gubernamentales ambientalistas, 47% el gobierno estatal, 44% las instituciones educativas.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 2.** Acciones de adaptación reactiva y proactiva para el cambio climático.

<b>No.</b>	<b>Acciones de adaptación reactiva y proactiva</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Almacena agua para sobrellevar periodos de racionamiento	55
2	Tiene lista de teléfonos en caso de desastres	46
3	Se informa sobre el riesgo de inundaciones del lugar donde vive	44
4	En el último año ha leído información de grupos ambientalistas	43
5	Conoce el plan de emergencia de la comunidad	35
6	Conoce el plan de emergencia del lugar donde trabaja	33
7	Se asegura que los sistemas de drenaje estén limpios antes de las lluvias	27
8	Estaría dispuesto a pagar impuestos más altos para proteger el ambiente	27
9	Ha votado por un candidato en una elección debido a que proponía una fuerte protección ambiental	23
11	Ha dado dinero a algún grupo ambientalista	13
12	Ha boicoteado los productos de alguna compañía porque dañan al ambiente	12
13	Es miembro de algún grupo ambientalista	8

## **DISCUSIÓN**

La percepción ambiental es entendida, básicamente, como un proceso social de asignación de significados a los elementos del entorno natural y a sus cursos de transformación y/o deterioro (Ruiz-de Oña, 2014). En el debate actual sobre el cambio climático, los temas de vulnerabilidad social y percepciones de la población frente a dicho fenómeno ocupan un lugar destacado, principalmente porque nutre nuestro conocimiento sobre los intereses, demandas y necesidades de los diferentes sectores sociales y permite sentar las bases para construir procesos de participación social orientados a reducir los riesgos de desastres (Sandoval *et al.*, 2014).



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

En un estudio realizado en Yucatán sobre vulnerabilidad social y percepciones asociadas al cambio climático, la percepción sobre las consecuencias del CC están relacionadas con cambios abruptos del estado del clima (28%), cambios bruscos de la temperatura (25%), alteración o modificación de las estaciones del año (8%), o mayor cantidad o intensidad de los huracanes (7%) (Sandoval *et al.*, 2014) a diferencia de los universitarios de la UABCS, que relacionaron las consecuencias con sequía y escases de agua (26%), desaparición de plantas y animales (16%), tormentas más fuertes (14%) y aumento en el nivel del mar (7%). Ambos estudios fueron realizados en ubicaciones geográficas similares (penínsulas), ambos estados se caracterizan por tener una actividad económica turística preponderante y con una variedad de recursos naturales; sin embargo su percepción es diferente.

Por otro lado, para los alumnos de la UABCS, dentro de los principales riesgos por el CC, los huracanes tienen el lugar número 5 de 10, a diferencia de un estudio realizado por Soares y Peña (2014) donde el 50% de las personas en la comunidad de Celestún, Yucatán, de acuerdo a su percepción, se encuentran en la categoría de vulnerabilidad alta a causa de los huracanes. Asimismo, en el mismo estudio tienen una vulnerabilidad social alta, que incluye la falta pertenencia a organizaciones sociales y comunitarias, falta de actividades preventivas y falta medios de información disponibles; si lo comparamos con los universitarios de la UABCS, también se encuentran en un grado de vulnerabilidad alta al ser solo 8% de ellos miembro de un grupo ambientalista y 35% conoce el plan de emergencia de la comunidad, un porcentaje por abajo del 50%, lo que no les permite socialmente realizar acciones preventivas ni correctivas ante los embates del CC.

Aguilar (2015) la contaminación del agua es uno de los riesgos asociados con el CC dada la percepción del 14% de los habitantes de San Cristóbal de las Casas, Chiapas; a diferencia del 23% de los alumnos de la UABCS, lo anterior puede estar relacionado con la abundancia del recurso hídrico en Chiapas y la escases del curso en BCS. Sánchez (2013) y Ángeles y Gámez (2010) mencionan que para el diseño de políticas públicas para luchar contra el CC es necesario que los planes sean inclusivo y no deben limitarse a la consulta pública, tal como lo sugieren los planes operativos de organizaciones internacionales (Naciones Unidas y Banco Mundial), donde se reconoce el papel del gobierno local más la necesidad de incluir a los actores sociales; al respecto los universitarios en su mayoría (87%) opinan que es la ciudadanía misma, el gobierno federal (67%) y el gobierno estatal (47%) quienes debe actuar para la adaptación a impactos negativos del CC, mostrando la implicación de la ciudadanía en la solución de la problemática.



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

El tipo de información a la que se acercan los alumnos de la UABCS no está relacionada directamente con temas ambientales por lo que no les permite tener una percepción real del problema del CC. Los alumnos que sí están interesados en dichos temas, no están completamente dispuestos a modificar su estilo de vida. Se observa que existen obstáculos que dificultan la adquisición de conductas respetuosas con el medio ambiente. Resulta difícil de explicar a detalle el comportamiento de los alumnos poco o nada interesados hacia posiciones conservacionistas solo con las variables estudiadas, sobre todo cuando los jóvenes tienen muchas presiones sociales que modifican su conducta. Los estudiantes perciben el medio ambiente como uno de los grandes problemas de la sociedad actual. No obstante, consideran que su actividad cotidiana no tiene gran influencia ambiental. Para los alumnos, el CC es percibido como más grave cuanto más alejado se encuentra de ellos (futuras generaciones), por lo que se observa que el sentido de responsabilidad se vuelve bajo o nulo ante problemas percibidos a nivel global. Para los Programas de estudio del área del conocimiento de ciencias del mar y de la tierra y el área del conocimiento de ciencias agropecuarias, los alumnos más informados se encuentran en el último año de la carrera. Los alumnos del área del conocimiento de ciencias sociales y humanidades tienen poca información independientemente del semestre que cursen. Los resultados muestran que es necesario generar una sinergia de confianza y conocimiento para los futuros tomadores de decisiones, para tener ciudadanos informados y responsables para realizar acciones a favor del medio ambiente y en beneficio de la sociedad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los alumnos de licenciatura de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

## **LITERATURA CITADA**

Aguilar-Solis., E.I. 2015. Percepción social del medio ambiente y el crecimiento urbano en San Cristóbal de la Casas, Chiapas. Estudio entre jóvenes universitarios. Tesis de maestría en ciencias en estudios ambientales y de la sustentabilidad. Centro interdisciplinario de investigaciones y estudios sobre medio ambiente y desarrollo, Instituto Politécnico Nacional. México. 177 pp.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Ángeles, M. y A. E. Gámez. 2010. Eventos extremos, cambio climático y vulnerabilidad en México y Baja California Sur. *In*: G.C. Delgado, C. Gay, M. Imaz y M. A. Martínez (Coordinadores). Programa de investigación en cambio climático. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 35-49.

Arizpe, L., F. Paz y M. Velázquez. 1993. Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la selva Lacandona. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-Porrúa, México. 230 p.

Briceño-Martínez, J. J. 2012. Retos para la sostenibilidad en el área metropolitana del Valle de Aburrá de Antioquia, Colombia. Percepciones acerca de lo que entendemos por éste término y ejemplos de actividades educativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9 (2): 278-293.

DOF. 2 de abril de 2015. Ley General del Cambio climático

DOF. 28 de abril de 2014. Programa especial de cambio climático 2014-2018.

Fernández- de Pinedo, I. 1982. Construcción de una escala de actitudes tipo Likert. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. 5 p.

Fernández-Moreno, Y. 2008. “¿Porque estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas naturales protegidas”. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*. XV 15 (3): 179-202.

Jaén G., M. y A. De Pro. 2006. Análisis de las percepciones que tienen los estudiantes de educación ambiental sobre problemas sociales globales a través de los mapas de conceptos. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. *In*: San José, Costa Rica. Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping. Pp. 45-61.

Kindelán A., C. 2013. Percepción, información y comunicación del cambio climático, conocimiento en estudiantes universitarios. Tesis de doctorado Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 380p.

Lazos, E. y L. Paré. 2000. Miradas indígenas sobre una naturaleza “entristecida”: percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. Plaza y Valdés Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM, México. 220 p.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Moyano, E. 2009. Políticas ambientales, cambio climático y opinión pública en escenarios regionales: el caso de Andalucía. *Revista Internacional de Sociología* 67 (3): 681-699.
- Novo, M. 2002. Globalización, cambio de paradigma y educación ambiental. *In*: Novo, M. (Dir). *Globalización, crisis ambiental y educación*. Madrid. Secretaría General Técnica MEC. pp. 9-43.
- Olmos-Martínez E., M. E. González A. y M. R. Contreras L. 2013. Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas en Baja California Sur, México. *Polis* [En línea], 35, Puesto en línea el 30 septiembre 2013, consultado el 15 octubre 2013. URL: <http://polis.revues.org/9158>; DOI: 10.4000/polis.9158
- Padilla-y Sotelo, L. S. y A. M. Luna M. 2003. Percepción y conocimiento ambiental en la costa de Quintana Roo: una caracterización a través de encuestas. *Investigaciones Geográficas* 52: 99-116.
- Ruiz-de Oña, P. C. 2014. Ciudad y adaptación al cambio climático: navegando por literaturas de ecología política urbana. *Sociedad y Ambiente* 1(5): 115-132.
- Sánchez R., R. 2013. *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. CEPAL, ONU, IAI. Santiago de Chile, 160 p.
- Sandoval, C., D. Soares y M.T. Munguía. 2014. Vulnerabilidad social y percepciones asociadas al cambio climático: Una aproximación desde la localidad de Ixil, Yucatán. *Sociedad y Ambiente* 1 (5): 7-24.
- Soares, D y A. Peña, 2014. Vulnerabilidad frente a huracanes desde la perspectiva de los actores sociales locales. *Sociedad y Ambiente* 1(5): 48-72.
- Subirats, J. 1995. Los instrumentos de las políticas, el debate público y el proceso de evaluación. *Gestión y Política Pública* 4(1): 5-23.
- Whyte, A. V. T. 1985. Perception”, *Climate Impact Assessment*. Chennai, India: Fundación de Investigación MS Swaminathan. <http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope27/chapter16.html> (Consultado: 25/02/2016)



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**EVALUACIÓN DE BIOMASAS DESHIDRATADAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN DE METALES CONTAMINANTES**

**[EVALUATION OF DEHYDRATED BIOMASS USED IN THE ADSORPTION PROCESS OF POLLUTING METALS]**

**Blanca Estela García-Caballero<sup>1§</sup>, María de Lourdes M. Orozco-Rodríguez<sup>1</sup>, Holanda Isela Trujillo-Leyton<sup>1</sup>, Refugio Muñoz-Ríos<sup>1</sup>, Yolocauhtli Salazar-Muñoz<sup>2</sup>, Manuel Pensabén-Esquivel<sup>1</sup>, Héctor Alonso Fileto-Pérez<sup>1</sup>**

Instituto Tecnológico de Durango, <sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote. Durango, Durango, C.P. 34080. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (blancaitd@hotmail.com).

**RESUMEN**

Se evaluaron dos tipos de residuos, café (RC) y alpiste (RA) utilizados como biomasa, en la bioadsorción de Cr(VI) y Cu(II), de soluciones acuosas, mediante isothermas y cinética de adsorción, sobre (RC) y (RA) con y sin modificación química. La bioadsorción máxima de Cr(VI) y Cu(II) a pH 5, con la isoterma de Langmuir para RC y RA modificados, fue 55.5 y 56.1 mg g<sup>-1</sup> de 59.5 y 59.7 mg g<sup>-1</sup>. Los valores de b de la isoterma de Langmuir, demostraron que la adsorción fue mayor en las biomasas modificadas. La cinética de adsorción, indicó que se requieren 3 h para alcanzar el equilibrio del cromo y cobre. Mayor adsorción se observó a los 10 minutos, después ésta disminuyó y fue constante en ambos iones. A concentraciones de 5 g de biomasa, la adsorción de metales disminuyó. Los valores de la constante del modelo de pseudo segundo-orden: h (mg g<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>) mostraron que, con concentraciones de 1 g de biomasa, la velocidad inicial de adsorción fue 4 veces mayor que la obtenida con 5 g, con valores de h de 40.16 mg g<sup>-1</sup>/min y 42.33 mg g<sup>-1</sup>/min para RC y RA modificado. La remoción obtenida para RC y RA modificados fue 72 y 91% y 85 y 99 %, para Cr(VI) y Cu(II) respectivamente.

**Palabras clave:** *Bioadsorción, iones metálicos contaminantes, metales pesados, residuos agroindustriales.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

Two types of waste, coffee (RC) and birdseed (RA), used as biomass in the biosorption of Cr(VI) and Cu(II) in aqueous solutions were evaluated, by isotherms and adsorption kinetics with and without chemical modification. The maximum biosorption of Cr(VI) and Cu(II) at pH 5, with the Langmuir isotherm for RC was 55.5 and 56.1 mg g<sup>-1</sup> and modified RA was 59.5 and 59.7 mg g<sup>-1</sup>. The values of the variable b of the Langmuir isotherm showed that adsorption was higher when the modified biomasses were used. The adsorption kinetics required 3 h to reach equilibrium of chromium and copper. Higher adsorption was observed at 10 minutes, then it decreased and was constant in both ions. At concentrations of 5 g biomass, adsorption of metals decreased. Constant values for second-order model: h (mg g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) showed that initial adsorption rate was 4 times greater with concentrations of biomass 1g than that obtained with 5g, with h values of 40.16 mg g<sup>-1</sup>/min and 42.33 mg g<sup>-1</sup>/min and modified RC RA. Removal obtained for modified RC and RA was 72 and 91% and 85 and 99% for Cr(VI) and Cu(II) respectively.

