



# **ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**2014**

## **Memorias del XIII Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Ambientales**



**María Laura Sampedro Rosas  
José Luis Rosas Acevedo  
Mirella Saldaña Almazán**  
Editores

# Memorias del XIII Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Ambientales

## Editores

María Laura Sampedro Rosas  
José Luis Rosas Acevedo  
Mirella Saldaña Almazán

## Directorio de la ANCA

Dr. Rafael Villalobos Pietrini (UNAM)  
Presidente Honorífico

Dra. Alba Yadira Corral Avitia (Universidad Autónoma de Cd. Juárez)  
Presidenta

Dra. María Laura Sampedro Rosas (Universidad Autónoma de Guerrero)  
Secretaria

Dra. Ana Laura Juárez López (Universidad Autónoma de Guerrero)  
Tesorera

Comisión de Honor y Justicia:  
M. en C. Antonio Aranda Regalado (Ex-Presidente)

## Vocales:

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla:  
M. C. Miguel Ángel Valera Pérez

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla:  
Dr. Mario Alberto Tornero Campante

IPN-CIIDIR, Durango:  
Dr. Juan Manuel Viguera Cortés  
Dr. Ignacio Villanueva Fierro

Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca:  
Dra. Gisela Campos Ángeles

Instituto Tecnológico del Mar Mazatlán:  
Dr. Evaristo Méndez Gómez (Ex-Presidente)

Instituto Tecnológico de Sonora:  
Mtro. Rodrigo González Enríquez (Ex-Presidente)

Universidad Autónoma de Chihuahua:  
Dr. Toutcha Lebgue Keleng  
Dr. Oscar Viramontes Olivas

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez:  
Dra. Alba Yadira Corral Avitia (Presidenta)  
Dra. Katya Aimeé Carrasco Urrutia

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo:  
Dra. Griselda Pulido Flores  
Dr. Alberto José Gordillo Martínez (Ex-Presidente)

Universidad Autónoma del Estado de México:  
Dr. Arturo Colín Cruz (Ex-Presidente)  
Dr. Delfino Madrigal Uribe

Universidad Autónoma del Estado de Morelos:  
Dra. Laura Ortiz Hernández (Ex-Presidenta)  
M. C. Enrique Sánchez Salinas

Universidad Autónoma de Guerrero:  
Dra. María Laura Sampedro Rosas (Ex-Presidenta)  
Dr. Justiniano González González

Universidad Autónoma Indígena de México:  
Dra. María Guadalupe Ibarra Ceceña (Ex-Presidenta)

Universidad Autónoma de Querétaro:  
M. en C. Miguel Ángel Rico Rodríguez  
M. en C. Gustavo Pedraza Aboytes (Ex-Presidente)

Universidad Autónoma de Nayarit:  
Dr. Armando Benítez Hernández

Universidad Autónoma de Tlaxcala:  
Dr. Pedro Rafael Valencia Quintana (Ex-Presidente)  
M. en C. A. Juana Sánchez Alarcón

Universidad Autónoma de Tamaulipas:  
Dr. Julio César Rolón Aguilar  
Dr. René Bernardo Elías Cabrera Cruz

Universidad Autónoma de Zacatecas  
Dr. Jorge Bluhm Gutiérrez

Dr. Santiago Valle Rodríguez

Universidad Estatal de Sonora:  
Dr. Julio César Duarte Ruíz

Universidad de Guadalajara:  
M. C.J. Guadalupe Michel Parra  
Dr. J. Gonzalo Rocha

Universidad de Quintana Roo:  
Biol. Benito Prezas Hernández  
Biol. Alberto Pereira Corona (Ex-Presidente)

Universidad Nacional Autónoma de México:  
Dra. Sandra Gómez Arroyo  
Dr. Rafael Villalobos Pietrini (Presidente Honorífico)

Universidad Veracruzana:  
Dr. Stefan Waliszewski Kubiak

**Comité científico:**

Dr. José Luis Rosas Acevedo, Dra. Ana Laura Juárez López, Dra. María Laura Sampedro Rosas, Dra. Gloria Torres Espino, Dra. América Libertad Rodríguez Herrera, Dra. Rocío López Velasco, Dra. Dulce Quintero Romero.

**Apoyo Técnico Académico:**

Hilda Yanet Arellano Wences, Yuridia Azucena Salmerón Gallardo, Carmina Torreblanca Ramírez, Mirella Saldaña Almazán, Himmer Castro Mondragón, Héctor Porfirio Tapia Pintos, Susana Ruíz Ayala, Alejo Javier Lugo Rodríguez, Yanet García Sánchez y Guillermo Ezbón Toribio Brito.

**Comité Arbitral de Trabajos**

Dra. Guadalupe Ibarra Ceseña, Dr. Martín Villa Ibarra, M. C. Alberto Pereira Corona, M.C. Benito Prezas Hernández, Dra. Sonia Silva Gómez, Dr. Benjamín Castillo Elías, María Laura Sampedro Rosas, José Luis Rosas Acevedo, Dr. Justiniano González González, Dr. René Bernardo Elías Cabrera Cruz, Dra. Ana Laura Juárez López, Dra. Gloria Torres Espino, M. C. Guadalupe Michell Parra, Dr. Mario Alberto Tornero Campante, Dra. Laura Ortiz Hernandez, M.C. Enrique Sánchez Salinas, Dr. Scott Monks, Dra. Griselda Pulido, M. C. Miguel Valera Pérez, M. C. Rodrigo González Enríquez, M. en C. Ana Yolanda Rosas Acevedo, M. en C. Audel Sánchez Infante, Dr. Rafael Flores Garza, Dr. Pedro Flores Rodríguez, Dr. Sergio García Ibañez, Dr. Juan Violante González, Dr. Agustín A. Rojas Herrera, M. en C. Silvio Osvaldo Ramón Ávalos, América Rodríguez Herrera, Rocío López Velasco, Dulce María Quintero Romero, Dr. María Gpe. Tenorio Arvide, Dr. Mario A. Tornero Campante, Dr. René B. E. Cabrera Cruz,

Dra. Alba Yadira Corral Avitia, Dr. Arturo Colín Cruz, M. en C. Gustavo Pedraza Aboytes, Heriberto Hernández Cocoletzi, Dr. Pedro Rafael Valencia Quintana, M. en C. A. Juana Sánchez Alarcón, Dr. Julio César Rolón Aguilar, Herlinda Gervacio Jiménez, Dra. Rocío del Carmen Serrano Barquín, Dra. Sandra Gómez Arroyo, Dr. Miguel Ángel Rico Rodríguez, Dra. Elizabeth Nava Aguilera.

**Primera Edición  
11 de Junio de 2014**

**ISBN 978-607-9232-19-1**



**ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES A.C.**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE DESARROLLO REGIONAL**  
**XIII CONGRESO INTERNACIONAL y**  
**XIX CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**del 11 al 13 de junio de 2014, Acapulco, Guerrero, México**  
**"GESTIÓN SUSTENTABLE, UNA NECESIDAD ANTE EL CAMBIO**  
**CLIMÁTICO"**



**PRESENTACIÓN**

**La Academia Nacional de Ciencias Ambientales A. C. (ANCA) es una organización que tiene como misión generar, divulgar y aplicar el conocimiento en materia ambiental. La ANCA agrupa a investigadores, académicos, estudiantes, empresarios, autoridades gubernamentales y organizaciones civiles, preocupados por la problemática ambiental en diferentes ámbitos del quehacer humano, proponiendo soluciones y estableciendo**

**vínculos interinstitucionales para lograr un progreso armónico y sostenible.**

## **ANTECEDENTES**

**La ANCA se inicia como academia regional en 1989 durante la celebración del primer encuentro de investigadores en materia ambiental en la ciudad de Pachuca, gracias al entusiasmo de los directores de investigación y posgrado de las universidades de la región central de México, que conforman la Región V de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). Se realizaron en esta región seis congresos.**

**A partir de 1994 y en virtud del interés que algunos estados del país manifestaron, se acordó darle a esta academia un carácter nacional. En esta etapa se llevaron a cabo seis congresos: La Paz, B.C.S.; Mazatlán, Sin.; Tepic, Nayarit; Toluca, Edo. Méx.; Acapulco, Gro. y Pachuca, Hgo.**

**Desde el año 2002, la ANCA decide traspasar las fronteras de México y convierte el Congreso Nacional en un CONGRESO INTERNACIONAL. Con este carácter se han celebrado congresos en: Tijuana, B.C., 2002; Querétaro, Qro., 2003; Huatulco, Oax., 2004; Chetumal, Q.R., 2005; Oaxtepec, Mor., 2006; Chihuahua, Chih., 2007; Ciudad Obregón, Son., 2008; Tlaxcala, Tlax., 2009; Chetumal, Q.R., 2010; Querétaro, Qro., 2011; Mazatlán. Sin., 2012 y Ciudad Juárez, Chih., 2013.**

**En el 2014, la ANCA cumple veinticinco años de fundada y la sede será uno de los estados de la Región V de la ANUIES, el estado de Guerrero a través de la Unidad Académica de Ciencias de Desarrollo Regional de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO.**

## **TOMO II. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

### **SEGUNDA PARTE**

#### **ÍNDICE**

<b>ESTIMACIÓN DE CONTENIDOS DE NITRÓGENO EN AGUA-SUELO-VEGETACION EN SISTEMAS RIBEREÑOS DE MONTAÑA</b> Collí C. P. M., Chargoy I. J. N., De Lucas V. X., Gen L. R. R., Guerra H. E. A. y Cruz F. G.....	<b>567</b>
<b>PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO PARA LA DETECCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN AGUA SUBTERRÁNEA</b> Simental C. D. A., González V. L. S., Quintos E. M. y Lucho Ch. R.....	<b>574</b>
<b>CONTEXTO ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO DE LOS SAUCITOS, TECOANAPA, GUERRERO</b> Campos M. M., Carpio C. L. y Bibiano M. L.....	<b>579</b>
<b>RIESGOS A LA SALUD POR DESCARGAS EN CAUCES, EN LOS SAUCITOS, MUNICIPIO DE TECOANAPA; GUERRERO</b> Ramírez P. J., Mayo E. M. V., Figueroa W. O., Bibiano M. L. y Marco E. G. C.....	<b>585</b>
<b>CORRELACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENITEZ, GUERRERO.</b> Ávila P. H., Rosas A. J. L., García I. S. y Garzón L. L. A.....	<b>591</b>
<b>DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ, GRO, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.</b> Ávila P. H., Rosas A. J. L., García I. S. y Garzón L. L. A.....	<b>596</b>
<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA PARA EL RÍO DE LA SABANA, EN EL PERIODO 2010-2011 ACAPULCO, GRO. Y PROPUESTA PARA EL SANEAMIENTO</b> Gama A. J., Gonzalez G. J., Torres E. G. y Reyes U, M.....	<b>602</b>
<b>MODELO DE EVALUACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES (M.E.C.A.), CUENCA ALTA DEL RIO COMBEIMA, IBAGUÉ, TOLIMA, COLOMBIA.</b> García C. G., Ospina Z. O., Gordillo. R. J., Tovar. H. K. y Soriano. S. L.....	<b>610</b>
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DRASTIC MODIFICADO, CASO: ACUÍFERO DEL VALLE DE TULANCINGO, HIDALGO</b> Árcega S. I., Otazo S. M. E., Galindo C. E., Acevedo S. O. A., Romo G. C. y Montelongo R. M. M.....	<b>618</b>



**EVALUACIÓN SOBRE LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL, COMO EFECTO DE DESCARGAS URBANAS, SOBRE EL RÍO SAN MARCOS (TAMAULIPAS, MÉXICO)**

López A. E., Heyer R. L., Vázquez S. M. L., Pérez C. R., González R. L. E., Ventura H. R., Guevara G. N. y González D. R.P.....625

**BALANCE HIDRÓLOGICO Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE LIXIVIADOS DE RESIDUOS URBANOS Y SU CARGA CONTAMINANTE**

Navarro M. S. M., Aragón S. M. D. y Ortiz G. M.....631

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.**

Aguilar C. R. E., García C. M., Pérez G. C., Pedraza A. G. y González L, M.....638

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL AGUA RESIDUAL CON TRATAMIENTO SECUNDARIO EN LA AGRICULTURA EN LA ZONA DE CIENEGUILLAS, ZACATECAS**

Reducindo R. S. M., Ávila S. C. I. y González T. J.....645

**INVENTARIO AMBIENTAL EN LAS FÁBRICAS DE MEZCAL DEL ESTADO DE ZACATECAS**

Heredia S. A., Delgadillo R. L., Gallegos F. P. I., Cabral A. F. J. y Esparza I. E. L.....651

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DEL CULTIVO DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) Y SUS POSIBLES EFECTOS EN EL CRECIMIENTO DE LA TRUCHA EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, DGO.**

Huerta S. A. F., Estala E. M. T., Medina H. E., Rodríguez R. M. D. J., González G. A. y Arreola O. A. E.....656

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL EFLUENTE EN EL PROCESO DEL CULTIVO DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA GRANJA LA VICTORIA, EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, DGO.**

Estala E. M. T., Huerta S. A. F., Medina H. E., Rodríguez R. M. D. J., Sánchez O. E., Ortega C. M. A. y Mar T. C. L.....661

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL AGUA, PARA USO RECREATIVO TURISTICO DE LA PLAYA MANZANILLO DE ACAPULCO, GUERRERO, MÉXICO.**

Dimas M. J. J., Muñoz B. R. J. y Díaz G. A.....667

**PRESENCIA DE AMIBAS DE VIDA LIBRE EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA ZONA DEL SUR Y ORIENTE DEL DISTRITO FEDERAL, MÉXICO**

