

# **MEMORIAS**

**2DO. CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS  
Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**6TO. CONGRESO REGIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**Compiladores:**

**NIDIA JOSEFINA RÍOS VÁZQUEZ, JESÚS ÁLVAREZ SÁNCHEZ**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
Educar para Trascender

**Compiladores:**

Nidia Josefina Ríos Vázquez  
Jesús Álvarez Sánchez

**Edición literaria**

Mtra. Marisela González Román  
Dr. Jesús Álvarez Sánchez

**Tecnología y diseño**

Alexa Alejandra Montes Cruz

**Gestión editorial**

Oficina de publicación de obras literarias y científicas  
Mtra. Marisela González Román

MEMORIAS DEL 2DO. CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS  
AMBIENTALES; y del 6TO. CONGRESO REGIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
Educar para Trascender

2014, Instituto Tecnológico de Sonora.  
5 de Febrero, 818 sur, Colonia Centro,  
Ciudad Obregón, Sonora, México; 85000  
Web: [www.itson.mx](http://www.itson.mx)  
Email: [rectoria@itson.mx](mailto:rectoria@itson.mx)  
Teléfono: (644) 410-90-00

Primera edición 2014  
Hecho en México

Se prohíbe la reproducción total o parcial de la presente obra, así como su comunicación pública, divulgación o transmisión mediante cualquier sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del Instituto Tecnológico de Sonora.

**Cómo citar un resumen de estas memorias (se muestra ejemplo de página 47):**

González, L., Luque, J., Hansen, I., & Rodríguez, H., K., Alvarado, J., & Velázquez, L. (2014). Adsorción de Fosfatos en Concha de Almeja China (*Chione cancellata* G). En Ríos, N. y Sánchez, J. (Comp.). Memorias del 2do. Congreso Nacional de Tecnologías y Ciencias Ambientales; y del 6to. Congreso Regional de Ciencias Ambientales. (pp. 47). México: ITSON

## **DIRECTORIO ITSON**

**Dr. Isidro Roberto Cruz Medina**

Rector del Instituto Tecnológico de Sonora

**Mtro. Misael Marchena Morales**

Secretaría de la Rectoría

**Dr. Jesús Héctor Hernández López**

Vicerrectoría Académica

**Mtro. Jaime René Pablos Tavares**

Vicerrectoría Administrativa

**Dr. Jaime Garatuza Payán**

Dirección Académica de Recursos Naturales

**Mtro. Germán Eduardo Dévora Isiordia**

Jefatura de Ciencias del agua y medio ambiente

**Dra. Nidia Josefina Ríos Vázquez**

Responsable del programa de Ingeniero Químico

**Mtra. Joseline Benítez López**

Responsable del programa de Ingeniero en Ciencias Ambientales

**Fernanda Mercado Gamboa**

Presidente de Asociación de alumnos de Ingeniero Químico

**Patricia Villalobos Lechuga**

Presidente de Asociación de alumnos de Ingeniero en Ciencias Ambientales

<b>Comité técnico científico de arbitraje</b>	
Agustín Robles Morúa	Luciano Castro Espinoza
Anacleto Félix Fuentes	Luis Alberto Cira Chávez
Blanca Lorenia Reyes Blanco	Luis Carlos Bravo Peña
David Heberto Encinas Yepiz	Luis Carlos Valdez Torres
Denisse Serrano Palacios	Ma. Araceli Correa Murrieta
Edna Rosalba Meza Escalante	Marco Antonio Gutiérrez Coronado
Enrico Arturo Yépez González	María Del Rosario Beltrán Leyva
Eunice Guzmán Fierros	María del Rosario Martínez Macías
Fernando Lares Villa	María Evarista Arellano García
Germán Eduardo Dévora Isiordia	María Isabel Estrada Alvarado
Gustavo Fimbres Weihs	María Mercedes Meza Montenegro
Iram Mondaca Fernández	Maritza Arellano Gil
Jaime Garatuza Payán	Nidia Josefina Ríos Vázquez
Javier Arturo Munguía Xóchihua	Pablo Luna Nevárez
Jesús Raymundo Cedillo Cobián	Perla Alejandrina González Tineo
Jesús Álvarez Sánchez	Rafael Ángulo Inzunza
Jorge Saldivar Cabrales	Ramón Casillas Hernández
Jose Balderas Cortés	Reyna Guadalupe Sanchez Duarte
José Cuauhtémoc Ibarra Gámez	Rodrigo González Enríquez
Julio César Duarte Ruiz	Rosario Alicia Gálvez Chan
Julio César Rodríguez	Ruth Gabriela Ulloa Mercado
Laura Elisa Gassós Ortega	Yedidia Villegas Peralta
Lorena Tineo García	

## PRÓLOGO

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), desde su creación, promueve el aprovechamiento sustentable los recursos naturales como parte de una estrategia, de efecto multiplicativo, para formar en la sociedad una conciencia sobre el conocimiento, cuidado y respeto al ambiente.

Desde el año 2004 el sueño de compartir el quehacer científico de profesores, alumnos e investigadores del Instituto Tecnológico de Sonora fue materializado al Celebrarse el Primer Congreso Regional de Ciencias Ambientales en Ciudad Obregón Sonora. Con la trascendencia de este evento en su calidad científica y efectiva difusión del conocimiento a nivel nacional e internacional, ya se han organizado 6 congresos Regionales de Ciencias Ambientales y en el año 2012 y 2014 se celebró coincidentemente el 1er. y 2do. Congreso Nacional de Tecnologías y Ciencias Ambientales, eventos organizados por el Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, a través de sus cuerpos académicos de Ciencias del Agua e Ingeniería de Procesos, y con el apoyo de las Sociedades de Alumnos de los programas educativos de Ingeniero Químico e Ingeniería en Ciencias Ambientales.

Es de felicitar a los organizadores y autoridades del Instituto Tecnológico de Sonora, por haber logrado impulsar y consolidar un evento trascendente para la comunidad científica en materia del cuidado al medio ambiente. En estos 12 años se han compartido experiencias en las ciencias ambientales y tecnologías aplicadas a los problemas ambientales y al uso sostenible de los recursos naturales, con una visión de emanar desde la investigación la solución a problemas que sin educación, es más difícil su solución.

Esperando que los estudiantes, profesionistas e investigadores de las Ciencias Ambientales encuentren en estas memorias material de referencia útil en los temas ambientales, y de soluciones prácticas hacia la implementación de nuevas e innovadoras tecnologías, reiteramos el esfuerzo de nuestra Institución para contribuir, en la medida de nuestras capacidades, a la solución de los problemas ambientales, en busca del desarrollo sostenible en nuestra región.

*Mtro. Germán Eduardo Dévora Isiordia*

**Jefe del Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente**

ÍNDICE DE RESÚMENES	
<b>Ambiente y Valores</b>	Página
Ranking de Proyectos de CAC Mediante Técnicas de Toma de Decisiones con Base en Múltiples Criterios. <i>Gustavo Fimbres Weihs, Yi Sam Lee, Dianne Wiley.</i>	11
Seguimiento de la implementación de áreas verdes en espacios universitarios de la Universidad Politécnica de Durango. <i>Felipa de Jesús Rodríguez Flores, Gerardo Daniel de León Mata, Mónica Yazmín Flores Villegas, Lino Ramírez Márquez, Katia Donahí García Casas.</i>	12
Situación Actual de Los Plaguicidas Químicos en el Valle del Mayo. <i>Julio César Duarte Ruiz, Teresita de Jesús Parra Valencia.</i>	13
<b>Contaminación Ambiental</b>	
Acondicionamiento de un Reactor Nitrificante para el Tratamiento de Efluentes Pesqueros. <i>Grecia Calles Coronado, Guadalupe López Avilés, Francisco Javier Armendáriz Tapia, Onofre Monge Amaya, María Teresa Certucha Barragán.</i>	14
Contenido de Pb en Chile de Árbol ( <i>Capsicum frutescens L.</i> ), Cultivado en una Zona de Guadalupe, Zacatecas. <i>Consuelo Letechipía de León, Héctor René Vega Carrillo, Víctor Martín Hernández Dávila, Irma Cruz Gavilán García, Miguel Ángel Salas Lúevano.</i>	15
Medición de la Eficiencia de Remoción de Nutrientes Fósforo y Nitrógeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Colonia Marte R Gómez (Tobarito). <i>Clara Cecilia Rodríguez Suárez, Rafael Angulo Inzunza, David Heberto Encinas Yepiz, Alba Rosalinda Muñoz Antillo.</i>	16
Evaluación de la Calidad del Agua de los Bebederos-Enfriadores en la Universidad de Sonora. <i>Rodolfo Real Corrales, Sylvia Lorenia López Mazón, María Elena Ochoa Landín, Claudia Vásquez López, Gilberto García Navarrete.</i>	17
Evaluación de la Calidad Microbiológica y Físicoquímica del agua del Canal Principal Alto de Ciudad Obregón, Sonora en el periodo Agosto- Noviembre del 2012. <i>Gabriela Domínguez Gastélum, David Encinas Yepiz, Rafael Angulo Inzunza, Anacleto Félix Fuentes.</i>	18
Evaluación de la Calidad Físicoquímica y Microbiológica del Agua del Canal Principal Bajo en el Periodo de Agosto a Diciembre de 2012. <i>Ismael Fragoso Sosa, Rafael Angulo Inzunza, David Encinas Yepiz, Ernesto Cantú Soto, Gabriela Domínguez Gastelum.</i>	19
Bioremovición de Compuestos Fenólicos por Medio de la Microalga <i>Nannochloropsis oculata</i> . <i>Raúl Lacarra Norzagaray, Edna Rosalba Meza Escalante, Ruth Gabriela Ulloa Mercado, Denisse Serrano Palacios, María del Rosario Martínez Macías.</i>	20
Utilizar la Energía Solar como Fuente de Electricidad para Iluminar una Casa Habitación. <i>Rosario Alicia Gálvez Chan, Ana Karina Blanco Ríos, Julia Xochilt Peralta García, Patricia Alejandra Paredes Gálvez, Jesús Eduardo Hinojosa Ramos</i>	21
<b>Química Ambiental</b>	
Estudio de la Redisolución de Metales en los Sedimentos de la Presa Abelardo L. Rodríguez, a través de un Modelo Factorial 23, utilizando Ácido Acético como Agente Lixivante. <i>Martín Antonio Encinas Romero, Agustín Gómez Álvarez, Diana María Meza Figueroa, Arturo Israel Villalba Atondo, José Carlos Durazo Agramón.</i>	22
<b>Toxicología y salud ambiental</b>	
Evaluación Preliminar de las Condiciones Analíticas para Cuantificar Aluminio en Tejidos de Ratas Sprague Dawley, Mediante la Técnica de Absorción Atómica (flama y horno de grafito). <i>Alejandro Monserrat García Alegría, Agustín Gómez Álvarez, Iván Anduro Corona, Armando Burgos Hernández, Humberto Francisco Astiazarán García.</i>	23

Determinación de Arsénico en Muestras de Camarón por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruro. <i>Blanca Lorenia Reyes Blanco, Roberto Rodríguez Ramírez, Guadalupe Herrera González.</i>	24
<b>Recursos Naturales</b>	
Análisis de la Respuesta de la Vegetación Natural a la Helada del 2011 en la Cuenca del Río Cuchujaqui, Sonora. <i>Masuly Guadalupe Vega, César G. González Parra, María Fernanda Lares Orozco, Juan Isaac Gámez Badouin.</i>	25
Potencial Capacidad de Descomposición de la Materia Orgánica Vía Microbiana en Diferentes Usos de Suelo en una Selva Baja Caducifolia. <i>Maritza Sandoval Aguilar Sergio de los Santos Villalobos, Abigail Peláez Álvarez, Tanya Coyotl Barrios, Enrico Arturo Yépez González.</i>	26
Variación de la Tasa de Evapotranspiración en un Gradiente Sucesional de Bosque Tropical Seco Bajo Influencia del Monzón de Norte América Mediante el Uso de Sensores Remotos. <i>Marco González Pelayo, Enrico Arturo Yépez González, Jaime Garatuza Payán, Miguel Rivera, Orlando Ramírez Valle.</i>	27
Estimación de la Productividad Primaria Neta Anual de los Ecosistemas Sonorenses (2000-2013). <i>Joseline Benítez López, Enrico Arturo Yépez González, Jaime Garatuza Payán, Agustín Robles Morua.</i>	28
Intercambio Neto de CO <sub>2</sub> y su Relación con Factores Abióticos en Manglares de la Bahía del Tóbari, Sonora. <i>Martha Lucía Vargas Terminel, Julio C. Rodríguez, Enrico Arturo Yépez, Jaime Garatuza Payán, Christopher J. Watts.</i>	29
Efectos Inhibitorios de Colorantes Azo Sobre un Consorcio Microbiano Anaerobio. <i>Rocío Valdez Espinoza, Luis Humberto Álvarez Valencia, Refugio Bernardo García Reyes, Daniel Olivo Alanís, Edna Rosalba Meza Escalante.</i>	30
Determinación del Flujo Mínimo de Agua del Sistema de Presas del Río Yaqui para Preservación Ecológica. <i>Francisco Alejandro Elías González Castro, Rodrigo González Enríquez, German Eduardo Dévora Isiordia, Juan Antonio Quiñónez Pineda.</i>	31
Aplicación de Microorganismos Promotores del Crecimiento Combinado con Yeso Agrícola en Pepino, Bajo Condiciones de Casa Sombra. <i>Juan José Maldonado Escalante, Marco Antonio Gutiérrez Coronado.</i>	32
El Río Sonora, Sobreexplotado y Contaminado: Ante la Ausencia de una Gestión Hidrológica Integral de Cuenca. <i>Rodrigo González Enríquez, Francisco Alejandro Elías González Castro, Marco Alejandro Quiñones Paredes, Germán Eduardo Dévora Isiordia.</i>	33
Mapeo Isotópico de Agua en Pozos Someros en la Cuenca del Río Cuchujaqui en el Noroeste de México. <i>Livia Denise Lugo Escorcía, Castro López Jesús Ariel, Fabiola Rincón Javalera, Mariaelena López Mercado.</i>	34
Efecto en Parámetros Cinéticos de Diferentes Medios de Cultivo en <i>Nannochloropsis oculata</i> . <i>María del Rosario Martínez Macías, Edna Rosalba Meza Escalante, Ruth Gabriela Ulloa Mercado, Pablo Gortáres Moroyoqui, Jorge Saldívar Cabrales.</i>	35
Humedad y Temperatura de Suelo en el Área de Influencia de un Sitio de Monitoreo de Flujos de Carbono y Vapor de Agua en un Cultivo de Cacahuete. <i>Elí Rafael Pérez Ruiz, Daniela Burruel, Mayte Álvarez Espinoza, Enrico Arturo Yépez González, Enrique R. Vivoni</i>	36
Evaluación de la Fibra de Coco como Sustrato en Plantas de Chile Bajo Condiciones de Invernadero. <i>Daniel Esaú Hernández Sánchez, Marco Antonio Gutiérrez Coronado.</i>	37
Estimación de Productividad Primaria Bruta a Partir de Modelos, en un Matorral Sub Tropical de Sonora. <i>Masuly Vega Puga, Jaime Garatuza Payan, Vivian Verduzco, Christopher Watts, Enrico Arturo Yépez González.</i>	38

<b>Tecnología y Biotecnología Ambiental</b>	
Uso del Campo Magnético para Intensificar los Procesos Biológicos de Tratamiento de Aguas Residuales. <i>Esperanza Ramírez Camperos, Luciano Sandoval Yoval, Lina Cardoso Vigueros, Marco Antonio Garzón Zuñiga, Cecilia Tomasini Ortiz.</i>	39
Potencial Bioquímico de Metano de Residuos Sólidos Urbanos. <i>Lorena Gabriela Berrelleza Robles, Francisco Javier Almendariz Tapia, Onofre Monge Amaya, María Teresa Certucha Barragán, Citlali De Jesús Gastelum Rosas.</i>	40
Reducción de Descargas de Salmuera de un Proceso de Desalación, Mediante el uso de Simulink de Matlab. <i>Sebastián Astorga Trejo, Germán Eduardo Dévora Isiordia, Francia Guadalupe Carrasco Muñoz.</i>	41
Desalinización de Aguas Marinas y Subterráneas Salobres para Irrigación en el Distrito de Riego 037 Altar Pitiquito Caborca. <i>María Magdalena Armendáriz, Rodrigo González, Germán Eduardo Dévora Isiordia.</i>	42
Pretratamiento de la Paja de Frijol con <i>Pleurotus ostreatus</i> para la Producción de Biogás, con Estiércol de Vaca como Inóculo. <i>Patricia Becerra Castañeda, Luis Mario González Rodríguez, Denys K. Villa Gómez.</i>	43
Adsorción de Cobre de Aguas Ácidas de Minas. <i>Reyna Guadalupe Sánchez Duarte, Jorge Saldívar Cabrales, María Del Rosario Martínez Macías, Guillermo Carrete Nevárez, Yedidia Villegas Peralta.</i>	44
Tratamiento de Agua Residual Proveniente de un Proceso de Fabricación de Block para su Reutilización. <i>Ana Sylvia Zazueta Montaña, Rafael Angulo Inzunza, Germán Eduardo Dévora Isiordia.</i>	45
Tratamiento de Dos Efluentes Porcícolas en Reactores Anaerobios. <i>Violeta Eréndira Escalante Estrada, Marco Antonio Garzón Zuñiga, Sergio Valle Cervantes, Jesús Bernardo Páez Lerma, Aquiles Solís Soto.</i>	46
Adsorción de Fosfatos en Concha de Almeja China ( <i>Chione cancellata G</i> ). <i>Luis Carlos González Márquez, Jesús Armando Luque Limón, Ivette Renée Hansen Rodríguez, Hugo B. Rodríguez Gallegos.</i>	47
Ensayo de Adsorción de Metales Pesados en Proceso Continuo. <i>Ma. Araceli Correa Murrieta, Reyna Guadalupe Sánchez Duarte, Jaime López Cervantes, Dalia Isabel Sánchez Machado.</i>	48
Fitoestabilización y Acumulación de Arsénico y Plomo en Plantas que Crecen Dentro de Jales Reforestados. <i>Miguel Ángel Salas Luévano, Jorge Armando Mauricio Castillo, Consuelo Letechepía de León, Víctor Martín Ávila Hernández, Héctor René Vega Carrillo.</i>	49
Vegetación Asociada en un Jale Bajo Remedición: Implicaciones Ambientales. <i>Miguel Ángel Salas Luévano, María Luisa González Rivera, Consuelo Letechepía de León, Víctor Martín Ávila Hernández, Héctor René Vega Carrillo.</i>	50
Decoloración de Azul Directo 71 por un Consorcio Halotolerante: Efecto de Antraquinona-2,6-Disulfonato y Distintas Condiciones de Salinidad. <i>Luis Humberto Álvarez, Edna Rosalba Meza Escalante, Kristal Rosas, Pablo Gortáres.</i>	51
Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Aplicando Reactores Biológicos Con Membranas (RBM) de Fibra Hueca Sumergida. <i>Ivan López Cuero, Germán Cuevas Rodríguez, Germán Eduardo Devora Isiordia.</i>	52
Evaluación <i>In Vitro</i> de la Eficacia de Dos Compuestos Contra <i>Haemonchus Contortus</i> de Zona Semiárida del Sur de Sonora. <i>Myrna Mireya Galindo Villa, Javier Arturo Munguía Xóchihua, José Clemente Leyva Corona, Lourdes Adriana Flores Rodríguez, Javier Rolando Reyna Granados.</i>	53
Control de la Garrapata <i>Otobius Megnini</i> en Bovinos en Agostadero del Sur de Sonora. <i>Javier Arturo Munguía Xóchihua, Guadalupe Hurtado Espinoza, José Clemente Leyva Corona, Fernando Rivera Acuña, Javier Rolando Reyna Granados.</i>	54

Estudio Comparativo Entre un Sistema de Acuaponía e Hidroponía Analizando las Principales Variables de Crecimiento en Hortalizas y la Fluctuación de los Compuestos Nitrogenados. <i>José Israel González Bran, Ramón Casillas Hernández, Rosita de Lourdes Nogales Acuña, Maritza Arellano Gil.</i>	55
<b>ÍNDICE DE EXTENSOS</b>	
<b>Ambiente y Valores</b>	
Nivel de Sostenibilidad de ciudad Obregón, Sonora, México, desde la Perspectiva de Estudiantes de Ciencias Ambientales del ITSON y Especialistas en las Áreas de la Sostenibilidad. <i>Francisco Enrique Montaña Salas, Cecilia Alejandra Jiménez Córdova, Arturo Cervantes Beltrán, María del Rosario Beltrán Leyva, Oscar Ernesto Hernández Ponce.</i>	57
<b>Contaminación Ambiental</b>	
Nivel de Alfabetización Ambiental, del Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora (Cobach), Plantel Obregón II. <i>Israel Morales Martínez, Francisco Enrique Montaña Salas, Arturo Cervantes Beltrán, Flor de María Miranda Pablos, María del Rosario Beltrán Leyva.</i>	66
<b>Recursos Naturales</b>	
Contaminación Ambiental del Agua de las Cuencas de la Bahía de Acapulco, Guerrero, México. <i>Juan José Dimas Mojarro, Nancy Dalia Garza Moreno, Mario Treviño y Díaz Barriga, Eugenio Castro Salgado.</i>	73
Evaluación del Rendimiento y Porcentaje de Proteína en Variedades de Trigo Bajo Diferentes Escenarios de Disponibilidad de Agua en Suelos Arcillosos Compactados del Valle del Yaqui, Sonora. <i>Arlett Ibarra Villarreal, Luis Valdez Torres, Enrico Arturo Arturo Yépez González Agustín Robles, Jaime Garatuza Payán</i>	82
Respuesta de Trigo a la Aplicación de Hidrogel (Acrilato de Potasio) y Diferentes Escenarios de Disponibilidad de Agua en Suelo Arcillosos Compactados del Valle del Yaqui. <i>Elisa Andrea Bórquez Hernández, Luis Carlos Valdez Torres, Ricardo Fuentes Saucedo.</i>	89
Estimación Poblacional, Hábitat y Manejo del Guajolote Silvestre en la UMA el Durangueño. <i>Gerardo Daniel de León Mata.</i>	94
<b>Tecnología y Biotecnología Ambiental</b>	
Vegetales Arbustivos ( <i>Ricinus Communis L.</i> ) para Pulpa Blanqueable y su Viabilidad Técnica para Papel de Impresión. <i>Teófilo Escoto García, José Guadalupe Rutiaga Quiñones, Antonio Rodríguez Rivas, José de Jesús Rivera Prado, Rocío Orihuela Equihua.</i>	103

# Ranking de Proyectos de CAC Mediante Técnicas de Toma de Decisiones con Base en Múltiples Criterios

Gustavo Fimbres Weihs<sup>1,2,\*</sup>, Yi Sam Lee<sup>1</sup>, Dianne Wiley<sup>1</sup>.  
Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies (CO2CRC), School of Chemical Engineering  
UNSW Australia, UNSW Sydney, NSW, Australia 2052<sup>1</sup>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente  
Instituto Tecnológico de Sonora, Antonio Caso y E. Kino, Ciudad Obregón, Sonora. México, C.P. 85130<sup>2</sup>.

**Introducción.** La captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> (CAC) es una de las tecnologías de transición más prometedoras para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación de energía (IEA 2012). No obstante, muchos proyectos de CAC se han cancelado por altos costos, falta de aceptación pública o incertidumbre. Un ranking de proyectos de CAC puede aportar información para una mejor toma de decisiones. Fuentes emisoras y reservorios de CO<sub>2</sub> han sido evaluadas utilizando técnicas de toma de decisiones con base en múltiples criterios (MCDM, por sus siglas en inglés) tales como la ANP y AHP (Hsu y col., 2012). Sin embargo, ningún estudio ha evaluado la cadena completa de CAC utilizando un MCDM. Este trabajo tiene como objetivo identificar criterios cuantificables clave, que afecten la implementación de proyectos de CAC, investigar métodos de MCDM apropiados para clasificar proyectos de CAC, y evaluar la utilidad de dichos métodos.

**Metodología.** Cuatro MCDMs fueron comparadas y evaluadas: VIKOR, TOPSIS, AHP y el método de Pugh. Se seleccionaron diez criterios, agrupados en cuatro categorías: costo (CAPEX total y de captura, y costo específico de abatimiento y almacenamiento), riesgo (distancia de transporte y capacidad e incertidumbre de almacenamiento), tamaño (cantidad de CO<sub>2</sub> abatida) y aceptación pública (cruces por parques nacionales y áreas pobladas). Se eliminaron criterios altamente correlacionados y se evaluaron proyectos CAC de punto a punto.