**Index words:** *Adsorption, agro-industrial waste, heavy metals, metal ion contaminants.*

### **INTRODUCCIÓN**

Durango, es un estado tradicionalmente minero. En el año 2010 obtuvo una producción de 1451 toneladas de cobre, entre otros metales (SGM, 2010). La actividad minera e industrial en el estado, vierte al medio, metales tóxicos como cromo y cobre, los cuales perjudican la salud humana y la mayoría de las formas de vida. La contaminación del suelo y de los cuerpos de agua con metales pesados, afecta a los seres que los habitan y están catalogados como cancerígenos (Puga *et al.*, 2006). Se propone una alternativa económica y eficiente para su remoción, el tratamiento con el uso de bioadsorbentes, de origen orgánico, es decir, materiales naturales que pueden ser utilizados para la captura de contaminantes (Tejada, 2012).

En el presente trabajo se evaluó la capacidad de adsorción de Cr(VI) y Cu(II) con residuos de café y alpiste, con y sin modificación química. Los residuos de café y alpiste están constituidos por material polimérico principalmente celulosa y hemicelulosa y de manera natural tienen la capacidad para adsorber iones metálicos, debido a los grupos funcionales que poseen (Cerino *et al.*, 2008). Las ventajas en la utilización de los residuos



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

agroindustriales, son su variada composición química, bajo costo y alta disponibilidad. Estos residuos pueden sufrir modificaciones químicas y/o físicas con el objetivo de incrementar su capacidad de adsorción (Bustamante, 2011).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó mediante la secuencia de etapas que se describen a continuación: Tratamiento de los biosorbentes para su modificación química. Los biomateriales se lavaron con agua desmineralizada y ácido cítrico 0.6 M, se secaron a 70°C, por 3 horas, para la incorporación de grupos carboxílicos.

Determinación de concentraciones de Cr (VI) y Cu (II). En la cuantificación del Cr (VI) y Cu (II) se utilizaron espectrofotómetros de absorción UV-visible y absorción atómica, modelo Spectr AA 220FS. Elaboración de las curvas de absorción para el Cr(VI) por el método de espectrofotometría de UV-visible. Se preparó una solución de  $K_2Cr_2O_7$  a 60 mg  $L^{-1}$  y se hicieron una serie de diluciones a partir de ella, a las cuales se les determinó la absorbancia en un espectrofotómetro de absorción UV-visible a 440 nm. Se construyeron las gráficas de absorción y se obtuvo la ecuación de valoración de las muestras.

Isotermas de adsorción para el Cu(II) y Cr(VI). Se utilizaron 50 ml de solución de  $CuSO_4$  y  $K_2Cr_2O_7$  y biomasa de café y alpiste a concentraciones de 0.5 a 3 g, con agitación orbital a 120 rpm, 20°C y pH de 5. El RC y RA químicamente modificado y sin modificar, luego se dejaron en contacto con las soluciones preparadas que contenían cromo y cobre hasta alcanzar el equilibrio.

Cinética de adsorción para el Cu(II) y Cr(VI). Se utilizaron 100 ml de solución de Cu(II) y de Cr(VI), preparadas a 60 mg  $L^{-1}$  y pH inicial de 6, se les agregó 1 g y/o 5 g de RC y RA modificado y se agitaron a 120 rpm a 20°C durante 60min. Se utilizó un blanco, con 100 ml de solución acuosa sin residuo. Se tomaron y filtraron muestras de estas soluciones a diferentes tiempos, se midió el pH y la cuantificación de Cu(II) y Cr(VI). Se repitió el procedimiento, con tiempo de contacto de 180 min.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

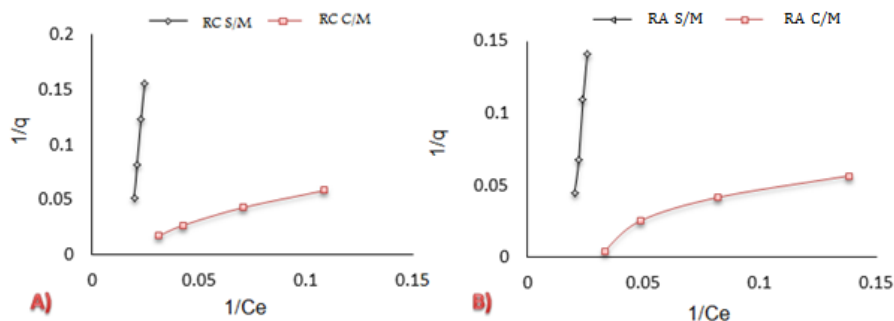
Se observó que el comportamiento de ambos residuos fue similar, sin embargo, los datos experimentales demostraron que la capacidad de adsorción de Cr (VI) aumenta con los



### Memoria de resúmenes en Extenso

#### XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"

residuos químicamente modificados, de acuerdo con las isothermas Langmuir para Cr(VI), (Figura 1).



**Figura 1.** Isothermas de Langmuir para Cr(VI) A) sobre RC sin modificar y modificadas, B) sobre RA sin modificar y modificadas.

En el Cuadro 1, se muestran los valores obtenidos de los parámetros de las isothermas de Langmuir y Freundlich, así como los coeficientes de determinación ( $R^2$ ). Se observó que los valores de  $q_m$  son mayores en los residuos modificados, con un valor de 2.8 (RC) y 2.6 (RA) veces superior al valor de los residuos sin modificar. Los valores de "b" indican que la afinidad entre el sorbente y el sorbato fue mayor en los residuos modificados. La isoterma de Langmuir fue la que mejor se ajustó a los datos experimentales, dado que presentó valores más grandes de  $R^2$ . Para el cromo, los valores de  $q_m$  son mayores en los residuos modificados, los cuales tienen un valor de  $q_m$  de 1.4 (RC) y 1.3 (RA) veces superior al valor obtenido con los residuos sin modificar. Los valores de "b" indican que la afinidad entre el sorbente (RC y RA) y el sorbato (Cu) también fue mayor en los residuos modificados.

Las Figuras 2a y 2b, muestran que el comportamiento en la bioadsorción de Cu(II), para ambos residuos fue similar, sin embargo, los datos experimentales demostraron que la capacidad de adsorción de Cu(II) aumentó cuando se utilizaron residuos químicamente modificados, de acuerdo con las isothermas Langmuir para Cu(II). Se puede observar en la figura 2a, que la mayor capacidad de adsorción fue para los residuos químicamente modificados, su valor fue  $56.1 \text{ mg g}^{-1}$  y  $59.7 \text{ mg g}^{-1}$  RC y RA, los valores de ambos son cercanos, esto se debe a la afinidad de los iones de Cu(II) por los sitios de adsorción (grupos carboxílicos) de ambos residuos. Los residuos sin modificar tuvieron una remoción de más del 50%, lo cual indica que ambos tipos de residuos son buenos adsorbentes para el Cu(II).

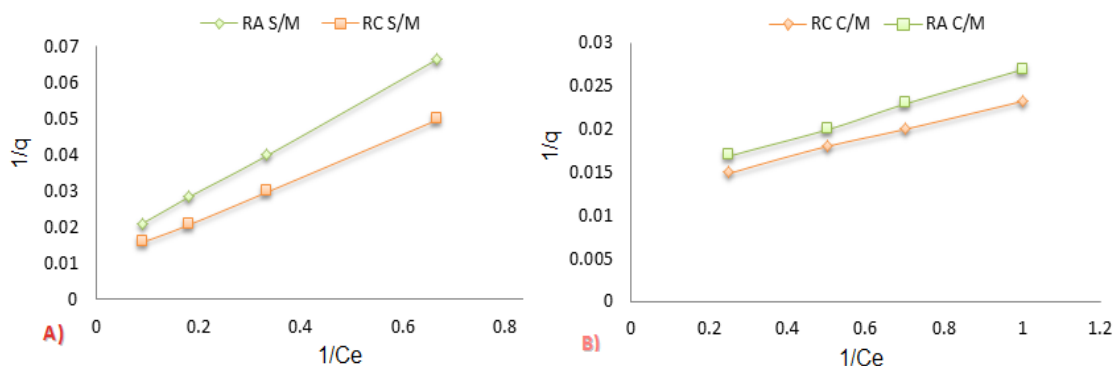


**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 1.** Parámetros estimados de las isothermas de Langmuir y Freundlich usando los datos experimentales de adsorción de Cr (VI) y Cu(II) sobre RC y RA sin modificar y modificado con ácido cítrico 0.6 M y pH de 5.

		Langmuir				Freundlich							
		$q_m(\text{mg g}^{-1})$		$b (\text{L mg}^{-1})$		$R^2$		$K (\text{mg}^{-1/n} \text{l}^n/\text{g})$		$n$		$R^2$	
Absorbente		Cr(IV)	Cu(II)	Cr(IV)	Cu(II)	Cr(IV)	Cu(II)	Cr(IV)	Cu(II)	Cr(IV)	Cu(II)	Cr(IV)	Cu(II)
RC	sin modificar	19.25	40.05	0.0233	0.3753	0.9942	0.9998	0.0037	23.81	0.1942	3.4746	0.9597	0.9245
	modificado	55.5	56.10	0.5377	1.5403	0.9815	0.9989	0.9974	41.76	1.8125	0.8647	0.9377	0.9309
RA	sin modificar	22.5	45.02	0.0545	0.3168	0.9945	0.9999	0.0046	14.37	0.1946	2.049	0.9878	0.9878
	modificado	59.5	59.7	0.7549	1.3227	0.9528	0.9989	2.8707	29.78	1.1118	2.9163	0.9563	0.9844



**Figura 2.** Isothermas de Langmuir para Cu (II) A) Sobre RA y RC sin modificación B) Sobre RA y RC químicamente modificadas.

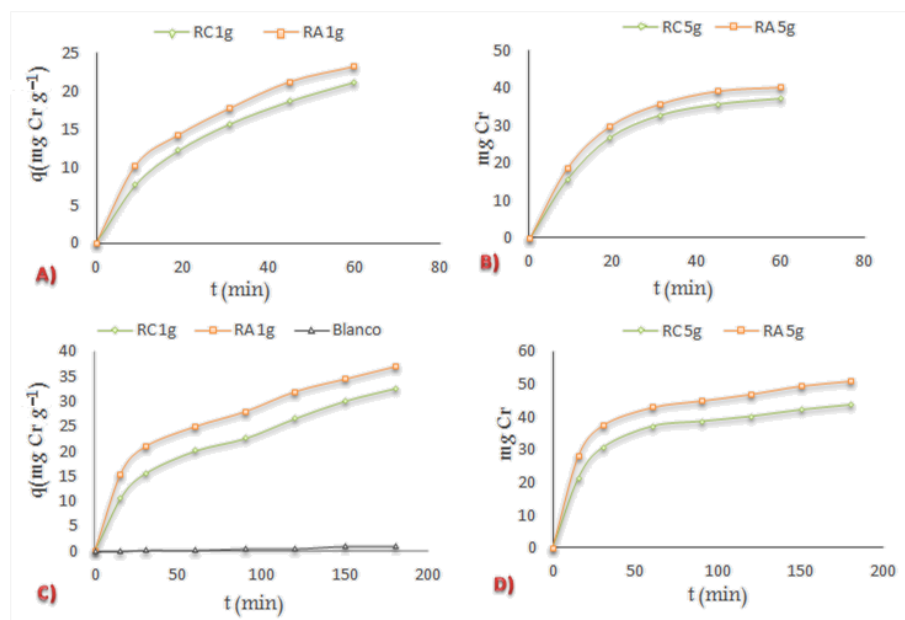


### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"

#### Cinéticas de adsorción para Cr(VI)

La Figuras 3 muestra la cinética de adsorción de Cr(VI), sobre RC y RA modificados.



**Figura 3.** Cinética de adsorción de Cr (VI) A) En 1 g de RC y RA por 60 min. B) En 5 g RC y RA por 60 min. C) En 1 g de RC y RA por 180 min. D) En 5 g de RC y RA por 180 min.

Se observan los mg adsorbidos por g de residuo, la capacidad de adsorción es bastante menor con 5 g, que la realizada con 1 g de residuo (Figuras 3B y 3D). Se sabe que el aumento de la dosis del sorbente incrementa la adsorción y es debido al incremento en el área superficial del sorbente y la disponibilidad de más sitios (Mall *et al.*, 2006).

La Figura 4 muestra los valores de  $q$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de la cinética de adsorción de Cr con 5g de RC y RA para 60 y 180 min, donde a pH ácido, disminuyó la capacidad de adsorción de los residuos. Bustamante (2011), menciona que este comportamiento puede atribuirse a la competición entre los iones  $\text{H}^+$  y las especies catiónicas en la solución, por los sitios de adsorción.

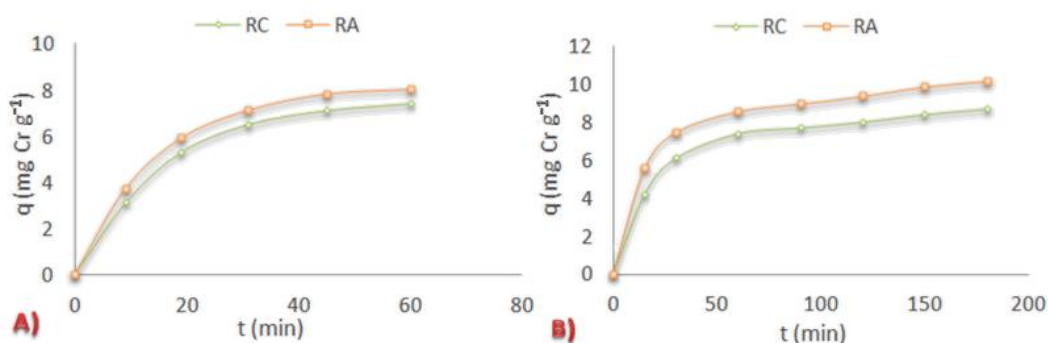


### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

#### Ajuste de datos experimentales al modelo de Pseudo-segundo orden para Cr(VI) y Cu(II)

Se determinó la adsorción de Cr(VI) y Cu(II) a una concentración fija de 60 mg L<sup>-1</sup> y los datos experimentales dieron los valores de la qt (mg L<sup>-1</sup>), durante un tiempo (min). El modelo de Pseudo-segundo orden fue el que mejor se ajustó a los datos experimentales ya que presentó los valores más grandes de R<sup>2</sup>, para ambos metales. El Cuadro 2 muestra los parámetros del modelo y los coeficientes de determinación de R<sup>2</sup>, para cromo y cobre.