Ramírez F. E. Robles V. E. S., Martínez R. B. y Sáinz M. M. G.....674

## INVENTARIO AMBIENTAL EN LAS FÁBRICAS DE MEZCAL DEL ESTADO DE ZACATECAS

Heredia S. A.,<sup>1</sup> Delgadillo R. L.,<sup>1</sup> Gallegos F. P. I.,<sup>1</sup> Cabral A. F. J.<sup>1</sup> y Esparza I. E. L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología y Ciencias Ambientales. Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Av. Preparatoria s/n. Col. Hidráulica. C.P. 98000. 01 (492) 9250007. edgarzac@gmail.com

*Palabras clave: Contaminación, mezcal y residuos.*

### **Antecedentes.**

Zacatecas tiene una antigua tradición Mezcalera y una importante oportunidad de desarrollo económico para sus regiones, ya que en la actualidad se producen anualmente alrededor de 10 millones de litros de Mezcal. La actividad agavera en el estado de Zacatecas, actualmente está en las regiones Sureste la cual está conformada por los municipios de Pinos, Villa Hidalgo, Villa González Ortega y Noria de Ángeles,; mientras que la región Sur contempla 13 municipios: Apozol, Apulco, Florencia de Benito Juárez, García de la Cadena, Huanusco, Jalpa, Juchipila, Mezquital del Oro, Moyahua, Nochistlán, Tabasco, Teúl de González Ortega y Tlaltenango. Actualmente no se cuenta con normatividad para la disposición de los subproductos obtenidos en la elaboración del Mezcal, por lo que es importante generar un inventario de estos subproductos para ampliar el panorama de la gran cantidad de residuos producidos durante este proceso, para que con ello las organizaciones reguladoras de medio ambiente generen normatividades correspondientes. En Zacatecas no se ha realizado ningún tipo de estudio sobre el tipo y cantidad de subproductos o residuos generados por la industria Mezcalera. Debido a esto, el presente trabajo se realizó en las principales industrias productoras de Mezcal del Estado de Zacatecas, con la finalidad de determinar los subproductos o residuos producidos al elaborar el Mezcal (pencas, mieles amargas, bagazo y vinazas) y que pueden generar algún tipo de contaminación ambiental si no se realiza un tratamiento adecuado o uso secundario. En Zacatecas, no se han encontrado reportes sobre estudios de calidad ambiental del impacto antropogénico de las actividades económicas como la de la industria del Mezcal; razón por la cual en el presente trabajo, se generaron inventarios de contaminantes de este sector productivo mediante el empleo de la técnica ERFCA, con el cual se podrán identificar los principales problemas de contaminación, jerarquizarlos y con ello tomar decisiones para cumplir con las normas o políticas públicas ambientales.

### **Objetivo.**

Realizar un inventario de contaminantes en la industria del Mezcal del Estado de Zacatecas, por medio de la técnica de evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental (ERFCA).

**Metodología.**

El área de estudio fueron los municipios de Pinos y Villa Hidalgo de la región sureste y los municipios García de la Cadena, Jalpa, Juchipila y Teúl de González Ortega de la región sur. En la Tabla 1 se muestra el nombre de cada municipio y la clave correspondiente según el INEGI con la cual se distinguirán en las próximas tablas, su extensión y porcentaje que ocupan en el territorio estatal. La zona representa el 7.65% de la superficie estatal, con un total de 5767 km<sup>2</sup> de extensión (Figura 1) (INEGI, 2012).

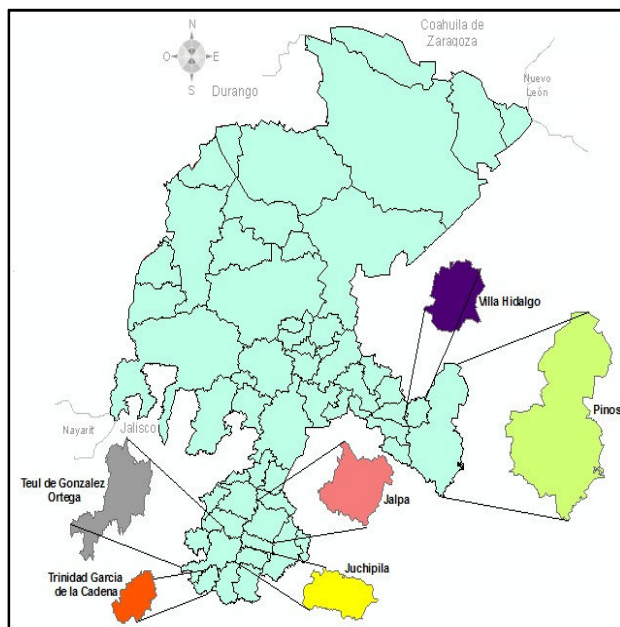


Figura 1. Ubicación de los municipios que comprenden el área de estudio.

Se realizaron visitas a 16 mezcaleras (de las cuales 13 fueron del sur y 3 del sureste del estado) y se georeferenciaron lo cual se hizo por el sistema de posicionamiento global empleando equipos GPS Marca GARMIN modelo etrex. Por otra parte, se hicieron entrevistas sobre el proceso de producción de Mezcal para documentar las posibles fuentes de contaminación en cada una de las fábricas.

La metodología empleada es la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental, ERFCA (Weitzenfeld, 1989), el cual permite la realización de inventarios de fuentes contaminantes de manera rápida y a bajo costo, por lo que los resultados son confiables ya que se utilizan factores de generación basados directamente en la producción de bienes o servicios de los diferentes tipos de fuentes. Con los datos obtenidos de las encuestas, se hicieron cálculos empleando la técnica ERFCA con el fin de saber las cantidades reales de las posibles fuentes de contaminación.

**Resultados y Discusión.**

La actividad Agavera en el estado de Zacatecas, actualmente está en las regiones Sureste y Sur del estado, la tabla 1 muestra la ubicación, domicilio y clave de registro.

Tabla 1: Georeferenciación de algunas Mezcaleras de Zacatecas.

Clave de municipio	Clave de las mezcaleras	Domicilio de la fábrica	Ubicación
--------------------	-------------------------	-------------------------	-----------

011	011-A	Carretera Colotlan Km 63, T. García de la Cadena, Zacatecas	N: 21° 11' 283" W: 103° 29' 766"
	011-B	Los Halconillos, T. García de la Cadena, Zacatecas	N: 21° 28' 501" W: 103° 19' 581"
	011-C	Terreno los Encinos, la Ceja, T. García de la Cadena, Zacatecas	N: 21° 15' 509" W: 103° 28' 078"
	011-D	16 de Septiembre #5, T. García de la Cadena, Zacatecas	N: 21° 11' 558" W: 103° 30' 132"
019	019-A	Carretera Jalpa Km 1.5, Jalpa, Zacatecas	N: 22° 08' 668" W: 102° 59' 291"
023	023-A	Camino Real s/n, Juchipila, Zacatecas	N: 21° 24' 785" W: 103° 07' 439"
	023-B	Avenida Plaza de Toros #80, San Sebastián, Juchipila, Zacatecas	N: 21° 26' 051" W: 103° 10' 445"
038	038-A	Pendencia, Pinos Zacatecas	N: 22° 24' 196" W: 101° 23' 692"
	038-B	Saldaña, Pinos, Zacatecas	N: 22° 23' 968" W: 101° 18' 786"
047	047-A	Jesús Ruiz #6, Huitzila, Teúl de González Ortega, Zacatecas	N: 21° 13' 314" W: 103° 36' 293"
	047-B	López Mateos #4, Huitzila, Teúl de González Ortega, Zacatecas	N: 21° 12' 128" W: 103° 26' 410"
	047-C	Jesús Ruiz #5, Huitzila, Teúl de González Ortega, Zacatecas	N: 21° 22' 676" W: 103° 36' 410"
	047-D	Carretera Milpillas-Huitzila Km. 1.5, Milpillas de Allende, Teúl de González Ortega, Zacatecas	N: 21° 16' 172" W: 103° 38' 701"
	047-E	Venustiano Carranza #71, Hacienda de Guadalupe, Teúl de González Ortega, Zacatecas	N: 21° 14' 400" W: 103° 36' 786"
	047-F	Calle México s/n, Teúl de González Ortega, Zacatecas	N: 21° 19' 566" W: 103° 48' 749"
054	054-A	Carretera el Tepetate-la Ballena Km 1.2, Villa Hidalgo, Zacatecas	N: 22° 21' 824" W: 101° 42' 817"

Se tomaron fotografías en cada una de las visitas realizadas, en ellas se observan las instalaciones de cada una de las fábricas por municipio del estado de Zacatecas, se pueden observar las instalaciones y con ello detectar si cuentan con equipos, tecnología o medidas de manejo de sus emisiones contaminantes (figura 2).



Figura 2. Tecnología empleada y residuos generados de la industria mezcalera. En la tabla 2, podemos observar los datos generados de contaminación que incluye los tres tipos de contaminación (aire, suelo y agua) que se producen en las 16 fábricas productoras de Mezcal del estado de Zacatecas, la cual muestra, partículas

suspendidas totales, bióxido de azufre, óxido de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, entre otros.

Tabla 2. Contaminación generada por la industria del Mezcal en Zacatecas.

Fuente	Residuos generados	Cantidades producidas	Total
Agave procesado (ton/año)			<b>20,280</b>
Residuos sólidos (ton/año)	Bagazo de agave	8,112	<b>12,168</b>
	Pencas de agave	4,056	
Combustible consumido (L/año)			<b>1,752,000</b>
Residuos en aire (ton/año)	PST (ton/año)	3,798.22	<b>71,322.93</b>
	SO <sub>2</sub> (ton/año)	52,367.52	
	NO (ton/año)	13,374.00	
	HC (ton/año)	731.1	
	CO (ton/año)	1,052.09	
Vol total de Fermento (L/año)		40'560,000	
Vol total de Mezcal (L/año)		9'734,400	
Vol total de Vinazas (L/año)			<b>30,825,600</b>
Residuos de efluentes (L/año)	vinazas	30'825,600	<b>31,287,984</b>
	mieles amargas	365,040	
	alcoholes (puntas y colas)	97,344	
DBO (mg/año)			<b>808,969,000,000</b>
Sólidos suspendidos (ton/año)			<b>2,139,791</b>

actualmente la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) introdujo disposiciones y normas sobre el grado de toxicidad que establecen que no se debe de producir más de 150 mg de DBO por litro de efluente, pero desafortunadamente ninguna destilería la cumple totalmente, ya que la DBO generada por las industrias mezcaleras es de 25000 mg por litro (809690000000 mg/año), por lo tanto las vinazas generan un 95.2 % del total de la DBO, mientras que los alcoholes (puntas y colas) un 3.6 % del total y las mieles amargas solo representan el 1.12 % del total de la DBO. En cuanto a los contaminantes o desechos sólidos que se generaron 8,112 ton/año de Bagazo de Agave húmedo y 4,056 ton/año de pencas de Agave en verde; los cuales nos dan un total de 12,168 ton/año.

### Conclusiones.

La mayor cantidad de fábricas mezcaleras las encontramos en la región sur del estado de Zacatecas, siendo Téul de González Ortega y García de la Cadena, los municipios con mayor número de fábricas productoras de Mezcal. En el 2010 se procesaron 20,280 toneladas de agave, produciendo alrededor de 10 millones de litros al año de Mezcal a 56 % Alcohol Volumen. La elaboración de Mezcal en Zacatecas implicó, que

además de obtener el destilado, se generaron otros productos secundarios y efluentes con características químicas, físicas y organolépticas diferentes al Mezcal. La producción de Mezcal generó 12, 168 toneladas al año de desechos sólidos; de los cuales 8,112 toneladas son de bagazo de Agave y 4,056 toneladas de pencas de Agave. En relación a los efluentes, se produjeron 31'287,984 litros al año de líquidos; de los cuales 365,040 litros son de mieles amargas, 97,344 litros son puntas y colas; y 30'825,600 litros son vinazas. Con respecto a las emisiones en aire fueron de 71,322.93 toneladas al año como partículas suspendidas totales, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y dióxido de azufre. Las fábricas que tienen una mayor influencia en el aporte de contaminantes tanto de emisión, residuos sólidos y efluentes son principalmente las fábricas 011-C, 019-A, 023-A y 047 (A-F).

### **Bibliografía.**

-Cabrera C.R.B.E. 2010. Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación ambiental en agua, aire y suelo. Manual de ERFCA. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Who Offset Publication No. 62.

-NEGI, 2012. Información básica. IRIS 3.0., información digital. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

-Weitzenfel, H., (1989). Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo), (ECO-SEDUE). Traducción de Who FOCET Publication. No. 62/1982. Vol. 2 Art. 4.