**Resultados y Discusión.** AHP fue la técnica más adecuada para el cálculo de ponderaciones de criterios, gracias a su análisis por pares. VIKOR resultó ser el método más adecuado para el ranking de los proyectos debido a su normalización lineal y flexibilidad. Dado este análisis, se utilizó la combinación de AHP y VIKOR para el ranking de proyectos de CAC con redes de transporte, de manera similar al método propuesto por Kaya y Kahraman (2010) para la evaluación de proyectos de planeación energética. Entre las distintas redes, las variaciones de costo son pequeñas (< 13% utilizando distintos reservorios, o < 1% utilizando el mismo reservorio) y principalmente se ven afectadas por el costo de inyección, ya que el costo de captura no cambia. Los diseños de red que evitan zonas pobladas y parques nacionales obtuvieron un ranking más alto que las redes que habrían sido seleccionadas solamente en función de su costo (Fimbres Weihs y Wiley, 2012).

**Conclusiones.** Por lo tanto, la aceptación pública es un criterio clave en el ranking de redes de CAC, dada la pequeña variabilidad de costos entre diseños. Esto significa que redes de transporte de CO<sub>2</sub> que sigan a las tuberías existentes (p.ej. de gas natural u oleoductos) podrían ser atractivas, ya que podría agilizarse su aprobación. El análisis de sensibilidad reveló que las 10 mejores opciones no eran muy sensibles a cambios en las ponderaciones de criterios, con excepción de la aceptación pública. En general, la combinación de AHP y VIKOR resultó ser un método de ranking útil para proyectos de CAC.

## Bibliografía

- Fimbres Weihs, G. A. & Wiley, D. E. (2012). Steady-state design of CO<sub>2</sub> pipeline networks for minimal cost per tonne of CO<sub>2</sub> avoided. *Int. Journal of Greenhouse Gas Control* 8, 150-168.
- Hsu, C. W., Chen, L. T., Hu, A. H. & Chang, Y. M. (2012). Site selection for CO<sub>2</sub> geological storage using analytic network process. *Separation & Purification Technology* 94, 146-153.
- IEA (2012). *Energy Technology Perspectives 2012*: OECD Publishing.
- Kaya, T. & Kahraman, C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy* 35(6), 2517-2527.

# Seguimiento de la Implementación de Áreas Verdes en Espacios Universitarios de la Universidad Politécnica de Durango

Felipa de Jesús Rodríguez Flores\*, Gerardo Daniel de León Mata, Mónica Yazmín Flores Villegas, Lino Ramírez, Márquez, Katia Donahí García Casas.

Academia de Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería en Tecnología Ambiental Universidad Politécnica de Durango. Carr. Durango-México. Km 9.5 Poblado Dolores Hidalgo, Durango, Dgo. México. C. P. 34300. \*jesu\_rgz@hotmail.com

**Introducción.** La Universidad Politécnica de Durango, es una institución de nivel superior, ubicada en la zona conurbana de la ciudad de Durango, tiene superficie de 20 hectáreas. La vegetación nativa que presenta está compuesta de pastos, hierbas anuales y huizaches (González y col. 2007). Es por ello que el año de 2008, se comprometió a los estudiantes a realizar acciones de reforestación. La implementación de áreas verdes en espacios universitarios, crea espacios escénicos agradables, en donde la comunidad universitaria interacciona con el medio ambiente. El objetivo es integrar a los estudiantes a proyectos académicos como la creación de áreas verdes para promover una cultura ambiental.

**Metodología.** Se realizaron cuatro recorridos por las diferentes áreas verdes de la Universidad la cual se ubica en las coordenadas geográficas; 24°01'23.75" latitud Norte, 104°33'17.13" Longitud Oeste a una elevación de 1863 m.s.n.m., con temperaturas promedio de 31°C y una precipitación anual de 500 mm (INEGI, 2013). Las variables registradas fue nombre común, científico, datos dasométricos, características de daño físico y mantenimiento, además se recolectaron muestras para clasificar taxonómicamente a las especies, utilizando la metodología de González y col. (2007), el libro de Árboles y áreas verdes urbanas de la ciudad de México y su zona metropolitana de Martínez (2009).

**Resultados y Discusión.** El 95% de la flora son especies introducidas, se hizo un inventario de dos reforestaciones en la Universidad, la primera se realizó en el año 2008 en el que se plantaron 200 plantas con una sobrevivencia del 55% , lo que se debió a las lluvias atípicas registradas en el periodo de 2005 a 2010 y a las pocas actividades de mantenimiento, sin embargo en el 2011 se plantaron 600 árboles y arbustos con una sobrevivencia del 85%, esta se favoreció por la regulación de las lluvias, y la instalación de 18 tomas de agua. Actualmente se encuentran registradas 620 individuos de especies introducidas entre árboles, arbustos y hierbas. Entre los géneros más comunes están: *Melia*, *Salix*, *Populus sp.*, *Pinus sp.*, *Quercus sp.*, *Ligustrum*, *Phynes*, *Cydonia*. Este estudio es comparable con algunos de la Facultad de Ciencias Forestales, UJED (2010), donde se realizó un inventario de flora en los espacios verdes de varias Facultades, encontrando una gran variedad de especies introducidas, además se mostró que existe 70% de sobrevivencia del arbolado respecto al que se tenía registrado ha cuando se reforestó, la especie más común fue *Ligustrum*, (FCF-UJED, 2010).

**Conclusiones.** El crecimiento de las áreas verdes de la Universidad es producto de la concientización de los estudiantes que participan en la reforestación y diseño de áreas verdes, así como las acciones de mantenimiento.

## Bibliografía

- Facultad de Ciencias Forestales de la UJED. (2010). Inventario florístico de las Facultades de la UJED. Durango.
- González Elizondo, M. S., González Elizondo, M., Márquez Linares, M.A. (2007). Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés Editores-Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., México. 219 pp.
- INEGI, (2013). Estadística básica sobre Medio Ambiente datos de Durango. Boletín de prensa Núm. 133/13..pp. 10.
- Martínez G; L. (2009). Árboles y áreas verdes urbanas de la ciudad de México y su zona metropolitana. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fundación Xochitla, A.C. México. pp. 549

# Situación Actual de Los Plaguicidas Químicos en el Valle del Mayo

Julio César Duarte Ruiz\*, Teresita de Jesús Parra Valencia.  
Universidad de Sonora, Unidad Regional Sur. Lázaro Cárdenas #100, CP 85800. Navojoa, Sonora, México  
\*jcduarte@navojoa.uson.mx; tparra@navojoa.uson.mx

**Introducción.** Sonora es uno de los estados con mayor uso de plaguicidas en México (Albert, 2005), y en el valle del mayo se realiza de manera inadecuada por los agricultores de la región, lo cual tiene un impacto en los suelos, aguas, recursos bióticos y en la salud de los jornaleros agrícolas que aplican venenos sin el equipo adecuado. El objetivo del trabajo fue realizar un diagnóstico de la situación actual para conocer las prácticas que llevan a cabo los productores, número y tipo de aplicaciones, tipo de plaguicidas, equipo que usan y manejo de envases vacíos (CICOPLAFEST, 1998; GOBIERNO DE LA REPÚBLICA, 1987).

**Metodología.** Se realizó un estudio documental y de campo con una muestra de un listado de 2,476 productores agrícolas con permiso de siembra para el ciclo de cultivo 2010-2011, el tamaño de la muestra fue de 71 productores bajo el supuesto de que el 95% de ellos utilizan plaguicidas químicos ( $P=0.95$ ,  $q=0.05$ ); con un error máximo en la estimación de 5% ( $E=0.05$ ) y un nivel de confianza de 95% ( $Z=1.96$ ). Se aplicó un cuestionario de 5 preguntas básicas con 20 reactivos.

**Resultados y Discusión.** El 98% de los encuestados aplica plaguicidas químicos, de estos, el 70.4% utiliza insecticidas organofosforados y carbamatos como el paratión metílico y malatión, ambos encontrados por Murguía y Meza (2002) en aguas residuales del valle del mayo, así como sevín, tamarón, lorsban, dimetoato y gusatión; grupos asociados con intoxicaciones, prohibidos en otros países pero autorizados en México como el caso del paratión (Eddleston y Col., 2002; Pérez, 2013). El 78% realiza tres o más aplicaciones en el ciclo de cultivo, el 33.8% de forma terrestre, el 56.3% terrestre y aérea; y el 7% de manera aérea. El 77.4% se cubre con sombrero, nadie usa casco. El 52% usa guantes, el 83% usa como mascarilla solo un pañuelo en el rostro. Solo el 19.7% usa gafas, el 84.5% usa ropa gruesa de mezclilla y el 71.8% botas. Un 63.3% hacen el triple lavado pero sanidad vegetal recolecta y realiza la disposición en el centro de acopio. El 36.6% contestó que ellos no realizan esta práctica (AMIFAC, 2011). El 45% realiza algún tipo de control cultural, el 23.9% control integrado, el 42.2% control mecánico y solo el 29.5% utilizó alguna vez el control biológico.

**Conclusiones.** Aunque estos resultados se presentan solo en general y no por tipo de plaguicida, denotan que el uso y manejo de los plaguicidas en el valle del mayo es extendido, y los productores no siguen totalmente las recomendaciones de sanidad vegetal, ni las instrucciones de los fabricantes. Es notable el uso del paratión metílico en un 31% de los encuestados.

## Bibliografía

- Albert L. (2005). Panorama de los plaguicidas en México. Séptimo Congreso de Actualización en Toxicología Clínica. Tepic, Nayarit. 1 y 2 de septiembre, 2005. 17 p.
- AMIFAC, (2011). Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria <http://www.amifac.org.mx>
- CICOPLAFEST, (1998). Catálogo Oficial de Plaguicidas, SAGAR / SEMARNAP / SSA / SECOFI, México, D.F. 519 p.
- Eddleston M., Buckley N., Cheketts H. (2002). Pesticide poisoning in the developing world: a minimum pesticides list. *Lancet* 360, 1163-1167.
- GOBIERNO DE LA REPÚBLICA, (1987). Diario Oficial de la Federación, 15 de oct. de 1987. Méx. D.F.
- Murguía S., Meza M. (2000). [www.jornada.unam.mx/2000/03/.../eco-aguas.html](http://www.jornada.unam.mx/2000/03/.../eco-aguas.html). Suplemento Jornada Ecológica, 23 de marzo de 2000. Méx. D. F.
- Pérez A., Navarro H., Miranda E. (2013). Residuos de Plaguicidas en Hortalizas: Problemática y Riesgo en México. *Rev. Int. Contam. Ambien.* 29: 45-64.

# Acondicionamiento de un Reactor Nitrificante para el Tratamiento de Efluentes Pesqueros

Grecia Calles Coronado\*, Guadalupe López Avilés, Francisco Javier Armendáriz Tapia, Onofre Monge Amaya, María Teresa Certucha Barragán.

Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora, Rosales y Blvd. Luis Encinas, Col. Centro. Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, México.

\*greciacalles@gmail.com

**Introducción.** Actualmente en las costas mexicanas se tiene una actividad importante en el procesamiento de productos marinos, las cuales liberan una gran cantidad de aguas residuales. Este tipo de efluentes contienen una alta concentración de nitrógeno, materia orgánica, gérmenes, patógenos y diversos microcontaminantes tóxicos que los hacen una fuente de contaminación real cuando son descargados directamente al mar (Chowdhury y col., 2010). Una alternativa de tratamiento es la nitrificación parcial-*Anammox* (*Anaerobic Ammonium Oxidation*), la cual consiste en la oxidación de amonio a nitrito por medio de bacterias oxidantes de amonio y posteriormente en la combinación de amonio y nitrito para obtener gas nitrógeno y una pequeña cantidad de nitrato en condiciones anaerobias mediante bacterias *Anammox* (Vázquez, 2009). El objetivo del presente trabajo es acondicionar un reactor nitrificante, con el cual se podrá obtener información sobre su efectividad en la remoción de este tipo de contaminantes.

**Metodología.** Los estudios se llevaron a cabo en un reactor de tanque agitado con un volumen de operación de 1 L, flujo de aire de 3 L/min, oxígeno disuelto de 3.6 mg/L, temperatura de 30°C y pH neutro. El reactor fue inoculado con 300 mL de biomasa aerobia proveniente de una planta tratadora de aguas residuales municipales y fueron utilizadas aguas residuales sintéticas las cuales se prepararon con medio mineral propuesto por Plascencia (2010). En este sistema la biomasa fue determinada por sólidos suspendidos volátiles, el consumo de materia orgánica (DQO) por el método de reflujos cerrados de la oxidación de dicromato, la cantidad de amonio, nitrito y nitrato mediante cromatografía iónica y el índice volumétrico de lodo (IVL) por métodos estándares.

**Resultados y Discusión.** El arranque del reactor se inició con 4 gDQO/L durante 15 días, en donde se observó una eficiencia de remoción de materia orgánica por arriba del 95%.

Después la carga orgánica se redujo gradualmente a 2 gDQO/L y 1 gDQO/L hasta omitir por completo la fuente de carbono, manteniendo la carga de nitrógeno, para obtener condiciones completamente nitrificantes. En esta operación se utilizó una relación C/N estequiométrica de 1.7, donde se alcanzaron eficiencias de remoción de amonio mayores del 90%, obteniendo biomasa con 9.58 g/L de SSV y 27.7 g/L de SST, además con un IVL de 93.63 mL de lodo/gSSV. Los valores de remoción de materia orgánica y amonio son similares en comparación a los obtenidos por Plascencia (2010) en el acondicionamiento de un filtro nitrificante con biomasa inmovilizada en zeolita.

**Conclusiones.** Se logró acondicionar el reactor nitrificadamente, además se obtuvo buena sedimentación y concentración de biomasa para su posterior utilización con aguas de descarga de la industria de producción de harina de pescado.

## Bibliografía

- Chowdhury P., Viraraghavan T., Srinivasan A. (2010). Biological treatment processes for fish processing wastewater. *Bioresource Technology*. 101, 439–449.
- Plascencia Jatomea, R. (2010) Caracterización y tratamiento de efluentes generados en el proceso de aprovechamiento de crustáceos para la obtención de productos de alto valor agregado. Tesis de maestría. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.
- Vázquez Padín J. R. (2009). Autotrophic nitrogen removal in granular sequencing batch reactors. Tesis de doctorado. Universidad de Santiago de Compostela.

# Contenido de Pb en Chile de Árbol (*Capsicum frutescens L.*) Cultivado en una Zona de Guadalupe, Zacatecas

Consuelo Letechipía-de León<sup>1\*</sup>, Héctor Rene Vega-Carrillo<sup>1</sup>, Víctor Martín Hernández-Dávila<sup>1</sup>, Irma Cruz Gavilán-García<sup>2</sup>, Miguel Ángel Salas-Lúevano<sup>3</sup>

Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas<sup>1</sup>. Unidad de Gestión Ambiental, Facultad de Química Universidad Nacional Autónoma de México<sup>2</sup>. Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas<sup>3</sup>

**Introducción.** Los metales pesados (MPs) al ser liberados en aguas, suelos y aire, causan una gran preocupación medioambiental y de salud pública. La presencia de estos en los ecosistemas puede deberse a factores geológicos o antropogénicos. Asimismo, las concentraciones en suelos y en hortalizas, pueden proceder mayoritariamente de la extracción de recursos minerales. La bioacumulación y biomagnificación en el chile tienen implicaciones para la salud, debido a que forman parte de la dieta básica, por consiguiente en la actualidad, la inocuidad de los alimentos es sumamente importante. El objetivo de la investigación fue evaluar el contenido de Pb en suelos y *Capsicum frutescens L.* (chile de árbol) cultivado en una zona de Guadalupe, Zacatecas.

**Metodología.** Las muestras fueron recolectadas directamente de los campos de cultivo de la zona de estudio, se pesaron 3.0 g de suelo y 5.0 g de chile triturado. El tratamiento de las muestras para la determinación de Pb, estas fueron digeridas con la técnica ácido húmeda, y para la determinación de la concentración de Pb se realizó mediante Espectrometría de Absorción Atómica de Flama.

**Resultados y Discusión.** Los resultados obtenidos para la concentración promedio de Pb en chile de árbol fueron  $8.588 \pm 1.923$  mg/kg y para suelo agrícola de  $1194.093 \pm 1628.469$  mg/kg. Puesto que en México no existe una norma para el cultivo de chile, el contenido de las muestras de *Capsicum* rebasan las normas alimentarias internacionales establecidas por la Comunidad Europea y la Comisión del Codex Alimentarius-OMS (0.1 ppm), respectivamente. Igualmente, las concentraciones en los suelos cultivados, también superan los máximos permisibles (375 ppm) establecidos por la OCD como el valor límite para tierras de uso agrícola.

**Conclusiones.** En este estudio se ha evaluado el contenido de Pb en suelos y *Capsicum frutescens L.* (chile de árbol) cultivado en una zona de Guadalupe., Zacatecas. El alto contenido de Pb en chile que rebasan normas internacionales y en particular las del suelo, posiblemente tienen su origen porque hace más de 100 años existen depósitos antiguos de jales, donde han extraído una capa superficial suelo de 1.0 m para el beneficio de metales preciosos (De la Vega, 1994) y en estas áreas contaminadas son donde se siembran el chile y otros cultivos. Sin embargo, Santos y col. (2006), reporta que la principal fuente de contaminación de MPs, se relacionan con las actividades mineras antiguas realizadas en los alrededores de la comunidad de Colonia Osiris y La Zacatecana localizadas aproximada a 3 km del área estudiada. Por consiguiente, como el chile es uno de los productos agrícolas con alto nivel de exportación y carece de información de los sistemas de inocuidad. Es importante mantener un monitoreo constante de MPs en esta hortaliza, ya que niveles superiores a los permitidos por la normatividad puede ser una fuente potencial de intoxicación para los consumidores.

## Bibliografía

- De la Vega, S. (1994). Crecimiento urbano en la ciudad de Zacatecas y sus asentamientos en zonas mineralizadas polimetálicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 11(1), 106-112.
- Santos, E., Yarto, M., Gavilan, I., Castro, J., Gavilan, A., Rosiles, R., Suarez, S., & Lopez, T. (2006). Analysis of arsenic, lead and mercury in farming areas with mining contaminated soils at Zacatecas, Mexico. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 50(2), 57-63.

# Medición de la Eficiencia de Remoción de Nutrientes Fósforo y Nitrógeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Colonia Marte R Gómez (Tobarito)

Clara Cecilia Rodríguez Suárez\*, Rafael Angulo Inzunza, David Heberto Encinas Yepiz, Alba Rosalinda Muñoz Antillo. Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Cd. Obregón, Sonora C.P. 85000<sup>1</sup> (644)4109000 ext. 2133,

\*claraceciliars@gmail.com

**Introducción.** En México la mayoría de las plantas de tratamiento biológico de aguas residuales operan con tecnología convencional, la cual sirve para remover sustratos carbonosos del agua de desecho. Sin embargo, permanecen compuestos de fósforo y nitrógeno (Muñoz y González, 2009). En el Estado de Sonora no todos los municipios cuentan con plantas de tratamiento, si estas existieran contribuirían a evitar o reducir la degradación y eutrofización de los cuerpos de agua receptores, y los que se encuentran instalados y en operación muchas veces no son suficientemente eficientes para reducir la carga de contaminantes y nutrientes (CONAGUA, 2010). El objetivo de este estudio es determinar la eficiencia de la remoción de los nutrientes Nitrógeno y Fósforo en todas sus formas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia Marte R. Gómez (Tobarito).

**Metodología.** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales seleccionada cuenta con tres tipos de aguas; anaerobia, facultativa y de maduración. Ubicada al suroeste del Estado de Sonora, al suroeste de Cd. Obregón. Los muestreos se realizaron en cuatro puntos, entrada a laguna anaerobia, salida-entrada a laguna facultativa, salida-entrada a laguna de maduración y salida de laguna de maduración, desde el mes de diciembre del 2012 hasta el mes de marzo del 2013, obteniendo un total de 8 muestras, bajo los lineamientos de la norma NMX-AA-003-1980. Los parámetros a determinar incluyen: Fósforo Total y Fósforo en forma de Fosfatos según la norma NMX-AA-029-SCFI-2001, Nitrógeno Total según NMX-AA-026-SCFI-2001, Nitrógeno de Nitratos según la norma NMX-AA-079-SCFI-2001, Nitrógeno de Nitritos según la norma NMX-AA-154-SCFI-2011.

**Resultados y Discusión.** Se observó que las concentraciones de fósforo total no disminuyen, sino al contrario aumentan en los primeros tres puntos de muestreo, pero al llegar al punto de descarga este disminuye a niveles permisibles por la norma. Además se observó que el fósforo soluble si tiene un eficiente remoción, se encontraron valores arriba de los 6 mg/L en el primer punto de muestreo pero al pasar de una laguna a otra las concentraciones bajan hasta 1 mg/L al momento de la descarga. En el caso del nitrógeno total, el cual es la suma del nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico, se observó que se encuentra una mayor concentración de N-NH<sub>3</sub> en los cuatro puntos de muestreo, disminuyendo al momento de su descarga. El N-orgánico se observó desde el primer punto de muestreo con concentraciones menores de 2 mg/L., El nitrógeno total al momento de la descarga cumple con los límites máximos permisibles.

**Conclusiones.** A la fecha se ha encontrado que las aguas residuales de la planta de tratamiento del Marte R. Gómez (Tobarito), tienen una eficiente remoción de nutrientes ya que cumple con los límites máximos permisibles que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996.

## Bibliografía

- Muñoz, A., y González, S. (2009). REMOCIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO: CONDICIONES DE OPERACIÓN. *Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México D.F*, 1.
- CONAGUA, C. N. (2010). *SITUACIÓN DEL SUBSECTOR AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO EDICION 2010*. México, DF: Coordinación General de Atención Institucional.

# Evaluación de la Calidad del Agua de los Bebederos-Enfriadores Instalados en el Área 5 del Campus Central de la Universidad de Sonora

Rodolfo Real Corrales, \* Sylvia Lorenia López Mazón, María Elena Ochoa Landín, Claudia Vásquez López, Gilberto García Navarrete.

Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. Rosales y Blvd. Encinas s/n C.P. 83000.

**Introducción.** Para la Universidad de Sonora el tema de la purificación del agua para consumo de los trabajadores y estudiantes es una prioridad, por lo que se tienen instalados 150 equipos bebederos-enfriadores los cuales cuentan con un sistema independiente de purificación de 5 etapas. En México la Norma Oficial Mexicana NOM 127-SSA1-1994 modificada, establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización. El objetivo del presente estudio fue analizar el agua de consumo humano en su calidad físico-química y microbiológica, mediante el muestreo de 24 bebederos-enfriadores de agua ubicados en el área 5 de la Universidad de Sonora.

**Metodología.** Se llevó a cabo el muestreo durante los meses de enero y junio del 2014. Se recolectaron un total de 48 muestras por mes en los puntos de muestreo aleatorio. Se llevaron a cabo las determinaciones físico-químicas: pH (potenciómetro Hanna), conductividad (método electrométrico), turbidez (turbidímetro Hellige), acidez, alcalinidad, dureza (titulación por volumetría), sólidos disueltos totales (método por secado), calcio, magnesio (titulación por E.D.T.A.) y sulfatos (espectrofotometría). Los análisis microbiológicos se basaron en la Cuenta estándar (UFC/100 mL), Coliformes Totales (NMP/100 mL) y Coliformes fecales (NMP/100 mL).

**Resultados y Discusión.** Los parámetros físico-químicos, revelaron que los enfriadores #6, #8 y #20 presentaron valores atípicos en la dureza: 240, 240 y 212 mg/L, alcalinidad: 234.9, 205.7 y 207 mg/L, sulfatos 77.4, 72.8 y 73.8 mg/L, sólidos disueltos totales: 379, 333 y 339 mg/L, conductividad: 640, 629 y 629 mS/cm, calcio: 69.7, 56.1 y 80.1 mg/L, respectivamente. En dichos parámetros los valores son mayores que en el resto de los equipos estudiados, sin embargo se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-1994, NOM-230-SSA1-2002. El resto de los parámetros tales como turbidez, en donde se obtuvo una media de 0.7 y D.E.  $\pm 0.3$ ; pH con una media de 6.7 y una D.E.  $\pm 0.7$ ; cloruros con una media de 28.9 y D.E.  $\pm 6.3$ ; magnesio con una media de 2.9 y D.E.  $\pm 2.4$  se encontraron en niveles por debajo de los límites permitidos. Al comparar con el estudio de Escobedo y col. (2008), los datos obtenidos en nuestra investigación se apegan más a las normas establecidas. En cuanto a los análisis microbiológicos no se encontró evidencias de contaminación por microorganismos de tipo fecal. La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, establece cero bacterias en el agua potable.

**Conclusiones.** Se observó que el servicio de mantenimiento a los bebederos-enfriadores utiliza un solo tipo de filtro de carbón activado. Se recomienda el filtro de carbón granular el cual ha demostrado ser más eficaz que el carbón activo en bloque.