**Figura 4.** Valores de q (mg g<sup>-1</sup>) de la cinética de adsorción de Cr con 5 g de RC y RA: A) 60 min y B) 180 min.

Analizando los valores de la constante representativa de este modelo, la velocidad inicial de adsorción h (mg g<sup>-1</sup>/min), se observó que a concentraciones de 1 g de sorbente, la disposición para la unión inicial entre el metal y el sorbente es mayor, reflejándose en la velocidad inicial de h con valores de 40.16 mg g<sup>-1</sup>/min y 42.33 mg g<sup>-1</sup>/min para el RC y RA y a concentraciones mayores, es decir, de 5 g de residuo, la disposición es menor.

#### Cinéticas de adsorción para Cu(II)

La Figura 5 muestra la cinética de adsorción de Cu(II) sobre RC y RA químicamente modificados. La adsorción disminuyó y fue constante. Lo cual se debe a la disponibilidad de sitios de los medios de adsorción. Cuando se emplearon 5 g de residuo se observó que la capacidad de adsorción fue bastante menor que la llevada a cabo con un gramo de residuo. Igual que con el Cr(VI) ocurrió una saturación del sorbente que disminuyó la eficiencia del proceso. Es mejor la disminución del tamaño de partícula, que el aumento en la masa del sorbente, para aumentar la eficiencia de remoción. Se observó una disminución de la adsorción de los residuos a pH ácido.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 2.** Parámetros estimados del modelo de Pseudo-segundo orden usando los datos experimentales de la cinética de adsorción de Cr(VI) y Cu(II) sobre RC y RA modificado a 20°C y velocidad de agitación de 130 rpm, así como un tiempo de 180 min y una concentración de 60 mg L<sup>-1</sup>.

<b>Pseudo segundo orden</b>										
<b>Absorbente</b>	<b>q (mg g<sup>-1</sup>)</b>		<b>K<sub>S2</sub> (mg g<sup>-1</sup>/min)</b>		<b>h (mg g<sup>-1</sup>/min)</b>		<b>R<sup>2</sup></b>		<b>pH final</b>	
	<b>Cr(IV)</b>	<b>Cu(II)</b>	<b>Cr(IV)</b>	<b>Cu(II)</b>	<b>Cr(IV)</b>	<b>Cu(II)</b>	<b>Cr(IV)</b>	<b>Cu(II)</b>	<b>Cr(IV)</b>	<b>Cu(II)</b>
<b>RC 1g</b>	32.75	52.84	0.0374	0.0197	40.16	52.84	0.9707	1	4.06	3.69
<b>RA 1g</b>	37.00	58.85	0.0309	0.0171	42.33	59.22	0.9842	0.9998	3.51	3.28
<b>RC 5g</b>	8.75	10.98	0.124	0.0911	9.66	11.2	0.9987	0.9993	3.60	3.38
<b>RA 5g</b>	10.20	11.92	0.105	0.0844	10.89	12.5	0.9882	1	3.17	3.03

La adsorción del Cu (II) con los RA y RC tiende a ser más lineal que la observada en los procesos con Cr (VI), ambos residuos son similares en su comportamiento en cada caso.

Al analizar la constante representativa de este modelo, se encontró que la velocidad inicial de adsorción h (mg g<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>), a concentración de 1 g de biosorbente, la disposición para la unión inicial entre metal y adsorbente, fue elevada, reflejándose en la velocidad inicial de h, con valores de 52.84 mg g<sup>-1</sup>/min y 59.22 mg g<sup>-1</sup>/min<sup>1</sup>, para el RC y RA, en cambio, con 5 g de residuo, la disposición fue 4.5 veces menor (cinética con permanencia de mayor tiempo).

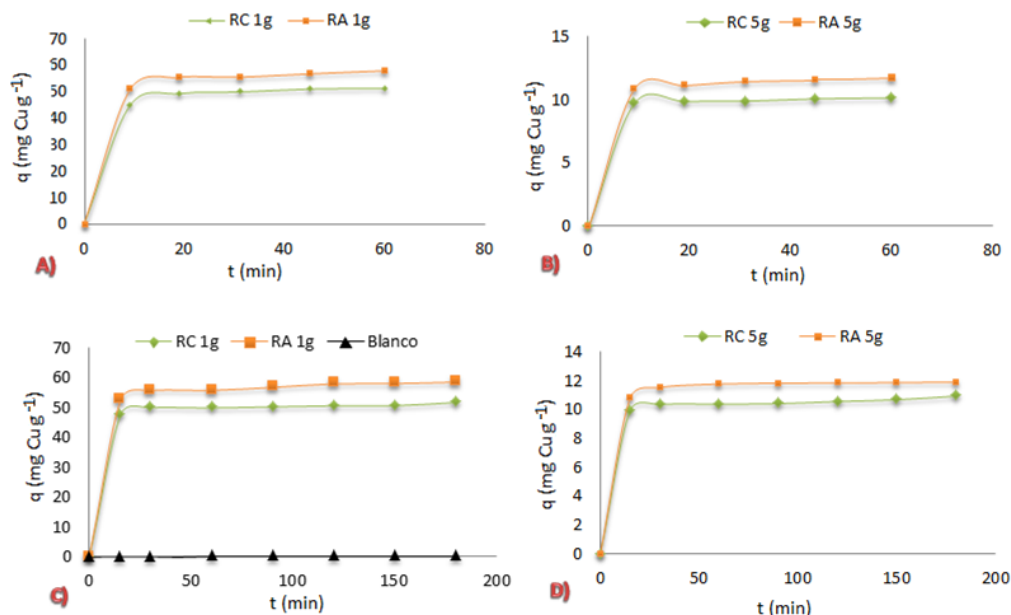
**Remoción de Cr(VI) sobre RC y RA modificado**

Se obtuvo una mayor adsorción cuando se aplicó un tiempo de contacto elevado y se utilizaron 5 g de RA, con una remoción de 67 y 85% para 60 y 180 min. Los valores para el RC fueron 62 y 72%.



### Memoria de resúmenes en Extenso

XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"



**Figura 5.** Cinética de adsorción de Cu (II): A) En 1 g de RC y RA por 60 min. B) En 5 g RC y RA por 60 min. C) En 1 g de RC y RA por 180 min. D) En 5 g de RC y RA por 180 min.

Remoción de Cu(II) sobre RC y RA modificado. La remoción más efectiva fue con los RA modificados y fue de 97 y 99% para el RA a 60 y 180 min respectivamente. Los valores más altos para el RC fueron 86 y 91% a 60 y 180 min.

## CONCLUSIONES

Se demostró que las mayor capacidad de adsorción fue con los RA modificados, con una adsorción de 55.5 mg de Cr (VI) g<sup>-1</sup> de residuo y 59.5 mg Cu (II) g<sup>-1</sup> de residuo, las cuales fueron 2.8 (RC) y 2.6 (RA) veces superiores al valor obtenido en los residuos sin modificar. En la adsorción del Cu (II), se obtuvieron 56.1 mg g<sup>-1</sup> y 59.7 mg g<sup>-1</sup> de residuo para RC y RA; 1.4 (RC) y 1.3 (RA) veces superior al valor obtenido para los residuos sin modificar. La cinética de adsorción en los RC y RA modificados, demostró que utilizando 5 g de residuo la adsorción es menor que en la que se empleó sólo 1 g. Por lo que es preferible la disminución



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

de partícula, al aumento de la masa del sorbente. El modelo cinético de Pseudo-segundo orden es el que mejor se ajustó a los datos experimentales. Los datos obtenidos de  $h$  ( $\text{mg g}^{-1}/\text{min}$ ) demostraron que la velocidad inicial de adsorción es 4 veces mayor (Cr VI) y 4.5 (Cu II), cuando se usa 1 g de residuo, que cuando se usan 5 g. Se logró una remoción de 85 y 72% para el RA y RC, en la adsorción del Cr (VI); para el Cu (II) se obtuvieron valores mayores de remoción, estos fueron de 91 y 99 % para RC y RA; por lo que el mejor residuo para la remoción, fue el de alpiste, para ambos iones metálicos.

### **LITERATURA CITADA**

- Bustamante, E. 2011. Adsorción de metales pesados en residuos de café modificados químicamente. Tesis de maestría. Nuevo León, México. 12-14.
- Cerino, F.J., R. Leyva, S. De León y R. Salazar. 2008. Adsorción de plomo (II) en solución acuosa sobre residuos de café. 7th Brazilian Meeting on adsorption. June 25-27 Campina Grande, Brazil. 121-127.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. Fuentes de contaminación en México; Industria Minera; <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/372/fuentes.html> (Fecha de Consulta: Diciembre 20, 2014).
- Mall, D., V. Srivastava and N. Agarwal. 2006. Removal of orange-G and methyl violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash-kinetic study and equilibrium isotherm analyses. *Dyes and Pigments* 69: 210-223.
- Puga, S., M. Sosa, T. Lebgue, C. Quintana y A. Campos. 2006. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*. 5(1-2): 149-155.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). 2010. HYPERLINK "<http://www.sgm.gob.mx/pdfs/DURANGO.pdf>". Fecha de consulta: Diciembre 19, de 2014
- Tejada, C., Á. Villabona y V. Ruiz. 2012. Biomasa residual para remoción de mercurio y cadmio: una revisión. *Ingenium* 6(14): 11-21.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LAS FUNCIONES SUSTANTIVAS DE UNIDADES ACADÉMICAS DE LA UAGRO**

**[METHODOLOGY FOR SUSTAINABILITY MEASUREMENT IN THE SUBSTANTIVE FUNCTIONS OF ACADEMIC UNITS OF THE UAGRO]**

**Rosa María Brito Carmona<sup>1§</sup>, Columba Rodríguez Alviso<sup>2</sup>, Jerome Paolacci<sup>2</sup>, María Laura Sampedro Rosas<sup>2</sup>, José Luis Aparicio López<sup>2</sup>, Juana Beltrán Rosas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales (UCDR-UAGro), <sup>2</sup>Profesora Investigadora – UCDR. Pino s/n, Col. El Roble, Acapulco, Guerrero. C.P. 39640. Tel. 01 (744)4876624 y 4876694. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (ucdrbrito@hotmail.com).

**RESUMEN**

Actualmente, la sociedad está consumiendo los recursos naturales más rápido de lo que la Tierra los puede reponer, debido al desequilibrio de la capacidad de carga ambiental, los problemas causados por el modelo de desarrollo y las actividades antropogénicas. Ante esta problemática, la sustentabilidad se presenta como una alternativa para prevenir, solucionar y mitigar los problemas ambientales, sociales y económicos; en el ámbito de la educación, las Instituciones de Educación Superior (IES) son responsables de integrar aprendizajes con enfoque sustentable. En este trabajo se identifican indicadores para construir el índice de sustentabilidad en las funciones sustantivas. La investigación se desarrolló en cuatro unidades académicas de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro): Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional, Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales, Unidad Académica de Turismo y Preparatoria No. 2. Se considera su validación en una de ellas.

**Palabras clave:** *Desarrollo sustentable, índice de sustentabilidad, indicadores, funciones sustantivas.*

**ABSTRACT**

Nowadays, the society is consuming natural resources faster than the Earth can recuperate, due to the imbalance of environmental carrying capacity, the problems inflicted to the model of development and anthropogenic activities. Before this problematic, sustainability is



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

presented as an alternative to prevent, mitigate and resolve environmental, social and economic problems; the IES are responsible for implement education under the sustainable approach. In the present work we identified indicators to build the index of sustainability in the substantive functions. The research is conducted in four academic units of the Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro): Unit of Sciences of Regional Development, Research Center of Tropical Diseases, Academic Unit of Tourism and Preparatory No. 2. It is considered the validation in one of them.

**Index words:** *Sustainable development, index of sustainability, indicators, substantive functions.*

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el crecimiento de la población ha generado enormes demandas de recursos naturales, los cuales han experimentando un deterioro que se ha agudizado y que ha puesto en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Es decir, la sociedad está consumiendo los recursos naturales más rápido de lo que la Tierra los puede reponer, esto se deriva del modelo de desarrollo y las actividades antropogénicas.

A comienzos de la década de los setenta y debido a la problemática a nivel mundial, se promovió el interés por el cuidado del medio ambiente, por lo que la educación ambiental surgió como una alternativa. En este contexto, las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen la responsabilidad de formar recursos humanos para resolver los problemas ambientales, sociales y económicos, a nivel mundial, nacional y local, así como buscar soluciones que mitiguen la problemática e involucren a la sociedad en el desarrollo y cuidado del medio ambiente (Covas, 2004).

Ante esta severa crisis ambiental, se han observado graves problemas como el incremento de la contaminación atmosférica, pérdida de bosques, fenómenos climáticos extremos, agotamiento de los recursos naturales, efecto invernadero y contaminación de los mares (González y Arias, 2009). Esta problemática ha alcanzado niveles catastróficos, sobre todo al combinarse con la pobreza, la desigual, distribución de los recursos y la falta de equidad y justicia social.