## TOMO IV. QUÍMICA AMBIENTAL

### ÍNDICE

<b>METALES PESADOS EN LA ZONA LITORAL DE LA BAHÍA DE CHETUMAL Y RÍO HONDO, QUINTANA ROO, MÉXICO, 2013.</b> González B.J.L., Carrión J.J.M., Yam G.J.O., Moreno C.J., Álvarez D.J.U., Alpuche C.S.L., Coll C.P., Bolón G.A.M.....	1491
<b>DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (HG, PB, CD Y ZN) EN EL MOLUSCO <i>POMACEA FLAGELLATA</i> (SAY, 1827) DE LA LAGUNA DE BACALAR, QUINTANA ROO.</b> Moreno C. J., Gonzáles B. J.L.....	1498
<b>METALES EN SUELOS ENMENDADOS CON BIOSÓLIDOS Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL CUTIVO DE MAÍZ</b> Tamariz F. J. V, Chavarin P. Y., Castelán V. R. y Cruz M. A.....	1505
<b>ESTUDIO DE LA CAPTACIÓN DE CD PROVENIENTE DE EMPRESAS DEL GIRO METAL-MECÁNICO, EMPLEANDO EL BIOMATERIAL <i>MUSA CAVENDISHII</i></b> Campos M. E., Adame M. S. y Baldera H. P.....	1511
<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE RESIDUOS DE MANGO COMO FUENTE DE BIOETANOL</b> Sánchez O. R., Timoteo C. B., Martínez J. M., De la Cruz V. V. M., Balderas H. P., Roa M. G.....	1516
<b>INFLUENCIA DE HgCl<sub>2</sub> EN LA EXPRESIÓN DE FIBRILARINA (Fb) EN GERMINACIÓN DE <i>PHASEOLUS VULGARIS L.</i></b> Huerta G.J.; Cabral A.F.J.; Esparza I.E.L.; Delgadillo R.L.....	1522
<b>APLICACIÓN DE NUEVOS MATERIALES POLIMÉRICOS FUNCIONALIZADOS CON GRUPOS TIONOCARBAMOILO Y TIOCARBAMIDA CON AFINIDAD HACIA Cd<sup>2+</sup> EN MEDIO ACUOSO</b> Gómez, L. I., Otazo, S. E. M., Prieto, G. F., Guevara, L. A., Villagómez, I. J. R. ...	1529
<b>VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO POR HPLC PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AMPICILINA Y AMOXICILINA EN MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES FARMACÉUTICAS</b> Islas G.I.L., Romo G.C.....	1536
<b>APLICACIÓN DE BENTONITA SÓDICA EN PRUEBAS BATCH PARA LA REMOCIÓN DE COBRE</b> Artea S. S., González Valdez L. S., Muñoz R. R., García V. A., Alvarado D. L. P. A.....	1542

## INFLUENCIA DE HgCl<sub>2</sub> EN LA EXPRESIÓN DE FIBRILARINA (Fb) EN GERMINACIÓN DE *PHASEOLUS VULGARIS L.*

Huerta G.J.<sup>1</sup>; Cabral A.F.J.<sup>1</sup>; Esparza I.E.L.<sup>1</sup>; Delgadillo R.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología, Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas. Paseo la Bufa S/N, Col. Hidráulica Zacatecas. Email: jhuga@msn.com

*Palabras Clave: Fibrilarina, Cloruro de mercurio, Western Blot*

### Antecedentes

Con el advenimiento del desarrollo industrial y minero, la contaminación con metales pesados se volvió una preocupación cada vez mayor debido a su redistribución en el medio ambiente a través de ciclos geobiológicos y geológicos, que incluyen la incorporación a la cadena trófica con severos riesgos para la salud humana. El ser humano es menos tolerante a la presencia de metales pesados que las plantas, las cuales son capaces de acumular elementos metálicos en sus tejidos y órganos con cierta tolerancia (Sipter *et al.*, 2009). El principal problema de los metales pesados es su bioacumulación y que no son biodegradables, por tanto representan un riesgo permanente para la salud (Pirrone *et al.*, 2001).

El Mercurio (Hg) por sus propiedades físicas y químicas únicas ha sido identificado como una sustancia tóxica, persistente y bioacumulable (STPB), y desde hace ya algunas décadas ha causado preocupación en la mayoría de los países desarrollados, que han implementado estrategias que comprenden investigación científica, desarrollo de marcos legales, programas de reducción de emisiones de Hg, iniciativas de recolección y reciclaje de productos con contenido de Hg y advertencias sobre el consumo de alimentos contaminados por este metal (PNUMA, 2002). El Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente concluyó que se había obtenido conocimiento suficiente de los efectos nocivos del Hg y sus compuestos a escala mundial. La literatura reporta que el Hg induce muerte celular, y además aun cuando no son muy claros los mecanismos se le ha asociado con pérdida de la antigenicidad de la proteína Fibrilarina y la modificación de sus propiedades moleculares y su función celular (Pollard, *et al.*, 1997 y 2000).

Los metales pesados interfieren con una variedad de procesos celulares, entre los principales se encuentra la síntesis de proteínas. La traducción es uno de los procesos más complejos que involucra la acción concertada de un gran número de moléculas de RNAs y enzimas, en múltiples pasos secuenciales, representa también uno de los procesos de mayor consumo de energía, por lo que su regulación está finamente acoplada al estado metabólico de las células, por lo tanto la exposición a factores ambientales tóxicos (metales pesados) que puedan alterar estos procesos conllevan a una alteración metabólica generalizada en los organismos, que puede inducir incluso a muerte celular (Howe y Merchant, 1992).

### Objetivo

Evaluar el efecto del Cloruro de Mercurio (HgCl<sub>2</sub>) en la expresión de Fibrilarina en embriones de *Phaseolus vulgaris L.* (frijol negro jamapa), durante la germinación y



desarrollo de la plántula, para considerar a Fb una proteína nucleolar presente en humanos y en plantas como un posible biomarcador de contaminación por Mercurio.

### **Metodología**

#### **Germinación de semillas de Frijol Negro Jamapa.**

Se llevó a cabo en condiciones controladas de humedad y temperatura constante a 25°C con diferentes tiempos de germinación (0, 6, 12, 18, 24, 30, 42, 54, 66, 78, 90 y 102 hrs). Se estudiaron 2 grupos Testigo (sin HgCl<sub>2</sub>) y Experimental con tres tratamientos: Tratamiento I-10 µM HgCl<sub>2</sub>, Tratamiento II-20 µM HgCl<sub>2</sub> y Tratamiento III-30 µM de HgCl<sub>2</sub>.

#### **Extracción de proteínas solubles de embriones de frijol.**

Una vez que los grupos de estudio cumplieron sus tiempos de germinación, se procedió a la extracción de embriones de las semillas, se pesó la cantidad obtenida de cada muestra, se sumergieron en nitrógeno líquido y una vez congelados se trituraron en un mortero de porcelana hasta obtener un polvo fino, a cual se adicionó buffer de extracción NET-2, se colocaron 20 µl/µg de embrión, según lo describe Nambara *et al.*, 1992.

#### **Medición de concentración de proteínas.**

La cuantificación de proteínas solubles se realizó de acuerdo a la técnica de micro Bradford (1976), todos los ensayos se hicieron por triplicado.

#### **Electroforesis de proteínas en geles de Poliacrilamida (PAGE-SDS)**

Una vez obtenidos los extractos totales se procedió a la separación de proteínas obtenidas en base a su peso molecular a través de PAGE-SDS, en condiciones reductoras. Para lo cual se utilizó una minicámara de electroforesis dual Mini protean II de Bio-Rad. Al término de la electroforesis se tiñeron los geles para visualizar las bandas de proteína con azul coomassie R-250, este colorante se une a las proteínas de manera no específica, el límite de detección es de 0.3 µg a 1 µg por banda de proteína.

#### **Electrotransferencia de proteínas a papel de nitrocelulosa.**

Después de llevar a cabo la electroforesis se procedió hacer la electrotransferencia de proteínas del corrimiento en gel a membranas de nitrocelulosa de acuerdo a lo descrito por Towbin *et al.* (1979).

#### **Western Blot**

Después del proceso anterior se colocaron las membranas de nitrocelulosa en solución PBS- leche 3% en agitación constante durante toda la noche. Para determinar la presencia de la proteína Fb de 34 kDa, mediante reactividad del anticuerpo se incubó con el autoanticuerpo anti-Fb. Se repitieron los 3 lavados con PBS-Tween 20, después se incubó con un segundo anticuerpo anti-IgG humana cadena gamma específica conjugada a peroxidasa. Por último la reacción antígeno-anticuerpo se reveló con 3-3 Diamino Bencidina y como catalizador Peróxido de Hidrogeno (Towbin y Gordon, 1984).

## Densitometría

Las imágenes de las bandas de proteína obtenidas por Western blot, fueron capturadas en un fotodocumentador ChemiDoc XRS<sup>+</sup> marca Bio-Rad. Luego se sometieron a un análisis densitométrico cuantitativo, con el software Quany One de marca Bio-Rad versión 2.01.

## Resultados

Los resultados obtenidos de semillas expuestas a diferentes tratamientos de HgCl<sub>2</sub> mostraron marcados efectos de inhibición y retraso en el proceso de germinación a partir de concentraciones mínimas de 10 µM, este comportamiento se incrementó al ir aumentando la dosis de 20 µM, y culminando con la muerte de las semillas a una concentración de 30 µM de mercurio. Los efectos generados por la presencia de HgCl<sub>2</sub> se identifican en Cuadro 1.

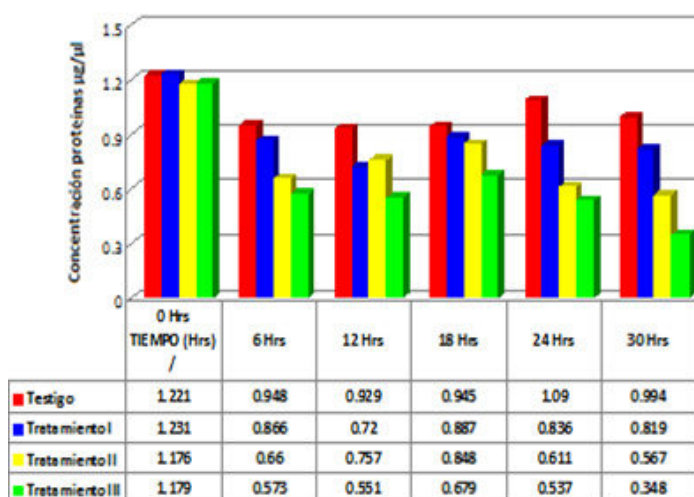
**Cuadro 1.** Porcentaje de germinación de grupos de estudio expuestos a HgCl<sub>2</sub>

CUADRO 1. GERMINACIÓN SEMILLAS FRIJOL NEGRO JAMAPA									
TIEMPO Hrs.	No. SEMILLAS	GRUPO TESTIGO		TRATAMIENTO I		TRATAMIENTO II		TRATAMIENTO III	
6	50	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
12	50	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
18	50	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
24	50	2	4%	0	0%	0	0%	0	0%
30	50	4	8%	2	4%	0	0%	0	0%
42	50	6	12%	2	4%	0	0%	0	0%
54	50	9	18%	3	6%	0	0%	0	0%
66	50	11	22%	3	6%	1	2%	0	0%
78	50	14	28%	5	10%	4	8%	1	2%
90	50	16	32%	9	18%	6	12%	1	2%
102	50	23	46%	9	18%	6	12%	1	2%

Una vez que los diferentes tratamientos sobre las semillas cumplieron los tiempos de germinación con los respectivos tratamientos de HgCl<sub>2</sub>, se midió concentración de proteínas a cada uno de los grupos de estudio, observándose un buen rendimiento para ser procesadas en PAGE-SDS. En la Grafica 1 se observa que la concentración de proteínas se redujo drásticamente al ir incrementándose la dosis de Hg a través de los diferentes tiempos de germinación (Grafica 1).

Los resultados electroforéticos mostraron perfiles proteicos diferenciales en la expresión de bandas en cada uno de los grupos. El grupo testigo expresó gran cantidad de bandas de proteínas en etapas tempranas de germinación.

Concentración proteínas de embriones de frijol con HgCl<sub>2</sub>



Grafica 1. Efecto de HgCl<sub>2</sub> en concentración de proteínas (µg/µl) de embriones de frijol y su evolución de 0 a 30 hrs: Testigo (rojo); Tratamiento I (azul); Tratamiento II (amarillo) y Tratamiento III (verde).

Una de las bandas comunes que se identificó en todos los carriles fue una banda de aproximadamente 34-36 kDa. El Tratamiento (I) 10  $\mu\text{M}$  de  $\text{HgCl}_2$ , mostraron una disminución de proteínas, a partir de 12 hrs (carril 3) y vuelven a expresarse bandas que estaban presentes a las 6 hrs, para posteriormente en 24 y 30 hrs vuelve a inhibirse la expresión de una gran cantidad de proteínas. Los Tratamientos II y III mostraron un descenso mucho mayor en la expresión de proteínas (Figura 1).

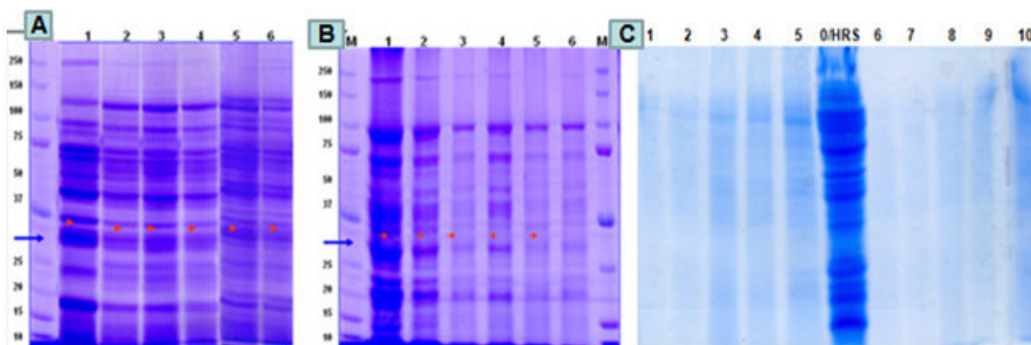


Fig. 1. PAGE-SDS 12%. (A) Testigo M-PM (BIO-RAD); 1/0hrs; 2/6hrs; 3/12hrs; 4/18hrs; 5/24hrs; 6/30hrs. (B) Tratamiento I/10 $\mu\text{M}$  de  $\text{HgCl}_2$  M-PM (carriles 1/6) y (C) Tratamiento II/20 $\mu\text{M}$ : 1/6hrs; 2/12hrs; 3/18hrs; 4/24hrs y 5/30hrs. Tratamiento III/30 $\mu\text{M}$ : 6/6hrs; 7/12hrs; 8/18hrs; 9/24hrs y 10/30hrs.