## Bibliografía:

Escobedo, P. M.T., Salas, P. M J., Muñoz, M. G. 2008. Evaluación de los procesos de purificación de una despachadora de agua potable en Ciudad Juárez. Nuevos estudios sobre agua y medio ambiente en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Vol. IV. Págs. 45-62.  
Norma Oficial Mexicana. NOM 127-SSA1-1994, NOM-230-SSA1-2002.

# Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica del agua del Canal Principal Alto de Ciudad Obregón, Sonora en el periodo Agosto- Noviembre del 2012

Gabriela Domínguez Gastélum<sup>2</sup>, David Encinas Yepiz<sup>1</sup>, Rafael Angulo Inzunza<sup>1</sup>, Anacleto Félix Fuentes<sup>2</sup>.  
Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente<sup>1</sup>, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias<sup>2</sup>, 5 de Febrero, 818 Sur. Col. Centro. CP 85000. Cd. Obregón, Sonora, México.

**Introducción.** La ingeniería sanitaria, clasifica a las fuentes de abastecimiento, en tres tipos: meteórica, superficial y subterránea y en este caso la fuente es superficial. El presente trabajo se realizó en los Laboratorios de Microbiología y Ecodesarrollo de la Dirección de Recursos Naturales del Instituto Tecnológico de Sonora, con el objetivo de evaluar la calidad del agua proveniente del Canal Alto de Ciudad Obregón, Sonora, como fuente de abastecimiento a la potabilizadora tres y cinco, por medio de análisis microbiológicos y fisicoquímicos, con el fin de comprobar si cumple con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA – 001/89 y a manera de comparación con la NOM-127-SSA1-1994.

**Metodología.** El estudio se realizó en el periodo de agosto a noviembre del 2012, con ocho muestreos quincenales en cinco sitios, seleccionados estratégicamente, donde se obtuvo un total de 40 muestras. Los análisis microbiológicos realizados fueron: Número Más Probable de coliformes totales y fecales (NOM-112-SSA1-1994). Los análisis fisicoquímicos realizados fueron: determinación de temperatura (NMX-AA-007-SCFI-2000), Oxígeno Disuelto (OD) (NMX-AA-012-SCFI-2001), pH (NMX-AA-008-SCFI-2000), Conductividad Eléctrica (CE) (NMX-AA-093-SCFI-2000), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)(NMX-AA-028-SCFI-2001), Demanda Química de Oxígeno (NMX-AA-030-SCFI-2001), Sustancias Activas al Azul de Metileno (NMX-AA-039-SCFI-2001), Dureza Total (NMX-AA-072-SCFI-2001), Acidez y Alcalinidad (NMX-AA-036-SCFI-2001), Cloruros (NMX-AA-073-SCFI-2001), Sulfatos (NMX-AA-074-1981) y Sodio.

**Resultados y Discusión.** Los resultados obtenidos respecto a coliformes fecales, el 90% cumplió con el Acuerdo del Agua CE-CCA-001/89 y el 75% con la NOM-127-SSA1-1994. En el caso de coliformes totales, el 27.5% cumple con la NOM-127-SSA1-1994, para el Acuerdo del Agua CE-CCA-001/89, este criterio no aplica. En cuanto a temperatura, OD, pH, CE, SAAM, DT, Cl-, SO<sub>4</sub>, y Na, el 100% de las muestras cumplen con lo establecido ya sea en el Acuerdo del Agua CE-CCA-001/89 o en la NOM-127-SSA1-1994. En cuanto a la DBO5 y DQO, por ser parámetros que no aplican ni en la norma ni en el acuerdo, los valores dados se especificaron bajo criterios de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), para la DBO5, quedando el 5% de muestras con excelente calidad, el 30% de buena calidad y el 65% con una calidad aceptable y para la DQO, el 12.8% de excelente calidad, el 12.8% buena calidad, el 25.6% de las muestras es aceptable y el 48.7% contaminadas. Conforme a los resultados obtenidos, el agua superficial proveniente del Canal Alto de Ciudad Obregón Sonora, según el Acuerdo del Agua CE-CCA-001/89, el cual establece los criterios ecológicos de calidad de agua para fuentes de abastecimiento a las potabilizadoras.

**Conclusiones.** Esta fuente contiene agua de buena calidad, por lo tanto es una fuente apta para abastecer a las potabilizadoras. De no haber cumplido con los criterios ecológicos de dicho acuerdo, se tendría que suspender su uso, ya que se pondría en riesgo la salud de los habitantes de Ciudad Obregón, Sonora.

## Bibliografía

Catálogo Mexicano de Normas.

<http://economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/11DisenoDePlantasPotabilizadorasTipoDeTecnologiaSimplificada.pdf>. Accesado: 15 de Septiembre del 2012.

<http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=2&n4=141>. Accesado el 01 de Diciembre del 2013.

# Evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del Agua del Canal Principal Bajo en el Periodo de Agosto a Diciembre de 2012

Ismael Fragoso Sosa, Rafael Angulo Inzunza, David Encinas Yepiz, Ernesto Cantú Soto, Gabriela Domínguez Gastelum.  
Instituto Tecnológico de Sonora 5 de Febrero, 818 Sur. Col. Centro. CP 85000. Cd. Obregón, Sonora, México.

**Introducción.** El presente trabajo se realizó en los laboratorios de Microbiología y Eco-desarrollo de la Dirección de Recursos Naturales del Instituto Tecnológico de Sonora. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del Canal Principal Bajo de Ciudad Obregón, Sonora, debido que hasta la presente fecha no se conoce de estudio alguno relacionado con el estudio fisicoquímico y microbiológico en la fuente de abastecimiento de las plantas potabilizadoras usando para esto, metodologías establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas para así determinar si es apta para ser utilizada como fuente de abastecimiento para plantas potabilizadoras.

**Metodología.** El estudio se realizó durante el periodo de agosto a diciembre del 2012, durante el cual se llevaron ocho muestreos quincenales en cinco sitios de muestreos, seleccionados estratégicamente, obteniendo un total de cuarenta muestras. Los análisis realizados, fueron: número más probable de coliformes totales y fecales (NOM-112-SSA1-1994); así mismo, los análisis fisicoquímicos fueron: determinación de temperatura (NMX-AA-007-SCFI-2000), Oxígeno Disuelto (OD) (NMX-AA-012-SCFI-2001), pH (NMX-AA-008-SCFI-2000), Conductividad Eléctrica (CE) (NMX-AA-093-SCFI-2000), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) ( NMX-AA-028-SCFI-2001), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (NMX-AA-030-SCFI-2001), Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) (NMX-AA-039-SCFI-2001), Dureza Total (DT) (NMX-AA-072-SCFI-2001), Acidez y Alcalinidad (NMX-AA-036-SCFI-2001), Cloruros (Cl-) (NMX-AA-073-SCFI-2001), Sulfatos (SO<sub>4</sub>) (NMX-AA-074-1981) y Sodio (Na).

**Resultados y Discusión.** En coliformes totales, en el 100% de los muestreos hubo incidencia de este grupo indicador. Para coliformes fecales, el 90% de las muestras (n=36) cumplió con el Acuerdo para los Criterios Ecológicos del Agua CE-CCA-001/89. Para los análisis de temperatura, OD, PH, CE, SAAM, DT, Cl-, SO<sub>4</sub>, y Na, el 100% de las muestras cumplen con lo establecido en ambos criterios (Acuerdo para los Criterios Ecológicos del Agua CE-CCA-001/89 o en la NOM-127-SSA1-1994). Los análisis de DBO<sub>5</sub> y DQO se compararon bajo los criterios de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) obteniendo los siguientes resultados: para la DBO<sub>5</sub> el 30% de muestras cumple con el rango de agua de buena calidad y el 70% restante se considera aceptable. Para DQO, el 37% de las muestras es aceptable y el 62.5% restante entra en el rango de aguas contaminadas pudiendo ser esto una limitante para su uso como agua de abastecimiento para las plantas potabilizadoras.

**Conclusiones.** El agua superficial proveniente del Canal Principal Bajo de Ciudad Obregón, Sonora es apta para ser utilizada como fuente de abastecimiento para plantas potabilizadoras cumpliendo así con el objetivo planteado.

## Bibliografía

Secretaría de Economía (s.f.) Catalogo Mexicano de Normas obtenido de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>.

# Bioremoción de Compuestos Fenólicos por medio de la Microalga *Nannochloropsis Oculata*

Raúl Lacarra Norzagaray<sup>1</sup>, Edna Rosalba Meza Escalante<sup>1</sup>, Ruth Gabriela Ulloa Mercado<sup>2</sup>, Denisse Serrano Palacios<sup>1</sup>, María del Rosario Martínez Macías<sup>1</sup>.

Instituto Tecnológico de Sonora. <sup>1</sup>Depto. de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. <sup>2</sup>Depto. de Biotecnología y Ciencias Alimentarias. 5 de Febrero 818 Sur, C. P. 85000, Cd. Obregón, Sonora.

**Introducción.** Hoy en día el problema de la contaminación del agua es más preocupante que en décadas pasadas, debido al gran crecimiento industrial. La industria es de las principales fuentes de contaminación del agua, ya que sus efluentes llevan partículas químicas que son difíciles de disolver en agua o simplemente no son solubles en agua, un ejemplo claro es el fenol. Los derivados fenólicos, son compuestos que pertenecen a un grupo de contaminantes de carácter tóxico y en casi todos los casos cancerígenos; las fuentes industriales de este tipo de contaminantes son las refinerías de aceite, plantas de gasificación de carbón, unidades petroquímicas, las cuales generan grandes cantidades de fenoles, además, los derivados fenólicos son usados en la síntesis de plásticos, colorantes, pesticidas, insecticidas; por lo tanto su degradación es un indicativo de la aparición de fenoles en el ambiente (Moreno-Piraján, 2011), los avances en procesos biológicos, tales como el de Semple (1996), se reportó que la microalga no presentan inhibición alguna en compuestos fenólicos, a diferencia de los tratamientos físicoquímicos que no presentan remoción de fenol además de presentar un costo de mantenimiento elevado. El objetivo de la presente investigación es evaluar la eficiencia de remoción de compuestos fenólicos por medio de la microalga *Nannochloropsis Oculata*.

**Metodología.** Se cultivó la microalga *Nannochloropsis Oculata*, se utilizó el medio algal como medio de cultivo reportado por Fabregas (1985), con una salinidad de 3.5%, las condiciones de cultivo se mantuvieron a 20° C, se tuvieron periodos de 12 horas con luz y 12 horas sin luz, con una intensidad luminosa de 200  $\mu\text{mol quanta}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , una aireación de 1.5 vvm enriquecido con pulso 10 s de CO<sub>2</sub> cada 10 min, hasta su etapa estacionaria. Se realizaron cinéticas de eliminación de p-cresol en botellas serológicas por duplicado con un volumen de operación de 60 mL, las cuales fueron inoculadas con 2 g/L de biomasa microalgal. Se probaron 2 concentraciones (50 y 100 ppm) de compuestos fenólicos. Se tomaron 2 mL de muestra cada 24 h hasta las 240 h, la muestra fue centrifugada y filtrada, en filtros Whatman GF/C de 45 $\mu\text{m}$  para después ser medida la concentración de compuesto fenólico en el espectrofotómetro.

**Resultados y Discusión.** Se registraron altas eficiencias de remoción de p-cresol en las concentraciones probadas hasta el momento.

**Conclusiones.** Es posible remover compuestos fenólicos por medio de la microalga *N. Oculata* ya que el tratamiento no presenta inhibición a los compuestos fenólicos y se esperan altas eficiencias de remoción

## Bibliografía

- Fabregas J., Herrero C., Cabezas B., Abalde J. (1985). Mass culture and biochemical variability of the marine microalga *Tetraselmis suecica* Kylin (Butch) with high nutrient concentrations. *Acuaculture*. Editorial Elsevier. Págs: 231-244.
- Moreno-Piraján, L. G. (2011). *Adsorción de Fenol en soluciones acuosas empleando monolitos de carbón activado de cáscara de Coco*. Bogota: Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Semple K.T. and Cain R.B. (1996). *Biodegradation of phenols by the alga Ochromonas danica*. *Appl Environ Microbiol.* 62(4): 1265–1273.

# Utilizar la Energía Solar como Fuente de Electricidad para Iluminar una Casa Habitación

Rosario Alicia Gálvez Chan\*, Ana Karina Blanco Ríos, Julia Xochilt Peralta García, Patricia Alejandra Paredes Gálvez, Jesús Eduardo Hinojos Ramos.

Instituto Tecnológico de Sonora. Antonio Caso s/n CP 85130, Cd. Obregón, Sonora, México<sup>1</sup>. \*rosario.galvez@itson.edu.mx

**Introducción.** Las fuentes primarias de energía en el mundo son los combustibles fósiles, los cuales suministran el 81% de la mezcla total de energía en el mundo (International Energy Agency, 2012). El uso de energía fósil provoca graves impactos, el principal es el deterioro del ambiente a través de la liberación de contaminantes, los cuales consisten en emisiones de CO<sub>2</sub>. Debido a la problemática ya mencionada, las personas están haciendo un esfuerzo para utilizar fuentes alternativas de energía, entre las cuales se encuentra la energía solar. Una manera de captar la energía solar es a través de paneles solares, los cuales poseen conductores que generan electricidad debido al choque de los fotones con los electrones libres que se encuentran en contactos de plata de una célula fotovoltaica (Enalto, 2014). En trabajos previos, estudiantes del Instituto Tecnológico de Sonora elaboraron un prototipo generador de energía eléctrica con celdas solares, logrando encender un abanico por un período de 10 horas, en este trabajo el objetivo planteado fue aumentar la capacidad de generación de energía eléctrica producida para iluminación de una casa habitación, mediante el rediseño del prototipo.

**Metodología.** Mediante una investigación descriptiva, se realizó el dimensionamiento de los componentes y estimación del presupuesto incluyendo el voltaje de la instalación y consumo eléctrico real para lo cual se utilizaron paneles solares, estructuras de soporte, reguladores de carga, baterías e inversor de corriente eléctrica. El dimensionamiento del inversor se realizó en base al pico máximo de potencia que se estimó en el consumo. Se consideraron caídas de tensión en los conductores menores al 5% entre el generador y regulador, menores al 1% entre el regulador y las baterías e inferiores al 5% entre el regulador de cargas y las cargas en el dimensionamiento del cableado. Los fusibles para la protección de los cables se eligieron tomando en cuenta que la máxima corriente de operación esté entre el 50 y 80% de la capacidad nominal del mismo.

**Resultados y Discusión.** Con el rediseño del equipo se produjo la energía suficiente para alimentar el sistema de iluminación de una casa habitación de 57 m<sup>2</sup> de construcción, la cual utiliza 7 focos ahorradores de energía de 24 watts de consumo, por un periodo de 11 horas.

**Conclusiones.** El uso de paneles solares permite disminuir la cantidad de energía consumida de la red eléctrica, y por tanto, los costos que ésta genera. Otro de los beneficios obtenidos con esta tecnología limpia es el favorecer el cuidado del medio ambiente.

## Bibliografía

ENALTO. Energías alternativas. (2014). Recuperado de <http://enalto.com.mx/energias-alternativas/>  
International Energy Agency. (2012). World Energy Balances. Recuperado de [http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PER\\_2012-2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf)

# Estudio de la Redisolución de Metales en los Sedimentos de la Presa Abelardo L. Rodríguez, a través de un Modelo Factorial 2<sup>3</sup>, utilizando Ácido Acético como Agente Lixivante

Martín Antonio Encinas Romero<sup>1\*</sup>, Agustín Gómez Álvarez<sup>1</sup>, Diana María Meza Figueroa<sup>2</sup>, Arturo Israel Villalba Atondo<sup>3</sup>, José Carlos Durazo Agramón<sup>1</sup>.

Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000<sup>1</sup> Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000.<sup>2</sup> Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad de Sonora, Blvd. Luis Colosio s/n, e/Sahuaripa y Reforma, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000<sup>3</sup>.

**Introducción.** La Presa Abelardo L. Rodríguez (A.L.R.), se localiza en el lado oriente de la Ciudad de Hermosillo, Sonora, y desde hace varios años es utilizada para el abastecimiento de agua de esta ciudad. Actualmente permanece con un escaso volumen de agua, alimentado únicamente por el Río San Miguel. (Gómez y col., 2010), realizó un estudio en este embalse y reportó valores altos de metales totales en el sedimento en el siguiente orden: Fe>Mn >Zn>Pb>Cu. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la redisolución de metales (Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) en el sedimento de la Presa A.L.R., empleando como medio extractante, ácido acético 0.11 M, a diferentes niveles de temperatura, relación sólido-líquido y tamaño de partícula.

**Metodología.** Se realizó un muestreo en la Presa A.L.R., en las zonas donde se reportan los valores más altos de metales (Gómez y col., 2010). El procedimiento utilizado para el muestreo, preservación y transporte de las muestras fue en base a la metodología recomendada por Mudroch y Azcue (1995). Para evaluar la redisolución de metales se utilizó un Diseño de experimentos Factorial 2<sup>3</sup>. Los factores de estudio fueron: Temperatura (A) (+) 50°C y (-) 25°C; Relación Sólido/Líquido (B) (+) 1 g/L y (-) 0.5 g/L; tamaño de partícula (C) (+) > 250 µm y (-) < 106 micras; manteniendo constantes los factores: volumen y concentración de la solución de extracción (500 mL de ácido acético 0.11 M) y velocidad de agitación de 300 rpm.

**Resultados y Discusión.** Los resultados indican que el metal que presentó mayor redisolución fue el Mn con valores entre 20% y 65% de remoción, mientras que para el Fe, Cu, Pb y Zn presentaron una redisolución nula. Las variables y niveles que tuvieron mayor efecto en la redisolución del Mn fueron: temperatura de 50°C, relación Sólido/Líquido de 1g/L y tamaño de partícula < 106 micras.

**Conclusiones.** Bajo las condiciones de evaluación, el Mn fue el que presentó mayor disolución. Los resultados indican hasta un 65% de remoción de Mn. La mejor combinación en la redisolución del Mn fue a una temperatura de 50 °C, una relación sólido/líquido de 1g/L y un tamaño de partícula < 106 micras. Todas las combinaciones de evaluación para la redisolución de Mn ocasiona que sobrepase los valores establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua para Diferentes Usos (S.E.D.U.E., 1989).

## Bibliografía

- Gómez, A.A., Valenzuela, G.J. L., Villalba, A.A. I., Meza, F.D. M., Almendáriz, T.F. J., Ochoa, V.E., Romero, A.A. A. (2010). Estudio de las fracciones de metales pesados potencialmente biodisponibles en sedimentos de la Presa Abelardo L. Rodríguez, Sonora, México. Informe Académico Final. Universidad de Sonora, México.
- Mudroch, A., Azcue, J.M. (1995). Manual of aquatic sediment sampling. Lewis Publishers. USA.
- S.E.D.U.E. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), (1989). Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89. Diario Oficial de la Federación, Tomo CDXXX, No. 9. México, D.F.

# Evaluación Preliminar de las Condiciones Analíticas para Cuantificar Aluminio en Tejidos de Ratas Sprague Dawley, Mediante la Técnica de Absorción Atómica (Flama y Horno de Grafito)

Alejandro Monserrat García Alegría<sup>1\*</sup>, Agustín Gómez Álvarez<sup>2</sup>, Iván Anduro Corona<sup>3</sup>, Armando Burgos Hernández<sup>4</sup>, Humberto Francisco Astiazarán García<sup>3</sup>. \*amgarcia@guayacan.uson.mx

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora; <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora. <sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (Área de Nutrición);

<sup>4</sup>Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora.

**Introducción.** El aluminio es un metal que tiene una gran diversidad de usos a nivel industrial y de consumo humano. Recientemente se le ha considerado como un metal tóxico ya que se le ha relacionado con alteraciones a nivel hepático, cerebral, hematológico y neoplásico, entre otras. Por tal razón, el objetivo del presente trabajo es establecer las condiciones analíticas para cuantificar la concentración de aluminio total en tejidos de ratas Sprague Dawley, utilizando la técnica de Espectroscopia Absorción Atómica (EAA) por flama y horno de grafito.

**Metodología.** La linealidad se evaluó a través del coeficiente de correlación ( $R^2$ ), con curvas de calibración de estándares de trabajo (AccuTrace Reference Standard, New Haven, CT) a concentraciones de 10, 20, 50, 100 y 200 mg/L para flama, y concentraciones de 10, 20, 40, 60 y 80  $\mu\text{g/L}$  para horno de grafito. La exactitud y la precisión se evaluaron con un estándar de referencia certificado (Certified Reference Material Soil Solution, CRM-Soil-B, Charleston, SC.), el cual contiene 700 mg/L de aluminio. Para el análisis de Al por flama y horno de grafito se prepararon y analizaron diez réplicas. La exactitud se determinó mediante el porcentaje de recuperación (% Rec), y la precisión a través del porcentaje del coeficiente de variación (%CV). El límite de detección (LD) y el límite de cuantificación (LC) se obtuvieron a través de curvas de calibración. Las muestras de tejidos de ratas Sprague Dawley (vísceras, cerebro y hueso) fueron fortificadas con 100 mg/L de Al, posteriormente fueron digeridas a través del método de vía húmeda utilizando una mezcla de  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{HClO}_4$ .

**Resultados y Discusión.** La linealidad se determinó con el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) a través de curvas de calibración. Los resultados para flama son de  $R^2 = 0.9998$ , mientras que para horno de grafito fue de  $R^2 = 0.9953$ . Ambos valores se consideran aceptables ya que el criterio de aceptación de  $R^2 \geq 0.995$  (Miller y col. 2002). La exactitud se evaluó a través del % Rec los resultados fueron de 100.62% para flama y de 95.94 % para horno de grafito. Ambos resultados son aceptables de acuerdo a la IUPAC (1999). La precisión se determinó a través del % CV, y los resultados fueron de 0.6104 para flama y de 1.1874 para horno de grafito. Estos valores se consideran aceptables ya que son menores del valor ( $\text{CV} < 2\%$ ) establecido para métodos instrumentales (Miller y col., 2002). Los resultados para el LD fueron de 0.0579 mg/L para flama y de 0.0533  $\mu\text{g/L}$  para horno de grafito, en tanto que para el LC los resultados fueron de 0.1911 mg/L para flama y de 0.1760  $\mu\text{g/L}$  para horno de grafito. Ambos valores para LD y LC por flama y horno de grafito, son similares a los reportados en la literatura. El porcentaje de recuperación de aluminio a partir de las muestras fortificadas con aluminio fue de 103.5% para vísceras, 100.65% para hueso, y de 120.5% para cerebro.

**Conclusiones.** La evaluación preliminar de las condiciones analíticas para determinar la concentración de aluminio total a través de la técnica de EAA (flama y horno de grafito) se consideran aceptables, a partir de los resultados obtenidos de los parámetros analíticos evaluados en condiciones ideales y en muestras de tejidos de ratas fortificadas con Al.

## Bibliografía

IUPAC. (1999). Harmonized Guidelines for the Use of Recovery Information in Analytical Measurement, Pure and Appl. Chem. vol. 71:337-348.

Miller, J.N., Miller, J.C. (2002). Estadística y Quimiometría para Química Analítica. Cuarta edición. Ed. Pearson Prentice Hall. pp. 21-41. España.

# Determinación de Arsénico en Muestras de Camarón por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruro

Blanca Lorenia Reyes Blanco, Roberto Rodríguez Ramírez \*, Guadalupe Herrera González, Raúl Holguín Soto.  
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias del Instituto Tecnológico de Sonora<sup>1</sup>. 5 de Febrero Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora. blanca.reyes@itson.edu.mx  
\*Autor de correspondencia; roberto.rodriguez@itson.edu.mx

**Introducción.** El arsénico y sus compuestos son ampliamente distribuidos en la naturaleza, y existen principalmente en dos estados de oxidación: arsenito (+III) y arsenato (+V), los cuales son emitidos a la atmósfera a través de fuentes naturales e industriales (Botello y col., 2005). Informes recientes han demostrado un aumento de la presencia del arsénico en las aguas costeras, estuarios y lagunas a lo largo de la costa mexicana, casi todo el arsénico presente en los alimentos marinos es arsénico orgánico, el cual es considerado mucho menos tóxico que el arsénico inorgánico. Por lo que el consumo de pescados y mariscos supone un riesgo para el ser humano, puesto que son una fuente importante de exposición al arsénico (Leufroy y col., 2012). En este sentido, es necesaria la determinación de este metaloide en muestras de camarón provenientes de granjas acuícolas localizadas en el Estado de Sonora. El objetivo de este estudio fue cuantificar la concentración de arsénico en camarón mediante espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros.