En las últimas cuatro décadas se han promovido acciones y resoluciones internacionales, en los que destacan la Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano, Estocolmo 1972; la Conferencia Internacional de Educación Ambiental, Belgrado, 1975; la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, Tbilisi, 1977; el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y Diversidad Biológica, Cumbre de la Tierra, Río



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

de Janeiro, 1992; y el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible, 2002. Sin embargo, todas estas acciones no han sido suficientes para contribuir al desarrollo sustentable (SD), por el contrario, la situación tiende a complicarse aún más ante el surgimiento de nuevas tendencias económicas y sociales (Nieto y Medellín, 2006).

Desde los principios de la economía política de Malthus y el Club de Roma, el término sustentable ha sido complejo y ha registrado varias concepciones. El Informe Brundtland (1987), define el DS como un desarrollo que debe abordar la protección del ambiente y el crecimiento económico, con el fin de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer el derecho de las futuras. A partir de ahí, autores como Covarrubias *et al.* (2011), Gutiérrez y Martínez (2009-2010) y Martínez y González (2015), han abordado la sustentabilidad como la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo, protegiendo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida y equidad social para las personas.

Para medir la sustentabilidad se requiere de indicadores de desarrollo sustentable, como los que se suscribieron en la Agenda 21, párrafo 40.4, en la cumbre de la Tierra, Río de Janeiro (1992). Posterior a este hecho, organismos como el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) convocaron a las IES que contaran con programas ambientales para compartir experiencias y crear el Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS). Esta institución brindó aportes para la construcción de indicadores ambientales y de sustentabilidad que permitieran evaluar los sistemas complejos, con el objeto de facilitar el análisis y aplicación en aspectos de identidad institucional, educación, investigación, extensión, difusión y vinculación en las IES como responsables de la formación de profesionistas críticos y creativos, que coadyuven con la sociedad y promuevan el respeto por el medio ambiente.

ANUIES (2000), en su visión al año 2020, señala que ninguna de las áreas del conocimiento se encuentra al margen de la problemática ambiental y que éstas, inexplicablemente están ligadas a los problemas sociales, económicos y la distribución equitativa de los recursos, por lo que promueve el cambio en la participación, solución y prevención de problemas ambientales, así como la construcción de escenarios, mediante acciones estratégicas de investigación, docencia, difusión y extensión.

Actualmente la universidad asume el reto como promotora del DS en la congruencia y pertinencia de incluir la sustentabilidad como uno de los tres principios generales, reflejados en sus funciones sustantivas y adjetivas, enfatizando su compromiso y responsabilidad social,



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

así como de involucrar al gobierno y a la sociedad en busca de soluciones integrales para el medio ambiente. Es por ello que se auxilia de indicadores para medir y evaluar la pertinencia y el desarrollo (UAGro, 2014).

El presente trabajo deriva de una investigación doctoral que busca innovar en la construcción de un índice de sustentabilidad, que servirá para la toma de decisiones de las autoridades y sentará las bases para un plan ambiental institucional; así se planteó la interrogante ¿Qué indicadores se utilizan para medir la sustentabilidad en las IES? El objetivo de este estudio fue definir indicadores ambientales, sociales y económicos que sirvan como base para construir un índice de sustentabilidad en las funciones sustantivas de las unidades académicas de la UAGro.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación tiene características de tipo mixta con énfasis en los análisis cualitativo, cuantitativo, correlacional, multivariante y explicativo. Se desarrolló en la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional (UCDR), Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales (CIET), UA de Turismo y UA Preparatoria No. 2 de la UAGro. El procesamiento de la información se realizó a través del software *Excel*. El trabajo se llevó a cabo en dos etapas:

**Etapa 1.** Se realizó el análisis documental, consultando la bibliografía reciente a nivel nacional, internacional y local sobre cuatro categorías: educación ambiental, desarrollo sustentable, sustentabilidad e indicadores (Gallopín, 1996; INEGI, 2000; Nieto, 2006; González y Arias, 2009; Complexus, 2013; Martínez y González, 2015). A partir de ello se construyó la propuesta de las variables que integran cada indicador en las funciones sustantivas, misma que se llevó a discusión con un comité evaluador, integrado por la directora de tesis, el codirector externo y tres asesores.

**Etapa 2.** Consta de una técnica de discusión y análisis de grupo, donde se llegó a la validación sobre la pertinencia y vigencia de las variables que integran los indicadores sustentables en las funciones sustantivas; se realizó con 6 personas interesadas, con conocimientos en el tema, el diálogo fue guiado por un moderador, con un clima abierto y no directivo. Se realizó del 22 al 26 de febrero de 2016 en la UCDR, Acapulco, Guerrero. A partir de la validación, mediante una base de Excel, se procedió a identificar las variables por indicador, función y estrato de aplicación.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**RESULTADOS**

En el Cuadro 1 se muestran las variables agrupadas que integran los tres indicadores de sustentabilidad: ambiental, social y económico, en las funciones sustantivas de docencia, investigación, extensión y gestión.

**Cuadro 1.** Identificación de variables que integran los indicadores en las funciones sustantivas de la UAGro.

Indicadores	Funciones sustantivas			
	Docencia	Investigación	Extensión	Gestión
Ambiental	Nivel de transversalización de Programas Educativos; Nivel de ambientalización del aula; No. de cursos, talleres sobre educación ambiental y/o DS	No. de tesis relacionadas con la EA y /o DS (presentadas e iniciadas); No. de artículos arbitrados e indexados y capítulos de libros publicados, relacionados con la EA y /o DS	No. de proyectos relacionados con la EA y /o DS, que se han vinculado con comunidades e instituciones	Consumo anual de energía eléctrica; Consumo anual de agua potable; Existencia de plan de manejo para residuos
Social	Nivel de satisfacción sobre mobiliario; Nivel de satisfacción sobre equipo de proyección y material didáctico; Nivel de desempeño del docente sobre dominio de la materia, puntualidad y respecto	Número de estancias académicas de docentes e intercambio a otras instituciones; Número de estancias de alumnos e intercambio académicos a otras instituciones; Nivel de satisfacción de los docentes sobre el equipamiento de cubículos; Nivel de satisfacción de los alumnos sobre cubículos para la investigación; Nivel de satisfacción sobre equipamiento de laboratorios, biblioteca y centro de computo	No. de proyectos y actividades que tengan impacto social, que se han realizado en instituciones y/o comunidades; No. de personal que participa en los proyectos	Nivel de respuesta sobre mantenimiento y uso de áreas comunes: auditorio, sala de usos múltiples y áreas recreativa
Económico	Costo profesor-alumno	Estímulos económicos externos que benefician a los docentes; Estímulos económicos externos que benefician a los alumnos	Costo de la realización de movilidades y estancias académicas de docentes y alumnos; Costo para realizar las prácticas profesionales en comunidades e instituciones	Elaboración de presupuesto participativo anual

Fuente: Elaboración propia

Las variables del indicador ambiental definidas en cada una las funciones sustantivas en los diferentes niveles educativos de la UAGro, contribuirán a través de la medición, a identificar la percepción del estudiante sobre su formación integral, y a medir la presencia



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

del eje medio ambiente de los programas educativos (PE) (conocimientos, habilidades y actitudes y valores) de las unidades académicas (UAs), así como las funciones que el docente desarrolla de modo coherente con el modelo educativo. Asimismo, busca identificar qué acciones realizan los trabajadores y estudiantes en relación con los residuos y su disposición, que también se conciben como un problema social grave.

Las variables del indicador social identificarán los proyectos que se han vinculado con la sociedad y las instituciones para determinar el nivel de impacto social; también medirán la satisfacción de los trabajadores y estudiantes en las diferentes áreas en las que se desarrollan las actividades escolares, laborales y de esparcimiento.

Por último, las variables económicas contribuirán en la identificación de los estímulos económicos que reciben los cuerpos académicos, los docentes y los estudiantes de manera externa; así como la medición de los ingresos por inscripciones anuales y los egresos por el funcionamiento de una unidad académica (consumo anual de agua en m<sup>3</sup> y la energía eléctrica en watts); lo anterior se determinará por el promedio de consumo de trabajadores y estudiantes, así como el costo que la UAGro invierte en la formación profesional.

Con las variables definidas validadas se diseñaron cinco instrumentos para la recolección de la información: a) guía de entrevista para directores y funcionarios b) encuestas para docentes y coordinadores de CA, c) estudiantes, d) personal administrativo y de confianza y e) personal de intendencia.

Los instrumentos se estructuraron en dos partes; la primera consta de instrucciones para los entrevistados, así como una serie de elementos que permiten medir la formación; la segunda consiste en definir los ítems que conforman cada instrumento, para medir la sustentabilidad en las funciones sustantivas en unidades académicas de la UAGro. Éstos fueron sometidos a piloteo, aplicándose a población de diferentes UA y PE: 2 directores, 4 docentes, 2 administrativos y personal de confianza, 2 intendentes y 9 alumnos de los tres niveles educativos, de los que se obtuvo un 95% de claridad y coherencia. Por lo que se procedió a corregirlos y a aplicarlos a partir del mes de septiembre de 2016 en las unidades académicas seleccionadas (Cuadro 2).



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

## **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Cuadro 2.** Número de personas entrevistadas.

Unidad Académica	Número de trabajadores	Número de estudiantes
Preparatoria No. 2	87	1318
Licenciatura-Turismo	79	1140
Posgrado-Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales	23	45
Posgrado-Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional	19	39
Total	208	2542

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente fase de la investigación doctoral será analizar los resultados de las entrevistas, determinar el índice de sustentabilidad de la UAGro, representarlos en un biograma y evaluar la metodología desarrollada.

## **DISCUSIÓN**

Así como las IES, algunos países están promoviendo la generación de sus índices de sustentabilidad Global (ISG), como en el caso de Ecuador, donde se desarrollaron instrumentos para brindar herramientas a los políticos con información concisa y representativa para la toma de decisiones (Carrión y Bravo, 2015).

Lozano (2011) hizo un reporte sobre el estado de la sustentabilidad en universidades de Reino Unido, Austria, Canadá, España, Suecia, China, Alemania, Estados Unidos, Perú, Singapur y Finlandia. Tomó en cuenta las dimensiones de currículo, investigación, vinculación, evaluación e informes. Entre los resultados destaca que estas IES se enfocaron en las dimensiones económica y ambiental por la facilidad de obtener información en anuarios; la dimensión social (educación) fue menos trabajada por la dificultad que implica conseguir información, medirla y evaluarla. Debe tomarse en cuenta que, con excepción de Perú, los demás países donde se asientan las universidades son desarrollados y desglosan los indicadores en un mayor número de variables, por ejemplo productos y servicios, transporte, salud y seguridad, no discriminación, libertad de asociación, derechos indígenas y contribuciones políticas, entre otros. Lozano también manifiesta que estos reportes pueden



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

mejorarse agregando nuevas categorías para estudiantes (diversidad, género, movilidad, estancias, talleres, relaciones y educación continua).

Velázquez, Munguía y Sánchez (2005) soportan esta idea, para ellos hacen falta indicadores sociales y económicos ya que se le da prioridad a los ambientales. Esto puede tener justificación por la creencia que la sustentabilidad está más relacionada con el medio ambiente. En la actualidad las ciencias ambientales consideran integralmente las dimensiones ambiental, social y económica, esto se hace evidente en los indicadores revelados en esta investigación.

Gutiérrez y Martínez (2010) definieron nueve dimensiones (ambiental, académica, empresarial, investigación social, administración, económico, filosófico y personal) para medir la sustentabilidad a través de la técnica de análisis de percepción categorial (APA) de Vera Morales (2007); determinaron el estado de madurez de las IES en cuanto al abordaje de la sustentabilidad. La “madurez incipiente” está determinada por poca presencia de la estructura administrativa y curricular, la “madurez en desarrollo” se considera con gran cantidad de estructuras académicas y organizativas y por último la de “estado maduro” es en las que las IES presiden de estructuras pero refieren que la sustentabilidad forma parte de la cotidianidad. Lo anterior guarda similitud con el estudio de la UAGro; el índice de sustentabilidad se va a estratificar posteriormente en un biograma, con los estados: óptimo, estable, inestable, crítico y colapso.

Para este estudio, el número de variables es pertinente tomando en cuenta la individualidad de la UAGro, el contexto socioeconómico, el modelo educativo vigente, y sobre todo las funciones sustantivas de los docentes. De esta manera, también cobra importancia la cantidad de indicadores ambientales, sociales y económicos, ya que los datos que no estén publicados en reportes o anuarios se están generando con los instrumentos referidos en la metodología.

Después de la validación de los instrumentos, se considera que fue adecuada la referencia del Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS, 2013), ya que coadyuva al mejoramiento de la calidad de los procesos académicos en materia de medio ambiente y DS, a través de la construcción de indicadores ambientales y de sustentabilidad para la evaluación permanente de las IES.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

## **CONCLUSIONES**

La investigación da respuesta a la pregunta planteada al inicio ¿Qué indicadores se utilizan para medir la sustentabilidad en las IES?, tomando en consideración las funciones sustantivas de la UAGro contempladas en el modelo educativo. Este trabajo contribuye a operar el principio de desarrollo sustentable en la institución, en los tres niveles educativos que atiende y dirigido a toda la comunidad universitaria. Además, coadyuva en la toma de decisiones para impulsar políticas sustentables. Se considera que la técnica de grupo de discusión fue adecuada para llegar a la definición de indicadores y la selección de las UAs porque ha permitido recuperar las experiencias de los participantes en discusiones abiertas y tomar acuerdos en beneficio de la institución. Cabe resaltar la disposición, experiencia y homogeneidad de los integrantes del grupo. Se puede observar que los resultados de los indicadores no tienen el mismo número de variables, siendo el social el que más sobresale. Lo que sigue es hacer un análisis de la información recopilada, para diagnosticar, medir y determinar si la universidad está educando y formando ciudadanos bajo el enfoque de la sustentabilidad.