Los resultados de Western blot mostraron el reconocimiento molecular de la banda de Fibrilarina en embriones de frijol en los diferentes tiempos de germinación, como se puede apreciar en la Figura 2: A (Testigo), B (10  $\mu\text{M}$  de  $\text{HgCl}_2$ ), C (20  $\mu\text{M}$  de  $\text{HgCl}_2$ ) y D (30  $\mu\text{M}$  de  $\text{HgCl}_2$ ). La banda de Fb se observa en todos los carriles de grupo A, en B la banda va disminuyendo gradualmente, en C se observa solo en las primeras horas y en D desaparece completamente (Figura 2).

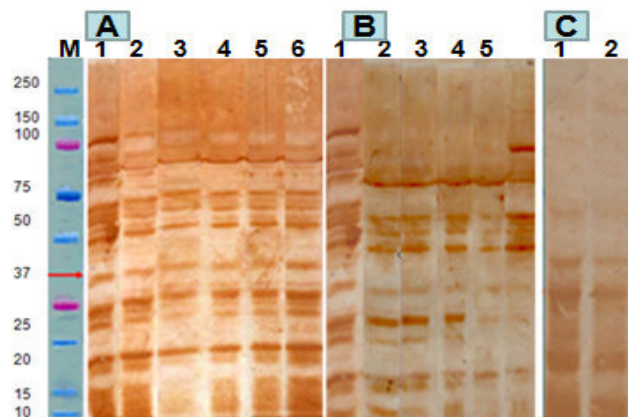


Fig. 2. Western blot (A) Testigo M-PM (BIO-RAD); 1/0hrs; 2/6 Tratamiento I/10 $\mu\text{M}$  de  $\text{HgCl}_2$  M-PM (carriles 1/6) y (C) Tratamiento II/20 $\mu\text{M}$  HgCl<sub>2</sub> : 1/6hrs; 2/12hrs; 3/18hrs; 4/24hrs y 5/30hrs. (D) Tratamiento III/30 $\mu\text{M}$  HgCl<sub>2</sub> : 1/6hrs; 2/12hrs; 3/18hrs; 4/24hrs y 5/30hrs.

Cuadro 2. Densitometría de Fibrilarina en embriones de frijol expuestos a  $\text{HgCl}_2$ , en diferentes tiempos de germinación.

Tratamientos	Carril/Tiempos	Vol. / Intensidad/cm <sup>2</sup>
Testigo	1 / 0 hrs	134.987.539
	2 / 6 hrs	126.897.755
	3 / 12 hrs	128.917.234
	4 / 18 hrs	126.235.328
	5 / 24 hrs	129.331.497
	6 / 30 hrs	135.920.108
Tratamiento I	1 / 0 hrs	129.789.947
	2 / 6 hrs	102.227.012
	3 / 12 hrs	96.646.960
	4 / 18 hrs	82.045.728
	5 / 24 hrs	64.157.534
	6 / 30 hrs	61.107.619
Tratamiento II	1 / 6 hrs	99.024.505
	2 / 12 hrs	66.094.505
	3 / 18 hrs	63.696.601
	4 / 24 hrs	60.169.968
	5 / 30 hrs	51.846.745
Tratamiento III	1 / 6 hrs	56.802.216
	2 / 12 hrs	45.589.280
	3 / 18 hrs	40.281.221
	4 / 24 hrs	40.109.571
	5 / 30 hrs	40.007.90

Una vez que se identificó la banda de Fb (34/36 kDa) por Western blot, en embriones de frijol expuestos a tres tratamientos de  $\text{HgCl}_2$ , se realizó el análisis densitométrico, el cual reportó los siguientes datos (Cuadro 2).

## Discusión

El objetivo central del estudio fue la obtención de un marcador bioquímico de contaminación por Hg, que fuera capaz de determinar toxicidad dentro de las primeras

horas de exposición. Para esto se monitoreó la expresión de Fb y en embriones en proceso germinativo de *Phaseolus vulgaris* L., sometidos a diferentes Tratamientos de HgCl<sub>2</sub>.

Los resultados obtenidos en el grupo testigo y los grupos experimentales nos permiten inferir que los metales pesados como el Hg aún en cantidades mínimas 10 µM alteran, procesos fisiológicos y moleculares básicos en las plantas que conllevan a inhibir y/o retardar la germinación como se observa en Cuadro 1.

Los datos sobre concentración de proteínas indican el comportamiento de niveles de proteínas que están siendo codificadas durante el proceso de germinación y en presencia de HgCl<sub>2</sub> y como son moduladas en respuesta a estados de estrés por este metal, causando una reducción severa (Grafica 1 y Figura 1) al ir aumentando la dosis de Hg. Las proteínas solubles disminuyeron drásticamente a través de las diferentes etapas de germinación (Grafica 1), estudios de Ericson y Alfinito (1984) proponen una baja concentración de proteínas en plantas expuestas a Hg, que coinciden a su vez con los reportes de Costa y Spitz (1997) sobre la disminución de proteínas solubles por exposición a metales pesados, Palma *et al.* (2002) sugieren que la disminución en el contenido proteico resulta de un incremento de actividades proteolíticas en respuesta a metales pesados.

Fibrilarina ha sido caracterizada en algunas especies de plantas (Pih *et al.*, 2000; Stepinski, 2009), sin embargo el presente estudio la reporta por primera vez en *Phaseolus vulgaris* L., donde se muestra que concentraciones mínimas de 10 µM HgCl<sub>2</sub> inhibieron su expresión después de 18 hrs de iniciado el proceso germinativo. Esto tiene gran relevancia en base a lo que reporta Chen *et al.* (2002) que concentraciones subtóxicas de 5 µM de HgCl<sub>2</sub> en células animales es suficiente para inducir redistribución subcelular de Fb hacia proteosomas nucleoplasmicos donde es degradada, por tanto en base a los resultados obtenidos en semillas de frijol podríamos proponer un efecto similar en células vegetales, con la diferencia que el efecto sobre Fb de plantas fue a partir del Tratamiento I (10 µM de HgCl<sub>2</sub>), en el que el tóxico provocó proteólisis, lo que conllevó a inhibir su expresión, en las subsiguientes horas, y como consecuencia alterando de manera importante la homeostasis del proceso germinativo de las semillas. Estos datos demuestran como las células vegetales presentan mayores mecanismos de tolerancia que células animales (Barceló *et al.*, 2003).

En células vegetales, no se encontraron reportes sobre efecto de mercuriales a nivel molecular en etapas tempranas de germinación, los trabajos disponibles en la literatura científica se orientan sobre toxicidad en germinación, crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo principalmente (Navarro, *et al.*, 2006), tampoco existen datos en literatura científica sobre el uso de un biomarcador de contaminación por Hg en etapas tempranas de germinación que involucren la expresión o inhibición de proteínas como marcadores bioquímicos.

Los ensayos de Western blot, demostraron la reactividad del suero humano anti-Fb en sistema de plantas reconociendo el péptido de 34-36 kDa así como de otras bandas, esto comprueba la conservación evolutiva de Fb en organismos eucariotes (Guiltinan *et al.*, 1988), lo que concuerda con reportes de Cerdido y Medina (1995) quienes demuestran que anticuerpos anti-Fb reconocen proteínas de 34 a 36 kDa en plantas, el anticuerpo policlonal de Fb humana utilizado en esta investigación mostró reconocimiento contra péptidos de embriones de frijol, con ello se demuestra la capacidad reactiva del anticuerpo en ambos sistemas y de la presencia de antígenos

equivalentes. Tal reconocimiento nos indica que el anticuerpo reconoce estructuras o epítopes conservados.

Con tales resultados y para tener elementos en la interpretación de los datos al revisar la literatura encontramos reportes de Takeuchi *et al.* (1996), quienes citan que el HgCl<sub>2</sub> tiene como blanco molecular a la proteína Fb, el mecanismo por el cual el HgCl<sub>2</sub> tiene gran selectividad por esta molécula en particular, es aún incierto, Pollard *et al.* (2000) sugieren que la interacción de Fb con HgCl<sub>2</sub> se da a través de los residuos de cisteínas, que presentan grupos -SH, y por los cuales el Hg alta afinidad, la desestabilización de Fb induce muerte celular como resultado de su proteólisis, en virtud de que la proteína es requerida en una serie de eventos celulares y moleculares básicos en los sistemas biológicos, así mismo Chen y von Mikecz (2005) han propuesto que la unión de Hg inorgánico a las cisteínas de Fb, resultan en una alteración de la estructura tridimensional de la proteína que estimula su degradación hacia proteosomas.

Estos resultados permiten poner de manifiesto que Fb suele ser un blanco directo del Hg, provocando alteración en su estructura conformacional, y por tanto pérdida de su funcionalidad que conlleva a la supresión de actividades moleculares y fisiológicas básicas en las cuales está involucrada, aún cuando su función estrictamente en germinación no ha sido clarificada, los efectos observados a concentraciones de 10 µM HgCl<sub>2</sub> y su corto tiempo de exposición en las semillas fue suficiente para inhibir la expresión de la proteína (datos mostrados en ensayos de Western blot), esto indica su gran potencial para ser utilizada como biomarcador bioquímico de toxicidad por Hg.

### Conclusiones

- Se identificó la presencia de Fb por primera vez en *Phaseolus vulgaris L.*, en etapas tempranas de germinación.
- Se demostró que concentraciones mínimas de 10 µM de HgCl<sub>2</sub> suprimen la expresión de Fb a partir de 18 hrs de exposición en semillas de frijol.
- Podemos establecer por los resultados presentados en el presente estudio que la expresión de la proteína Fb puede ser considerada como un marcador bioquímico de contaminación por mercurio.

### Bibliografía

- Barceló, J. y Poschenrieder, C. 2003. Phytoremediation: principles and perspectives. *Contributions to Science* 2 (3):333-344.
- Cerdido A., Medina F.J. 1995. Subnucleolar location of fibrillarin and variation in its levels during the cell cycle and during differentiation of plant cells. *Chromosoma*. 103: 625-634.
- Costa, G., and Spitz E. 1997. Influence of cadmium on soluble carbohydrates, free amino acids, proteins content of *in vitro* cultured *Lupinus albus*. *Plant Sci*. 128:131.
- Chen, M., Rockel, T., Steinweger, G., Hemmerich, P., Risch J., von Mikecz, A. 2002. Subcellular Recruitment of Fibrillarin to Nucleoplasmic Proteasomes: Implications for Processing of a Nucleolar Autoantigen. *Molecular Biology of the Cell*. 13: 3576.
- Chen, M. and von Mikecz, A. 2005. Xenobiotic-induced recruitment of autoantigens to nuclear proteasomes suggests a role for altered antigen in Scleroderma. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1051: 382-389

- Ericson, M.C. and Alfinito, A.E. 1984. Proteins produced during salt stress in tobacco cell cultures. *Plant Physiol.* 74:506-509.
- Guiltinan, M.J., Schelling, M.E., Ehtesham, N.Z., Thomas, J.C., and Christensen, M.E. 1988. The nucleolar RNA-binding protein B-36 is highly conserved among plants. *Eur J Cell Biol* 46, 547-553.
- Howe G. and Merchant S.1992. Heavy Metal-Activated Synthesis of Peptides in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant Physiol.* 98:127-136.
- Nambara E, Naito S, McCoort P. (1992). A Mutant of *Arabidopsis* wich is Defective in Seed Development Storage Protein Accumulation is a New *abi3* Allele. *The Plant J* 2(4):435-441.
- Navarro, A.R., Arrieta R.G., y Maldonado M.C. 2006. Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. *Rev. Toxicol.* 23:125-129.
- Palma, J.M., Sandalio, C.F., Romero-Puertas M.C. 2002.Plant Proteases protein degradation and oxidative stress: role of peroxisomes. *Plant Physiol Bioche.* 40:521-530.
- Pih, K. T., Yi M.J., Liang Y.S., Shin B.J., Cho. M.J., Hwang I., Son D. 2000. Molecular Cloning and Targeting of a Fibrillarlin Homolog from *Arabidopsis*. *Plant Physiology.* 123: 51-58
- Pirrone N., Costa P., Pacyna J.M., Ferrara R. 2001.Atmospheric mercury emissions from anthropogenic sources in the Mediterranean Región. *Atmos. Environt.* 35: 2997-3006.
- Pollard, K. M., Lee, D. K. Casiano, C. A., Bluthner, M., Johnston, M. M. and Tan E. M.1997.The Autoimmunity-Inducing Xenobiotic Mercury Interacts with the Autoantigen Fibrillarlin and Modifies Its Molecular and Antigenic Properties. *The Journal of Immunology.*158, 3521-3528.
- Pollard, K. M., Pearson, D. L. and Tan E. M. 2000. Proteolytic Cleavage of a Self-Antigen Following Xenobiotic-Induced Cell Death Produces a Fragment with Novel Immunogenic Properties *The Journal of Immunology.*165, 2263–2270.
- PNUMA. 2002. Evaluación Mundial sobre el Mercurio (Hg). Ginebra Suiza. (Versión español publicada Junio 2005) p.p. 2:32-53; 3:70-92; 4: 113-137.
- Sipter E., Auerbach R., Katalin G., Gabriella Mathe-Gaspar G. 2009. Change of bioacumulation of toxic metals in vegetables. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 40:285-293.
- Stepinski D. (2009) Immunodetection of nucleolar proteins and ultrastructure of nucleoli of soybean root meristemetic cells treated with chilling stress and after recovery. *Protoplasma.* 235: 77-89.
- Takeuchi, M., Rothe, M. and Goeddel, D. V. (1996). Anatomy of TRAF2. Distinct domains for nuclear factor-kappaB activation and association with tumor necrosis factor signaling proteins. *J. Biol. Chem.* 271, 19935-19942.
- Towbin H, Staehelin T, Gordon J (1979). La transferencia electroforética de las proteínas desde geles de poliacrilamida a láminas de nitrocelulosa: procedimiento y algunas aplicaciones. *Proc Natl Acad Sci EE.UU.* 76:4350-4354
- Towbin, H. and Gordon, J. 1984. Immunoblotting and dot immunobinding. *Curret status and outlook. J. Immunol. methods* 72, 312.