**Metodología.** La cuantificación de arsénico en muestras de camarón fue basada en la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009. Los muestreos realizados son dirigidos y programados de las granjas acuícolas destinada a la siembra de camarón de la región del Valle del Yaqui. Se tomaron un total de 49 muestras y se almacenaron a una temperatura de 5 °C, hasta el momento de su análisis. El procedimiento de digestión y de análisis se llevó a cabo bajo la digestión ácida y posteriormente se realizó la técnica de absorción atómica con generación de hidruros que tiene la propiedad de formar el hidruro de arsénico y permite cuantificar en el orden de ppb de este compuesto.

**Resultados y Discusión** Las concentraciones que se encontraron de arsénico en camarón fue un valor mínimo de 0.00163 mg/kg y un máximo de 8.238 mg/kg, estos se encuentran dentro del parámetro establecido en base a la NOM- 242-SSA1- 2009 que establece el límite máximo de 80 mg/kg, Se obtuvieron porcentajes de recuperación del método obteniendo valores de 80 y 85%.

**Conclusiones.** Las concentraciones determinados en los análisis de arsénico en camarón procedente de granjas acuícolas se encontraron dentro de los límites establecidos por la norma NOM- 242-SSA1- 2009. Los valores encontrados en muestras son aptos para consumo humano ya que la mayor parte del arsénico en productos pesqueros está en forma orgánica lo que facilita su excreción del organismo.

## Bibliografía

- Leufroy, A., Noël, L., Beauchemin, D. & Guérin, T. (2012). In Bioaccessibility of total arsenic and arsenic species in seafood as determined by a continuous online leaching method. *Anal Bioanal Chem* 402: 2849-2859.
- Botello, A., Rendón, J., Gold-Bouchot, G. y Agraz-Hernández, (2005). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental. Segunda edición, Universidad Autónoma de Tabasco. Pág. 346.
- Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Recuperado el 29 de agosto de 2014.

# Análisis de la Respuesta de la Vegetación Natural a la Helada del 2011 en la Cuenca del Río Cuchujaqui, Sonora

Masuly Guadalupe Vega, César G. González Parra, María Fernanda Lares Orozco, Juan Isaac Gámez Badouin  
Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, C.P.  
8500, Cd. Obregón, Sonora<sup>1</sup>.

**Introducción.** En las últimas décadas se han observado cambios en la frecuencia y duración de eventos extremos asociados al cambio climático y se prevé que éstos se intensifiquen en un futuro (IPCC, 2013). Las heladas son un evento climático extremo que pueden ocasionar daños en la economía de una región, así como cambios rápidos en el paisaje y alteraciones al ecosistema (Niu y col. 2014). En este trabajo se analiza la respuesta de la vegetación natural del bosque tropical seco de la cuenca del Río Cuchujaqui en Álamos, Sonora, a la helada ocurrida en los primeros días del mes de febrero del año 2011.

**Metodología.** Para la caracterización de la helada se utilizaron registros históricos de temperatura y precipitación de estaciones meteorológicas de la zona y productos satelitales del Sistema Nacional de Asimilación de Datos Terrestres de Estados Unidos (NLDAS). El impacto de la helada en la vegetación se analizó utilizando dos escalas espaciales. Se localizaron sitios donde la vegetación presentó mortandad debido al evento y sitios donde la vegetación no fue afectada. Se analizó la condición de la vegetación en años anteriores y posteriores al evento (2009, 2010, 2011 y 2012) utilizando el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI, por sus siglas en inglés) del sensor MODIS (acrónimo). Además, se utilizaron imágenes satelitales de septiembre de 2010 y 2011 de Landsat 5 para cuantificar los impactos de la helada a nivel cuenca utilizando las diferencias de NDVI.

**Resultados y Discusión.** Los registros de temperatura muestran una disminución de alrededor de 8.4 °C con referencia al promedio histórico dentro de la cuenca. En los sitios identificados con mortalidad extensiva debido a la helada, se observó un decremento de hasta de 7.6% en los valores promedio anuales de NDVI entre los años anterior y posterior al evento (2010 y 2011), y una disminución de hasta 6.3% en los valores promedio de NDVI durante el verano. También en los sitios donde la helada no ocasionó mortandad de grandes parches de vegetación se observó un decremento de las mismas magnitudes en el promedio anual de NDVI y un decremento de hasta un 5.0% en los valores promedio durante el verano. Al analizar la precipitación media anual de las estaciones dentro de la cuenca, se observa que el año 2011 tuvo una precipitación mayor en un 25% al año 2010, implicando que las disminuciones de NDVI entre los años en efecto se deben a la helada y no a un año seco.

**Conclusiones.** La helada de febrero de 2011 tuvo un impacto negativo en la vegetación natural del Río Cuchujaqui ocasionando cambios drásticos debido a un evento extremo. Esto conlleva alteraciones en la dinámica funcional de los ecosistemas disminuyendo la productividad primaria y la captura de carbono, favoreciendo la erosión del suelo y alterando la biogeoquímica e hidrología de la cuenca. Es importante conocer la magnitud de estos cambios y sus efectos en los distintos procesos ecosistémicos para poder diseñar medidas de adaptación al cambio climático en regiones subtropicales.

## Bibliografía

- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Niu, S., Luo, Y., Li, D., Cao, S., Xia, J., Li, J. y Smith, M. (2014). Plant growth and mortality under climatic extremes: an overview. *Environmental and experimental botany*, 98, 13-19.

# Potencial Capacidad de Descomposición de la Materia Orgánica Vía Microbiana en Diferentes Usos de Suelo en una Selva Baja Caducifolia

Maritza Sandoval Aguilar<sup>1\*</sup>, Sergio de los Santos Villalobos<sup>1</sup>, Abigail Peláez Álvarez<sup>2</sup>, Tanya Coyotl Barrios<sup>2</sup>, Enrico A. Yépez<sup>1\*</sup>  
Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur,  
Centro 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México<sup>1</sup>. Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Prolongación Reforma 16,  
colonia Santiago Michoacán, 74420, Izúcar de Matamoros, Puebla, México<sup>2</sup>.  
\*Autores de correspondencia; E-mail: o.icamsa@gmail.com / yepezglz@gmail.com

**Introducción.** La materia orgánica del suelo, conformada principalmente por residuos vegetales y animales, es degradada principalmente por procesos de descomposición a través de la producción de enzimas líticas de origen microbiano, las cuales son responsables de la mineralización de sustancias orgánicas complejas, *i.e* mantillo y hojarasca (Chapin y col. 2011; Domínguez y col. 2009). Esta descomposición es afectada tanto por las condiciones edafo-climáticas como por los cambios de usos de suelo en un ecosistema, impactando de manera indirecta a los ciclos biogeoquímicos, y por lo tanto los procesos dinámicos y funcionales de éstos. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo es el estudio la población microbiana edáfica total y celulolítica presente en cuatro sitios impactados por actividades antropogénicas, dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui, con la finalidad de conocer su potencial capacidad de descomposición de la materia orgánica compleja a través de procesos microbianos, y su impacto en el ciclaje de carbono en estos sitios de estudio.

**Metodología.** Dentro del área de estudio, se colectaron muestras representativas de suelo de cada uno de los cuatro sitios: i) selva baja caducifolia madura (m), ii) sitio desmontado y abandonado (a), iii) sitio desmontado y cultivado (c), y iv) sitio monoespecífico de *Acacia cochliacantha* (ac). La cuantificación de la población microbiana total se realizó por medio de conteos de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en medio de cultivos ricos en nutrientes (Agar Papa Dextrosa y Agar Nutritivo). La población de microorganismos celulolíticos (enzimas intra o extracelulares) fue determinada por su crecimiento en un medio sintético adicionado con Carboximetilcelulosa, y posteriormente teñido con el colorante Rojo Congo (10 ml) (Gomashe y col. 2013).

**Resultados y Discusión.** La población microbiana total mostró una relación directa con la diversidad de plantas en los sitios de estudio. La capacidad de degradación de carbono fue determinada a través de la actividad de los microorganismos celulolíticos, donde: el sitio cultivo presentó una mayor población. Sin embargo, los porcentajes de carbono en el suelo son: (m)  $3.2 \pm 0.1$ , (ac)  $2.4 \pm 0.1$ , (a)  $1.6 \pm 0.1$  y (c)  $1.1 \pm 0$ . No obstante, todos los sitios presentan mayor porcentaje de microorganismos celulíticos intracelulares (67%), la capacidad que tiene el resto (extracelulares) de degradar carbono, utilizarlo como fuente de energía y difundir enzimas a su alrededor para degradar materia orgánica compleja no limita el ciclaje del carbono en el sistema.

**Conclusión.** El impacto generado en el suelo modifica la población microbiana, sin embargo, el sistema realiza el proceso de degradación de la materia orgánica, la cual para estos sitios la vegetación es la principal fuente de ésta.

## Bibliografía

- Chapin III, F.S., P.A. Matson y H.A. Mooney. (2011) Descomposition and ecosystem carbon budgets. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer, Nueva York.
- Domínguez, J., Aira, M., & Gómez-Brandón, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Revista Ecosistemas*, 18(2).
- Gomashe, AV, Gulhane, PA, y Bezalwar, PM (2013). Isolation and Screening Cellulose Degrading Microbes from Nagpur Region Soil. *Int.. J. de Ciencias de la Vida*, 1 (4), 291-293.

# Variación de la Tasa de Evapotranspiración en un Gradiente Sucesional de Bosque Tropical Seco Bajo Influencia del Monzón de Norte América Mediante el Uso de Sensores Remotos

Marco González Pelayo\*; Enrico Arturo Yépez González; Jaime Garatuza Payán; Miguel Rivera; Orlando Ramírez Valle  
Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur Colonia Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora<sup>1</sup>. \* Autor para correspondencia: marco\_gonzalez\_9@hotmail.com

**Introducción.** El bosque tropical seco (BTS) de la sierra de Álamos, Sonora está amenazado por el desarrollo de actividades productivas, presentando modificaciones estructurales y funcionales que afectan el intercambio de agua entre ecosistema y atmósfera. El sobrepastoreo ha dado lugar a la conversión de BTS a praderas ganaderas que repercuten en el balance hídrico ecosistémico.

**Metodología.** En un gradiente sucesional de BTS se monitorearon variables climáticas durante un año (29 junio 2013 – 29 de junio 2014) para la aplicación de una metodología sensible a los cambios de uso de suelo para determinar la evapotranspiración real (ET) en función de un coeficiente de cultivo basado en la fracción de vegetación y el índice de vegetación mejorado (EVI) a partir de sensores remotos en el área de influencia del monzón de Norte América.

**Resultados y Discusión.** Los resultados de ET para el ciclo de estudio 2013-2014 fue en BTS maduro 695 mm, 615 mm en una pradera de zacate Buffel, 684 mm en un sitio desmontado abandonado y 651 mm en un BTS secundario y una tasa de ET promedio diaria de 3.79  $\text{mmd}^{-1}$ , 3.35  $\text{mmd}^{-1}$ , 3.72  $\text{mmd}^{-1}$  y 3.55  $\text{mmd}^{-1}$  respectivamente y son comparables con los resultados obtenidos por Pérez-Ruiz y col. (2010) en otro BTS de Sonora, lo que sugiere que el proceso de ET no varía en función del cambio de uso de suelo.

**Conclusiones.** La metodología desarrollada permite observar un retraso en la respuesta ante los primeros pulsos de lluvia en la entrada del monzón de Norte América (julio) por parte de la pradera de zacate Buffel en relación a los bosques estudiados.

## Bibliografía

Pérez-Ruiz, E. R., Garatuza-Payán, J., Watts, C. J., Rodríguez, J. C., Yépez, E. A., y Scott, R. L. (2010). Carbon dioxide and water vapor exchange in a tropical dry forest as influenced by the North American Monsoon System (NAMS). *Journal of arid environments*, 74(5), 556-563.

# Estimación de la Productividad Primaria Neta Anual de los Ecosistemas Sonorenses (2000-2013)

Joseline Benítez López\*, Enrico Arturo Yépez, Jaime Garatuza Payán y Agustín Robles Morua  
Depto. de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente. Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur, Col. Centro, C.P.  
85000, Cd. Obregón, Sonora. México. [jbenezlpz@gmail.com](mailto:jbenezlpz@gmail.com)

**Introducción.** La estimación de la Productividad Primaria Neta (PPN) es una herramienta importante para comprender la dinámica funcional de los ecosistemas y sirve de indicador de su potencial como almacenes de carbono (C). La disponibilidad de agua juega un factor clave como uno de los controladores o limitantes de la productividad, en especial en las zonas áridas y semiáridas (Yepez y Williams, 2009). Ya que la PPN está directamente relacionada a la actividad fotosintética de las plantas, ésta puede ser estimada por medio de sensores remotos. El objetivo de este estudio es analizar el potencial como almacenes de C de los diferentes ecosistemas de Sonora a través de la estimación de la PPN de imágenes de MODIS durante el periodo 2000-2013 y comparar la respuesta de estos ecosistemas en años secos y húmedos.

**Metodología.** Se emplearon datos en formato vectorial de uso de suelo y vegetación de INEGI-INE (1996), junto con imágenes raster de PPN de MODIS (Running y col., 2004) con corrección atmosférica (Zhao y col., 2005) obtenidas de la NTSG (*Numerical Terradynamic Simulation Group*), donde 1 pixel (1 km<sup>2</sup>) = x kgC/m<sup>2</sup>. Mientras que los datos de la distribución espacial de la precipitación se obtuvieron de LDAS (*Land Data Assimilation System*).

**Resultados y Discusión.** Se generó un mapa con el promedio de PPN del periodo 2000-2013, en el que se observa la variabilidad de la PPN a lo largo del territorio estatal. Hay una diferencia marcada entre los promedios de productividad de los ecosistemas desérticos (0.41 MgC/ha,  $\sigma=0.08$ ), los matorrales (0.83 MgC/ha,  $\sigma=0.19$ ), las selvas (1.11 MgC/ha,  $\sigma=0.36$ ), los bosques (1.34 MgC/ha,  $\sigma=0.42$ ), el manglar (1.44 MgC/ha,  $\sigma=0.18$ ) y las zonas de cultivo de riego (1.66 MgC/ha,  $\sigma=0.20$ ). En los años secos hay un importante descenso en la productividad de todos los ecosistemas lo cual es más notorio durante el 2002 con 275 mm de lluvia y el 2011, con 320 mm; durante esos años la productividad puede llegar a disminuir a más de 50% de la que se genera en un año húmedo, como en el 2004, con 393 mm de lluvia. A pesar de que en el 2011 se tuvo una precipitación considerable (320 mm), al observar las imágenes de la distribución de la PPN y la precipitación, se puede encontrar que los eventos de lluvia se concentran en una pequeña parte de la región sureste del estado de Sonora, lo que explica que en la mayor parte del territorio no se haya encontrado respuesta favorable por parte de la vegetación. Sin embargo, se observa que en las zonas de cultivo a pesar de que estas reducen su productividad durante años secos, ésta no está directamente en función de la presencia o ausencia de precipitaciones.

**Conclusiones.** Se generó una línea base para la determinación del potencial de almacenamiento de C de los ecosistemas sonorenses. A partir de los resultados obtenidos de este estudio, se ratificó que las precipitaciones son el principal factor que controla la productividad de los sistemas naturales en Sonora. Se encontró que las consecuencias de una sequía y eventos importantes de precipitación tienen efectos en la vegetación que pueden seguir apreciándose en los años siguientes.

## Bibliografía

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. 'Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO'. Escala 1:1 000 000.
- Yépez, E.A. and Williams, D.G. (2009). Chapter 13. Precipitation pulses and ecosystem carbon and water exchange in arid and semi-arid environments. In De la Barrera, E.; William, D.G. and Smith, G. Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 337-361.
- Running, S.W.; Nemani, R.R.; Heinsch, F.A.; Zhao, M.; Reeves, M. and Hashimoto, H. 2004. A Continuous Satellite-Derived Measure of Global Terrestrial Primary Production. *BioScience*. 54(6), 547-560.
- Zhao, M.; Heinsch, F.A.; Nemani, R.R. and Running, S.W. 2005. Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set. *Remote Sensing of Environment* 95, 164–176.

# Intercambio Neto de CO<sub>2</sub> y su Relación con Factores Abióticos en Manglares de la Bahía del Tóbari, Sonora

Martha Lucía Vargas Terminel<sup>1\*</sup>, Julio C. Rodríguez<sup>2</sup>, Enrico Arturo Yépez González<sup>1</sup>, Jaime Garatuzza Payán<sup>1</sup>, Christopher J. Watts<sup>2</sup>.

Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur, Col. Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora<sup>1</sup>.

Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora<sup>2</sup>.

\* martuchisvargast@gmail.com

**Introducción.** Los manglares representan el 11% de la captura de carbono global de los ecosistemas costeros; ocupan el 0.1% de la superficie terrestre y el 0.5% de las zonas costeras globales (Alongi, 2014). Se consideran sistemas biocomplejos por la gran diversidad de procesos funcionales relacionados con sus factores abióticos como los niveles de salinidad, el hidropereodo, los disturbios y la disponibilidad de nutrientes que controlan la productividad neta del ecosistema (NEP) (Barr y col., 2010; Feller y col., 2010). El limitado entendimiento de los factores que controlan la NEP de los manglares se debe en parte a la escasez de mediciones de flujos y reservorios de C. El objetivo de este estudio es monitorear la dinámica de los flujos de CO<sub>2</sub> en un sitio de manglar durante tres estaciones del año.

**Metodología.** Las mediciones de flujos de CO<sub>2</sub> (NEE) se realizaron durante diciembre de 2013 a agosto de 2014 en un ecosistema de manglar ubicado en la Bahía del Tóbari, sitio caracterizado por la presencia de actividades humanas (27.11°N, 110.02°O). En este sitio fue instalado un sistema de covarianza de vórtices que realiza mediciones continuas de NEE, calor sensible, calor latente y climatología, así como sensores de salinidad y piezometría. Las especies mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle negro (*Avicennia germinans*) son representativas del sitio.

**Resultados y Discusión.** Los patrones de NEE respondieron a los cambios de factores abióticos por la estacionalidad. Durante el invierno, el ecosistema presentó una variación de rangos de NEE que van desde -1.02 a 1.36  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , los valores positivos indican que durante este periodo el ecosistema está respirando. Mientras que durante la etapa de primavera los rangos de asimilación de CO<sub>2</sub> desde -2.10 hasta 1.81  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , esto sugiere que la actividad fotosintética del ecosistema comienza a incrementarse durante esta época del año. En contraste, en verano los flujos de NEE se mantuvieron en un rango de -2.93 hasta 4.22  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Los valores promedio diurnos el invierno presenta una menor productividad con  $0.29 \pm 0.05 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  mientras que verano y primavera son temporadas donde la productividad del ecosistema incrementa con  $-0.58 \pm 0.17$  y  $-0.91 \pm 0.07 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. A pesar de que el verano presentó valores más altos de asimilación de CO<sub>2</sub> que en primavera, es posible que la diferencia entre estos dos periodos se deba a una actividad de respiración más significativa en verano.

**Conclusiones.** La variaciones de NEE en ecosistemas de transición como los manglares sugieren estar moduladas por factores climáticos y ambientales al igual que los ecosistemas terrestres, tales como temperatura, radiación solar y nutrientes, y por otros factores como el nivel de las mareas y la salinidad (Barr y col., 2010).

## Bibliografía

- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual review of marine science*, 6, 195-219.
- Barr, J. G., Engel, V., Fuentes, J. D., Zieman, J. C., O'Halloran, T. L., Smith, T. J., & Anderson, G. H. (2010). Controls on mangrove forest-atmosphere carbon dioxide exchanges in western Everglades National Park. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences (2005–2012)*, 115(G2).
- Feller, I. C., Lovelock, C. E., Berger, U., McKee, K. L., Joye, S. B., & Ball, M. C. (2010). Biocomplexity in mangrove ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 2, 395-417.4).

# Efectos Inhibitorios de Colorantes Azo Sobre un Consorcio Microbiano Anaerobio

Rocío Valdez Espinoza<sup>1,2</sup>, Luis Humberto Álvarez Valencia<sup>2</sup>, Refugio Bernardo García Reyes<sup>2</sup>, Daniel Olivo Alanís<sup>2</sup>, Edna Rosalba Meza Escalante<sup>1</sup>.

ITSON, Depto. de Ciencias del Agua y Medio Ambiente calle 5 de febrero 818 sur, col. centro<sup>1</sup>. UANL, Facultad de Ciencias Cd. Obregón Sonora, México. Químicas 52 (/891) 8329-4000n Pedro de Alba s/n, cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza. N.L., México CP 66451<sup>2</sup>.

\* rocio\_2775@hotmail.com

**Introducción.** Los colorantes azo son ampliamente utilizados en diferentes sectores industriales como el textil, alimentos, cosméticos y fármacos. El sector que más demanda colorantes azo es el textil, ya que representan más del 70% de los colorantes usados durante la tinción de telas (Cervantes y col. 2008). El tratamiento de efluentes textiles puede llevarse a cabo utilizando consorcios anaerobios (CA); sin embargo, es importante elucidar los posibles efectos toxicológicos de los colorantes sobre el metabolismo microbiano. Este proyecto evalúa la capacidad de un CA durante la producción de biogás bajo distintas concentraciones de colorantes azo y efecto de mediadores redox sobre su recalcitrancia.

**Metodología.** El CA fue obtenido de una industria cervecera proveniente de Cd. Obregón, Sonora. Los bioensayos se llevaron a cabo en botellas serológicas con concentraciones (mM) de 0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 de azul directo 71 (AD71), 90 ml de medio mineral, 5 g de glucosa/l, 1 g SSV/l. Las condiciones anaerobias se establecieron con nitrógeno. La producción de biogás se midió por desplazamiento en una solución de NaOH al 2%. El colorante fue medido espectrofotométricamente a 585nm para AD71.

**Resultados y Discusión.** Los ensayos fueron incubados por 162 h, donde concentraciones de 1 y 2 mM el CA tuvo una capacidad de decoloración menor durante las primeras 24 h de incubación en comparación a las concentraciones de 0.1 y 0.5 mM, a partir de dicho tiempo el bioensayo con 1mM de AD71 obtuvo una decoloración significativa. Las incubaciones con concentraciones de 0.1, 0.5, 1 mM presentaron una considerable mayor decoloración, el ensayo a 0.1 mM de AD71 obtuvo la mayor decoloración durante el experimento.

Los resultados muestran que AD71 en altas concentraciones puede ser tóxico para el CA, comparando con otro tipo de colorantes azo utilizados, los cuales fueron también probados en las mismas condiciones que AD71 y presentaron una decoloración mayor que las obtenidas en este bioensayo. La recalcitrancia del AD71 se puede atribuir a la estructura química más compleja que incluye tres grupos azo. Los efectos tóxicos de los colorantes azo sobre los CA pueden ser abatidos si se utilizan mediadores redox durante el proceso de decoloración, que pueden ser sustancias húmicas o quinonas modelo como la riboflavina (Van der Zee, 2002). El efecto inhibitorio de AD71 se monitoreó mediante la producción de metano. En las muestras realizadas para medir el efecto de mediadores redox sobre la decoloración de AD71 durante 24 h, en su mayor concentración probada de 2.0 mM, observando que la prueba con lawsona obtuvo significativamente la mayor y más rápida decoloración con respecto a las pruebas realizadas con AQDS, obteniendo una decoloración mayor al 80% de su concentración inicial.

**Conclusiones.** Los resultados que se obtuvieron demuestran claramente que AD71 en grandes concentraciones presentan un efecto inhibitorio importante y evidencia su complicada forma de decolorarse y la eficiencia de los mediadores redox para combatir la recalcitrancia de dicho colorante.

## Bibliografía

- Cervantes, F.J., López, M.I., Siqueiros, E., Razo, E. (2008) *J. Chem. Technol. Biotech.* 184:268-272.  
Van der Zee, F.P. (2002) PhD Thesis, Wageningen University. Wageningen, The Netherlands.

# Determinación del Flujo Mínimo de Agua del Sistema de Presas del Río Yaqui para Preservación Ecológica

Francisco Alejandro Elías-González Castro<sup>1,2</sup>; Rodrigo González Enríquez<sup>1,2\*</sup>; German Eduardo Dévora Isiordia<sup>1</sup>; Juan Antonio Quiñónez Pineda<sup>1,2</sup>

Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818 Sur, Colonia Centro, C.P.: 85000 Cd. Obregón, Sonora, México. Teléfono: (644)4100900 Ext. 2116. Fax: (644)4100923.<sup>1</sup>; Grupo ATECSI, S. A. de C. V.<sup>2</sup>

**Introducción.** El caudal ecológico en ríos y humedales es un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, que establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad. Concilia la demanda económica, social y ambiental del agua, reconoce que los bienes y servicios de las cuencas hidrológicas dependen de procesos físicos, biológicos y sociales, y que únicamente conservando el agua que éstos necesitan, se puede garantizar su provisión futura (GWP, 2000). El caudal ecológico también puede definirse como el flujo de agua mínima necesaria que debe mantenerse en un curso fluvial al construir una presa, captación o derivación, de forma que no se alteren las condiciones naturales del biotopo y se garantice el desarrollo de una vida fluvial igual a la que existía anteriormente y preservando los valores ecológicos en el cauce, por lo que todo proyecto que conlleve la derivación de agua de cauces hídricos naturales (agua potable, riego, hidroeléctricas, trasvases, etc.), deben considerar la conservación del caudal ecológico aguas abajo de las obras, para evitar la alteración de los corredores ecológicos constituidos en cauces (Franquet, 2009). El objetivo del trabajo fue determinar el caudal ecológico necesario para conservar el régimen hidrológico natural actual del cauce del Río Yaqui.