## **LITERATURA CITADA**

- ANUIES. 2000. La educación superior en el siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo: Una propuesta de la ANUIES. Ed. ANUIES. México. 140 p.
- ANUIES-SEMARNAT. 2002. Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable en las Instituciones de Educación Superior. ANUIES, México. 33 p.
- Carrión, D. y D. Bravo. 2015. Índice de sustentabilidad ambiental de los GAD's en Ecuador, Revista Investigación Cualitativa en Ciencias Sociales 3:120-125.
- COMPLEXUS. 2013. Indicadores para medir la contribución de las IES a la sustentabilidad. Universidad de Guanajuato. México. 198 p.
- Covarrubias, F., A. Ojeda y M. G. Cruz. 2011. La sustentabilidad ambiental como sustentabilidad del régimen capitalista. Ciencia Ergo Sum 18(1): 95-101.
- Covas, O. 2004. Educación ambiental a partir de tres enfoques: comunitario, sistémico e interdisciplinario. Revista Iberoamericana de Educación 34(2):1-7.
- Gallopín, G. 1996. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. Environmental Modeling and Assesment 1:101-117.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- González, E. J. y M. A. Arias. 2009. La educación ambiental institucionalizada: actos fallidos y horizontes de posibilidades, *Perfiles Educativos* 31 (124):58-68.
- Gutiérrez, B. E. y M. C. Martínez. 2009. Dimensiones de sustentabilidad en las instituciones de educación superior: Propuesta para un centro de investigación. *Revista de Educación Superior* 38 (152): 113-124.
- Gutiérrez, B. E. y M. C. Martínez. 2010. El plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior: Escenarios posibles, *Revista de Educación Superior* 39(154): 111-132.
- INEGI. 2000. Indicadores de desarrollo sustentable en México. [http://www.nies.go.jp/db/sdidoc/indicadores\\_desarrollo\\_sustentable.pdf](http://www.nies.go.jp/db/sdidoc/indicadores_desarrollo_sustentable.pdf). (Consultado: 25/10/2015).
- Lozano, R. 2011. The state of sustainability reporting in universities,. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 12(1):67-78. Martínez, C. N. y E.J. González. 2015. Las políticas para la sustentabilidad de las instituciones de educación superior en México; entre el debate y la acción. *Revista de Educación Superior* 44(2): 61-74.
- Nieto, L. M. y P. Medellín. 2006. Medio ambiente y educación superior: implicaciones en las políticas públicas. *Revista de la Educación Superior* 36(2):31-42
- UAGro. 2014. Modelo educativo. *Hacia una educación de calidad con inclusión social*. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero, México. 92 p.
- Velázquez, L., N. Munguía, and M. Sánchez. 2005. Deterring sustainability in higher education institutions. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 6(4):383-391.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales "La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente"**

**EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS EN CAMPESINOS INDÍGENAS EN LOS ALTOS DE CHIAPAS, MÉXICO**

**[EXPOSURE TO PESTICIDES IN INDIGENOUS PEASANTS IN THE HIGHLAND OF CHIAPAS, MEXICO]**

**Héctor Ulises Bernardino Hernández<sup>1§</sup>, Ramón Mariaca Méndez<sup>2</sup>, Austreberta Nazar Beutelspacher<sup>2</sup>, José David Álvarez Solís<sup>2</sup>, Arturo Torres Dosal<sup>2</sup>, Crispín Herrera Portugal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas, UABJO, Av. Universidad S/N, Cinco Señores, C.P. 68120, Oaxaca, Oax., México; <sup>2</sup> Investigador(a) de ECOSUR, Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N, Barrio de María Auxiliadora, C.P. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México; <sup>3</sup> Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas Campus IV, UNACH, Carretera a Puerto Madero Km. 1.5, C.P. 30780, Tapachula, Chiapas, México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (hbernardino@yahoo.com).

**RESUMEN**

El uso de plaguicidas ha sido un recurso en la agricultura para combatir plagas con gran éxito en países desarrollados. Sin embargo, lentamente se han introducido hasta llegar a zonas rurales indígenas altamente marginadas de países menos desarrollados, como México. Se caracterizaron los plaguicidas utilizados entre campesinos indígenas de tres sistemas de producción (maíz, flores y hortalizas) en la Región de Los Altos de Chiapas, México. Se aplicaron 565 encuestas para conocer los plaguicidas y clasificarlos de acuerdo con su ingrediente activo (IA), categoría toxicológica (CT) y organismo al que controla. Se identificaron 55 IA; 46 en la producción de flores, 20 en hortalizas y 18 en maíz. Los insecticidas extremadamente y altamente tóxicos (CT I y II) así como fungicidas ligeramente tóxicos (CT IV), son habituales en el cultivo de flores y hortalizas. Los productores de maíz utilizan herbicidas de diversas CT (II, III y IV) e insecticidas extremadamente tóxicos (CT D). La mayoría de los IA identificados se encuentran restringidos y/o prohibidos en otros países, dado su alto potencial tóxico agudo/crónico sobre la salud humana. Es necesaria la implementación de estrategias integrales para disminuir y/o eliminar el uso de plaguicidas, que promuevan condiciones más saludables de producción agrícola.

**Palabras clave:** *Fungicidas, herbicidas, insecticidas, riesgo a la salud.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The use of pesticides has been a resource in agriculture to control pests with great success in developed countries. However, slowly they have been introduced to reach highly marginalized indigenous rural areas of less developed countries, such as Mexico. Pesticides used among indigenous farmers in three production systems (maize, flowers and vegetables) in the Highland of Chiapas, Mexico, were characterized. 565 surveys were applied to meet pesticides and classify them according to their active ingredient (AI), toxicological category (TC) and the controlling body. 55 AI were identified; 46 in the production of flowers, 20 in vegetables and 18 in corn. Insecticides extremely and highly toxic (TC I and II) as well as slightly toxic fungicides (TC IV), are common in growing flowers and vegetables. Corn farmers use herbicides in various TC (II, III and IV) and extremely toxic insecticides (TC I). Most AI identified are restricted and/or prohibited in other countries, given its high acute/chronic toxic potential for human health. The implementation of comprehensive strategies needed to reduce and/or eliminate the use of pesticides, to promote healthier conditions for agricultural production.

**Index words:** *Fungicides, herbicides, insecticides, health risk.*

### **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas, para el control de plagas y evitar la pérdida de cultivos, así como alcanzar la máxima producción y calidad en la producción agrícola, el uso de plaguicidas ha sido la estrategia más fácil y práctica, principalmente en países desarrollados. Sin embargo, los plaguicidas debido a sus propiedades tóxicas inherentes, representan un riesgo para la salud y el ambiente. Ancury *et al.* (2001) señalan que dicha estrategia se ha permeado en países menos desarrollados, a tal grado, que se ha incursionado hasta zonas rurales marginadas habitadas por campesinos indígenas con escasos recursos económicos.

Tal es el caso del sureste mexicano, en particular del estado de Chiapas, donde gran parte de la población rural e indígena se dedica a la agricultura y sus sistemas de producción agrícola tradicional, se están transformando a sistemas convencionales dependientes de insumos químicos, específicamente a los plaguicidas. En dicha entidad, existen pocos datos sobre el uso de estos insumos. Los pocos estudios se han centrado en algunas localidades de la región Fronteriza, Fraileasca y Soconusco, pero existe poca información de otras regiones,



### ***Memoria de resúmenes en Extenso***

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

en particular la denominada Altos. En dicha región, hasta antes de la década de 1990, los sistemas de producción agrícola estuvieron basados en conocimientos y saberes ancestrales que permitían un manejo tradicional de los recursos naturales y recuperación natural de la fertilidad de los suelos (rotación/asociación/diversificación de cultivos; largos períodos de barbecho; uso de estiércol de animales, ceniza de fogón y rastrojo de animales como abonos naturales, entre otros) (Pool, 1997).

Sin embargo, en los últimos años en ciertos municipios se han impulsado actividades agrícolas dirigidas a la producción hortícola (Chamula), florícola (Zinacantán) y maicera (Amatenango del Valle), con un alto consumo y dependencia a insumos externos. En este marco, el objetivo del presente estudio fue caracterizar los plaguicidas utilizados en tres sistemas de producción agrícola de comunidades rurales de la Región Altos de Chiapas. La información contribuirá a la discusión sobre los riesgos a la salud que representa la exposición a plaguicidas en Chiapas.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio cuantitativo de tipo transversal en los municipios de Chamula, Zinacantán y Amatenango del Valle de la Región Altos de Chiapas, durante 2010 a 2013. A través de recorridos de campo en las comunidades rurales de los tres municipios, se realizó un muestreo intencional de oportunidad a las viviendas y se aplicaron 565 encuestas para identificar los plaguicidas y clasificarlos de acuerdo con su ingrediente activo (IA), categoría toxicológica (CT) y organismo al que controla. Las comunidades estudiadas fueron Bechijtik y Cuchulumtik en el municipio de Chamula (n=116). Bochobjo, la cabecera municipal, Patosil, Pinar Salinas y Tzajalnam en Zinacantán (n=149). La cabecera municipal, la Grandeza y el Madronal en Amatenango del Valle (n=300). La población es indígena de origen maya tzotzil (Chamula y Zinacantán) y maya tzeltal (Amatenango del Valle). La información se analizó mediante un análisis de frecuencias.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se identificaron 55 IA, de los cuales 46 son utilizados en la floricultura, 20 en la horticultura y 18 en el cultivo de maíz (Cuadro 1). Predominaron los insecticidas (25 IA, 45.5%), seguido



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

de los fungicidas (22 IA, 40.0%) y herbicidas (6 IA, 10.9%), la presencia de molusquicidas y bactericidas fue muy baja (1 IA, 1.8% respectivamente). Los productores de hortalizas y flores, utilizan diferentes tipos de plaguicidas de todas las CT, sobresalen los insecticidas organofosforados y carbamatos de CT I y II (abamectina, metamidofos, paration metílico, metomilo y carbofuran, principalmente), un fungicida ditiocarbamato de CT IV (mancozeb) y un herbicida bupiridilo de CT II (paraquat). Los productores de maíz, de igual manera, hacen uso de todas las CT, destacando el uso de herbicidas de tipo bupiridilo (paraquat, CT II), clorofenoxi (2,4-D, CT III) y fosfonato (glifosato, CT IV), los insecticidas más utilizados fueron los organofosforados de CT I (paratión metílico, fosfuro de aluminio y monocrotofos) y en menor proporción los piretroides (lambda cyhalotrina, CT III), el uso de fungicidas fue casi nulo.

Los productores florícolas y hortícolas, están expuestos con más frecuencia a insecticidas (organofosforados y carbamatos) y fungicidas (ditiocarbamatos), considerados como extremadamente y altamente tóxicos (CT I y II), los productores de maíz utilizan frecuentemente herbicidas de CT II (bupiridilo), III (clorofenoxi) y IV (fosfonato) considerados como altamente, moderadamente y ligeramente tóxicos respectivamente. Es preocupante, que 32 de los 55 IA identificados, se encuentran en la Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de la Red Internacional de Acción en Plaguicidas (PAN, Pesticide Action Network International); debido a su toxicidad aguda alta y/o ambiental; o bien, por sus posibles efectos crónicos a la salud humana principalmente. Además, 27 IA se encuentran prohibidos en diversos países alrededor del mundo (PAN Internacional, 2015).