## **TOMO VI. TECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

### **PRIMERA PARTE**

#### **ÍNDICE**

##### **EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DE CONCRETOS SUSTENTABLES EN AGUA DE MAR**

G. Santiago-Hurtado, Balderas H. P, G. Roa-Morales, R. Galván-Martínez, R. Orozco-Cruz, M. A. Baltazar-Zamora.....2412

##### **EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DE CONCRETOS SUSTENTABLES EXPUESTOS A UN SUELO MARINO SP**

G. Santiago-Hurtado, Balderas H. P, G. Roa-Morales, R. Galván-Martínez, R. Orozco-Cruz, M. A. Baltazar-Zamora.....2421

##### **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO ACOPLADO AL TRATAMIENTO ELECTROQUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR**

Bailón Martínez A., Pavón Silva T., Roa Morales G., Ibañez Cornejo J.....2430

##### **OXIDACIÓN ELECTROQUÍMICA DE REMAZOL AMARILLO EN FUNCIÓN DEL pH EN AGUA USANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Pavón Silva T., García Silva Ma. G., Quintero Mayo M.....2437

##### **CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE CON COLECTORES SOLARES PLANOS Y FLUJO DE AIRE.**

Gutiérrez Á.J., Flores L.V., Palacios O.R, Castellanos M.C.....2443

##### **EVALUACIÓN DE DOS EXPERIENCIAS EN COSECHA DE AGUA DE LLUVIA EN CALAKMUL, CAMPECHE**

Cruz T. A.E., Villavicencio L.F.....2452

##### **DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMÁTICO PARA MONITOREAR EL FLUJO DE AGUA EN LA ZONA NO SATURADA**

Salas-García J., Gárfias-Soliz J., Pérez-Merlos J.C. y Llanos-Acebo H.J...2460

##### **OPERACIÓN DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE BIOMASA SUSPENDIDA (MBBR).**

ARCE E. I., GONZÁLEZ G. S., GÓMEZ M. M. E., HURTADO B. L., PORCAYO L. A. D., RAMÍREZ C. B. E., TIBURCIO H. J. I., DURÁN M. A.....2468

##### **MODELACIÓN DE UN DIGESTOR AEROBIO**

Martínez G. C. G, Fall C, Olguín G. M. T. ....2475

##### **EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CERVECERA MEDIANTE REACTORES UASB**

Ortiz, J.G.; Carbajal, A. J.; Castellanos, M. C.; y Cortés, B. E.....	2681
<b>REHÚSO DE ANTENAS PARABÓLICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUFAS SOLARES</b> Ortiz G. M., Morales D. V. J, y Alavéz R. R.....	2687
<b>FACTORES AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS BROTES Y EL POSIBLE COMPORTAMIENTO DE LOS DESCORTEZADORES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.</b> Barrientos J. E., Sánchez M. G., Hermosillo R. D.....	2692
<b>SIMULACIÓN MULTIFISICA DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN EN UN HORNO DE INCINERACIÓN DE LODOS RESIDUALES DE UNA PTAR</b> Borja Salín Manuel, Jiménez Núñez María de la Luz, Estrada Moreno Julio Cesar, Cortes García Ivonne, Cuellar Robles Fredy.....	2697
<b>PRODUCCIÓN DE BIODIESEL MEDIANTE LA REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN DE UN ACEITE DE COCINA DE DESECHO UTILIZANDO SONICACIÓN DIRECTA.</b> Mateos M.M, Nava M.R. y Koopmans V.M.....	2703
<b>OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA</b> Crespo P.L, Bernal M.A, Cuevas R.G.....	2709
<b>PRODUCCION DE LECHE ECOLOGICA EN EL NORTE DE MEXICO GANADORA DEL PREMIO NACIONAL AGROALIMENTARIO</b> ESPINOZA PRIETO. J.R., LUJAN SAENZ E., QUINTANA MARTINEZ. R.M., GUTIERREZ OLIVAS, A.C., QUINTANA SALCIDO, M.A.....	2716
<b>FERMENTACIÓN DE DESECHOS QUITINOSOS Y OBTENCIÓN DE COMPUESTOS DE INTERÉS BIOTECNOLÓGICO COMO ALTERNATIVA A LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES DE ORIGEN ORGÁNICO</b> Jiménez A.S.E, Amador M.A, Nuñez. G. O, Ramírez. C. L. P.....	2723
<b>BAGAZO DE AGAVE: REFUERZO EN UN MATERIAL COMPUESTO</b> Hernández - Cocoltzi H., Esparza - Ibarra E., Rubio - Rosas E., Tapia - Rosales M.....	2729
<b>TECNOLOGIA Y BIOTECNOLOGIA – HERRAMIENTAS PARA MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LOS RECURSOS NATURALES</b> Suárez M. O. E. Bustamante C.M.A.....	2735
<b>ALCANCES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ECOTECNIAS EN EL EDIFICIO CETRAM PERIFÉRICO CON FINES AUTOSUSTENTABLES</b>	



## BAGAZO DE AGAVE: REFUERZO EN UN MATERIAL COMPUESTO

Hernández-Cocoletzi H<sup>1,\*</sup>, Esparza-Ibarra E<sup>2</sup>, Rubio-Rosas E<sup>3</sup>, Tapia-Rosales M<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Faculta de Ingerniería Química BUAP, avenida San Claudio y 18 sur S/N edificio 106A CU San Manuel, Puebla México, <sup>2</sup>unidad Académica de Ciencias Biológicas UAZ, Avenida Preparatoria S/N Col. Hidráulica Zacatecas México <sup>3</sup>Centro Universitario de Vinculació BUAP, Prol. 24 sur S/N CU San Manuel Puebla México.

\*Tel: 01 2222295500 ext. 7250, Email: heribert@ifuap.buap.mx

*Palabras clave: Agave, Material Compuesto, Fibra Natural*

### Antecedentes

Zacatecas es uno de los estados de la república mexicana con mayor producción de mezcal; Oaxaca, Guerrero y San Luis Potosí son también grandes productores. Estos estados cuentan con una tradición milenaria en la producción de la bebida. En México existen más de 272 especies de Agave, las más utilizadas en la industria del mezcal son: *Agave Agave*, *Agave Weberi*, *Agave Cera*, *Agave Potatorum*, *Agave Esperrima* y *Agave Salmiana* [1]. Cuando la planta llega a su madurez se cosecha y se cortan las hojas, se deja solamente el corazón o piña, la cual se cuece y después se muele para extraer el jugo, este último paso genera grandes cantidades de bagazo [2]. Tan sólo en el año 2010 esta industria produjo cerca de 257.4 millones de litros de mezcal. Por cada litro se produce aproximadamente 1.5kg de bagazo, por consiguiente se generaron 3,861 toneladas de bagazo, según datos del Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM). El alto contenido de azúcares residuales, de celulosa, de lignina y de hemicelulosa y su alta resistencia a la degradación, origina que el bagazo almacene largos periodos de tiempo provocando contaminación, superficial, visual y de aire. Por otro lado, debido a las ventajas mecánicas, ambientales y económicas que ofrecen los materiales compuestos ha surgido desde hace años un particular interés por incluir fibras naturales como refuerzo. Una de estas fibras es la que proviene del bagazo del *Agave Salmiana*, resultado del proceso de la industrialización del mezcal en el estado de Zacatecas. La implementación de esta fibra como refuerzo tiene como inconvenientes su carácter hidrófilo y la presencia de ceras y aceites lo cual la hace incompatible con algunos polímeros utilizados como matriz [3]. Este problema eventualmente puede resolverse mediante un tratamiento alcalino con NaOH pues produce rugosidades en la superficie de la fibra, removiendo cierta cantidad de lignina, ceras y aceites, mejorando la adhesión entre la fibra y la matriz [4]. Además, la principal característica de la fibra de bagazo de *Agave Salmiana* es su contenido de celulosa que es aproximadamente del 43%, cualidad que la hace óptima para utilizarla en la preparación de materiales compuestos [5,6].

## Objetivos

### General

Obtener un material compuesto a base de fibras del bagazo de *Agave Salmiana* y polipropileno.

### Específicos:

- Modificar la superficie de las fibras de bagazo de *Agave Salmiana* mediante tratamiento alcalino con NaOH y caracterizarlas por medio de SEM, FT-IR.
- Elaborar probetas por medio de inyección, bajo regulaciones de la norma ASTM-D-1708.
- Evaluar la resistencia a la tensión de las probetas obtenidas.

## Metodología

El bagazo de *Agave Salmiana* proviene de la mezcalera “Saldaña” ubicada en el municipio de Pinos, Zacatecas, México. Se lavó con agua destilada a una temperatura de 50°C durante 1h, posteriormente se secó a una temperatura de 70°C durante 4.5 h. Este procedimiento permitió obtener la fibra, la cual fue pulverizada en una licuadora convencional obteniéndose partículas de longitud menor a 1 cm. La modificación de la superficie de la fibra se llevó a cabo en una solución de NaOH 1M durante 4 h. Posteriormente se lavó con abundante agua destilada y se secó a una temperatura de 70 °C. Partículas de fibra natural y con tratamiento alcalino fueron tamizadas con mallas metálicas del número 30, 50, 100, 150. Las probetas se elaboraron mezclando polipropileno y fibra (natural y con tratamiento alcalino) al 10%, 20% y 30% en peso de fibra con diferentes tamaños de partícula obtenidos con las mallas 30, 50, 100 y 150, en una inyectora de plásticos de laboratorio, con capacidad para un gramo. Para ello se fundió el polipropileno isotáctico de densidad 0.9 g/cm<sup>3</sup>, durante dos minutos, a una temperatura de 175°C; posteriormente se agregó la fibra dejando mezclar durante seis minutos más. La mezcla se inyectó en un molde metálico con dimensiones establecidas en la norma ASTM-D-1708, el cual se encontraba a una temperatura de 125 °C. Se elaboraron tres probetas por cada concentración de fibra natural y con tratamiento alcalino; además, se elaboraron 3 probetas de polipropileno puro. La caracterización tanto del bagazo como del material compuesto se llevó a cabo mediante microscopía óptica (Carl Zeiss, modelo AxioScope), microscopía electrónica de barrido (JEOL, JSM-6610LV, a 20 kV), espectroscopía de infrarrojo (BRUKER, VERTEX 70/70v) y resistencia a la tensión (SHIMADZU, AGS-J).

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran imágenes con fragmentos de fibra de bagazo de *Agave Salmiana*. En a) se observa que las fibras son de color café oscuro y que a su vez están

constituidas por fibrillas (Figura 1a) más pequeñas en su interior de color café oscuro, la longitud de las fibras interiores varía de 13 a 30µm. El tratamiento alcalino propicia que la superficie de la fibra se haga rugosa. Las partículas tamizadas con la malla 150 tienen forma aproximadamente rectangular cuyo lado más grande varía de 100a 250 µm. Formas semejantes y de longitud más pequeña se obtuvieron con mallas más grandes.

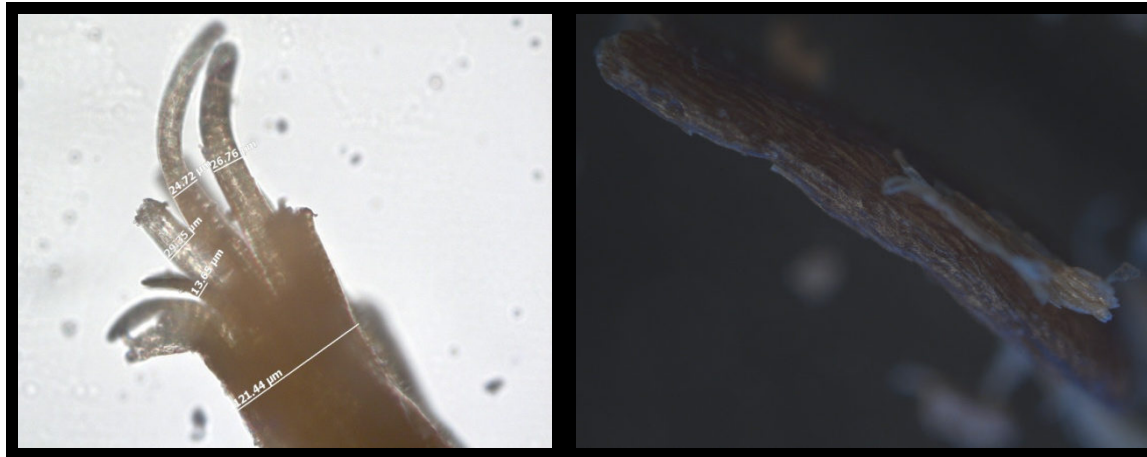


Figura 1. Fragmentos de fibra de bagazo de *Agave Salmiana*, a) sin, b) con tratamiento alcalino.