**Metodología.** Se consideraron los criterios de la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, publicada el 20 de septiembre de 2012 en el Diario Oficial de la Federación, utilizando su Apéndice Normativo D “Metodología hidrológica para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica. Aproximación propuesta por la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P.”.

**Resultados y Discusión.** Como resultado se obtuvo que la cuenca del Río Yaqui requiere de un volumen anual de 368.37 hm<sup>3</sup> de agua superficial para uso ambiental, para así conservar y recuperar a largo plazo el ecosistema ripario de dicha cuenca. Por lo que la implementación de este volumen es de suma importancia para evitar que se siga explotando de manera no sustentable del recurso hídrico en la cuenca, ya que no se ha determinado y mucho menos aplicado dicho volumen, a pesar de considerarse como obligatorio en la Ley de Aguas Nacionales desde 1992.

**Conclusiones.** El flujo mínimo requerido para la preservación ecológica del río fue 368.37 hm<sup>3</sup>.

## Bibliografía

- Franquet, B., J. M., 2009. *El caudal mínimo medio ambiental del tramo inferior del Río Ebro*. Anexo 5. Conceptualización de los caudales ecológicos. Primera edición en mayo de 2009. España. pp 289-297.
- GWP, 2000. UN-Water and Global Water Partnership (GWP) Roadmapping for Advancing Integrated Water Resources Management (IWRM) Processes. Based on the Copenhagen Initiative on Water and Development.

# Aplicación de Microorganismos Promotores del Crecimiento Combinado con Yeso Agrícola en Pepino, Bajo Condiciones de Casa Sombra

Juan José Maldonado Escalante\*, Marco Antonio Gutiérrez Coronado.  
Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 sur C. P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México<sup>1</sup>. 410-09-00.  
Jose\_417@hotmail.com\*

**Introducción.** El cultivo del pepino es muy importante, ya que tiene un elevado índice de consumo, pues sirve de alimento tanto en fresco, como miembro básico de una ensalada, e industrializado (Claridades agrícolas, 2010). Los suelos de la región están muy empobrecidos; su macroflora y microfauna así como su contenido orgánico ha disminuido significativamente, además se presenta una deficiencia de nutrientes, en especial de calcio. Por lo anterior se evaluó la viabilidad de microorganismos promotores del crecimiento combinados con yeso agrícola, aplicados al suelo y su acción en pepino, para mejorar su producto (Barea y col., 2005; Bashan, 2010).

**Metodología.** El experimento se llevó a cabo en el Block 1102 del Valle del Yaqui, Son., propiedad de un agricultor cooperante. En condiciones de casa sombra, de 4 camas con 1.8 m de separación y 75 m de largo. La investigación se realizó durante los meses de septiembre a noviembre del año 2013. La aplicación de los tratamientos (T1, testigo; T2, Yeso agrícola + *Trichoderma harzianum*; T3, Yeso agrícola; T4, Yeso agrícola + (*B. subtilis*, *B. cereus*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum*) se efectuó cada dos semanas, a partir del trasplante o siembra del cultivo, hasta inicio de floración, mediante el riego. Las variables evaluadas fueron, altura de la planta, tasa relativa de crecimiento, clorofila total, rendimiento, calidad y análisis nutrimental.

**Resultados y Discusión.** En general, la parte aérea obtuvo mayores beneficios con altas mediciones de alturas (T1: 168.875 cm, T2: 137.625 cm, T3: 157.875 cm, T4: 176.125 cm en promedio) y producción de fruto (T1: 167.86, T2: 208.79, T3: 149.91, T4: 265.12 en ton/ha), se observó una mayor diferencia de calidad con el tratamiento 4 debido a la colonización de organismos promotores de crecimiento, que conllevan a una mejor movilidad de nutrientes hacia la planta, haciendo a estos más biodisponibles (Barea y col., 2005; Hernández y col., 2009; Reyes y col., 2008).

**Conclusión.** La aplicación de yeso agrícola más microorganismos favorecieron positivamente el desarrollo, rendimiento y calidad tanto de las plantas como de los frutos. Por tanto, al combinar los microorganismos con yeso agrícola da mejores resultados contra el testigo.

## Bibliografía

- Barea, J.M., M.J. Pozo, R. Azcón y C. Azcón Aguilar. (2005). Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany* 56(417):1761-1778.
- Bashan Y., de-Bashan L.E. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. *Adv. Agr.* 108: 77-136.
- Claridades agrícolas. 2010 "El pepino en Sinaloa, calidad y exportación". Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria.
- Hernández J.P., de-Bashan L.E., Rodríguez D.J., Rodríguez Y., Bashan Y. 2009. Growth promotion of the freshwater microalga *Chlorella vulgaris* by the nitrogen-fixing, plant growth-promoting bacterium *Bacillus pumilus* from arid zone soils. *Eur. J. Soil Biol.* 45: 88-93.
- Reyes, I., Álvarez, L., El-Ayoubi, H., Valery, A. 2008. Selección y evaluación de Rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. *Bioagro* 20(1):37-48.

# El Río Sonora, Sobreexplotado y Contaminado: Ante la Ausencia de una Gestión Hidrológica Integral de Cuenca

Rodrigo González Enriquez<sup>1,2\*</sup>, Francisco Alejandro Elías González Castro<sup>1,2</sup>, Marco Alejandro Quiñones Paredes<sup>1,2</sup>, Germán Eduardo Dévora Isiordia<sup>1</sup>.

Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, C.P.: 85000 Cd. Obregón, Sonora, México. Tel: (644)4100900 Ext. 2116. Fax: (644)4100923. Email: rodrigo.gonzalez@itson.edu.mx<sup>1\*</sup>; Grupo ATECSI, S. A. de C. V. Ley 38 No. 2446, Col. Tepeyac, C.P.: 85130 Cd. Obregón, Sonora. Tel: (644)1693193<sup>2</sup>.

**Introducción.** La cuenca del río Sonora posee 28,950 km<sup>2</sup> de superficie; con una precipitación media de 376 mm/año, genera escurrimientos que captan sus presas y recargan a acuíferos que abastecen a diversos usuarios que tienen problemas de cantidad y calidad de agua, por lo que el objetivo del estudio es determinar las causas y efectos de éstos, para plantear alternativas de gestión integral.

**Metodología.** Se estimó la disponibilidad del agua con un balance hidrológico de oferta-vs-demanda; la calidad se determinó analizando parámetros fisicoquímicos que se compararon con normas de calidad de agua; y utilizando la técnica alemana ZOPP (Planificación de Proyectos, Orientada a Objetivos) se analizaron problemas y priorizaron soluciones de gestión integral hídrica.

**Resultados y Discusión.** En la cuenca existe sobreconcesión de derechos, ya que en 2010 se tenían empadronados en el Registro Público de Derechos de Agua 3,729 concesiones y 994 asignaciones inscritas con un volumen de 966.91 hm<sup>3</sup>, cantidad que se incrementó hasta 974.14 hm<sup>3</sup> (98% para agricultura), con la adición de 71 concesiones y 7 asignaciones otorgadas. Hermosillo padece desabasto de agua potable que se podrían eliminar si se respetara la prelación del agua establecida en la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992), ya que no se ha priorizado el consumo humano sobre otros usos, observando que simultáneamente se otorgan concesiones para irrigación. Por una parte, la captación de las presas que se encuentra asignada para uso público urbano de Hermosillo, no se puede aprovechar porque su función es el control de avenidas y cuando supera el 30% de su capacidad se inicia su desfogue. Al mismo tiempo, los agricultores se convierten en los principales beneficiarios ya que extraen volúmenes de agua mayores a la recarga natural y se les permite la apertura de nuevas tierras con derechos de agua, a pesar de la escasez del recurso y necesidad de satisfacer la demanda de agua para consumo humano. Si se diera tratamiento al agua residual, ésta podría eliminar su contaminación e inyectarse al acuífero para recuperar abatimientos provocados por la sobreexplotación e intercambiarlas por aguas de primer uso, de tal forma que se recicle y pueda satisfacer las demandas de agua para la población e irrigación, sin tener que disponer de la importación de 75 hm<sup>3</sup>/año de aguas de la cuenca del río Yaqui. La actividad minera al contaminar el agua con metales pesados también afecta la disponibilidad del agua.

**Conclusiones.** Para la correcta gestión integrada del agua en la cuenca, se prioriza cumplir el marco regulatorio, y no se justifica importar aguas del río Yaqui para equilibrar la sobreexplotación de la cuenca del río Sonora, cuando se da prioridad al uso agrícola, lo que provocará la sobreexplotación en ambas cuencas, además se debe limitar la actividad minera y remediar los sitios contaminados.

## Bibliografía

DOF. 1992. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. Reforma del 11-08-2014. Gobierno de la Republica. Cd. de México, D.F.

# Mapeo Isotópico de Agua en Pozos Someros en la Cuenca del Río Cuchujaqui en el Noroeste de México

Livia D. Lugo Escorcía\*, Jesús A. Castro López, Fabiola Javalera Rincón, Mariaelena López Mercado  
Instituto Tecnológico de Sonora 5 de Febrero 818 Sur, C. P. 85000, Obregón, Sonora. Tel. 01(644) 410-90-00  
\*livia.dle@gmail.com

**Introducción.** Los mapas isotópicos (isoscajes) son herramientas que permiten describir las variaciones espacio-temporales de concentraciones de isótopos estables en diversas matrices ambientales en función de la variabilidad bioclimática (Bowen, 2010). El uso de los mapas isotópicos toma mayor importancia en sitios y regiones con poca exploración isotópica como en México, ya que con herramientas geoestadísticas se pueden predecir rangos de variación isotópica de sistemas hidrológicos que sirvan de apoyo en el manejo de los recursos hídricos (IAEA, 2007). El objetivo de este trabajo es evaluar el modelo isotópico para aguas subterráneas someras de Wassenaar y col. (2009) en la cuenca del Río Cuchujaqui, con la finalidad de tener una herramienta validada de utilidad para planeación de recursos hídricos en el noroeste de México.

**Metodología.** Se aplicó el modelo isotópico lineal de Wassenaar y col. (2009), para generar el isoscape de oxígeno 18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) y deuterio ( $\delta\text{D}$ ) en la cuenca del Río Cuchujaqui utilizando un sistema de información geográfica alimentado por variables de elevación, latitud y precipitación. Se utilizó un modelo de elevación digital GTOPO30 y la base de datos de WORLDCLIM para la precipitación anual media en la cuenca (con datos de 1950-2000). Los resultados del isoscape de la cuenca fueron comparados con la composición isotópica de muestras de agua de 8 pozos someros distribuidos a lo largo de la cuenca, con el modelo original de Wassenaar a escala nacional y para tener otro marco de referencia, también se comparó con los rangos de variación de la composición isotópica del modelo isotópico nacional de precipitación de Bowen (2003) que se obtuvieron de la base de datos de Waterisotopes.org.

**Resultados.** Los modelos nacionales de Bowen (2003) y Wassenaar y col. (2009) mostraron un rango de variación isotópica en el sitio de la cuenca del Río Cuchujaqui para  $\delta\text{D}$  de -46.9 a -57.5‰ y -42.9 a -44.3‰, los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  varían de -6.1 a -7.8 y -5.9 a -7.0, respectivamente. El rango isotópico de las 8 muestras de pozos someros para  $\delta\text{D}$  fue de -38.0 a -44.3 ‰ y en  $\delta^{18}\text{O}$  de -4.7 a -7.1 ‰. El isoscape de la cuenca mostró un rango de variación en  $\delta\text{D}$  de -25.3 a -27.3 ‰ y en  $\delta^{18}\text{O}$  de -4.0 a -4.9 ‰. Los resultados mostrados del isoscape para la cuenca del Río Cuchujaqui presentaron mayor enriquecimiento para deuterio con todas las comparaciones de variación isotópica. Los resultados arrojados del análisis isotópico de las muestras de los pozos someros indican variaciones de  $\delta\text{D}$  muy similares a las del modelo de Wassenaar y col. (2009), los valores del modelo de Bowen (2003) indican un empobrecimiento isotópico esto por la isotopía del agua de lluvia.

**Conclusiones.** Podemos concluir que el modelo aplicado a nivel nacional por Wassenaar y col. (2009) da una mejor aproximación que la aplicación de este mismo modelo de manera puntualizada para la cuenca del Río Cuchujaqui. De acuerdo a la línea meteórica global (GMWL por sus siglas en inglés), trazando la línea meteórica local de Álamos (LMWL-Álamos) y las muestras de agua de pozos someros apuntan que el agua somera de la cuenca del Río Cuchujaqui ha sido expuesta a poca evaporación sin embargo no se puede afirmar que la recarga suceda por efecto local por lo que se requiere de muestreos más extendidos en tiempo y espacio para conocer la variabilidad isotópica real del sistema. El análisis de mapas isotópicos y comparación de las predicciones de mapas isotópicos con los datos de observación se han utilizado para poner a prueba los modelos biogeoquímicos para analizar los flujos de materia, como en un sistema hidrológico (Bowen, 2010).

## Bibliografía

- Bowen, G. J. (2003) *Gridded maps of the isotopic composition of meteoric waters*. En línea. Consultado el 22/junio/2014.  
Disponible en: <http://www.waterisotopes.org>
- Bowen, G.J. (2010). *Isoscapes: spatial pattern in Isotopic Biogeochemistry*. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. pp. 161-162.
- Base de Datos Climáticos Globales *WorldClim. Data for current conditions (~1950-2000) of precipitation*. Versión 1. En Línea. Consultado el 15/junio/2014. Disponible en: <http://www.worldclim.org>
- International Atomic Energy Agency, IAEA (2007). *International Symposium on Advances in Isotope Hydrology and Its Role in Sustainable Water Resources Management*. Vienna, Austria.
- Wassenaar, L.I., Van-Wilgenbur, S.L., Larson, K., Hobson, K.A.. (2009). *A groundwater isoscape ( $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) for Mexico*. Journal of Geochemical Exploration pp. 123-136.

# Efecto en Parámetros Cinéticos de Diferentes Medios de Cultivo en *Nannochloropsis Oculata*

María del Rosario Martínez Macías <sup>1\*</sup>, Edna Rosalba Meza Escalante <sup>1</sup>, Ruth Gabriela Ulloa Mercado <sup>2</sup>, Pablo Gortáres Moroyoqui <sup>2</sup>, Jorge Saldívar Cabrales <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>ITSON, Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Cd. Obregón, Sonora México.

<sup>2</sup>ITSON, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias. Cd. Obregón, Sonora, México.

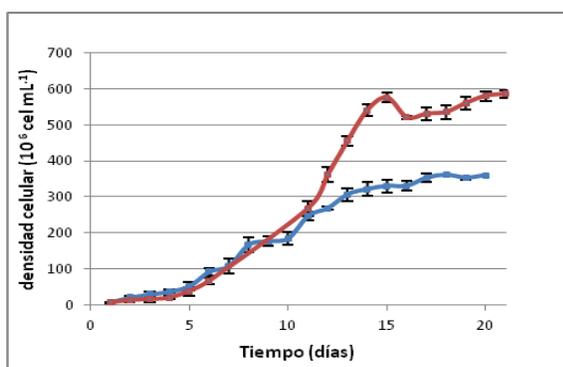
Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México, CP: 85000.

(644) 4109000 Ext. 1326. maria.martinez@itson.edu.mx

**Introducción.** *Nannochloropsis oculata* se considera una microalga oleaginosa por su alto contenido de lípidos, de 31 a 68 % p/p. Su uso ha sido reconocido por su valor nutricional como una excelente fuente de proteínas, carbohidratos, lípidos y vitaminas (Marcilla y col. 2008). Por su cantidad de lípidos se considera prometedora en la obtención de biocombustibles como el biodiesel. Las condiciones de crecimiento tienen gran influencia sobre la cantidad de lípidos y la productividad de biomasa. Altas productividades de biomasa son requeridas para la transformación de su producción a escala industrial. El objetivo de este trabajo fue evaluar los parámetros cinéticos de crecimiento de la microalga *N. oculata* en diferentes medios de cultivo.

**Metodología.** Los cultivos se realizaron en fotobiorreactor de 10 cm de diámetro y 1 m de altura, se mantuvieron bajo condiciones controladas; temperatura 25 °C, pH 8.5 mediante adición de CO<sub>2</sub>, irradiancia 166 μmol E m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, adición de nutrientes cada 72 h utilizándose medio de cultivo “f/2” de Guillard, F2G (Guillard y col. 1962) y Medio Algal, MA (Fábregas y col. 1985). Los cultivos fueron mantenidos durante 21 d. Se determinó densidad celular (cel mL<sup>-1</sup>), tasa específica de crecimiento (d<sup>-1</sup>), productividad de biomasa (g L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) y rendimiento en g L<sup>-1</sup>.

**Resultados y Discusión.** En el MA se alcanzó la mayor densidad celular con 585 ± 3.3 x10<sup>6</sup> cel mL<sup>-1</sup> (Fig. 1), esto representa 60% más que en el F2G. Por otra parte, el MA promovió la mejor productividad de biomasa (0.248 g L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), alcanzando hasta 1.65 veces más que medio f/2 de Guillard (Tabla 1). El mismo efecto se observó en la tasa específica de crecimiento, donde se obtuvo 0.445 ± 0.04 d<sup>-1</sup> para MA, mientras que F2G alcanzó 0.395 ± 0.03 d<sup>-1</sup>.



**Figura 1.** Densidad celular de *Nannochloropsis oculata* cultivada en F2G (azul) y MA (roja).

**Tabla 1.** Velocidad específica de crecimiento, densidad celular, productividad y rendimiento de *N. oculata* cultivada en en AM y F2G.

Tratamiento	Velocidad específica crecimiento (d <sup>-1</sup> )	Densidad celular (x10 <sup>6</sup> cel mL <sup>-1</sup> )	Productividad biomasa (g L <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	Rendimiento (g L <sup>-1</sup> )
F2G	0.395 ± 0.03	353 ± 4.3	0.150 ± 0.001	3.154 ± 0.03
MA	0.445 ± 0.04	585 ± 3.3	0.248 ± 0.002	5.228 ± 0.04

**Conclusiones.** El MA promueve un mejor crecimiento de la microalga *N. oculata*, mostrando mejores resultados en los parámetros cinéticos del cultivo que el medio F2G. El resultado más representativo, la productividad llega casi a duplicarse; atribuyéndose estos resultados a la diferencia en la concentración de nitrógeno que contiene cada medio, siendo 4mM en medio Algal y 0.8 mM en medio f/2 de Guillard.

## Bibliografía.

Fábregas J., Herrero C., Cabezas B., Abalde J. (1985). Mass culture and biochemical variability of the marine microalga *Tetraselmis suecica* Kylin (Butch) with high nutrient concentration. *Aquaculture*, 49: 231-244.

- Guillard, R. R., Ryther, J. H. (1962). Studies of marine planktonic diatoms: *Cyclotella nana* and *Detonula confervacea*. *Canadian journal of microbiology*, 8(2):229-239.
- Marcilla, M. Gomez, A. Gomisb, C. Chápulib, E. Cataláa, M. Valdésa, F. (2008). Characterization of microalgal species through TGA/FTIR analysis: Application to *nannochloropsis* sp. *Thermochimica Acta*. 484: 41–47.

# Humedad y Temperatura de Suelo en el Área de Influencia de un Sitio de Monitoreo de Flujos de Carbono y Vapor de Agua en un Cultivo de Cacahuete

Elí Rafael Pérez Ruiz<sup>1,\*</sup>, Daniela Burrue<sup>2</sup>, Mayte Álvarez Espinoza<sup>1</sup>, Enrico Arturo Yépez González<sup>2</sup> y Enrique R. Vivoni<sup>3</sup>  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Del Charro 450 Nte., Col. Partido Romero, 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua, México<sup>1</sup>. Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 Sur, Col. Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México<sup>2</sup>. School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, 660 S. College Avenue, 85281, Tempe, Arizona, EUA<sup>3</sup>.  
\*eli.perez@uacj.mx

**Introducción.** La relación entre las condiciones de la superficie del suelo y los flujos ecosistémicos es fundamental para el entendimiento de los procesos ecohidrológicos que dominan el Monzón de Norteamérica (NAM) (Vivoni y col., 2010). La humedad de suelo ( $\theta$ ) ejerce un control sobre la cantidad de evapotranspiración (ET) en la región del NAM, la cual puede ser medida con un sistema de covarianza de vórtices o Eddy Covariance (EC) (Vivoni y col., 2008). El entendimiento de la distribución espacial de la humedad de suelo y la temperatura en el área de influencia del sitio EC es importante para determinar la influencia su en la dinámica de la evapotranspiración. En este estudio se realizaron mediciones de humedad de suelo y temperatura alrededor de una torre EC, en un cultivo de cacahuete en la zona del NAM, con el fin de analizar la variabilidad espacial de las condiciones del suelo y su influencia en la evapotranspiración.

**Metodología.** Mediciones se realizaron en la zona de influencia de un sitio de EC en un cultivo de cacahuete irrigado por un sistema de riego por goteo. El campo, de 3.37 ha, se localizó en la salida norte del pueblo de Rayón, Sonora, a un lado de la carretera Rayón-Opodepe, en las coordenadas 29°42'58.8"N y 110°34'19.5"W. 23 sitios de muestreo de 1 m x 1 m fueron distribuidos tratando de cubrir el área de influencia de la torre EC. Por cada sitio fueron tomadas 5 mediciones de cada variable, 4 mediciones en las esquinas y una en el centro. Se midió humedad de suelo, usando una sonda de humedad de suelo (Theta Probe, Delta-T), y temperatura de suelo a 2 cm, 5 cm y 10 cm de profundidad, utilizando un termómetro digital de suelo. El periodo de muestreo fue de la mañana del 5 de agosto de 2014 a la mañana del 8 de agosto de 2014, realizando un grupo de mediciones por la mañana y otro por la tarde.

**Resultados y Discusión.** Se encontró variabilidad espacial y diurna en los valores de humedad de suelo y temperatura. Los valores de humedad y temperatura fueron menores durante la mañana. En el caso de la temperatura de suelo se encontraron temperaturas más bajas a mayor profundidad. Los valores más altos de humedad se presentaron el 7 de agosto coincidiendo con una disminución en la temperatura. Se encontró una ligera relación ( $R^2 = 0.116$  a 2 cm, 0.1289 a 5 cm y 0.1239 a 10 cm) que a mayor humedad de suelo, menor fue la temperatura. Especialmente, se encontraron valores más elevados de humedad en los sitios cercanos a la torre de EC y en la zona oeste del campo de cultivo. Las mayores temperaturas fueron registradas en las zonas cercanas al sitio EC.

**Conclusiones.** La heterogeneidad espacial del campo de cultivo contribuyó a la variabilidad en la humedad y temperatura, teniendo valores de humedad más bajos y temperaturas más altas en suelo desnudo y humedades más elevadas y temperaturas más bajas en suelo con vegetación. La humedad de suelo y temperatura juegan un papel fundamental en el control de los procesos ecohidrológicos. El entendimiento de su distribución espacial y temporal es indispensable para entender los mecanismos que regulan estos fenómenos.

## Bibliografía

- Vivoni, E. R., Moreno, H.A., Mascaro, G., Rodriguez, J.C., Watts, C.J., Garatuza-Payan, J. and Scott, R.L. 2008. Observed relation between evapotranspiration and soil moisture in the North American monsoon region. *Geophysical Research Letters*. 35. doi:10.1029/2008GL036001
- Vivoni, E.R., Watts, C.J., Rodriguez, J.C., Garatuza-Payán, J., Mendez-Barroso, L.A., and Saiz-Hernandez, J.A. 2010. Improved land-atmosphere relations through distributed footprint sampling in a subtropical scrubland during the North American monsoon. *Journal of Arid Environments*. 74, 579-584.

# Evaluación De La Fibra De Coco Como Sustrato En Plantas De Chile Bajo Condiciones De Invernadero

Daniel Esaú Hernández Sánchez, Marco Antonio Gutiérrez Coronado\*.

Dpto. Biotecnología y C. Alimentarias. Instituto Tecnológico de Sonora Calle 5 de febrero 818 sur. 85000. Cd. Obregón, Sonora, México<sup>1</sup>.