**Cuadro 1.** Ingredientes activos de plaguicidas por categoría toxicológica en los Altos de Chiapas.

Fórmula	Clasificación	Tipo <sup>1</sup>	CT	SPM %	SPF %	SPH %	Nombres comerciales	Lista PAP <sup>4</sup>	No. de países prohibidos <sup>5</sup>
Abamectina <sup>4</sup>	Pentaciclina	I	I	---	43.0	---	Agrimec	1,3	
Fosfuro de aluminio <sup>4</sup>	Fosfamina	I	I	20.3	---	---	Fosfuro de aluminio	1,3	1
Etoprófos <sup>4</sup>	Organofosforado	I	I	---	5.4	4.3	Mocap	1,2	8
Metamidófos <sup>2,4</sup>	Organofosforado	I	I	---	38.9	81.9	Metrifos, Monitor 600, Tamaron	1,3,4	20
Monocrotofos <sup>4</sup>	Organofosforado	I	I	7.7	0.7	---	Nuvacrón, Vanucron	1,3,4	30
Paration metílico <sup>4</sup>	Organofosforado	I	I	20.7	25.5	16.4	Paration metílico, Foley	1,4	
Terbufos <sup>4</sup>	Organofosforado	I	I	---	12.1	3.5	Anater, Coster, Counter	1	7
Cadusafos <sup>4</sup>	Organofosforado	I	II	---	0.7	---	Rugby	1,3	4
Isazofos	Organofosforado	I	II	---	0.7	---	Triunfo		
Ometoato <sup>4</sup>	Organofosforado	I	II	---	6.7	2.6	Folimat	1,2,3	3
Tiodicarb <sup>4</sup>	Carbamato	I	II	0.7	---	---	Semevin	2,3	2
Carbofuran <sup>4</sup>	Carbamato	I	II	1.3	8.1	11.2	Cufuran, Furadan	1,3,4	19
Metomilo <sup>4</sup>	Carbamato	I	II	---	31.5	---	Lannate	1,3	11
Endosulfam <sup>4</sup>	Organoclorado	I	II	---	5.4	---	Thionex, Thiodan	1,4	44



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Paraquat <sup>2,4</sup>	Bipiridilo	H	II	59.7	8.7	20.7	Chamusquat, Cuproquat, Garraquat, Gramocil, Gramoxone, Gramuron, Secaduro, Diabloquat, Paraquat	1	8
2-4 D	Clorofenoxi (Ácido fenoxiacético)	H	III	51.0	2.0	---	Arrasador, Herbindex, Amina, Esteron 47, Herbipol	1	2
Clethodim	Ciclohexanodiona	H	III	---	3.4	---	Cedrus		
Clorpirifos etil <sup>4</sup>	Organofosforado	I	III	---	4.7	---	Lorsban	3	1
Permetrina <sup>4</sup>	Piretroide	I	III	---	---	3.4	Ambush	2,3	2
Cipermetrina <sup>4</sup> + dimetoato <sup>4</sup>	Piretroide	I	III	0.3	---	---	Cipertoato	3; 3	--,4
Cipermetrina <sup>4</sup>	Piretroide	I	III	2.3	---	1.7	Arrivo, Gallo	3	
Deltametrina <sup>4</sup>	Piretroide	I	III	0.7	1.3	2.6	Decis, Deltametrina, Butox	2,3	
Lambda cyhalotrina <sup>4</sup>	Piretroide	I	III	8.0	1.3	---	Karate, Pateador, Pulsar	1,2,3	
Spinozad <sup>4</sup>	SC***	I	III	---	18.1	---	Spintor	3	
Miclobutanil	Triazol	F	III	---	12.8	---	Rally		
Propiconazol	Triazol más Anilino pirimidina.	F	III	---	3.4	---	Tilt		
Tiabendazol	Benzimidazol	F	III	---	4.0	---	Tecto		1
Metaldehído con metomil y methiocarb <sup>4</sup>	Metaldehído (Aldehído) metomil y methiocarb (carbamatos, CT II)	M, I	III	0.3	0.7	0.9	Caracolex	1,3; 1,3	--,11, 3
Atrazina <sup>4</sup>	Triazina	H	IV	0.7	0.7	---	Gesaprim, revolver	2	10
Glifosato <sup>4</sup>	Fosfonometilglicina (Fosfonato)	H	IV	42.7	1.3	4.3	Coloso, Glifosato, Diablozato, Rival, Faena, Secafin, Takle, Glifos	2	1
Glufosinato de amonio <sup>4</sup>	Organofosforado	H	IV	0.3	---	---	Finale	2	
Cyromacina	Triazina	I	IV	---	2.7	---	Trigard		
Flufenoxuron <sup>4</sup>	Benzoilurea	I	IV	---	0.7	0.9	Cascade	3	1
Foxim	Organofosforado	I	IV	0.7	---	10.3	Volaton		
Azufre elemental	Inorgánico	I y F	IV	---	4.0	---	Sultron		
Fosetil-Al	Alcoil fosfonato (Fosfonato)	F	IV	---	2.0	---	Aliette WDG		
Flutriafol	Triazol	F	IV	---	4.7	---	Impact		
Azoxistrobin	Pirimidina (estrobilurina + triazol)	F	IV	---	3.4	5.2	Amistar		
Captan	Carboxamida	F	IV	---	2.0	---	Captan		6
Carbendazim <sup>4</sup>	Benzimidazol	F	IV	---	4.7	---	Derosal, Prozycar	2	2
Cymoxanil	Sal inorgánica de cobre	F	IV	---	---	3.4	Curzate		
Dicloran	Nitroanilina	F	IV	---	0.7	---	Botran		1
Dimetioctof+Mancozeb <sup>4</sup>	Morfolina	F	IV	0.3	---	---	Acrobat	1,3	--, 1
Kresoxim metil <sup>4</sup>	Metoximinoacetato de estrobilurina	F	IV	---	4.0	---	Stroby	2	
Mancozeb <sup>4</sup>	Ditiocarbamato	F	IV	---	26.8	81.0	Manzate, Pol-zeb 80, Ridomil	2	1
Mandipropamida <sup>3</sup>	Sin clasificación	F	IV	---	0.7	---	Revus		
Propamocarb clorhidrato	Carbamato	F	IV	---	2.7	6.0	Previcur		
Propamocarb clorhidrato + Fenamidona	Carbamato (propamocarb); imidazol (fenamidona)	F	IV	---	1.3	0.0	Consento/Fenora		
Tebuconazole	Benzimidazol	F	IV	---	1.3	0.9	Folicur		
Tiofanato-Metilico <sup>4</sup>	Tiocarbamato	F	IV	---	1.3	---	Prontius	2	
Trifloxystrobin	Estrobilurinas	F	IV	---	4.7	---	Flint		
Triforine	Piperazina	F	IV	---	7.4	---	Saprol		
Clorotalonil <sup>2,4</sup> (+ cimoxanil)	Aromático policlorado	F	IV	---	4.7	2.6	Bravo 720, Dragonil, Leal 800, Strike	1,2	2, --
Quintozeno <sup>2</sup>	Clorobenceno	F	IV	0.3	0.7	---	Interguzan, Controller		11
Oxitetraciclina	Antibiótico	B	IV	---	0.7	---	Terramicina		

SPM= Sistema de producción de Maíz (n=300); SPF=SP de Flores (n=149); SPH=SP de Hortalizas (n=116). CT= Categoría Toxicológica (I= extremadamente peligroso; II= altamente peligroso; III= moderadamente peligroso; IV= ligeramente peligroso) (INE, 2004). <sup>1</sup> Tipo: I=Insecticida, H=Herbicida; F=Fungicida, M=Molusquicida, B=Bactericida. <sup>2</sup> Uso restringido (COFEPRIS, 2011). <sup>3</sup> Sin clasificación (INE, 2004). <sup>4</sup> Criterios de inclusión en la lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional Junio 2015: (1) Toxicidad Aguda alta; (2) Efectos crónicos en la salud humana; (3) Toxicidad ambiental y; (4) Restringidos o prohibidos por convenios ambientales. <sup>5</sup> Lista de plaguicidas prohibidos en otros países de PAN. Disponible en: <http://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/>



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

Aunado a lo anterior, son numerosos los estudios que han documentado los daños a la salud pública debido a la exposición a plaguicidas. La intoxicación aguda por organofosforados y carbamatos, está relacionada con la inhibición de la acetilcolinesterasa, mientras que los daños crónicos están asociados con daños genéticos que provocan malformaciones y deficiencias mentales (Fuentes-Matus *et al.*, 2010). Por su parte, Soderlund *et al.* (2002) mencionan que la intoxicación a piretroides incluye alteraciones en el sistema nervioso e inmunológico. Ferrer (2003) señala que aunque la tasa de absorción cutánea es baja, se han descrito casos de reacciones alérgicas y dermatitis.

Con respecto a los daños provocados por herbicidas, la intoxicación aguda por paraquat tiene predilección por tejidos con saturación importante de oxígeno como el pulmón, hígado y riñón, mientras que la intoxicación crónica se han relacionado con casos de parkinsonismo (Viales, 2014). Recientemente, el glifosato ha sido relacionado con posibles efectos citotóxicos y genotóxicos (Villaamil *et al.*, 2013) y ha sido clasificado como probable carcinógeno para los seres humanos por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (PAN Internacional, 2015).

Como se expuso anteriormente, los principales plaguicidas que se están utilizando en los sistemas de producción estudiados, representan un alto potencial tóxico y de riesgo de daño a la salud pública y al ambiente. Lamentablemente, solamente algunos de estos son considerados de uso restringido en la legislación mexicana (metamidofos, paraquat, el clorotalonil y quintozeno) (COFEPRIS, 2011). A pesar de lo anterior, los dos primeros se comercializan libremente y sin control, y como consecuencia están ampliamente difundidos en los sistemas de producción, el paraquat en el cultivo de maíz y el metamidofos en el cultivo de hortalizas. Lo que indica que la salud de los campesinos y sus familias está en riesgo, incluso, sin ser alarmistas, la salud de los consumidores también los está, debido a que utilizan y/o se alimentan con los productos agrícolas que se producen bajo estas condiciones (Cuadro 1).

## **CONCLUSIONES**

El presente estudio, evidencia que los insecticidas extremadamente y altamente tóxicos se han vuelto indispensables en el manejo de plagas en los sistemas de producción de flores y hortalizas, mientras que en el cultivo de maíz, se utilizan herbicidas (CT II, III y IV) e insecticidas (CT I) sin control. La mayoría de los IA identificados son considerados altamente



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

peligrosos y se encuentran prohibidos en diversos países, debido a su toxicidad aguda alta y/o ambiental; o bien, por sus posibles efectos crónicos a la salud humana. Es necesario que se implementen acciones conjuntas y coordinadas entre los diferentes actores sociales involucrados en el sector rural, para desarrollar estrategias integrales para el manejo seguro e incluso, disminuir gradualmente el uso de plaguicidas y propiciar contextos agrícolas más saludables en bienestar de la salud pública y el ambiente.

### **AGRADECIMIENTOS**

Este estudio fue financiado por el CONACYT a través del proyecto No. 132979, denominado “*Utilización de plaguicidas y percepción de riesgos en comunidades rurales de Los Altos de Chiapas, México*”. El trabajo forma parte de la tesis doctoral del primer autor, realizado en el Programa de Ecología y Desarrollo Sustentable de El Colegio de La Frontera Sur. El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de sus estudios doctorales.

### **LITERATURA CITADA**

- Ancury, T. A., S. A. Quandt and A. Dearry. 2001. Farmworker pesticide exposure and community-based participatory research: rationale and practical applications. *Environ Health Perspect* 109: 429-433.
- COFEPRIS. 2011. Registros de plaguicidas autorizados por categoría toxicológica. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios. Secretaría de Salud, México. 199 p.
- Ferrer, A. 2003. Intoxicación por plaguicidas. *ANALES Sis San Navarra* 26 (Supl. 1): 155-171.
- Fuentes-Matus C., S. Vega y León, G. Díaz-González, M. Noa-Pérez y R. Gutiérrez-Tolentino. 2010. Determinación de residuos de malatión y malaoxón en mango de las variedades Ataulfo y Tommy Atkins producidos en Chahuities, Oaxaca. *Agrociencia* 44(2): 215-223.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- INE. 2004. Sistema de consulta de plaguicidas. Fichas técnicas de plaguicidas incluidos en el catálogo CICOPALAFEST 2004. Instituto Nacional de Ecología, México. Disponible en: [www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/busquedas.html](http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/busquedas.html).
- PAN International. 2015. Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional (Lista de PAN de PAP). Pesticide Action Network International c/o PAN Germany, Nernstweg. Hamburg, Germany. 36 p. Disponible en: [http://www.rap-al.org/news\\_files/HHP%20Lista%20PAN%202015corr.pdf](http://www.rap-al.org/news_files/HHP%20Lista%20PAN%202015corr.pdf)
- Pool, N.L. 1997. Intensificación de la agricultura tradicional y cambios en el uso de suelo. In Parra V. M. R. y B. M. Díaz Hernández. (Edit.). Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural. Tomo 1. Los recursos naturales. El Colegio de La Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 192 p.
- Soderlund, D. M., J. M. Clark, L. P. Sheets, L. S. Mullin, V. J. Picirillo, D. Sargent, J. T. Stevens and M. L. Weiner. 2002. Mechanisms of pyrethroids neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology* 171:3-59.
- Viales, L.G. 2014. Intoxicación por Paraquat. Asociación Costarricense de Medicina Forense-ASOCOMEFO. *Medicina Legal de Costa Rica - Edición Virtual* 31 (2): 1-7.
- Villaamil, L. E. C., M. G. Bovi y M. Nassetta. 2013. Situación actual de la contaminación por plaguicidas en Argentina. *Rev. Int. Contam. Amb.* 29: 25-43.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**GEOESTADÍSTICA APLICADA: CAUSAS DE HOSPITALIZACIÓN DE MUJERES EN EDAD REPRODUCTIVA, REGIÓN CENTRO OESTE DE CHIHUAHUA**

**[APPLIED GEOSTATISTICS: HOSPITALIZATION CAUSES OF WOMEN IN REPRODUCTIVE AGE AT CENTER-WEST REGION OF CHIHUAHUA]**

**Gina Isabel Zesati Pereyra<sup>1</sup>, Maria Elena Torres Olave<sup>2§</sup>, Mario Iván Uc Campo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Profesora Investigadora de Tiempo Completo del Programa de Licenciatura en Enfermería, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Unidad Multidisciplinaria en Cuauhtémoc, UACJ, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. <sup>2</sup>Docente Universitario del programa de Geo informática, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Unidad Multidisciplinaria en Cuauhtémoc, UACJ, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. <sup>3</sup>Profesora Investigadora de Tiempo Completo del programa de Geo informática, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Unidad Multidisciplinaria en Cuauhtémoc, UACJ, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (Gina.zesati@uacj.mx, mario.uc@uacj.mx, elena.torres@uacj.mx).

**RESUMEN**

La importancia de observar y estudiar a la comunidad reside en identificar situaciones relevantes que pudieran incidir en la salud de la población, específicamente en las mujeres en edad reproductiva. El objetivo de este trabajo exploratorio fue analizar la asociación espacial de las causas de hospitalización de mujeres que acuden a un hospital público en Cuauhtémoc. La metodología consistió en la localización geo espacial de las causas de hospitalización de datos de una fuente indirecta (expediente) con una corte del 2014-2015, este proceso se llevó a cabo mediante Sistemas de Información Geográfica, la información geo estadística se analizó mediante IBM SPSS Statistics. Como principal resultado se excluyeron tres hipótesis nulas de las cuatro planteadas, ya que se encontró que para estos casos la distribución espacial corresponde a una agrupación espacial, con niveles de confianza del 99 y 95%; las cuales corroboran el planteamiento indicado en este estudio. Se concluye que la evidencia geográfica es necesaria para la toma de decisiones en el área de la salud ya que permiten conocer su distribución y con ello la intervención efectiva por el equipo de salud.