La Figura 2 contiene micrográficas de los fragmentos de las fibras con tratamiento alcalino en la que claramente se observan las pequeñas fibrillas características de las fibras naturales, además de la rugosidad generada por el NaOH lo cual propicia un mejor amarre mecánico entre la fibra y el polipropileno, es decir, se espera un incremento en las fuerzas de fricción en la interface fibra-polipropileno [39]. Además, algunas fibrillas son tubulares formando espirales (Figura 2a) y algunas otras de sección transversal rectangular (Figura 2b) constituidas principalmente por Calcio [7].

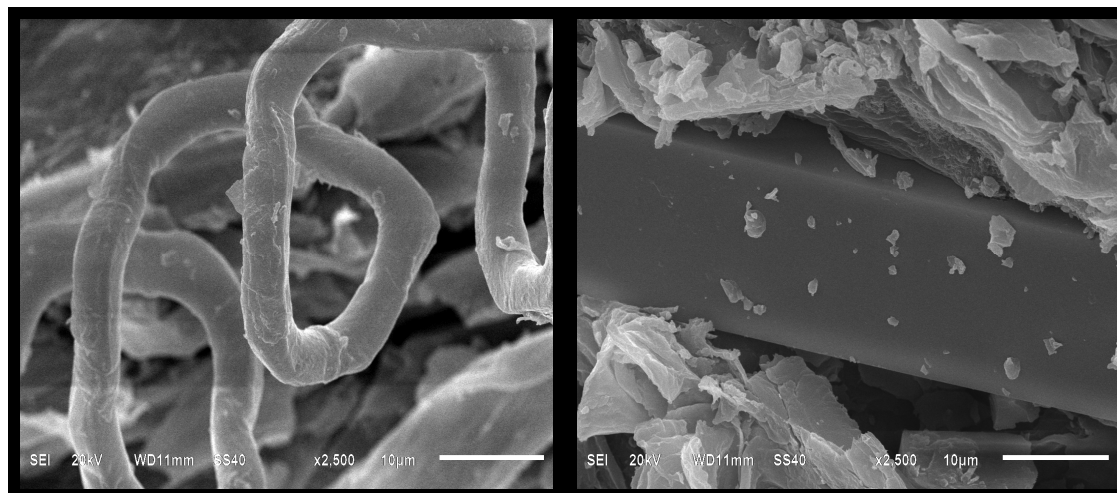


Figura 2. Diferentes estructuras presentes en la fibra natural a) espiral y b) rectangular.

En la Figura 3 se presentan los espectros de infrarrojo de la fibra natural y con tratamiento. El espectro correspondiente a la fibra natural tiene la banda con un máximo en el número de onda  $3332\text{ cm}^{-1}$  correspondiente al grupo funcional OH que nos corrobora la presencia de celulosa y hemicelulosa; las bandas presentes en  $2930\text{ cm}^{-1}$  y  $1989\text{ cm}^{-1}$  son asignadas al modo de vibración del enlace C-H presente en la cadena alifática de la lignina; la banda con señal de  $1609\text{ cm}^{-1}$  y la banda presente en  $1430\text{ cm}^{-1}$  corresponde a enlaces C-C correspondientes a los anillos aromáticos de la lignina mientras que la banda a  $1240\text{ cm}^{-1}$  corresponde a grupos éteres también de la lignina. Las bandas de absorción con números de onda menores a  $1028\text{ cm}^{-1}$  son asignadas a enlaces C-O. Los principales cambios originados por el tratamiento alcalino son la desaparición del grupo aldehído (CHO) y de los enlaces C-C de los anillos aromáticos de la lignina.

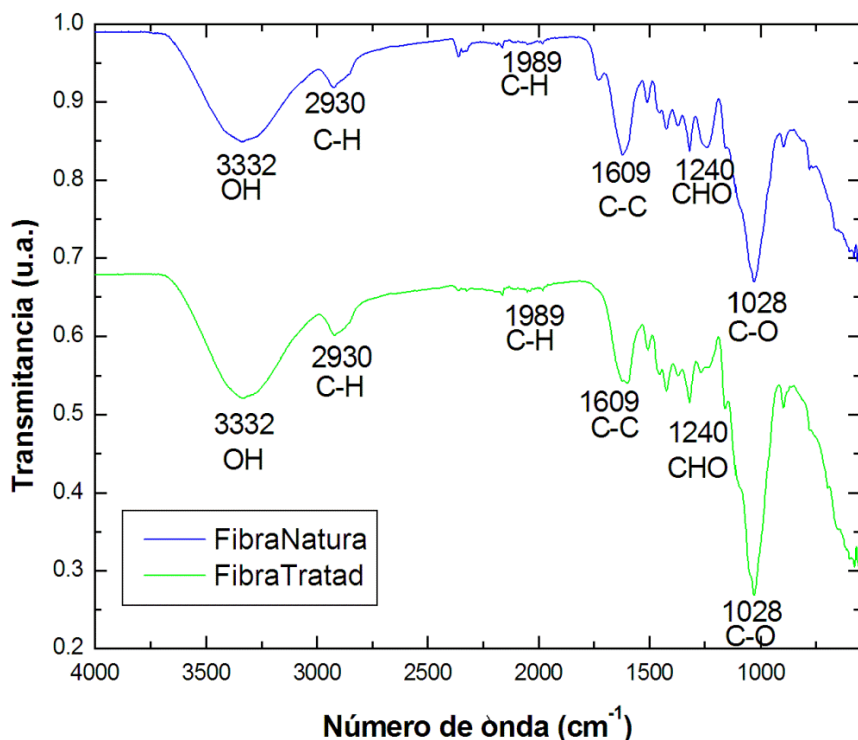


Figura 3. Espectros de infrarrojo de la fibra de bagazo de *Agave Salmiana* a) natural y b) con tratamiento alcalino

Los resultados de esfuerzo de tensión (Figura 4) nos muestran que la probeta con carga de fibra natural que más favoreció la resistencia al esfuerzo a la tensión ( $9.770\text{ MPa}$ ) es la que contiene 10% de fibra y malla 150, la que contiene 20% de fibra y tamaño de malla 100 tiene una resistencia a la tensión ligeramente menor ( $9.703\text{ MPa}$ ). La probeta con carga de fibra con tratamiento alcalino que mayor resistencia al esfuerzo de tensión presenta es la que contiene 10% de fibra y tamaño de malla 50 ( $11.467\text{ MPa}$ ), superior a la máxima obtenida con fibra sin tratamiento, es decir, se consigue el efecto de aumentar este parámetro confirmando que efectivamente hay un mejor amarre mecánico entre la fibra y el polipropileno. Debe notarse también que el material compuesto supera al polipropileno puro.

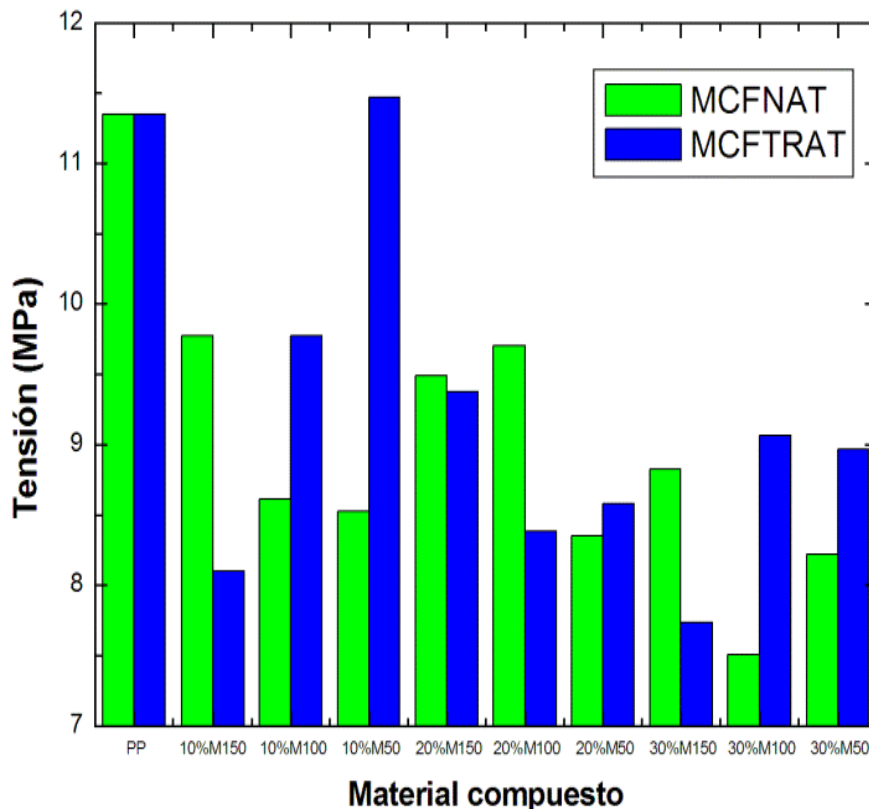


Figura 4. Resistencia al esfuerzo de tensión de las probetas de fibra de bagazo de *Agave Salmiana* y Polipropileno.

### Conclusiones

En el presente trabajo se elaboró un material compuesto con fibras de bagazo de *Agave Salmiana* y polipropileno (PP) por medio de inyección. Se elaboraron probetas con dimensiones establecidas en la norma ASTM-D-1708 para llevar a cabo estudios de resistencia al esfuerzo de tensión, agregando en la inyectora 10, 20 y 30% en peso de fibra natural y con tratamiento alcalino y diferente tamaño de partícula. Se demostró que las fibras contienen lignina, hemicelulosa y carbonato de calcio. El tratamiento alcalino favorece el amarre mecánico entre las fibras y el polipropileno. Las probetas con 10% y 20% en peso de fibra presentaron 20% mayor resistencia a la tensión que las probetas con 30% en peso. Finalmente, el presente trabajo es una alternativa de uso que podría beneficiar a los productores de mezcal, para brindar un beneficio económico y reducir el impacto ambiental que significa este tipo de subproductos. Los resultados obtenidos en este trabajo son aprovechables para posteriores diseños de materiales reforzados con fibras lignocelulósicas disponibles en nuestro país

Agradecimientos: Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por PROMEP México.

## Bibliografía

[1]Aguirre R.J., Charcas S. y Flores J.L., (2001). “El Maguey Mezcalero Potosino”. Consejo de Ciencia y Tecnología, Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. pag 87.- S.L.P, México.

[2]Aguirre R.J. (2001). “El Maguey Mezcalero Potosino” .Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología .Gobierno del Estado de San Luis Potosí.

[3]Basurto F. (1982). “Huertos familiares en dos comunidades nahuas de la Sierra Norte de Puebla: Yancuictlalpan y Cuauhtapanaloyan”, Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F., p.120-128.

[4]Xue L., Lope T., Satyanarayan P., (2007), “Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: a review”, Department of agricultural and bioresource engineering, University of Saskatchewan, 57 Campus Drive, Saskatoon, SK Canada, p.25-32.

[5]Moya M., Durán M. y Sibaja M. (1990), “Obtención de derivados celulósicos”, Congreso nacional de ciencias y tecnología de la química. Costa Rica, p.169-174.

[6]Alvarado P., Quesada K., Sibaja R. y Vega J. (2005), “Utilización de las fibras de rastrojo de piña como material de refuerzo en resinas de poliéster”, Revista Iberoamericana de Polímeros, Costa Rica, p.157-163.