**Introducción.** El uso de sustratos en la producción de plántulas de hortalizas es fundamental para el éxito de grandes cosechas (Gutiérrez y col. 2011). Considerando que un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel importante por ser el soporte, además de que puede intervenir en el complejo de la nutrición mineral de la planta (Cabrera, 2005; Marcelino y col. 2007; Verdonck y col. 2004). Por otra parte la fibra de coco que es un desecho del comercio también es contaminante principal para el medio ambiente (Anicua y col. 2009) el objetivo es evaluar como sustrato la fibra de coco en la producción de plántulas de chile, en respuesta con un testigo y en combinación con otros determinando la concentración más favorable.

**Metodología.** El trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Instituto Tecnológico de Sonora Unidad Náinari. El diseño utilizado fue completamente al azar con 19 tratamientos y cuatro repeticiones, siendo un total de 72 unidades experimentales. Los tratamientos fueron los siguientes T1: 25% zeolita granulada + 75% fibra de coco, T2: 25% zeolita granulada + 75% peatmost, T3: 50% zeolita granulada + 50% fibra de coco, T4: 50% zeolita granulada + 50% peatmost, T5: 25% zeolita en polvo + 75% fibra de coco, T6: 25% zeolita en polvo + 75% peatmost, T7: 50% zeolita en polvo + 50% fibra de coco, T8: 50% zeolita en polvo + 50% peatmost, T9: Testigo de fibra de coco, T10: Testigo de peatmost, T11: 30% fibra de coco + 70% peatmost, T12: 30% peatmost + 70% fibra de coco, T13: 50% fibra de coco + 50% peatmost, T14: fibra de coco + carfulmin, T15: peatmost + carfulmin, T16: 50% fibra de coco + 50% perlita, T17: 50% peatmost + 50% perlita, T18: 50% fibra de coco + 50% zeolita pura, T19: 50% peatmost + 50% zeolita pura. Las variables evaluadas fueron, altura (cm), TRC, clorofila, área foliar (cm<sup>2</sup>), peso seco de la parte aérea (g), longitud de raíz (cm), peso volumétrico de raíz (mm<sup>3</sup>) y peso seco de la raíz (g).

**Resultados y Discusión.** En el caso de la altura de planta los tratamientos 13, 19 y 11; para TRC, 13, 11 y 12; para clorofila, 19, 10 y 13; área foliar y peso seco aéreo, 11, 13 y 5; peso volumétrico de raíz, 11, 13 y 12; longitud de raíz, 19, 1 y 2; peso seco de raíz, 11, 13 y 16. Los parámetros evaluados sobre todo los de crecimiento (altura, área foliar y los componentes de la raíz, con sus pesos secos), se vieron fuertemente afectados por los sustratos, ello debido a las propiedades físicas, biológicas y químicas que cada uno de ellos les aporta en el desarrollo inicial del ciclo del cultivo (Lemaire, 2005; Quezada y col, 2005; Tamari y col. 2005).

**Conclusiones.** La fibra de coco en su forma pura presenta un comportamiento mejor sobre el testigo y se recomienda su mezcla con peat most en concentración de 30% y 50% ya que mejora el desarrollo de la producción de plántula de chile traduciéndose en un benéfico para la obtención de un mayor rendimiento en la cosecha quedando comprobado que la utilización de fibra de coco beneficia no solo a la producción sino también al medio ambiente al aprovecharse este desecho orgánico evitando así la contaminación ambiental.

## Bibliografía

- Anicua, S. R., Gutiérrez, C. M.C., Sánchez, G. P., Ortiz, S. C., Volke, H. V. H., Rubiños, P. J. E. (2009). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 147-156.
- Cabrera, R. I. (2005). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 5: 5-12.
- Gutiérrez-Castorena, m. c., Hernández, E. J., Ortiz-Solorio, C.A., Anicua, S., R., Hernández, L. M.E. (2011). Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. *Revista Chapingo, serie Horticultura*. 17(3):183-196.
- Lemaire, F. (2005). Physical, chemical and biological properties of growing medium. *Acta Hort*. 39: 273-284.
- Marcelino, V., Cnudde, V., Van Steeland, S., Caro, F. (2007). An evaluation of 2d-imagen analysis techniques for measuring soil microporosity. *European Journal of Soil Science* 58:133-140.
- Quesada, R. G., Méndez, S. C. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana* 16 (002): 171-183.
- Tamari, S., Samaniego, M. D., Bandal, E. R., Ordaz, CH., V. M. (2005). Particle density of volcanic scoria determined by water pycnometry. *Geotechnical Testing Journal* 28:1-6.

Verdonck, O., Demeyer, P. (2004). The Influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *Acta Hort.* 644: 99–101.

# Estimación de Productividad Primaria Bruta a partir de Modelos para un Ecosistema de Matorral Sub Tropical de Sonora

Masuly Vega Puga<sup>\*1</sup>, Jaime Garatuza Payán<sup>1</sup>, Vivian Verduzco<sup>1</sup>, Christopher Watts<sup>2</sup>, Enrico Arturo Yépez González<sup>1</sup>.  
Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón Sonora, México<sup>1</sup>.  
Departamento de Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México<sup>2</sup>  
<sup>\*</sup>mazuly\_88@hotmail.com

**Introducción.** Las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera se han exacerbado en el último siglo debido a la actividad antropogénica, emisiones que no pueden regresar a sus fuentes, por lo cual se acumula intensificando el efecto invernadero en el planeta, aumentando su temperatura. De acuerdo al IPCC 2013, el incremento entre la temperatura media del período 1850-1900 y el período de 2003-2012 fue de 0.78° C. Es, entonces, necesario conocer los detalles de los mecanismos por los cuales se captura el CO<sub>2</sub> atmosférico (cantidades de captura por vegetación y su aportación a la atmósfera). La estimación de la Productividad Primaria Bruta (PPB) de los diversos ecosistemas, es esencial para la comprensión del intercambio de CO<sub>2</sub> entre la biósfera y atmósfera, permitiéndolo analizar su respuesta ante diversas condiciones ambientales y su rol en la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico. Por ello, el objetivo de este trabajo es determinar la PPB en un sitio de matorral subtropical, mediante técnicas turbulentas, compararlo con productos satelitales y la estimada con el factor de uso eficiente de luz (LUE) que combina información de superficie y de sensores remotos.

**Metodología.** El sitio de estudio se encuentra en el municipio de Rayón, Sonora en una región árida-semiárida. Predomina en el territorio el matorral subtropical. El sitio tiene instalada una torre micrometeorológica que cuenta con un sistema de correlación turbulenta (EC), de la cual se obtiene el intercambio Neto del Ecosistema (NEE) y, con la partición de esta variable (mediante una herramienta en línea) se deriva la PPB (y respiración). El producto satelital de PPB se obtiene del sensor MODIS a bordo del satélite Terra y el modelo se desarrolló a partir del propuesto por Di Leo y col. (2007) en el cual se utilizan las variables de PPB y Radiación fotosintéticamente activa absorbida (APAR), modificándolo con las variables respectivas del sitio. El periodo de estudio comprende los años de 2009 y 2010.

**Resultados y discusión.** El promedio de los datos de sitio es de 10.7 g C m<sup>-2</sup> en 8 días, mientras que la media con LUE es de 10.9 g C m<sup>-2</sup> en 8 días y el promedio del producto satelital es de 8.2 g C m<sup>-2</sup> en 8 días para la PPB, notando así una mínima sobreestimación de 0.235 g C m<sup>-2</sup> del modelo y una subestimación de 2.471 del producto. El comportamiento que se observa anualmente en la PPB medida en sitio, discrepa con el producto de MODIS, durante todo el periodo y en ambos años, si embargo, el comportamiento estimado con el factor de LUE es muy similar.

**Conclusiones.** El producto satelital de MODIS subestima en 23.056 % la PPB, con respecto a las mediciones de terreno, mientras que la estimación con LUE, la sobreestima en un 2.192 %. El uso del modelo de LUE describe de manera adecuada la variación interanual de PPB. Tomando en cuenta que la instalación de una torre con un sistema de EC requiere de una inversión costosa y mantenimiento continuo, no es posible contar con una cobertura espacial adecuada, por lo cual desarrollar modelos del factor LUE permite la estimación de la PPB en sitios donde no se cuente con ese tipo de sistemas EC.

## Bibliografía

- Di Leo, N. C., Montico, S., Bonel, B. A., & Denoia, J. A. (2007). Estimación de la APAR y la NPP mediante sensoramiento remoto en tres sectores de la Pampa Húmeda, Argentina. *Ciencia, docencia y tecnología*, (35), 221-242.-39.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J. & Midgley, P. M. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5)(Cambridge Univ Press, New York).

# Uso del Campo Magnético para Intensificar los Procesos Biológicos de Tratamiento de Aguas Residuales

Esperanza Ramírez Camperos<sup>1\*</sup>, Luciano Sandoval Yoval<sup>1</sup>, Lina Cardoso Vigueros<sup>1</sup>, Marco Antonio Garzón-Zúñiga<sup>1</sup>, Cecilia Tomasini Ortiz<sup>1</sup>.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua<sup>1</sup>. Paseo Cuauhnahuac 8532. Colonia Progreso. Jiutepec, Morelos. C.P. 62550.

\*Email:eramirez@tlaloc.imta.mx

**Introducción.** La aplicación de campos magnéticos de baja intensidad incrementa la velocidad de degradación de contaminantes en el agua residual (Lebkowska y col., 2013). Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue investigar el efecto de diferentes intensidades de campo magnético en la remoción de contaminantes en agua residual doméstica.

**Metodología.** El sistema experimental consistió de cinco reactores que operaron en régimen discontinuo con agua residual doméstica y dos fases: aerobia (12 h) y anóxica (12 h). Para inducir el campo magnético se utilizaron imanes cerámicos de 150, 300, 500 y 650 Gauss respectivamente y un blanco (sin campo magnético). Durante el experimento se dio seguimiento a los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, DQO, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitritos. Las técnicas analíticas utilizadas de acuerdo a Standard Methods for the Examination Water and Wastewater.

**Resultados y Discusión.** La remoción de contaminantes se intensificó con el incremento del campo magnético especialmente en los reactores de 500 y 650 Gauss. Las tendencias fueron: incremento en el pH de 0.14 unidades, en la remoción de DQO de 5%, de nitrógeno total 25% y de fósforo total 3% comparado con el reactor sin tratamiento magnético. Los reactores con imanes presentan una nitrificación total y en el efluente queda solo un remanente de nitratos. Los resultados de remoción de nitrógeno concuerdan con los reportados por Liu y col. (2008) al aplicar intensidades de 750 Gauss, Wang y col. (2012) con 480 Gauss.

**Conclusiones.** La aplicación de un campo magnético de baja intensidad ( $\geq 500$  Gauss), permitió incrementar 25% la remoción de nitrógeno total, 5% la DQO y 3% el fósforo total comparado con un tratamiento similar sin aplicación de campo magnético.

## Bibliografía

- Liu, S., Yang, F., Meng, F., Chen, H., Gong, Z. (2008). Enhanced anammox consortium activity for nitrogen removal: impacts of static magnetic field. *J. Biotechnol.* 138, 96–102.
- Lebkowska María, Anna Narozniak-Rutkowska, Elizbieta Pajor. (2013). Effect of a static magnetic field of 7 mT on formaldehyde biodegradation in industrial wastewater from urea-formaldehyde resin production by activated sludge. *Bioresource Technology* 132, 78-83
- Wang, X.-H., Diao, M.-H., Yang, Y., Shi, Y.-J., Gao, M.-M., Wang, S.-G., 2012. Enhanced aerobic nitrifying granulation by static magnetic field. *Bioresource. Technology.* 110, 105–110.

## Potencial Bioquímico de Metano de Residuos Sólidos Urbanos

Lorena Gabriela Berrelleza Robles\*, Francisco Javier Almendariz Tapia, Onofre Monge Amaya, María Teresa Certucha Barragán, Citlali De Jesús Gastelum Rosas.

Laboratorio de Biorremediación del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia. Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales Col. Centro. CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México. \*Lorenagbr@outlook.com

**Introducción.** Recientemente, la preocupación por el medio ambiente ha aumentado debido al problema que representa la disposición final de residuos sólidos (Reyes, 2006). Se conoce como residuo a cualquier material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (LPGIR, 2014). Una alternativa para el tratamiento y que a su vez pueden dar resultados positivos es la producción de metano por medio de una digestión anaerobia (biometanización) dando como productos finales un gas, compuesto fundamentalmente por metano y dióxido de carbono y un residuo con una menor concentración de sólidos volátiles u orgánicos, que puede utilizarse como mejorador de suelo (Forster, 2005). El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la biometanización de residuos sólidos urbanos generados en el comedor de la Universidad de Sonora.

**Metodología.** La primera parte en la etapa experimental de este trabajo contempló la recolección y selección de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU). Se obtuvo una muestra de aproximadamente 10 kg. Posteriormente se realizó una trituración en condiciones húmedas utilizando un molino de carne convencional hasta obtener tamaño de partícula de 0.3 a 5 mm de diámetro.

Estudios en lote. Antes de ser agregados a las botellas los FORSU en sus diferentes concentraciones fueron licuados por 5 min utilizando una licuadora convencional. Los estudios del Potencial Bioquímico de Metano (PBM) se llevaron a cabo en botellas serológicas de capacidad de 160 mL con una relación de carga de los FORSU de 0.5, 1, 2, 5 y 10 g SVT/L; se inocularon con lodo anaerobio a 2 g SSV/L. Los ensayos de toxicidad de los FORSU se realizaron de la misma manera pero las bacterias metanogénicas acetoclásticas se activaron con acetato de calcio agregando 5g/L a cada botella. Para el efecto del inoculo en el PBM la concentración de basura se fijó en 2 g SVT/L y mientras que la biomasa se varió de 0, 1, 2 y 5 g SSV/L. Para los tres ensayos las botellas se incubaron a 35°C, 50 RPM y el metano producido se midió por desplazamiento de una solución de NaOH al 3%.

**Resultados y Discusión.** La FORSU presento un potencial bioquímico de metano de 570 L por tonelada. Se observó que al aumentar la concentración de los SVT aumenta la actividad metanogénica ( $AME = gDQO-CH_4/gSSV$ ) siguiendo una cinética de primer orden ( $V=K [FORSU]$ ), con una actividad máxima observada de 0.48 gDQO-CH<sub>4</sub>/gSSVd en la concentración de 10 gSVT/L. La alta concentración de la FORSU afecto la AME de las bacterias metanogénicas acetoclásticas ya que de una AME máxima de 0.36 que se observó en la concentración de 2 gSVT/L, ésta disminuyó en un 80% en la concentración de 10 gSVT/L con una AME de 0.08. Por último la adición de biomasa anaerobia, mejoró la AME en un 90% con respecto a la prueba sin biomasa y a partir de la concentración de biomasa de 1.13 gSSV/L la actividad dependió de la concentración de la FORSU.

**Conclusiones.** El aprovechamiento de los RSU es una alternativa viable para la obtención de energía y a su vez contribuye a la sustentabilidad ambiental.

### Bibliografía

- Reyes Córdoba, Adriana. "Residuos sólidos, opciones para un manejo eficaz". *Revista Ciencia y Desarrollo* [en línea]. Mayo 2006, vol. 32, no.195. Disponible en: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/195/Articulos/Residuossolidos/Residuos00.htm#a> [Consulta: 27 junio 2014].
- LPGIR. Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos artículo 5. Última reforma publicada DOF 04-06-2014. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_040614.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_040614.pdf) [Consulta: 01 Octubre de 2014].
- Forster Carneiro T. (2005). Digestión anaerobia termofílica seca de residuos sólidos urbanos: Estudio de las variables del proceso en el arranque y estabilización en el biorreactor. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.

# Reducción de Descargas de Salmuera de un Proceso de Desalación, Mediante el uso de Simulink de Matlab

Sebastián Astorga-Trejo<sup>2</sup>, Germán Eduardo Dévora-Isiordia<sup>1\*</sup>, Francia Guadalupe Carrasco-Muñoz<sup>2</sup>  
Instituto Tecnológico de Sonora 5 de Febrero 818 Sur, C. P. 85000, Obregón, Sonora. Tel. 01(644) 410-90-00 Ext. 1716  
<sup>1</sup> Maestro Investigador del Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente; <sup>2</sup> Ingeniero Químico  
sebas\_astorga@hotmail.com; german.devora@itson.edu.mx\*

**Introducción.** El agua supone una limitación importante para el desarrollo de los pueblos (Medina, 2000). Es debido a esta limitación, que los procesos como la desalinización, son considerados como solución. La desalinización es un proceso de separación, con una corriente de entrada de variable concentración y dos corrientes de salida, la de producto y la de rechazo o salmuera. Un número considerable de programas para simular procesos de desalinización han sido desarrollados a lo largo de la historia (Nafey y col., 2006). El objetivo de este estudio es el de generar modelos de simulación de procesos de desalación aplicados a una planta piloto para pronosticar el comportamiento de plantas desaladoras de mayor tamaño.

**Metodología.** Se recopilaron diferentes ecuaciones referidas a desalación por ósmosis inversa, y con ellas se generaron modelos de simulación en MATLAB. Dichos modelos se validaron con experimentación y datos reales de dos plantas, una a escala piloto y una a mayor escala ubicada en el Valle del Yaqui.

**Resultados.** Se obtuvieron 3 modelos en Simulink y dos códigos M-file como resultado de este estudio. Con ellos se pueden predecir parámetros de concentración de las dos plantas estudiadas. Para efectos de la modelación de recirculación de salmuera, en la Figura 1 se muestran resultados de cómo se modifica el agua producto conforme se recircula cierto porcentaje de salmuera al proceso de desalación.

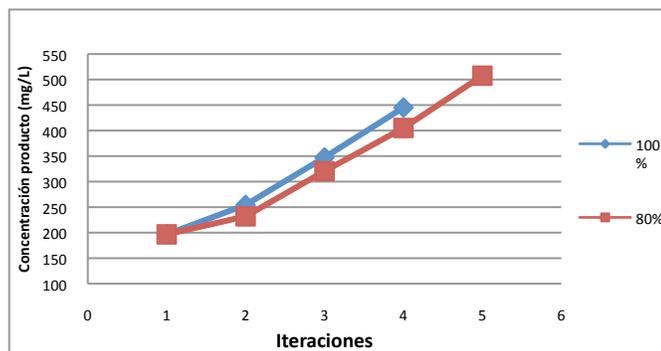


Figura 1. Concentraciones de agua producto en diferentes condiciones de recirculación

**Conclusiones.** El objetivo planteado al inicio de este trabajo se cumplió. Se generaron modelos que permiten la predicción de parámetros de interés, y se proporciona con ellos una serie de herramientas para el trabajo en las plantas mencionadas

## Bibliografía

- Medina, J. A. (2000). Desalación de aguas aalobres y de mar, Osmosis Inversa. Madrid: Mundi Prensa.  
Nafey, A., Fath, H., & Mabrouk, A. (2006). A new visual package for design and simulation of desalination processes. *Desalination* 194, 281-296.

# Desalinización de Aguas Marinas y Subterráneas Salobres para Irrigación en el Distrito de Riego 037 Altar-Pitiquito-Caborca

María Magdalena Armendáriz O.<sup>1</sup>; Rodrigo González E.<sup>2</sup>; German Eduardo Dévora I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal de Sonora, U. Académica Benito Juárez, Calle Fraternidad S/N, Villa Juárez, Sonora, México.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, Calle 5 de Febrero 818 Sur. C.P. 85000. Ciudad Obregón, Sonora, México;

\*mcthe@hotmail.com

**Introducción.** El Distrito de Riego 037 es un principal productor de cultivos altamente rentables en Sonora. Sin embargo la región cuenta con escasez de agua superficial y subterránea. Esto ha ocasionado intrusión salina desde los años 70's (SEMARNAT, 2010), amenazando el desarrollo regional, que depende del agua para sus actividades económicas y consumo humano. El objetivo del presente trabajo es diseñar plantas desalinizadoras de agua de mar y salobres para uso en la agricultura, con la finalidad de determinar su rentabilidad.

**Metodología.** Se muestreó agua de cuatro sitios, uno en mar abierto y tres en pozos salobres con distancia del mar de 5.19 km (Pozo 1), 1.90 km (Pozo 2) y 8.19 km (Pozo 3). Se analizaron parámetros fisicoquímicos de campo, aniones y cationes mayores y microelementos por métodos estandarizados. Para el diseño de las plantas desalinizadoras se utilizó un simulador de osmosis inversa IMSDesign (Hydranautics, 2012). Finalmente se realizó un análisis económico para determinar los cultivos rentables y asegurar los gastos de inversión y operación de las plantas.

**Resultados y Discusión.** El sitio de agua de Mar Abierto presenta la mayor CE 52.051 dS/m; seguida por el Pozo 2 (10.503 dS/m), el Pozo 3 (5.201 dS/m) y el Pozo 1 (2.948 dS/m). El 75% de los sitios no cumplen con la calidad para uso agrícola que es de 0 a 3 dS/m (Cortés-Jiménez y col., 2009). En cuanto a SDT, el agua de Mar Abierto presenta el mayor valor (35.38 g/l) y de menor el Pozo 1 (1.909 g/l). Según Cortés-Jiménez y col. (2009), la calidad fisicoquímica del agua de los sitios de Mar Abierto, Pozo 2 y 3 no es apta para irrigación, requiriendo el uso de plantas desalinizadoras. El diseño de la planta para que cumplan con los niveles óptimos de agua para irrigación en Mar Abierto indican que se necesitan caudales de 1331, 599 y 20 m<sup>3</sup>/día de alimentación, producto final y mezcla de permeado con agua cruda de alimentación, respectivamente. Se requiere un arreglo de 9 tubos con 6 membranas SWC4 cada uno y una alimentación a cada tubo de 51 m<sup>3</sup>/h. Para la planta del Pozo 2 se necesitan caudales de 864, 388.8 y 70 m<sup>3</sup>/día, de alimentación, permeado y mezcla de agua cruda, respectivamente. Se requiere un arreglo de 4 tubos con 6 membranas CPA2 y una alimentación a cada tubo de 14.2 m<sup>3</sup>/h. Para la planta del Pozo 3 se necesitan caudales de 6049, 2722 y 1300 m<sup>3</sup>/día, de alimentación, permeado y mezcla de agua cruda, respectivamente. Se requiere un arreglo de 21 tubos con 6 membranas CPA2 y una alimentación a cada tubo de 12.4 m<sup>3</sup>/h. La rentabilidad (PMX) por cada ciclo de siembra por hectárea con agua desalinizada del espárrago es \$108,231.7, cebolla \$56,735.2, papa \$55,702.3, tomate \$43,600.8, vid \$35,308.0, lechuga \$21,246.5 y calabaza \$10,164.0, mismos que costean la inversión y operación de una planta desalinizadora.

**Conclusiones.** Tres de los cuatro sitios muestreados tienen una calidad de agua no apta para irrigación, ya que presentaron concentraciones salinas fuera de los límites establecidos para uso agrícola. Los cultivos que costean la inversión y operación de una planta desalinizadora son el espárrago, cebolla, papa, tomate, vid, lechuga y calabaza.

## Bibliografía

Cortés-Jiménez, J., Troyo-Díez, E., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J., Garatuza-Payan, J. y Suh-Lee, S. (2009). Índices De Calidad Del Agua Del Acuífero Del Valle Del Yaqui, Sonora. *TERRA Latinoamericana*, 27 (2):133-141

Hydranautics (2012). IMSDesign integrated membrane solutions. Nitto Corporation. Japan. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2010). WWW.SEMARNAT.GOB.MX

# Pretratamiento de la Paja de Frijol con *Pleurotus ostreatus* para la Producción de Biogás, con Estiércol de Vaca como Inóculo

Patricia Becerra Castañeda\*· Luis Mario González Rodríguez, Denys K. Villa Gomez

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional. Blvd. del Bote S/N, Cerro del Gato, Ejido la Escondida, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160. México<sup>1</sup>. \*Correo de contacto: paty.unkay@gmail.com

**Introducción.** La Digestión Anaerobia (DA) es un proceso biológico por el cual la materia orgánica se descompone por la actividad metabólica de organismos anaerobios que producen biogás. Este proceso ha sido aplicado comúnmente a estiércoles, sin embargo, en pajas ha sido frenado debido a su alto contenido de compuestos lignocelulósicos, que dificultan su hidrólisis (Ye y col., 2013). El objetivo de este estudio consiste en determinar el efecto que tiene el uso de pretratamientos físicos y biológicos en la DA de la paja de frijol, para mejorar el proceso de hidrólisis.