**Palabras clave:** *Epidemiología espacial, puntuación z, vecino más cercano.*



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

### **ABSTRACT**

The importance of observing and studying the relevant community is to identify situations that could affect the health of the population, particularly in women on reproductive age. The objective of this exploratory study was to analyze the spatial association of hospitalization causes of women attending a public hospital in Cuauhtémoc. The methodology consisted of geo spatial localization of the causes of hospitalization data from an indirect source (record) with a court 2014-2015, this process is carried out using geographic information systems, geo statistical information analyzed by IBM SPSS Statistics. As a main result, three of the four null hypotheses raised were excluded because it was found that in these cases the spatial distribution corresponds to a spatial clustering, with confidence levels of 99 and 95%; which corroborates the approach outlined in this study. It is concluded that the geographical evidence is necessary for decision-making in the area of health and that provide insight into their distribution and thus the effective intervention by the health team.

**Index words:** *Spatial epidemiology, z score, nearest neighbor.*

### **INTRODUCCIÓN**

La epidemiología es la disciplina científica que estudia la frecuencia y distribución de fenómenos relacionados con la salud y sus determinantes en poblaciones específicas, y la aplicación de este estudio al control de problemas de salud, (Rodríguez & Banegas, 2009). Estas distribuciones y frecuencias quedan en registro electrónico dentro de los servicios de epidemiología de los hospitales, estas bases de datos se nutren de los expedientes clínicos de las personas que por alguna razón ingresan a un servicio hospitalario. Tradicionalmente las causas de hospitalización, se han registrado de forma agregada para grandes áreas geográficas determinadas administrativamente como son entidades federativas y, con restricciones, los municipios.

Las técnicas estadísticas tradicionales solían analizar datos socioeconómicos, ambientales y de salud que, aun cuando son importantes y útiles, no consideran el espacio geográfico donde ocurren los eventos; en otras palabras, ellos no miden cómo los eventos de salud están asociados en un contexto de espacio. Debido a que el proceso de salud-enfermedad no es el resultado directo de los factores de riesgo y las condiciones biológicas/genéticas, los determinantes sociales y ambientales que influyen la salud y el bienestar de las poblaciones necesitan ser integrados dentro de los estudios epidemiológicos modernos (Pina *et al.*, 2010). La epidemiología espacial y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

las últimas décadas han demostrado ser una herramienta fundamental a la hora de estudiar los patrones y variaciones espaciales de las enfermedades (Gómez-Barroso *et al.*, 2015).

El uso de métodos y herramientas de análisis estadístico espacial implica la comprobación de hipótesis en relación a la distribución y comportamiento espacial (agrupamiento/aleatoriedad) de las variables analizadas. El uso de esos métodos difiere en la cantidad de datos disponibles para obtener los mejores resultados o, a su vez, poder aceptar o rechazar una hipótesis planteada (Martor & Hoberg, 2008). La aplicación de métodos para el análisis estadístico de patrones geoespaciales en la actualidad es de gran importancia y relevancia, desde su introducción como eje fundamental de análisis (Abellana y Ascaso 2004). Actualmente se están produciendo dos hechos que cambiarán radicalmente este panorama: 1) la implantación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG'S) y 2) el incremento de la disponibilidad de bases de datos espaciales en formato digital que permiten vincular direcciones individuales con su localización espacial.

El objetivo de esta investigación fue analizar la asociación espacial de las causas de hospitalización en el entorno geográfico de mujeres en edad reproductiva que acuden a un hospital público de la región Centro-Oeste, Chihuahua, bajo la hipótesis que no existe una relación entre la distribución espacial y las causas de hospitalización estudiadas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El área de estudio se encuentra ubicada dentro del estado de Chihuahua, México, ésta cuenta con 18 municipios con un área total de 62, 314.03 km<sup>2</sup>. Se generó una base de datos a través del expediente clínico no digital del hospital de especialidades para la mujer de la región contando con 165 incidencias médicas femeninas en edad reproductiva que pasaron por una estancia hospitalaria (cohorte del 2014-2015); a partir de éstos, se localizaron espacialmente sus coordenadas UTM, las cuales se georreferenciaron en el software Google Earth™ (open source) (Buzai y Plastina., 2014). A partir de la información georreferenciada se creó un archivo \*.xls. Debido a que se encontraron registros de casos con una documentación incompleta fue necesario depurar la información de entrada realizando el análisis para los siguientes casos: 10 para endometriosis, 12 registros de preeclamsia, 7 para aborto incompleto y 9 para histerectomía. Los municipios con estos casos son los de Bocoyna, Carichí, Cuauhtémoc, Gómez Farías, Guerrero, Madera Matachí, Namiquipa y Temosáchic.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

**Método**

Para este estudio el planteamiento deriva en dos opciones: determinar si los casos de incidencias están dadas y distribuidas aleatoriamente; es decir al azar, siendo esta la hipótesis nula; o, encontrar agrupaciones para los casos de incidencias medicas femeninas en edad reproductiva (casos individuales o por agrupación) siendo esta la hipótesis alternativa.

La mayoría de las pruebas estadísticas comienzan al identificar una hipótesis nula. La hipótesis nula para las herramientas de análisis de patrón “pattern analysis” (conjunto de herramientas análisis de patrones y conjunto de herramientas asignación de “clusters” agrupaciones) es la aleatoriedad espacial completa (CSR, por sus siglas en inglés), ya sea de las entidades o de los valores asociados con esas entidades (ESRI, 2015).

Para realizar los procesos y someter a métodos estadísticos de análisis espacial las hipótesis planteadas; se optó por las herramientas de promedio del vecino más cercano (Ecuación 1) (Salafranca & Rodríguez, 2014; Tisnés, 2012). Este procesado de patrones espacial mide la distancia entre cada centroide de entidad y la ubicación del centroide de su vecino más cercano. Se calcula el promedio de las distancias de vecinos más próximos (ESRI, 2015; IBM, 2012; Micó *et al.*, 1996). La relación de vecino más cercano promedio, se calcula como la distancia promedio observada dividida por la distancia promedio esperada (ESRI, 2015; Postome *et al.*, 2013; Villareal & Flores, 2015) (con la distancia promedio esperada basada en una distribución hipotética aleatoria con el mismo número de entidades que cubren la misma área total) (ESRI, 2015).

$$PVC = \frac{\bar{D}_0}{\bar{D}_e} \quad \bar{D}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n di}{n} \quad \bar{D}_e = \frac{0.5}{\sqrt{\frac{n}{A}}}$$

Donde: PVC es el promedio del vecino más cercano,  $\bar{D}_0$  es el promedio de la distancia entre cada característica y su vecino más cercano,  $d_i$  es la distancia entre la característica  $i$  y su vecino más cercano,  $n$  es el número de características para el análisis,  $\bar{D}_e$  es la distancia media esperada para las características dadas en un patrón aleatorio y  $A$  es el área mínima en un rectángulo que encierra a todas las características (ESRI, 2015).

Para los intervalos de confianza (Cuadro 1) los valores de puntuación  $z$  críticos al utilizar un nivel de confianza del 95% son desviaciones estándar de -1,96 y +1,96. El valor  $p$  asociado sin corrección con un nivel de confianza del 95% es 0,05. Si su puntuación  $z$  está entre -1,96

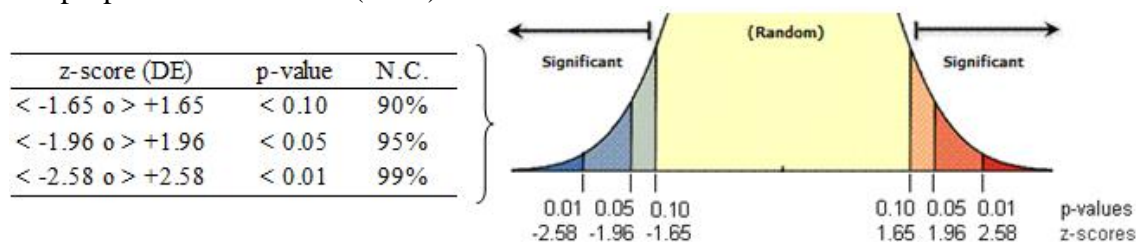


**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

y +1,96, su valor p sin corrección será mayor que 0,05 y no puede rechazar la hipótesis nula porque el patrón exhibido probablemente podría ser el resultado de procesos espaciales aleatorios. Si la puntuación z cae fuera de ese rango (por ejemplo, desviaciones estándar de -2,58 ó +2,58), probablemente sea muy poco común que el patrón espacial observado sea el resultado de la opción aleatoria y el valor p será pequeño para reflejar esto. En este caso, es posible rechazar la hipótesis nula y seguir averiguando qué puede estar causando la estructura espacial estadísticamente significativa en los datos.

**Cuadro 1.** Niveles de confianza (N.C.) en relación a z-score y p-values. Fuente: Elaboración propia en base a ESRI (2015).



Como software de procesamiento espacial esencialmente se utilizó ESRI® ArcMap™ v10.3 y bajo las herramientas de análisis espacial y estadísticas espaciales (ESRI, 2015). Para el análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA) (Fuenzalida *et al.*, 2013; Molina, 2008) se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en ellos se identifican patrones espaciales de las incidencias clínicas; además se aplicaron los métodos geo estadísticos espaciales de agrupación usados por diversos autores como: Gómez-Barroso *et al.* (2015), Batista *et al.* (2013), Tangarife y Londoño (2013) y Gómez-Barroso *et al.* (2011).

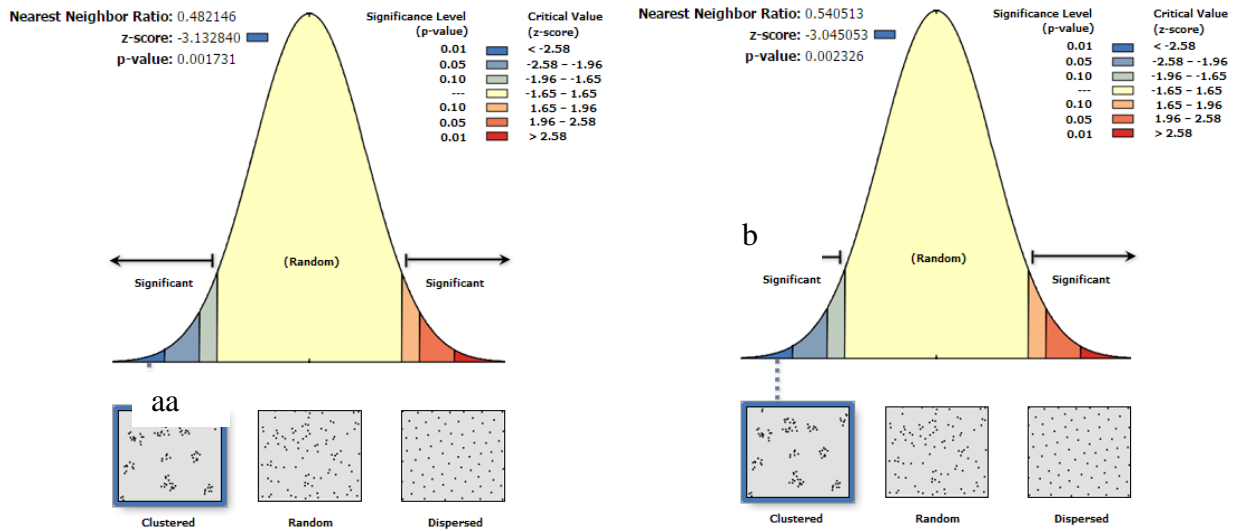
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de los análisis que se presentan a continuación (Figura 1), son gráficos y valores de z-score y p-value.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**



**Figura 1.** Resultados obtenidos a partir del método de análisis espacial del PVC. 1a) gráfico correspondiente para la distribución espacial de los casos de incidencias para endometriosis y 1b) gráfico para las incidencias de preclamsia.

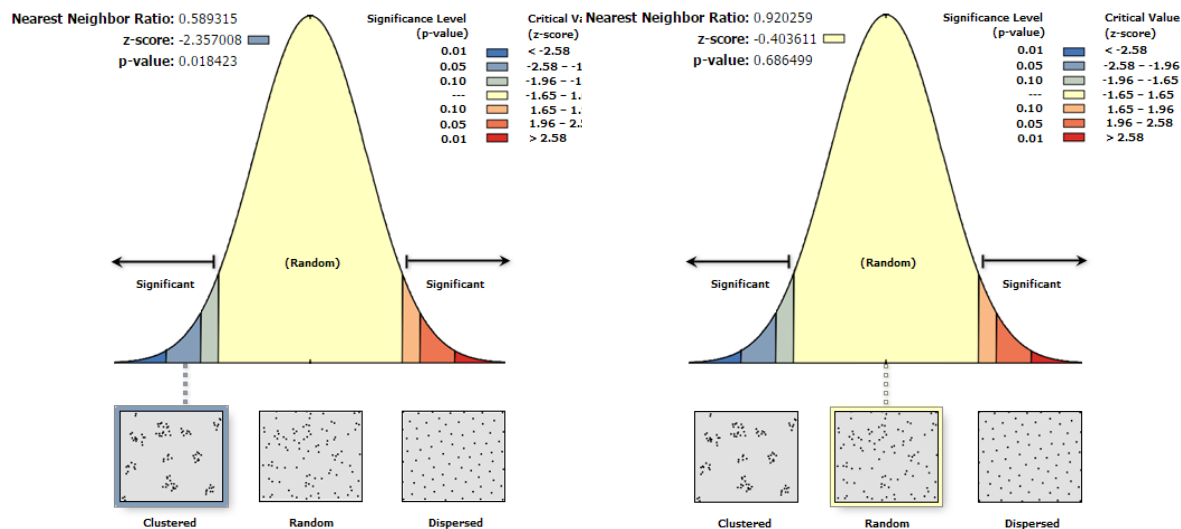
En la Figura 2 los valores estadísticos en desviaciones estándar (z-score) calculados son de -3.13 para endometriosis y -3.04 para preeclamsia, que son valores significativos ( $p \leq 0.001$ ); esto nos indica que hay una probabilidad menor al 1%, de que estos patrones de agrupación espacial, puedan ser resultado de la casualidad. En los siguientes gráficos (Figura 3) se presentan los resultados para las incidencias de histerectomía (3a) y abortos incompletos (3b); además de sus estadísticos para las desviaciones estándar (z-score) y de probabilidad (p-value).