[7]Munguía Pérez E., “Caracterización Microestructural de la Fibra de Bagazo de Agave Mezcalero de las Especies Salmiana y Weberi Cela” (2011) Tesis de licenciatura, Puebla, Pue

## **TOMO VI. TECNOLOGIA Y BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

### **SEGUNDA PARTE**

#### **ÍNDICE**

##### **AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS TERMÓFILAS DE AGUAS TERMALES PRODUCTORAS DE POLIMERASAS TERMOESTABLES.**

Campos, M. R., Serrano, Á. L. I, Rodríguez, B. MÁ., Romero, R. Y., Toribio, J. Y.....2811

##### **AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL AISLADAS DE JALES DE MINAS DE ZIMAPAN HIDALGO.**

Mendoza H. J. C., Palma H. D. B., Cardos T. K. L., Pérez O. G., Arriola M. J.....2817

##### **CONSORCIOS FOTOSINTÉTICOS DULCEACUÍCOLAS ACUMULADORES DE LÍPIDOS COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÉTICOS**

Almanza E. M.V., Vargas Z. M.M., González C. J., Ramírez R. F.S., Ramírez J. B.B., Sevilla V. N.M., Valdez V. I.y Francia P. D.....2825

##### **DISMINUCIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

Carbajal P. P., Balderas H. P, Ibáñez T. J.y Roa M.G.....2832

##### **FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO DE UN EFLUENTE NATURAL (RÍO VALLES) POR *Phragmitesaustralis***

Jonguitud C. A. K., Varela M. L.Y. , Carranza Á. C. , Hernández B. D , Medellín M. P. , Zabala C. D.....2837

##### **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS SOXHLET Y MICROONDAS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DEL HUESO DE MANGO.**

Cruz V, V., Muñoz N. C., Salazar L. L., González L- M., Pedraza A. G.....2843

##### **EL PEDREGAL: CENTRO DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

Ruíz B. J. A.....2851

##### **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS BACTERIAS ANAEROBIAS PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN AGUA RESIDUAL SINTÉTICA**

Zetina T. P.E, Gallegos G. M. ....2857

**EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DE CONCRETOS ELABORADOS CON MATERIALES ALTERNOS EN SOLUCION DE 3.5% DE NaCl**

G. Santiago H., Balderas H. P., G. Roa M., C. Gaona T., F. Almeraya C., M. A. Baltazar Z.....2922

**REHABILITACIÓN DE UNA PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL, MAZATLAN VILLA DE FLORES, OAXACA**

Salazar V M C T, Chavarría S. L I, Rivera M M, Arteaga M M, Castillo G L A y Martínez R J.....2929

**ESTUDIO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN PLANTAS DE MELÓN (*Cucumismelo*) Y SANDÍA (*Citrulluslanatus*)**

Cedillo A. M. E., Cortés P. L., Pineda Ch. G., Aguilar P. N. G., Melgoza C. A. y Alarcón H. M. T.....2936

**AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN DESCONTAMINADA POR COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN Y ELECTROCOAGULACIÓN.**

Pérez G. P., Salgado J. L., Hernández A. F., Zayas P. T.....2944

**PRODUCCIÓN DE ETANOL, ACEITE Y BIODIESEL UTILIZANDO ALGAS**

Delgadillo R. L., Román B. G. F., Rodríguez H. G., Cabral A. F. J. y Esparza I. E. L.....2954

**HIPERACUMULACIÓN INDUCIDA DE ORO, PLATA Y METALES PESADOS CON *Brassica rapa* (L.) CULTIVADA EN DESECHOS DE MINA**

Delgadillo R. L.; Gallegos F. P. I.; Cabral A. F. J.; Huerta G. J. y Esparza I. E. L.....2960

**REMOCIÓN DE Cu<sup>2+</sup> y Ni<sup>2+</sup> UTILIZANDO HUESO DE PESCADO**

Salinas D. R.A., Hernández C. H., Águila A. E., Rubio R. E.....2967

**MECANISMOS DE BIOTRANSFORMACIÓN DEL ENDOSULFAN DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN POR *Ocimumbasilicum***

Delgado T. E., Villegas C. S., Rodríguez S. R. Yáñez Z. R., Martínez R. AB., Velázquez F. J. B.....2975

**ELABORACIÓN DE UN SISTEMA PARA CUANTIFICAR Pb(II) EN AGUA CONTAMINADA, UTILIZANDO ELECTRODOS DE PASTA DE CARBONO MODIFICADOS POR PIMIENTA XANTATADA**

Palma A. E., Roa M. G., Ramírez S. Ma. T.; Balderas H. P.....2982

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE DEGRACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS VEGETALES POR INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE *Eiseniafoetida***

González P. T. I., Sánchez-Salinas E. Ortiz-Hernández. M. L.....2990



## PRODUCCIÓN DE ETANOL, ACEITE Y BIODIESEL UTILIZANDO ALGAS

Delgadillo R. L.<sup>1</sup>, Román G. F.<sup>1</sup>, Rodríguez H. G.<sup>1</sup>, Cabral A. F. J.<sup>1</sup> y Esparza I. E. L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología y Ciencias Ambientales. Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Av. Preparatoria s/n. Col. Hidráulica. C.P. 98000. 01 (492) 9250007. [edgarzac@gmail.com](mailto:edgarzac@gmail.com)

*Palabras clave: Algas, etanol y biodiesel.*

### Antecedentes

El uso masivo de combustibles fósiles, ha generado diversos y graves problemas ambientales, entre ellos el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero y principalmente las emisiones de CO<sub>2</sub> en el medio ambiente, diversas organizaciones ambientales han concientizado a los gobiernos de todo el mundo para imponer restricciones a la quema de combustibles fósiles, con el fin de reducir las emisiones de estos gases y el calentamiento global. La búsqueda de nuevas alternativas para disminuir estos problemas, ha llamado la atención el uso de algas como una fuente prometedora para la producción de biocombustibles de segunda generación, así como de otros subproductos como el etanol. Las algas pueden encontrar ampliamente distribuidas en la biósfera (especialmente en zonas acuáticas) adaptadas a una gran cantidad de condiciones. Para su desarrollo requieren de agua, luz, CO<sub>2</sub>, macronutrientes (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg y S), micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Co, B, Br, Cl, Si, I, Sr, Rb, Al y Na) y vitaminas: B<sub>12</sub> (cianocobalamina), B<sub>1</sub> (Tiamina) y biotina. Una de las características importantes de las algas es que contienen un gran porcentaje de ácidos grasos (hasta un 40% de su peso seco), contenidos en las membranas o en productos de almacenamientos, los cuales pueden ser convertidos en biodiesel.

En los años de 1978 a 1996 en EUA, a través del programa “the Aquatic Species” se investigó cuáles serían las especies de algas más prometedoras apropiadas para la producción de biodiesel, el cual concluyo, que no hay una cepa o una especie de alga que sea la mejor en términos de producción de aceite para biodiesel, pero se menciona que las más prometedoras son las diatomeas y en segundo lugar las algas verdes, por ejemplo *Botryococcus braunii*. Existen otras especies de algas que potencialmente pueden ser utilizadas en la producción de biodiesel por su alto contenido de aceites: *Scenedesmus dimorphus*, *Bacilliarophyta (diatomea)*, *Spirogyra sp.*

Dentro de los sistemas para el cultivo de algas, existen básicamente dos sistemas: 1) Cultivo de algas en sistema abierto. 2) Cultivo de algas en sistema

cerrado: Existen 3 variantes; a) *Crecimiento de algas en invernadero*, b) *Foto-biorreactor en garrafrones* y c) *Foto-biorreactor en forma horizontal y vertical*. En los sistemas cerrados existe una menor probabilidad de contaminación por especies no deseadas, el rendimiento del cultivo es mucho mayor, y existe un mayor control de las condiciones de crecimiento, para este tipo de sistemas es importante mantener condiciones de esterilidad; desde su instalación y desarrollo del inoculo (cepa o especie de algas), agua, nutrientes, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etc., para evitar su contaminación.

Uno de los principales usos de las algas es la obtención de alcohol, extracción de aceites y producción de biodiesel.

La obtención de alcohol se realiza mediante el proceso de fermentación de las algas como *Chlorella*, *Dunaliella*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus* y *Spirulina* contienen una gran cantidad de almidón y glicógeno (50% de su peso en seco), los cuales son materias primas para la producción de Etanol. En el caso de las algas, la química de la fermentación es la derivación del CO<sub>2</sub> del aire que penetra en las algas y luego es convertido en almidones y sus derivados, estos productos son convertidos en glucosas y fructosas (azucares) que durante el proceso de fermentación, los azucares se transforman en alcohol etílico y CO<sub>2</sub> de acuerdo a la fórmula:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 \uparrow$ .

Para la extracción de aceites es necesario la acumulación de lípidos en las algas, esta acumulación se logra durante periodos de stress ambiental (crecimiento con bajas condiciones de nutrientes, baja concentración nitrógeno, aumentar o disminuir la temperatura, pH, inanición, cambios de luminosidad, exposición a UV, agregar azúcar, agregar almidón, etc.) La extracción del aceite de las algas básicamente es extraer el alga de su medio de cultivo (a través de algún proceso de separación adecuado) y posteriormente usar las algas húmedas para extraer el aceite.

La producción de biodiesel, se genera a partir de: un aceite (vegetal, algas o animal) y alcohol. Para obtención de biodiesel a partir de algas primero se debe extraer el aceite, después se extrae el alcohol y posteriormente mediante un proceso químico llamado transesterificación se obtiene el biodiesel, como lo esquematiza la figura 1. En comparación con otros vegetales las algas son las que más rendimiento para la producción de biodiesel y etanol.

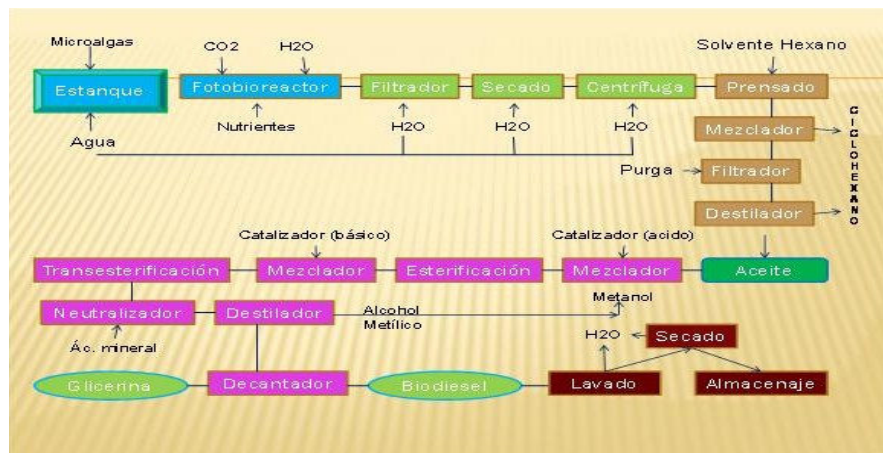


Figura 1. Proceso de elaboración de biodiesel

El proceso de transesterificación consiste en reemplazar el glicerol de los aceites y sustituirlo por un alcohol simple de bajo peso molecular, como el metanol o el etanol, de forma que se produzcan ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos, como se muestra en la figura 2, para lograr la reacción se requieren temperaturas entre 40 y 60 °C, así como la presencia de un catalizador, que puede ser sosa (NaOH) o potasa cáustica (KOH).

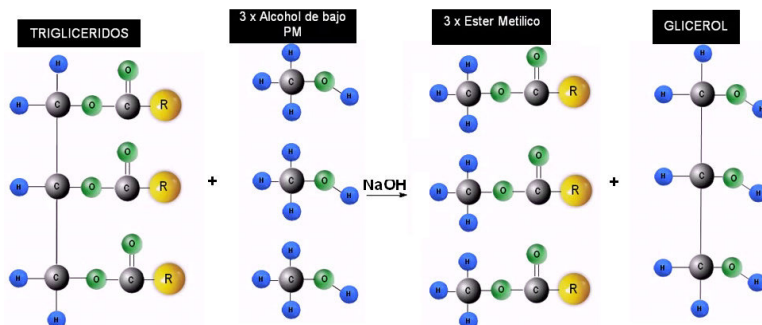


Figura 2. Reacción de transesterificación

## Objetivo

A partir de cultivos de algas en foto-biorreactor en garrafones, generar etanol y biodiesel.

## Metodología

Obtención de alcohol mediante fermentación de las algas.

Para 1 L de cultivo de alga: Se utilizó un inóculo de alga *Spirulina* (en condiciones estériles), 2 gr de ácido cítrico, 2 gr de ácido ascórbico, 500 gr de azúcar de mesa y 2 gr de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*). El cultivo se creció en un sistema cerrado tipo *Foto-biorreactor en garrafrones* como se observa en la figura 3. Posterior a un tiempo de 96 horas las algas convierten los sustratos en etanol.

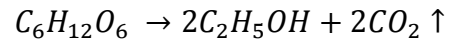


Figura 3. Fermentación de las algas en Foto-biorreactor en garrafrones

## Extracción de aceites a partir de algas

El cultivo de algas fue sometido a un periodo de stress ambiental, las algas fueron separadas del medio de cultivo y mediante la extracción por arrastre de vapor de agua, como se muestra en la figura 4, se obtuvo el aceite.



Figura 4. Proceso de extracción de aceite de alga por arrastre de vapor de agua.

### Biodiesel a partir de algas

Para la obtención de un litro de biodiesel fue necesario coleccionar 1L de aceite y poner en contacto con metóxido de sodio (200 mL de alcohol y 3.5 gr de NaOH) a una temperatura de aproximadamente 55°C, se agito durante 30 min, se dejó reposar durante 8 hrs. Posteriormente se tituló con NaOH para contrarrestar la acidez del aceite, hasta que llego a un pH de 7 el cual se observó al cambiar la solución del aceite a un color rosado, como se observa en la figura 5.



Figura 5. Titulación de aceite de alga con NaOH

Para la etapa de purificación, se lavó con ácidos disueltos en agua ( $H_2SO_4$  al 5% y HCl al 5%) durante 30 minutos y posteriormente se realizó la etapa de secado; donde se burbujeo  $N_2$  el cual permitió separar las gotas de agua y posteriormente se filtró.

## Resultados y Discusión

El rendimiento de etanol fue alto con un contenido de alcohol volumen promedio a 14% y en un periodo de tiempo corto de destilación.

La obtención de biodiesel fue buena, sin apariencia jabonosa, ya que al poner el biodiesel en contacto con el agua en un tubo de ensaye; la parte superior estransparente y poco amarillenta y la parte inferior (agua) es clara, como se aprecia en la figura 6, lo que es indicativo de que el proceso de obtención de biodiesel fue bien elaborado.

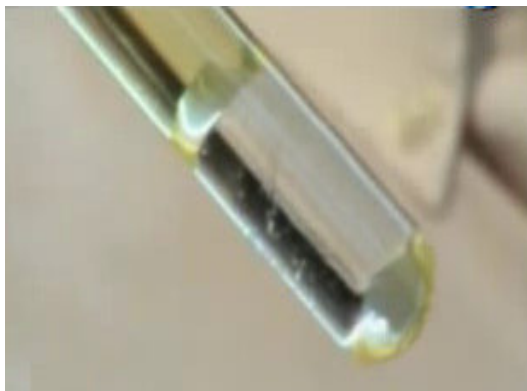


Figura 6. Separación de fases de biodiesel y agua.