**Metodología.** Se realizaron ensayos de actividad metanogénica en frascos de 250 mL a 30°C y 130 rpm con 8% de ST en una relación 1:2 inóculo: paja, siendo el resto agua destilada. Se utilizó paja de frijol triturada y tamizada con un rango de tamaño de 250  $\mu$ m-1 mm fermentada con el hongo *P. ostreatus*. La fermentación consistió en incubar durante 28 días 1 (exp A), 10 (exp B) y 30 (exp C) mg de hongo/g de paja humedecida a 30°C y 100 rpm (Lopez-Abelairas y col., 2013). Las mediciones de biogás se realizaron por el método de desplazamiento con una solución de NaOH al 3%. Previamente y al final de los experimentos se analizaron los Sólidos Totales (ST) y Sólidos Volátiles (SV), Nitrógeno total (NTK) [método micro-Kjeldahl], Fósforo (P) [método Olsen], y demanda química de oxígeno (DQO) [método reflujo cerrado] (APHA, 2005) para evaluar la degradación de los sustratos.

**Resultados y Discusión.** La fase lag de los experimentos duró 7 días. Entre el día 8 y 24 se observó una producción exponencial de biogás que no mostró diferencias significativas entre las tres concentraciones de hongo utilizadas. Sin embargo a partir del día 25 el exp A entró en fase estacionaria, mientras que exp B y C continuaron produciendo biogás. Esto demuestra que el hongo utilizado para el tratamiento biológico interviene favorablemente en la hidrólisis de la paja de frijol.

**Conclusiones.** La producción de biogás a partir de la DA de la paja de frijol se ve favorecida con el uso de una cantidad significativa de *P. ostreatus* como pretratamiento biológico que mejora la hidrólisis.

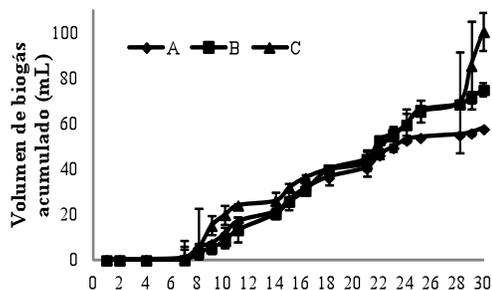


Figura 1. Producción de biogás en la paja tratada. Exp A ◆, exp B ■, exp C ▲

## Bibliografía

- Lopez-Abelairas M. (2013). Optimisation of the biological pretreatment of wheat straw with white-rot fungi for ethanol production. *Bioproc Biosyst Eng* 36(9), 1251-60.
- Ye J. (2013). Improved biogas production from rice straw by co-digestion with kitchen waste and pig manure. *Waste Manage* 33(12), 2653-8.
- APHA (2005). *Standard Methods for examination of water and wastewater*, Washington D.C.

# Adsorción de Cobre de Aguas Ácidas de Minas

Reyna Guadalupe Sánchez Duarte\*, Jorge Saldivar Cabrales, María Del Rosario Martínez Macías, Guillermo Carrete Nevárez, Yedidia Villegas Peralta.

Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón Sonora, México.

Correspondencia: 5 de Febrero 818 Sur, Cd. Obregón, Son. MX-85000, México, \*reyna.sanchez@itson.edu.mx

**Introducción.** Los drenajes ácidos de explotaciones de minería metálica son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas subterráneas en el mundo. Las aguas ácidas de minas contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión y un alto contenido de sulfato y metales disueltos. Estos elementos son nocivos para la actividad biológica, contaminan los cauces, y además, estas aguas pueden llegar a dañar la estructura y cimentación de construcciones (Roig y col., 2003; Gil y Gonzalez, 2004). Debido al enorme coste que supone su tratamiento con métodos convencionales, en la actualidad se investiga la capacidad de biorremediación de dichas aguas ácidas de minas mediante procesos con biopolímeros naturales; tal es el caso del quitosano, el cual tiene aplicaciones prospectivas en el tratamiento de aguas (Crini y Badot, 2008). Por ello el objetivo del presente estudio fue sintetizar perlas de quitosano entrecruzado con tripolifosfato de sodio (qtp) para evaluar su capacidad de adsorción de cobre presente en agua ácida de minas.

**Metodología.** Para la síntesis de qtp se preparó una solución de quitosano en ácido acético y se dejó en reposo por 24 h. Después, se goteó en una solución de tripolifosfato de sodio para formar las perlas. Finalmente, se filtraron y lavaron con agua destilada. Las pruebas de adsorción se llevaron a cabo con una solución de lixiviado de cobre (lixiviado obtenido de una columna de lixiviación estática (1 m de altura y 0.11 m de diámetro) rellena de mineral de cobre y goteado con una solución de ácido sulfúrico al 10%), con diferentes valores de pH en el rango de 2 a 5, ajustados con NaOH concentrado. Se colocó una masa fija de qtp en vasos de precipitados que contenían 50 mL de la solución lixiviada al pH correspondiente, y se agitó mecánicamente. La adsorción del cobre en las perlas de quitosano entrecruzado expresado en porcentaje de remoción fue determinada espectrofotométricamente.

**Resultados y Discusión.** Se encontró que el qtp presenta el mayor porcentaje de remoción de cobre a pH 4 (hasta un 9% en una hora). Mientras que la remoción fue mínima a otros pHs, lo anterior se atribuye a que el lixiviado presenta impurezas de otro metal en solución (Fe) el cual interfiere en la adsorción de cobre. Esto indica que el qtp adsorbe al mismo tiempo dos metales, por lo que se supone una competencia por los lugares activos del adsorbente afectando el rendimiento de adsorción.

**Conclusiones.** El quitosano entrecruzado con tripolifosfato de sodio puede adsorber cobre del agua ácida de mina, sin embargo la capacidad de adsorción del qtp varía en función del número de metales presentes y del pH.

## Bibliografía

- Crini, G. y P.-M. Badot. 2008. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature. *Prog. Polym. Sci.*, 33, 399–447.
- Gil, G.B.; González, M.P. (2004). Evaluación de materiales reactivos en la eliminación de sulfatos de aguas ácidas de minas. *Ingeniería Química*. Barcelona, España, 9-12.
- Roig, M.G., Ramírez, P.F. I. y Manzano M.T. (2003). Bioadsorción de metales pesados de aguas ácidas de minas. *Ingeniería Química*, 155-168.

# Tratamiento de Agua Residual Proveniente de un Proceso de Fabricación de Block para su Reutilización

Ana Sylvia Zazueta Montaña<sup>1\*</sup>, Rafael Angulo Inzunza<sup>2</sup>, Germán Eduardo DévoraIsiordia<sup>2</sup>  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

<sup>1</sup>Estudiante del Programa Educativo de Ingeniero Químico;

<sup>2</sup>Profesores Investigadores del Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente.  
Calle 5 de Febrero 818 Sur, C. P. 85000. Ciudad Obregón, Sonora. Tel. (644) 4109000. Ext.2138

\*S2anna\_zm@hotmail.com, rafael.angulo@itson.edu.mx, german.devora@itson.edu.mx

**Introducción.** Uno de los principales problemas que enfrentan las grandes ciudades es el suministro y distribución de agua potable. Es evidente que la escasez del agua está relacionada con el crecimiento de la población, la contaminación y explotación de los acuíferos, y alto costo de suministro en lugares apartados (Vázquez y col., 2004). El agua no potable y el agua resultante de las operaciones de producción de hormigón (ASTM International, 2014), se pueden utilizar como agua mezclada, para esto se deben cumplir los criterios de aceptación de la norma ASTM-C1602 (Portland Cement Association, Washington, DC 20001-2066). El objetivo es diseñar un prototipo de sistema de filtración a partir de pavimentos permeables, para eliminar algunos sólidos contenidos en el agua residual de salida proveniente del sedimentador de gravas finas de la planta mortero en Carolina Block S.A. de C.V. mediante un proceso de sedimentación y poder reutilizar una parte del agua en el proceso de fabricación de block y que el agua cumpla norma ASTM-C1602.

**Metodología.** Se diseñó y montó un prototipo a nivel laboratorio de un sistema de filtración a partir de pavimento permeable (adoquín) en la “planta mortero” de Carolina Block S.A. de C.V, ubicada en Cd. Obregón, Sonora, México. Las dimensiones son de 46.5 cm x 19 cm de área y una altura de 19.5 cm. Como medio filtrante se utilizaron 24 piezas de adoquín con un área de 7.5 cm x 15.5 cm y altura de 4.5 cm c/u. Se le colocó a cada pieza una boquilla de gravilla de un rango de 0.8 a 1 cm. La parte interior como la exterior se cubrió con geotextil para asegurar la estabilidad del adoquín. Finalmente se cubrió con 4 cm de arena. El volumen del sistema de filtración es 17.22 L. Se realizó la prueba de filtración 4 veces. A cada prueba se le realizó un análisis fisicoquímico. Se tomó muestras de: entrada de agua del proceso de triturado, salida de agua del proceso de triturado y salida del sedimentador (proceso posterior al triturado de gravas finas). Se verificó la calidad del agua y se determinó su posible reutilización.

**Resultados y Discusión.** Los análisis fisico-químicos del agua de salida del sedimentador y del agua de entrada en el sistema de filtración: (Conductividad =268 $\mu$ S/cm, pH=9.04, SST=1980 mg/L), el agua de salida: (Conductividad =814.66 $\mu$ S/cm, pH=11.23, SST=105.6mg/L). Los análisis fisicoquímicos indican la calidad del agua tanto de entrada como de salida que deberán apegarse a la norma ASTM-C1602: (Cloruros Cl=500-1000mg/L, Sulfatos (SO<sub>4</sub>)=3000mg/L, Alcalinidad (CaCO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub>O+0.658K<sub>2</sub>O) 600mg/L, Sólidos Totales=50.000 mg/L).

**Conclusiones.** La eficiencia del prototipo experimental de filtración es del 92.2% en recuperación de agua y una remoción de SST= 94.67%, con estos resultados obtenidos en el laboratorio creemos que es factible el ahorro de agua y una reducción de costos.

## Bibliografía.

- Vázquez, A. González Díaz, F, Rocha, L, Flores Bustamante, L (2002-2004). Elaboración de los concretos con agua tratadas. División de Ciencias básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana.
- ASTM International (2014), 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohoken, PA, 19428-29-59 EE.UU.1996-2014.Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

## Tratamiento de Dos Efluentes Porcícolas en Reactores Anaerobios

Violeta Eréndira Escalante Estrada<sup>1</sup>, Marco Antonio Garzón Zuñiga<sup>1</sup>, Sergio Valle Cervantes<sup>2</sup>, Jesús Bernardo Páez Lerma<sup>2</sup>, Aquiles Solís Soto<sup>2</sup>.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos, México<sup>1</sup>.  
Instituto Tecnológico de Durango, Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya, C.P. 34080, Durango, Durango, México<sup>2</sup>.  
vescalan@tlaloc.imta.mx

**Introducción.** Los efluentes de granjas porcícolas con un alto contenido de materia orgánica y nutrientes (N y P), presentan una gran variación en su concentración dependiendo de la etapa de producción (maternidad, engorda y destete) y del grado de tecnificación de su proceso productivo. En los procesos anaerobios la materia orgánica es convertida en: células nuevas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. El objetivo del estudio fue el determinar la eficiencia de remoción de materia orgánica al aplicar diferentes cargas orgánicas volumétricas (COV) en el tratamiento de dos tipos de Aguas Residuales Porcícolas (ARP) en Reactores Anaerobios (RA).

**Metodología.** Los RA (columnas rellenas con un material inorgánico (tezontle)), fueron alimentados en forma ascendente con ARP previamente cribada y sedimentada (ARPP). El ARPP de la descarga de maternidad se alimentó al RA1 y la de engorda al RA2. Se tomaron muestras simples semanalmente (durante 237 días), del influente y efluente, siguiendo los parámetros: pH, Temperatura; Alcalinidad, DQO, SST y SSV (Métodos IMTA); y CH<sub>4</sub> (Cromatógrafo de gases SRI). Las cargas orgánicas volumétricas (COV) aplicadas para RA1: 5, 6, 5, 2, 4, 7, 9 y 3 kgDQOm<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>, y para RA2: 11, 10, 7, 5, 9, 12, 13 y 15 kgDQOm<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>; a tiempos de retención hidráulica (TRH) de 0.9 ± 0.1 días, por lo que la variación en la COV corresponde a la variación de la DQO en el influente.

**Resultados y Discusión.** Los reactores funcionaron en régimen discontinuo y con recirculación total del efluente durante un mes; después la alimentación fue continua. Los procesos operaron a temperatura ambiente: RA1 (24.3 ± 1.4°C) y RA2 (24.5 ± 1.4°C). En el efluente del RA1 el pH se mantuvo entre 8 - 8.7, encontrándose fuera del rango de operación (pH: 6.5 - 7.5) para el proceso anaerobio (Metcalf y Eddy, 2003); en el RA2 el pH en el efluente se mantuvo entre 6.5 - 7.5 durante los primeros 27 días de operación, después se registraron rangos de 7.6 - 8.5, mostrando un comportamiento semejante al RA1. La alcalinidad del efluente: RA1 (2,539±609mgCaCO<sub>3</sub>/L) y RA2 (2,730±607mgCaCO<sub>3</sub>/L), estuvieron dentro del rango de control del proceso (Metcalf y Eddy, 2003). Las eficiencias de remoción máximas: para RA1, 75% de DQO(9kgDQO.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>), 87% de SST(1.6kgSST.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>) y de 87% de SSV(1kgSSV.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>); para RA2, 61% de DQO (15kgDQO.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>), 65% de SST(1.9kgSST.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>) y 65% de SSV(1.3kgSSV.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>). Encontrándose la remoción de DQO dentro del rango reportado (Chao y col., 2008; Escalante y Garzón, 2010). El mayor contenido de metano en el biogás fue del 70% en el RA1 y RA2, valor dentro del rango esperado en un proceso anaerobio (Metcalf y Eddy, 2003).

**Conclusiones.** En el tratamiento anaerobio de un ARPP de maternidad se obtuvo una mayor remoción de DQO, SST y SSV que en el tratamiento anaerobio de ARPP de engorda a COV de 5, 7 y 9 kgDQO.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>. La remoción de materia orgánica en los RA varió entre 50 - 75% DQO al aplicar COV entre 7 y 15 kgDQO.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>.

### Bibliografía

- Chao R, Sosa R, Pérez A. y Cruz E. (2008). A study on pig wastewater treatment with low cost biodigesters. Volume 20, Article #149. Retrieved July 12, 2010, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/chao20149.htm>
- Escalante V. y Garzón M. (2010). Tratamiento anaerobio para disminuir materia orgánica en efluentes de granjas porcícolas. XXXII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS. 4 al 12 de Nov. 2010.
- Metcalf y Eddy (2003). Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Fourth Edition. McGraw.

## Adsorción de Fosfatos en Concha de Almeja China (*Chione cancellata* G)

Luis Carlos González Márquez<sup>1</sup>, Jesús Armando Luque Limón<sup>1</sup>, Ivette Renée Hansen Rodríguez<sup>1\*</sup>, Hugo B. Rodríguez Gallegos<sup>2</sup>.  
Universidad de Occidente, Av. Universidad s/n, 81048, Guasave, Sinaloa, México<sup>1</sup>

Universidad de Occidente, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera Internacional México 15, Los Mochis, Sinaloa, México<sup>2</sup>

\*e-mail de contacto: ivrenhr@gmail.com

**Introducción.** El fósforo en las descargas de aguas residuales puede afectar la calidad del agua de los cuerpos receptores, ocasionando el desarrollo de especies biológicas indeseables. Sin embargo, el fósforo también puede ser un importante recurso renovable. En años recientes, el estudio de la remoción de fósforo usando materiales naturales y sintéticos ha ganado gran atención. En la literatura se han reportado diversos niveles de remoción de fósforo, pero algunos de los materiales evaluados son muy caros para ser considerados en el tratamiento del agua a escala real (Zelmanov y Semiat, 2014; Yang y col., 2011; Leader y col., 2008). En esta investigación se evaluó y caracterizó la adsorción de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en concha de almeja china (*Chione cancellata* G), material adsorbente que es un residuo de la industria restaurantera en el municipio de Guasave, Sin.

**Metodología.** Los experimentos para evaluar la cinética e isoterma de adsorción de  $\text{PO}_4^{3-}$  en concha se llevaron a cabo en sistemas por lotes a 25°C. La relación masa de concha – volumen de solución de  $\text{PO}_4^{3-}$  fue de un gramo de concha - 50 ml de solución de  $\text{PO}_4^{3-}$ . La cinética de adsorción se evaluó utilizando concha con tamaño de partícula entre 0.42 y 0.59 mm y una solución de fósforo de  $\text{PO}_4^{3-}$  de 12.7 mg/L  $\text{PO}_4\text{-P}$ . Las isotermas de adsorción se evaluaron considerando diferentes concentraciones de  $\text{PO}_4\text{-P}$  (12.7, 6.35, 1.1, 0.58 y 0.13 mg/L).

**Resultados y Discusión.** El tiempo requerido para alcanzar el equilibrio de adsorción de fósforo fue de 48 h y la isoterma de adsorción se ajustó al modelo de Freundlich. La isoterma de adsorción fue no lineal con un valor de  $n$  de 0.64 y curvatura cóncava a la abscisa, indicando que la adsorción de  $\text{PO}_4^{3-}$  se desfavorece al incrementar la concentración inicial en la solución. El promedio de  $\text{PO}_4^{3-}$  adsorbido varió entre 30 y 70 %.

**Conclusiones.** Considerando los resultados obtenidos, así como que la concha no fue pre tratada y activada química o físicamente, los resultados de la presente investigación indican que la concha de almeja china puede representar una alternativa económica para la remoción de  $\text{PO}_4^{3-}$  del agua.

### Bibliografía

- Leader, J.W., Dunne, E.J. y Reddy, K.R. (2008). Phosphorus Sorbing Materials: Sorption Dynamics and Physicochemical Characteristics. *J. Environ. Qual.* 37, 174-181
- Yang, J., Zhou, L., Zhao, L., Zhang, H., Yin, J., Wei, G., Qian, K., Wang, Y. y Chengzhong, Y. (2011). A designed nanoporous material for phosphate removal with high efficiency. *J. Mater. Chem.* 21, 2489-2494
- Zelmanov, G. y Semiat, R. (2014). The influence of competitive inorganic ions on phosphate removal from water by adsorption on iron (Fe+3) oxide/hydroxide nanoparticles-based agglomerates. *Journal of Water Process Engineering*, Article in press.

# Ensayo de Adsorción de Metales Pesados en Proceso Continuo

Ma. A. Correa Murrieta<sup>1\*</sup>, Reyna Guadalupe Sánchez Duarte<sup>1</sup>, Jaime López Cervantes<sup>2</sup>, Dalia Isabel Sánchez Machado<sup>2</sup>  
Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México<sup>1</sup>  
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México<sup>2</sup>

**Introducción.** La calidad del agua se ha venido degradando a través de los años por lo que actualmente es considerado un problema universal (Díaz y col., 2007). Los metales pesados forman parte de esta contaminación. El hierro es un metal pesado, que es esencial para la vida, pero si es consumido en grandes cantidades resulta tóxico para la salud (Kousalya y col., 2010). Las aguas contaminadas por hierro tienen su origen de la disolución de rocas ferrosas, de efluentes industriales o de minas (Kim y col., 2013). Sonora, México es una región minera, por lo que sus efluentes son un peligro potencial hacia los cuerpos de agua. El objetivo del presente trabajo fue determinar el tiempo de servicio para la adsorción de iones de hierro (III) de una columna empacada con perlas de quitosano entrecruzado con tripolifosfato de sodio.

**Metodología.** El ensayo de adsorción se realizó en una columna de vidrio (altura: 30 cm, diámetro interno: 2.54 cm, diámetro externo: 3.0 cm), empacada con perlas de quitosano entrecruzado con tripolifosfato de sodio (2 g peso seco). El influente fue una solución sintética de Fe (III) (pH 3, 4.05 mg/L) y fue alimentado con un flujo ascendente de 0.98 mL/min, utilizando una bomba peristáltica. La concentración del efluente fue medida a diferentes intervalos de tiempo hasta 0.3 mg/L de Fe (III), que corresponde al límite máximo permisible que indica la norma oficial mexicana y la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2011).

**Resultados y Discusión.** El tiempo de servicio (o de ruptura) se estableció para cuando la concentración del efluente alcanzó un 7.5% de la concentración del influente ( $C_t/C_i = 0.075$ ). Los resultados obtenidos arrojan un valor de 24 horas de tiempo de ruptura, lo cual indica que en este tiempo el efluente cumple con el límite máximo permisible por la norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

**Conclusiones.** El tiempo de servicio obtenido de la columna empacada fue de 24 h, bajo las condiciones de operación utilizadas, concluyendo que el sistema puede ser efectivo para la remoción de hierro (III) y cumplir con la normatividad vigente.

## Bibliografía

- Díaz de Apodaca, E., Villarán, M. C., Río, F., Ramírez, C. A. y Lorenzo, L. (2007). Utilización de adsorbentes basados en quitosano y alginato sódico para la eliminación de iones metálicos:  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  y  $Co^{2+}$ . *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 8: 20-37.
- Kousalya, G. N., Gandhi, M. R., Sundaram, C. S. y Meenakshi, S. (2010). Synthesis of nano-hydroxyapatite chitin/chitosan hybrid biocomposites for the removal of Fe(III). *Carbohydrate Polymers*, 82: 594-599.
- Kim, K.-H., Keller, A. A. y Yang, J. K. (2013). Removal of heavy metals from aqueous solution using a novel composite of recycled materials. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 425: 6-14.
- World Health Organization, Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendations, vol. 1, WHO, Geneva, Switzerland, 1984, p. 79.
- World Health Organization, Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendations, vol. 1, WHO, Geneva, Switzerland, 2011, p. 226.

# Fitoestabilización y Acumulación de Arsénico y Plomo en Plantas que Crecen Dentro de Jales Reforestados

Miguel Ángel Salas-Luévano<sup>1\*</sup>, Jorge Armando Mauricio-Castillo<sup>1</sup>, Consuelo Letechepía-de León<sup>2</sup>,  
Víctor Martín Ávila-Hernández<sup>2</sup>; Héctor René Vega-Carrillo<sup>2</sup>

Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, Cieneguillas, Zac. Km 15 carretera a Guadalajara, A.P. 336, 98000 Zacatecas, México<sup>1</sup>. Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, C. Ciprés 10, Fraccionamiento La Peñuela, 98068 Zacatecas, México<sup>2</sup>.

**Introducción.** A nivel mundial la contaminación del suelo se ha convertido en un problema importante para el medio ambiente, por los efectos perjudiciales a la salud humana, el ecosistema, la productividad del suelo y el bienestar socioeconómico (Conesa y col., 2012). En el mundo, los jales de minas inactivas o abandonadas, son frecuentes en las regiones áridas y semiáridas del norte de México, el oeste de Estados Unidos, la costa pacífica de América del Sur, el suroeste de España, el oeste de la India, Sudáfrica y Australia (Mendez y col., 2008). No obstante, estos sitios presentan vegetación adaptada para sobrevivir y reproducirse en suelos altamente contaminados, con potencial para fitorremediación. El propósito de nuestra investigación fue para identificar especies de plantas con atributos para fitoestabilización y fitoextracción de arsénico y plomo que crecen dentro de una mina localizada en Fresnillo, Zac.

**Metodología.** El plan de muestreo se desarrolló conforme a la norma oficial mexicana: NMX-AA-132-SCFI-2006, las muestras recolectadas incluyeron sustrato y plantas de un jale que fue reforestado aproximadamente 35 años. Previo al análisis del contenido de As y Pb, el proceso de digestión se realizó conforme a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, directamente de cada una de las soluciones finales, utilizando Espectrometría de Absorción Atómica.

**Resultados y Discusión.** La flora estudiada está conformada por 24 especies agrupadas en 22 géneros y 15 familias botánicas. Entre éstas últimas las mejor representadas fueron *Asteraceae*, *Poaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*. Respecto a los niveles de MPs, *Plantago lanceolata* el factor de bioconcentración fue 0.99 para Pb, resultado que supera por mucho a lo reportado por Tamás y col. (2005) para ésta especie (218 mg kg<sup>-1</sup>). Mientras que *Opuntia robusta*, *Sphaeralcea angustifolia* y *Thymophylla lanceolata* el índice de la capacidad de las plantas para acumular metales de los suelos registraron valores de 0.6 para As. Así mismo, las especies de árboles como *Casuarina equisetifolia*, *Schinus molle*, *Prosopis laevigata* y *Eucalyptus globulus*, mostraron crecimiento vigoroso y abundancia significativa dentro del jale, hallazgos que demuestran su capacidad para estabilizar MPs (Pulford y col., 2003).