En la Figura 3a se muestra un resultado de agrupación espacial, donde el estadístico de desviaciones estándar es de -2.35 y significativo ( $p = 0.018$ ) y un nivel de confianza del 95%, por tal motivo se rechaza la hipótesis nula, que indica que no es un patrón aleatorio sino de agrupación. Esto indica que hay una probabilidad de menos del 5% de que este patrón agrupado espacialmente este dado por la casualidad. Por otro lado, el valor de la desviación estándar de -0.40, no mostró significancia ( $p = 0.686$ ), por ello este patrón no parece ser significativamente diferente al azar.



### Memoria de resúmenes en Extenso

## XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”



**Figura 2.** Resultados obtenidos a partir del método de análisis espacial del PVC. 3a) gráfico correspondiente para la distribución espacial de los casos de incidencias para histerectomía y 3b) gráfico para las incidencias de aborto incompleto.

Todos estos resultados fueron obtenidos a partir de un área de 34,119.4 km<sup>2</sup> (34, 119.40 m<sup>2</sup>), esta es la que representa el área de estudio, la cual abarca en su totalidad a las incidencias médicas; los resultados podrían variar de acuerdo al tamaño de área. El interés de esta área radica en que es la superficie correspondiente a los casos registrados para la fecha analizada; por lo que si se empleara una base de datos con información más detallada, los resultados podrían variar en relación al tamaño de la población, su ubicación geoespacial; aun cuando se emplea el mismo tamaño de área y métodos.

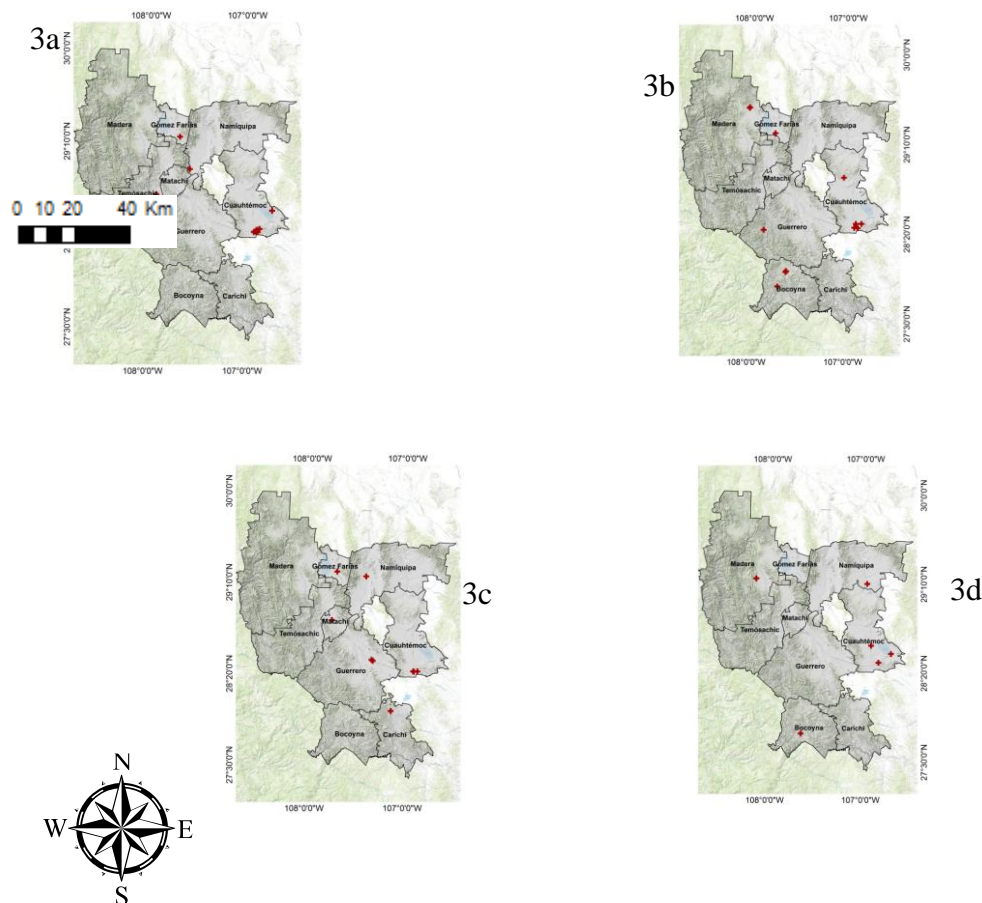
Con los resultados presentados anteriormente se han excluido tres hipótesis nulas, aceptando las alternativas; y se aceptó solo una hipótesis nula. Las excluidas fueron para los casos de endometriosis, preeclamsia e histerectomía; donde la hipótesis nula indicaba que las incidencias están dadas por la casualidad o aleatoriedad espacial. Se encontró que para estos casos la distribución espacial corresponde a una agrupación espacial, con niveles de confianza del 99 y 95%, aceptando la hipótesis alternativa; las cuales corroboran el planteamiento indicado en este estudio. Para los resultados de las incidencias por abortos incompletos se encontró, que éstos siguen un patrón aleatorio ( $p > 0.05$ ) con un nivel de confianza del 90%. La aplicación de métodos para el análisis estadístico de patrones geoespaciales en la actualidad es de gran importancia y relevancia, desde su introducción como eje fundamental de análisis (Abellana y Ascaso 2004). En lo referente a ciencias de la salud los métodos de estadística espacial y Sistemas de Información Geográfica, han arrojado



### Memoria de resúmenes en Extenso

## XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”

resultados contundentes en lo que se refiere a la localización de sectores con problemas de salud.



**Figura 3.** Mapas de distribución para los patrones de agrupación espacial de las incidencias médicas para endometriosis (3a), preeclampsia (3b), histerectomía (3c) y aborto incompleto (3d). Fuente: elaboración propia en base a los resultados de PVC.

Corroborando lo anterior, Pina *et al.* (2010) indican que la Epidemiología Espacial se utiliza para describir, cuantificar y explicar variaciones geográficas de las enfermedades; para evaluar la relación entre la incidencia de enfermedades y posibles factores de riesgo, y para identificar conglomerados geográficos de las enfermedades; aclaraciones descritas anteriormente por Abellena y Ascaso (2004), los cuales mencionan que la distribución espacial de los indicadores depende del patrón geográfico que siguen los factores.



### **Memoria de resúmenes en Extenso**

#### **XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

En lo descrito anteriormente, este estudio concuerda; ya que a través de procesos de estadística espacial ha sido posible identificar conglomerados (Barcellos, 2003; Valadares, 2012; Gómez-Barroso *et al.*, 2015) o agrupaciones para ciertas incidencias de enfermedades para el sexo femenino en edad reproductiva.

### **CONCLUSIONES**

En este estudio exploratorio se logró analizar la asociación espacial de las causas de hospitalización en el entorno geográfico de mujeres en edad reproductiva que acuden a un hospital público de la región Centro-Oeste, Chihuahua, bajo la hipótesis que no existe una relación entre la distribución espacial y las causas de hospitalización estudiadas, que para el caso de abortos incompletos fue aceptada; sin embargo para las causas de hospitalización por endometriosis, preclamsia e hysterectomía se acepta dicha hipótesis. En relación al comportamiento espacial de los patrones encontrados (agrupación en tres de cuatro incidencias) sugiere que es necesaria la aplicación de campañas sanitarias y/o medidas de control, para mitigar el riesgo a padecer alguna enfermedad en relación a la población vulnerable analizada (mujeres en edad reproductiva). La evidencia geográfica es necesaria para la toma de decisiones en el área de salud, ya que las poblaciones afectadas por una enfermedad no se pueden identificar, priorizar y seleccionar para intervenciones sin saber cómo se distribuye y dónde se encuentran. Los patrones espaciales en este estudio son los primeros pasos para la creación o aplicación de políticas de salud. En lo que se refiere a la toma de decisiones para el aspecto mencionado; estos estudios contribuyen no solo estadísticamente, dan un enfoque visual de los serios problemas de desatención a los que la población derechohabiente está expuesta día a día; con la identificación de esta población, es posible que las instituciones encargadas hagan acto de presencia, tomando decisiones sobre qué sectores geográficos son los que más necesitan monitoreo en relación a las incidencias analizadas. Cabe destacar que una limitante en este tipo de trabajos es el sub registro en los expedientes clínicos hospitalarios de la región, lo que conlleva a que estos trabajos sean escasos y presenten dificultad para su elaboración. Es importante destacar que este tipo de trabajos son pioneros en la región.

### **LITERATURA CITADA**

Abellana, R. M. y C. Ascaso 2004. Métodos estadísticos para analizar el riesgo con patrones de distribución espacial. Revista de Medicina Clínica 122 (Supl 1): 68-72.



**Memoria de resúmenes en Extenso**

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Batista, H. N., R. M. Alegret y F. O. Antón. 2013. Análisis espacial de la morbimortalidad del cáncer de mama y cervix. *Revista Española Salud Pública* 87: 49-57.
- Buzai, G. D. y R. Plastina. 2014. Análisis especial de la Salud con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Luján, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica* 2: 1-10.
- Barcellos, C. 2003. Unidades y escalas en los análisis espaciales en salud. *Revista Cubana Salud Pública* 29(4): 307-13.
- Rodríguez, A. F. y J. B. Banegas. 2009. Concepto y Usos de la Epidemiología. En: Escuela Nacional de Sanidad (ENS) Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Ciencia e Innovación. Miguel Ángel Royo Bordonada, Javier Damián Moreno, “Método epidemiológico”. Madrid: ENS - Instituto de Salud Carlos III, Octubre de 2009. p 9-17.
- ESRI. 2015. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm>. Consultado: Junio de 2016.
- Fuenzalida, D. M., F. M. Miranda y M. V. Cobs. 2013. Análisis exploratorio de datos espaciales aplicado a MP10 y admisión hospitalaria. Evidencia para áreas urbanas chilenas contaminadas por humo de leña. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica* 2: 109-128.
- Gómez-Barroso, D., F. Nogardea, R. Cano, M. F. Pina, J. L. Del Barrio y F. Simón. 2011. Patrón espacial de la legionelosis en España, 2003-2007. *Gaceta Sanitaria* 25: 290-295.
- Gómez-Barroso, D., M. E. Prieto-Flores, S. A. Mellado y J. A. Moreno. 2015. Análisis espacial de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la ciudad de Madrid, España. *Revista Española de Salud Pública* 89: 27-37.
- Martori J.C. y K. Hoberg. 2008. Nuevas técnicas de estadística espacial para la detección de clusters residenciales de población inmigrante. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* 21: 741-98
- Molina, A.M. 2008. Sistemas de Información Geográfica para el análisis de la distribución espacial de la Malaria en Colombia. *Revista EIA* 9: 91-111.



***Memoria de resúmenes en Extenso***

**XV Congreso Internacional Academia Nacional de Ciencias Ambientales | XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales “La cultura de los pueblos, base para la conservación del ambiente”**

- Pina, M. F., A. S. Ferreira, R. S. Correira y O. A. Castro, 2010. Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas. *Univ. Odontol* 29: 47-65.
- Postome, R. N., S. F. Sánchez, N. S. Hernández, F. J. García, S. T. Bravo, J. Martín-Gil, G. A. Correa y G.M. Navas. 2013. Análisis de la dispersión de diversas especies forestales, utilizando las parcelas del Inventario Forestal Nacional (IFN). *In: 6to Congreso Forestal Español, Sociedad Española de Ciencias Forestales. España. pp. 1-17.*
- Salafranca, B. D. y H. M. Rodríguez. 2014. Sistemas de Información Geográfica aplicados a la investigación policial, XVI Congreso Internacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Alicante, España. pp. 721-736.
- Tangarife, V.A. y C. L. Londoño. 2013. Modelo basado en SIG para el estudio de la mortalidad por enfermedad cerebro-vascular. *Ing. USBMed* 1: 37-46.
- Tisnés, A. 2012. Análisis de la mortalidad en la ciudad de Tandil utilizando Sistemas de Información Geográfica. *Revista Universitaria de Geografía* 21: 89-111.
- Valadares, F. F. 2012. Caracterización de la distribución espacial de una enfermedad compleja. Tesis de Maestría en Técnicas Estadísticas, Universidad de Coruña, Santiago de Compostela, España. 41 p.
- Villarreal, G. A. y S. M. Flores. 2015. Identificación de Clusters espaciales y su especialización económica en el sector de innovación. *Región y Sociedad* 27: 117-147.