## Conclusiones

La producción de etanol es posible a partir de cultivos de algas, al igual que la obtención de biodiesel, como una fuente alternativa de biocombustible el cual genera un impacto económico bajo y con la contribución en la disminución de gases de efecto invernadero.

## Bibliografía

- Baynes, S. M., Emerson, L. and Scott, A.P. (1979). Production of algae for use in the rearing of larvae fish. *Fish. Res. Tech. Rep.*, 53 (3): pp. 13-18.
- Reis, S. C.M. dos; Lachter, E. R. Nascimento, R. S.V. Rodríguez Jr., J.A. Reid, M. G. (2005). Transesterification of Brazilian Vegetable Oils with Methanol over Ion-Exchange Resins *Journal of the American Oil Chemist's Society.*, 82 (9), pp. 661-665.
- Lang, X., Dalai, A. K., Bakhshi, N. N., Reaney, M. J., Hertz, P. B. (200), Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils. *Bioresource Technology.* 80(1): pp. 53-62

## HIPERACUMULACIÓN INDUCIDA DE ORO, PLATA Y METALES PESADOS CON *Brassica rapa* (L.) CULTIVADA EN DESECHOS DE MINA

Delgadillo R. L.<sup>1</sup>; Gallegos F. P. I.<sup>1</sup>; Cabral A. F. J.<sup>1</sup>; Huerta G. J.<sup>1</sup> y Esparza I. E. L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología y Ciencias Ambientales. Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Av. Preparatoria s/n. Col. Hidráulica. C.P. 98000. 01 (492) 9250007. [edgarzac@gmail.com](mailto:edgarzac@gmail.com)

*Palabras clave: Hiperacumulación, minería y desechos de mina.*

### Antecedentes

La capacidad que tienen algunas especies de plantas para concentrar metales en sus tejidos sin presentar síntomas de toxicidad, en niveles superiores a los que registran otras especies que crecen en el mismo ambiente, es conocida como hiperacumulación (Llugany *et al.*, 2007). Este término ha sido retomado por científicos de la Universidad de Massey en la década de los '70 (Brooks *et al.*, 1977). En cuyo proceso, la planta utiliza un mecanismo de complejación en el interior de la célula para detoxificar (amortiguar) los metales pesados, uniéndolos a ellos, los ligandos para formar complejos. Bajo ciertas condiciones, la aplicación de agentes quelantes tales como: EDTA, Tiocianato de amonio y Ácido Cítrico a sustratos de desechos producto de la actividad minera, pueden inducir la hiperacumulación de Au, Ag y metales pesados tóxicos (Hg, As, Cu, Pb y Zn) en plantas de mostacilla.

### Objetivo

Inducir la hiperacumulación de Au, Ag y Metales pesados tóxicos en la especie *Brassica rapa* (L.) (Mostacilla) cultivada en desechos de mina usando Tiocianato de amonio (NH<sub>4</sub>SCN), EDTA (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>.2H<sub>2</sub>O) y Ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.H<sub>2</sub>O) como agentes inductores de la hiperacumulación.

### Metodología

Las muestras fueron obtenidas de las presas de desechos de la mina El Bote, localizada en el estado de Zacatecas. Las muestras, fueron obtenidas en rangos de profundidades de 0-30, 31-60 y 61-100 cm., clasificadas, empaquetadas,

almacenadas y finalmente, preparadas para ser caracterizadas físico-químicamente en el laboratorio. Las concentraciones de Pb, Hg, As, Au y Ag, fueron determinados mediante Espectrometría de Energía Dispersiva de Rayos X. Los tratamientos usados en la mina estudiada se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Tratamientos para el cultivo de plantas de la especie *Brassica rapa*.

Tratamiento	Desecho de mina (Kg)	Solución Nutritiva (L)
Control (T1)	4	0
T2	2	1.6
T3	2	1.6
T4	2	1.6

Las semillas de mostaza fueron sembradas y germinadas a una profundidad de 1 cm, en charolas plásticas en condiciones de invernadero. La germinación se dio cuatro días después de la siembra, la plántula se trasplanto tres semanas después de la siembra en recipientes previamente preparados con las mezclas de sustratos indicadas en el cuadro 1. Después del trasplante, el sistema de riego fue programado para trabajar en forma automatizada. Para la preparación de la solución nutritiva, se diluyeron 20 L de biofertilizante líquido (biol), 400 g de tres diferentes fertilizantes foliares y 179 L de agua. Las dosis de solución nutritiva aplicada al sustrato (cuadro 2), fueron de 25 ml/kg de sustrato.

**Cuadro 2.** Dosis de fertilizantes químicos solubles aplicados en solución

Tratamientos	Nitrógeno g/m	Fosforo g/m	Potasio g/m	Calcio g/m	Azufre g/m
T1	0	0	0	0	0
T2	41.5	48	46	45.1	8
T3	41.5	48	46	45.1	8
T4	41.5	48	46	45.1	8



Dos semanas después de concluir las aplicaciones de la solución nutritiva, se realizó la aplicación de los agentes quelantes; los cuales se diluyeron en un recipiente con cuatro litros de agua c/u. El tiocianato de amonio se aplicó en una dosis de 0.25 g/Kg de sustrato (1 g/maceta), en tanto que el EDTA fue aplicado en una proporción de 0.093 g/Kg de sustrato (0.372 g/maceta) y el Ácido Cítrico fue aplicado a una dosis de 2.10 g/Kg de sustrato (8.4 g/maceta). Para el caso de la aplicación de los tres, las diferentes dosis se concentraron en 100 ml de agua para cada uno, la cual se llevó a cabo al final del ciclo vegetativo de la mostacilla (*Brassica rapa*), empleando la misma dosis para todas las plantas a las que se les aplicó.

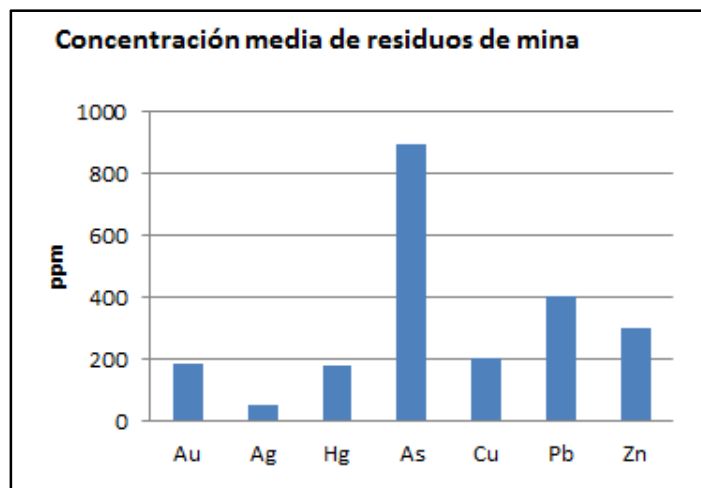
### Resultados y Discusión.

Los resultados obtenidos muestran las condiciones generales bajo las cuales se encuentran los residuos de esta mina (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Características físico-químicas de los desechos de la mina

Característica	Valor
pH	4.86
Textura	Arenosa
Arena (%)	75.04
Arcilla (%)	3.32
Limo (%)	21.63
Materia Orgánica (%)	0.38
CE	5.08
PO <sub>4</sub>	1.14

Los resultados de la figura 1, muestran como la concentración media de oro de los desechos de la mina es considerable desde el punto de vista económico, en cuanto a plata es sumamente baja, respecto al resto de los elementos.



**Figura 1.** Concentración media de Au, Ag, y metales pesados

La producción de materia seca en los diferentes tratamientos presento diferencias, debido a las aplicaciones de los diferentes sustratos empleados para establecer los tratamientos, así como las aplicaciones mediante el uso de fertilizantes disueltos en solución nutritiva. Los resultados que se muestran señalan la producción de biomasa en los tratamientos, y en base al diseño experimental se indica el efecto de cada uno de los sustratos (Cuadro 5).

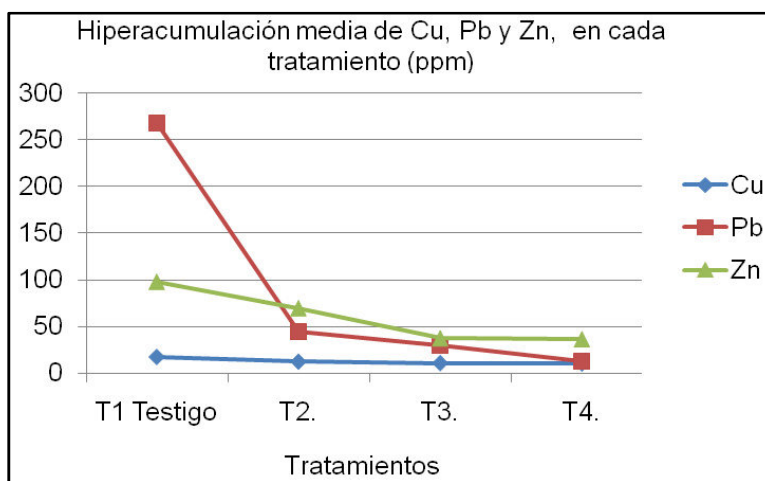
**Cuadro 5.** Peso en biomasa seca de las plantas de los tratamientos.

Tratamientos	Promedio de los pesos (g)
T1 Testigo	2.2
T2	17.125
T3	22.325
T4	26.3
Total	67.95

Hiperacumulación de los metales en las plantas presento diferencias, debido a la disponibilidad de cada uno de ellos en los diferentes tratamientos, específicamente entre el tratamiento testigo, respecto al resto de los tratamientos (Cuadros 6) y (Figura 2).

**Cuadro 6.** Concentraciones promedio hiperacumuladas de Au, Ag y Hg (ppm).

Tratamientos	Au	Ag	Hg	As
T1 Testigo	71.954	5.889	68.743	108.234
T2	23.114	2.843	44.402	52.335
T3	24.344	2.101	54.102	53.108
T4	24.497	2.698	50.761	35.522
Total	143.909	13.53075	218.0073	249.1978



**Figura 2.** Hiperacumulación de Cu, Pb y Zn en los tratamientos

Los resultados permiten establecer que la cantidad media de oro en los desechos es elevada, permitiendo que en el testigo hubiera una marcada diferencia en la hiperacumulación inducida de este metal por parte de las plantas de esta especie,. Esto debido a que este tratamiento se estableció exclusivamente en jal y no se mezcló ningún sustrato para simular suelos contaminados como lo fueron los tratamientos, por lo que la disponibilidad de Au, en 100% de jal fue superior al

resto de los demás. Estos resultados demuestran que la hiperacumulación media de Au en las plantas testigo (jal) de *Brassica rapa*, es superior a la obtenida por Anderson *et al.* (2005), donde se empleó *Brassica juncea*, y se obtuvieron concentraciones superiores de 57 mg/ kg de tejido en las hojas de esta especie.

Para el caso de plata, las concentraciones medias en los residuos de mina fueron muy bajas 10.975 ppm (mg/kg), la cantidad de este metal en los desechos incidió en la absorción. Siendo el T1 (Testigo), el que hiperacumuló la mayor cantidad de plata 5.889 ppm (mg/kg), y mostró significancia en comparación de los testigos. Tomando en cuenta los estudios de Anderson *et al.* (2005), que indican que entre el 10 y el 20% de la presencia de oro y otros metales valiosos, como la plata y el platino, en los residuos, pueden ser extraídos por el cultivo.

Por otro lado, las concentraciones medias de: Hg, As, Cu, Pb y Zn, registraron cantidades asimiladas muy significativas en el testigo, comparado con los tres restantes tratamientos. Por lo que se afirma que se logró hiperacumular cantidades considerables de metales pesados tóxicos. De acuerdo a lo que señala Chen *et al.* (2001), la planta de mostacilla (*Brassica rapa*), absorbió cantidades importantes de As, Pb, Hg, Cu y Zn. Se considera especie hiperacumuladora. Sin embargo, respecto a lo que establece Robinson *et al.* (2003), que debido a que las concentraciones no superaron el 0.1% (1,000 ppm), *Brassica rapa* no puede ser considerada como especie con potencial hiperacumulador.

## Conclusiones

Las concentraciones de Hg, As, Pb, Cu y Zn, presentes en los desechos de Mina, registraron valores en un rango de entre 149.51-895.51 mg/kg. No obstante que fueron agregados quelantes, esta especie no puede ser considerada como acumuladora de estos metales.

## Bibliografía

- Anderson, C., Moreno, F. and Meech, J. (2005). Una demostración de campo de la tecnología de fitoextracción de oro. *Minerales Ingeniería* 18: 385-392.
- Brooks, R.R., Lee, J., Reeves, R.D. and Jaffre, T., (1977). Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicators plants. *Journal of Geochemical Exploration*, 49-57.

- Chen, B., Christie, P. and Li, L. (2001). A Modified Glass Bead Compartment cultivation System for Studies on Nutrient and Trace Metal Uptake by Arbuscular Mycorrhiza. *Chemosphere* 42, 185-192.
- Llugany M., Tolrà R., Poschnrieder C., Barceló J. (2007). Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para la planta y para el hombre? *Ecosistemas* 16:4-9.
- Robinson, B. H., Lombi, E., Zhao, F.J., and McGrath, S. P. (2003). Uptake and Distribution of Nickel and other Metals in the Hyperaccumulator *Berkheya Coddii*. *New Phytologist* 158: 279–285.