**Conclusiones.** En esta investigación se han identificado especies de plantas con atributos para fitoestabilización y fitoextracción de arsénico y plomo. Entre la flora asociada al jale *C. equisetifolia* fue la especie que a pesar de ser considerada una planta introducida ya naturalizada, presenta la capacidad para ser considerada con propósitos para fitoestabilización de los MPs analizados en minas abandonadas y recién cerradas en la región; en tanto que *P. lanceolata* de acuerdo al factor de bioconcentración (0.99) destacó como herbácea acumuladora de Pb. No obstante, el potencial de fitoextracción de la mayoría de las plantas tolerantes, es limitada, particularmente por su baja producción de biomasa. Sin embargo, las especies vegetales arbóreas pueden tener potencial aplicación en programas de reforestación y fitoestabilización de suelos contaminados por residuos mineros en las regiones áridas y semiáridas de México.

## Bibliografía

- Barrutia, O., Artetxe, U., Hernández, A., Olano, J. M., García-Plazaola, J. I., Garbisu, C., & Becerril, J. M. (2011). Native plant communities in an abandoned Pb-Zn mining area of Northern Spain: Implications for phytoremediation and germplasm preservation. *International Journal Phytoremediation*, 13(3), 256-270.
- Conesa, H. M., Evangelou, M. W. H., Robinson, B. H., & Schulin, R. (2012). A critical view of current state of phytotechnologies to remediate soils: Still a promising tool? *Scientific World J*, 1-10.
- Mendez, M. O., & Maier, R. M. (2008). Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments – an emerging remediation technology. *Environmental Health Perspectives*, 116(3): 278-283.
- Pulford, I. D., & Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees – a review. *Environment International*, 29: 529-540.
- Tamás, J., & Kovács, E. (2005). Vegetation pattern and heavy metal accumulation at a mine tailing at Gyöngyösoroszi, Hungary. *Z. Naturforsch*, 60, 362-367.

# Vegetación Asociada en un Jale Bajo Remedición: Implicaciones Ambientales

Miguel Ángel Salas-Luévano<sup>1\*</sup>, María Luisa González-Rivera<sup>1</sup>, Consuelo Letechepía-de León<sup>2</sup>,  
Víctor Martín Ávila-Hernández<sup>2</sup>; Héctor René Vega-Carrillo<sup>2</sup>

Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, Cieneguillas, Zac. Km 15 carretera a Guadalajara, A.P. 336, 98000 Zacatecas, México<sup>1</sup>. Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, C. Ciprés 10, Fracc. La Peñuela, 98068 Zacatecas, Zac. México<sup>2</sup>.

**Introducción.** A nivel mundial, la minería en el pasado, fue y continua siendo, una de las principales causas de la contaminación del medio ambiente (Batty y col., 2004). Los suelos se caracterizan por empinadas laderas inestables, ausencia de vegetación, pobre estructura del suelo, acidez y metales pesados tóxicos (Batty, 2005). La fitorremediación es una tecnología basada en el uso de plantas para descontaminar suelos, y menos perjudicial comparada con métodos físico-químicos (Cunningham y col., 2000). El objetivo de este estudio fue para identificar las especies de plantas que crecen en los relaves mineros con capacidad para acumular y estabilizar As y Pb.

**Metodología.** Muestras de suelo y plantas recolectadas conjuntamente en un jale de una mina reforestada aproximadamente 15 años y localizada en Fresnillo, Zac. fueron recolectadas según la norma NMX-AA-132-SCFI-2006. El análisis del contenido de As y Pb, se realizó mediante Espectrometría de Absorción Atómica.

**Resultados y Discusión.** Las familias *Asteraceae*, *Poaceae* y *Chenopodiaceae* fueron las mejor representadas. El promedio de los niveles de As en los suelos fue de 882 ppm, mientras que para Pb registraron 477 ppm. Entre la flora asociada y con base al factor de bioconcentración (FBC), solo *Bouteloua gracilis* (1.0) mostró atributos para fitoextracción de As, posiblemente es el primer reporte sobre el nivel de acumulación de éste metal en un pasto común de zonas semiáridas y áridas de México. Asimismo, *Amaranthus hybridus*, *Arundo donax*, *Pennisetum clandestinum* y *Botriochloa barbinobis* registraron concentraciones (0.8) cercanas al FBC para este mismo tóxico. Por tanto, en términos de supervivencia, crecimiento y reproducción bajo estrés ambiental (Yoon y col., 2006), estos hallazgos demuestran que el uso de plantas endémicas tienen potencial para fitorremediación en la región. Por otro lado, los árboles que han logrado sobrevivir en este relave durante más de 15 años, muestran atributos para contener As y Pb, en particular *Flaxinus uhdei* y *Schinus molle*. Estos resultados demuestran que la especie reforestada endémica e introducida naturalizada, respectivamente, requieren tiempo para adaptarse y estabilizar los residuos tóxicos (Mohanty y col., 2010).

**Conclusiones.** En este estudio se han identificado especies de plantas que crecen en los relaves mineros del jale reforestado con capacidad para acumular y estabilizar As y Pb. *B. gracilis* tiene atributos para fitoextracción de As (FBC = 1.0). Asimismo, *A. hybridus*, *A. donax*, *P. clandestinum* y *B. barbinobis* mostraron concentraciones (0.8) cercanas al FBC para este mismo metal. Por otro lado, *S. molle* y *F. Uhdei* tiene potencial para fitoestabilizar As y Pb, y pueden ser considerados para programas de fitoestabilización en antiguas minas abandonadas no reforestadas, incluso para el cierre de minas en el Estado y otras regiones áridas y semiáridas para prevenir problemas de contaminación de suelos por MPs. No obstante, futuras investigaciones son requeridas.

## Bibliografía

- Batty, L. C. (2005). The potential importance of mine sites for biodiversity. *Mine Water and the Environment*, 24(2): 101-103.
- Batty, L. C., & Younger, P. L. (2004). The use of waste materials in the passive remediation of minewater pollution. *Surveys in Geophysics*, 25, 55-67.
- Cunningham, S. D., & Berti, W. R. (2000). Phytoextraction and phytoestabilization: technical, economic, and regulatory considerations of soil-lead issue. In: Terry, N. & Bañuelos, G. (eds.) *Phytoremediation of contaminated soil and water*. Boca Raton: Lewis. pp. 359-376.
- Mohanty, M., Dhal, N. K., Patra, P., Das, B., & Reddy, P. S. R. (2010). Phytoremediation: A novel approach for utilization of iron-ore wastes. In: D.M. Whitacre (ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 206, Springer Science+Business Media, LLC. pp. 29-47.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment*, 368, 456-464.

# Decoloración de Azul Directo 71 por un Consorcio Halotolerante: Efecto de Antraquinona-2,6-Disulfonato y Distintas Condiciones de Salinidad

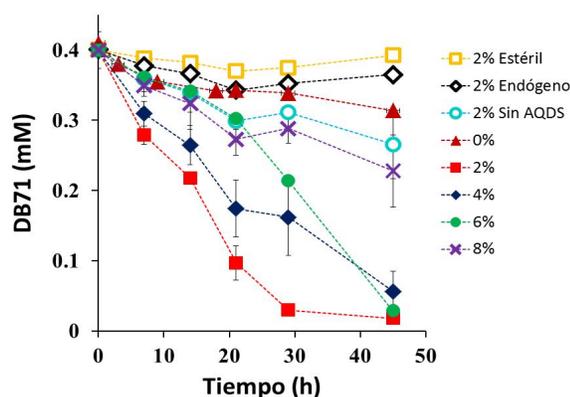
Luis Humberto Álvarez<sup>1</sup>, Edna Rosalba Meza Escalante\*<sup>2</sup>, Kristal Rosas<sup>2</sup>, Pablo Gortáres<sup>3</sup>  
 UANL, Facultad de Ciencias Químicas<sup>1</sup>. ITSON, Depto. de Ciencias del Agua y Medio Ambiente<sup>2</sup>. ITSON, Depto. de Biotecnología y Ciencias Alimentarias<sup>3</sup>. \*Correspondencia: edna.meza@itson.edu.mx

**Introducción.** Las aguas residuales de la industria textil, además de colorantes (principalmente tipo azo), también contienen una alta concentración de salinidad. Se ha demostrado que el uso de mediadores redox (MR) como sustancias húmicas y quinonas puede acelerar el proceso de decoloración utilizando consorcios anaerobios (Álvarez y col., 2010). Sin embargo, la información sobre el uso de MR bajo condiciones de salinidad y sobre la utilización de consorcios anaerobios marinos (CAM) es escasa. En este trabajo se evalúa el efecto de la salinidad en la biotransformación de azul directo 71 (AD71) utilizando un CAM y antraquinona-2,6-disulfonato (AQDS) como MR.

**Metodología.** El CAM fue aislado a partir de un sedimento marino proveniente de Bahía de Lobos, Sonora. La biotransformación de AD71 se llevó a cabo en botellas serológicas con 50 mL de medio mineral, 1 mM de AQDS, 2 g Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)/L de CAM, 1 g/L de acetato y 0.4 mM de AD71. Las condiciones anaerobias se establecieron con helio. Se probaron concentraciones de 0-8% de NaCl, y fueron considerados los controles estéril, endógeno y sin MR a 2% de salinidad. Se monitoreó DB71 espectrofotométricamente a 579 nm.

**Resultados.** La cinética de biotransformación se muestra en la Figura 1. Las tasas y eficiencias de decoloración se calcularon a las 29 h de incubación (Tabla 1). Los controles estéril y endógeno alcanzaron una eficiencia de decoloración de 7% y 12% respectivamente; además, el control sin AQDS alcanzó una eficiencia de 22%, lo cual indica que el CAM se mantuvo fisiológicamente activo dentro del proceso. Las condiciones de salinidad de 0%, 6% y 8% son las que mayormente afectaron la decoloración en comparación a las concentraciones de 2% y 4%, estas últimas con eficiencias de decoloración de 93% y 60%, respectivamente. Las tasas de decoloración mostradas se calcularon para cada % de salinidad y fueron 2% > 4% > 6% > 8% > 2% sin AQDS > 0%. En un estudio previo, Meng y col. (2014), evaluaron la decoloración de rojo ácido 27 utilizando AQDS y *Shewanella algae* a 5% de salinidad, encontrando que la etapa limitante es la reducción de AQDS.

Los resultados de este estudio indican que sin importar la concentración de salinidad, el CAM fue capaz de mantener el proceso de decoloración activo, aunque con distintas eficiencias de decoloración de acuerdo a las condiciones probadas. La capacidad de CAM para mantenerse fisiológicamente activo a distintas condiciones de salinidad y con un mejor desempeño a 2% y 4% puede atribuirse a que la actividad enzimática es favorecida bajo estas condiciones. Además, los iones Na<sup>+</sup> facilitan el transporte de aminoácidos y azúcares a través de la membrana citoplasmática.



**Figura 1.** Biotransformación de AD71 bajo distintas condiciones de salinidad por el consorcio marino.

**Tabla 1.** Tasas y eficiencias de decoloración de AD71 en presencia de AQDS por el consorcio marino.

Condición (NaCl)	$k$ (h <sup>-1</sup> )	Incremento en $k$ respecto al control sin MR	% de decoloración
2% sin MR	0.010	-	22
0%	0.008	0.8	17
2%	0.080	8.0	93
4%	0.034	3.4	60
6%	0.018	1.8	47
8%	0.013	1.3	30

**Conclusión.** Los resultados de este estudio muestran que es posible mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante el uso de microorganismos reductores de los humus capaces de soportar distintas condiciones de salinidad.

## Bibliografía

Alvarez, L.H. Pérez-Cruz, M.A. Rangel-Méndez, J.R. Cervantes, F.J. (2010) *J. Hazard. Mater.* 184:268-272.  
Meng, X. Liu, G. Zhou, J. Fu, Q.S. (2014) *Biores. Technol.* 151:63-68.

# Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Aplicando Reactores Biológicos Con Membranas (RBM) de Fibra Hueca Sumergida

Ivan López Cuero<sup>1</sup>, Germán Cuevas Rodríguez<sup>2</sup>, Germán Eduardo Devora Isiordia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Sonora

<sup>2</sup> Profesor Investigador del Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Guanajuato

<sup>3</sup> Profesor Investigador del Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Instituto Tecnológico de Sonora

Av. Juárez 77 b Centro 3600 Guanajuato, Guanajuato México. Tel 01 (473) 102 01 00 ext. 2207

<sup>1</sup>llc827@hotmail.com, <sup>2</sup>german28@ugto.mx, <sup>3</sup>german.devora@itson.edu.mx

**Introducción.** El agua es un recurso agotable y su reciclaje se ha convertido en una necesidad (Iglecias y col., 2010). Un Reactor Biológico de Membranas (RBM) es una modificación del proceso de fangos activados convencional (FAC), sustituyendo la decantación secundaria por un sistema de membranas de UltraFiltración (UF) de baja presión, obteniéndose un efluente prácticamente libre de sólidos en suspensión y micro organismos (Estadística Básica sobre el medio ambiente, 2013). El objetivo es tratar aguas residuales de origen doméstico empleando un RBM de fibra hueca sumergida, reduciendo contaminantes de aguas residuales hasta límites de NOM 001 ECOL 1996.

**Metodología.** Se operó un RBM diseñado en U de Gto. contiene 6 membranas de fibra hueca de ultrafiltración de Fluoruro de Polivinilideno (PVDF), área de membrana 0.0107 m<sup>2</sup>, tamaño nominal de poro 0.4 µm, resistencia inicial de membrana 6.86x10<sup>11</sup> m<sup>-1</sup>, capacidad 5 L. Se suministró agua residual en las siguientes condiciones de operación: 10 min permeado, 12 s retrolavado, 10 s relajación. La investigación del objetivo se efectuó en 3 arreglos diferentes, 1 Batch y 2 arreglos continuos diferentes. Las variables de operación son; **Batch** (BombAlim. 0 RPM, BombRetrolav. 60 RPM, BombPerm: 40 RPM, PTM 0.0924 bar, Qalim 0 L/d, Qperm 1.766 L/d). **Cont1** (BombAlim. 28 RPM, BombRetrolav. 60 RPM, BombPerm: 40 RPM, PTM 0.3271 bar, Qalim 2.312 L/d, Qperm. 2.312 L/d). **Cont2** (BombAlim. 30 RPM, BombRetrolav. 20 RPM, BombPerm 60 RPM, PTM 0.775 bar, Qalim, 2.458, Qperm 2.458 L/d). Caracterización del agua residual empleada: (DQO<sub>T</sub> 330.66 mg/l, Turb 210.24 NTU, Conduct 1159.78 mS/cm, pH 7.7, RDO 0.51 mg/L, ST 1069.66 mg/L, STV 526.7593).

**Resultados y Discusión.** Los análisis físicos del agua tratada se muestran:

Variable	Unidad	Valores			
		NOM 001 ECOL 1996	Batch	Cont 1	Cont 2
Conductividad	mS/cm	1200	850.00	936.16	982.60
pH	N.A.	6.5 y 7.5	8.18	8.26	8.22
RDO	mg/L	150	6.73	6.55	6.67
Turbidez	NTU	3	1.91	2.08	1.55
DQO	mg/L	40	43.00	54.00	45.00
STD	mg/L	N.A	35.00	15.00	6.67
STDV	mg/L	N.A	20.00	0.00	0.00

Variables por encima de la norma y posibles causas: *Incremento de pH*: disminución de biomasa, aumento de RDO, disminución de PTM y disminución de temperatura; *aumento de DQO*: disminución de PTM y aumento de sólidos disueltos. Remoción de sólidos y aumento de DQO fueron altos, reportados en investigaciones de Churchouse (1999).

**Conclusiones.** El RBM de Fibra Hueca Sumergida es una alternativa viable y eficiente. Los parámetros físicos del agua residual doméstica tratada son apegados a los establecidos en Norma Oficial Mexicana NOM 001 ECOL 1996.

## Bibliografía

- Raquel Iglesias Esteban, Enrique Ortega Miguel, María Adela Martínez Tarifa. (2010). Avances en el diseño y la operación de los Biorreactores de membrana: La experiencia española. Ingeniería Civil 168/20120, pag. 11.
- Estadística Básica sobre el medio ambiente, 10 de abril 2013, boletín de prensa No. 123 / 13, pág. 2.
- Churchouse S. Wildgoose D (1999). Membrane bioreactors progress from the laboratory to full scale use, Memb Technology
- Norma Oficial Mexicana 001 ECOL 1996. <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-aguas-residuales>.

# Evaluación *In Vitro* de la Eficacia de Dos Compuestos Contra *Haemonchus Contortus* de Zona Semiárida del Sur de Sonora

Myrna Mireya Galindo Villa<sup>1\*</sup> Javier Arturo Munguía Xóchihua,<sup>1</sup> José Clemente Leyva Corona,<sup>1</sup> Lourdes Adriana Flores Rodríguez<sup>1</sup>, Javier Rolando Reyna Granados<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Depto. de Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de febrero 818 sur, Colonia Centro. CP 85000 Cd. Obregón, Sonora, México.

myrnitha\_villa@hotmail.com; javier.munguía@itson.edu.mx

**Introducción.** La caprinocultura es fuente de ingresos y alimentos para el productor, pero la alta incidencia de *Haemonchus contortus* y sus efectos patógenos ocasiona pérdidas económicas. Es necesario evaluar compuestos para el control de las poblaciones del nematodo (Alonso y col., 2011). El objetivo fue evaluar *in vitro* la eficacia de Levamisol e Ivermectina contra parásitos adultos de *Haemonchus contortus* de origen caprino de clima semiárido.

**Metodología.** Estudio prospectivo y longitudinal realizado en condiciones ambientales del laboratorio: temperatura 26°C y humedad 60%, en donde el Levamisol (LEV) fue diluido en PBS y la Ivermectina (IVER) con Tween-80, pH 7.2 (Kabore y col., 2009), evaluado a concentraciones de 0.0015625, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4 y 8 µg/mL<sup>-1</sup>, como control PBS, Tween-80 y agua destilada. Los nematodos hembras de *H. contortus* (HC) extraídos de abomaso de caprinos, se colocaron en cajas de petri (10 por caja con 5 repeticiones) conteniendo 10 mL del tratamiento compuesto y controles (Kabore y col., 2009). Las lecturas se realizaron después de aplicados los compuestos a: 0, 2, 4, 6, 7, 8, 9 y 10 h. Los parásitos muertos o inmóviles fueron confirmados en un tiempo de 5 a 6 s. El porcentaje de mortalidad fue calculado por tratamiento a diferentes horarios y analizados con la prueba de Pearson (PROC FREQ) con el programa SAS versión 9.2.

**Resultados y Discusión.** En el tratamiento IVER, se observa correlación altamente significativa entre la variable mortalidad y minutos ( $r= 0.94$ ;  $P<0.001$ ). Es decir, conforme se incrementó el número de muertos se requirió de mayor tiempo en minutos. Así mismo, conforme se incrementó la dosis disminuyó el número de vivos ( $r= -0.20$ ;  $P<0.05$ ), el tiempo requerido en matar los parásitos ( $r=-0.18$ ;  $P<0.05$ ) y aumentaron los muertos ( $r= 0.13$ ;  $P<0.05$ ). En el caso del LEV solo se encontró correlación negativa entre dosis y minutos ( $r= -0.57$ ;  $P<0.001$ ) y la proporción entre vivos y muertos ( $P<0.001$ ). En el caso del grupo testigo no hubo correlación entre variables ( $P>0.05$ ). El LEV es utilizado en pruebas *in vitro* como compuesto “oro” en la evaluación de compuestos de plantas, por su alta eficacia contra los estadios de *H. contortus* (Alonso y col., 2011), así como la IVER (Carvalho y col., 2012). Se infiere que la cepa de campo utilizada de *Haemonchus contortus* de origen caprino es sensible a LEV e IVER.

Cuadro 1. Análisis de correlación para los valores de número de parásitos muertos, vivos y minutos de exposición respecto a la dosis de desparasitante aplicado.

Tratamiento		Muertos	Vivos	Minutos
Ivermectina	Dosis	0.13*	-0.20*	-0.18*
	Muertos	-	-0.12 <sup>NS</sup>	0.94**
	Vivos	-0.12 <sup>NS</sup>	-	0.06 <sup>NS</sup>
Levamisol	Dosis	0.06 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>	-0.57**
	Muertos		-0.99**	0.02 <sup>NS</sup>
	Vivos	-0.99**		-0.02 <sup>NS</sup>
Testigo	Dosis	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>
	Muertos	-	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>
	Vivos	0 <sup>NS</sup>	-	0 <sup>NS</sup>

\*\* P<0.001, \* P<0.05 y NS (P>0.05).

**Conclusión.** Los compuestos LEV e IVER tienen 100% de eficacia *in vitro* contra *H. contortus*. Los dos compuestos pueden ser utilizados para el control de las poblaciones del nematodo para mejorar la productividad caprina del sur del estado de Sonora.

## Bibliografía

- Alonso, D.M.A., Torres, A.J.F.J., Sandoval, C.C.A., Hoste, H. (2011). Comparing the sensitivity of two *in vitro* assays to evaluate the anthelmintic activity of tropical tannin rich plant extracts against *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*. 181:360-363.
- Carvalho, C.O., Chagas, A.C.S., Cotinguiba, F., Furlan, M., Brito, L.G., Chaves, F.C.M., Stephan, M.P., Bizzo, H.R., Amarante, A.F.T. (2012). The anthelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongyloides venezuelensis*. *Veterinary Parasitology*. 183: 260-268.

Kabore, A., Belem, A.M.G., Tamboura, H.H., Traore, A. and Sawadogo, L. (2009). *In vitro* anthelmintic effect of two medicinal plants (*Anogeissus leiocapus* and *Daniellia oliveri*) on *Haemonchus contortus*, an abomasal nematode of sheep in Buekina Faso. African Journal of Bio. 8(18):4690-4695.

SAS, SAS/STAT. 2004. User's guide, software version 9.1.2. Cary, NC, SAS Institute Inc. USA

# Control de la Garrapata *Otobius Megnini* en Bovinos en Agostadero del Sur de Sonora

Javier Arturo Munguía Xóchihua<sup>1\*</sup>, Guadalupe Hurtado Espinoza<sup>1</sup>, José Clemente Leyva Corona<sup>1</sup>, Fernando Rivera Acuña<sup>1</sup>, Javier Rolando Reyna Granados<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de febrero 818 sur, Colonia Centro. CP 85000 Cd. Obregón, Sonora. México. javier.munguia@itson.edu.mx

**Introducción.** La garrapata blanda del oído *Otobius megnini* se localiza en los canales auditivos del ganado bovino, causa prurito y dolor que produce la picadura al succionar sangre, produce eritemas, vesículas y costras, pudiéndose formar pústulas en caso de contaminación bacteriana, ocasiona intranquilidad y estrés, lo que lleva a la pérdida de peso y reducción en el desempeño productivo (Nava y Guglielmone, 2009a). Para su control se han utilizado compuestos sistémicos en baño por inmersión y aspersión, los cuales han mostrado baja eficacia.

La aplicación local de compuestos puede ser una alternativa para el control del ectoparásito, por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar la eficacia de dos compuestos químicos de aplicación local para controlar la garrapata del oído *Otobius megnini* en bovinos en agostadero del sur de Sonora.

**Metodología.** El ensayo se realizó en un rancho de agostadero localizado en el Km 7 carretera Álamos-Masiaca. Se utilizaron bovinos con *O. megnini* con conteo estimado mínimo de 10 ejemplares, vacas en lactación con edad aproximada de 2 a 4 años y becerros de 3 a 6 meses de edad, con fenotipo Charolais. Se formaron tres grupos de ocho animales, distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos. 1). En aspersión dentro del canal auditivo el compuesto Fipronil 0.25% (FPRIL), manteniendo el frasco a una distancia de 10 a 20 cm. 2). Una combinación en polvo de Coumaphos 3%, Propoxur 2%, Prontalbin 5% (CPP) y, un grupo 3). Infectado sin tratamiento como testigo (INF). La administración de FPRIL y CPP se realizó una vez con dos aplicaciones por oído, verificando su aplicación profunda. Post aplicación se realizaron lecturas los días (d) 1, 4, 7 y 14, que consistió en conteo visual de garrapatas, así mismo después de ese tiempo se revisó cada 15 días durante dos meses para determinar el tiempo de reinfección y de extensión de la eficacia de los productos. *Análisis estadístico de la información.* Los valores de número de garrapatas (NG) (Distribución de Poisson) fueron normalizados (Log+0.5), previa evaluación de homogeneidad de varianzas (Barlett). Transformados se realizó análisis de varianza GLM (SAS, 2004). La comparación de medias fue por procedimiento LSMEANS (SAS, 2004).

**Resultados y discusión.** Al primer día el CPP y FPRIL la eficacia fue de 0% al observarse poblaciones de garrapatas en ambos grupos. Del día 4 a 45 días el CPP mostró 100% de eficacia. En el caso de FPRIL en los días 4 y 7 la eficacia fue de 48.43 y 11.15%, y al día 14 en adelante fue del 100%. Con una diferencia estadística entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

El grupo testigo mostró poblaciones de garrapatas al día 1 al 14 por no haber tratamiento. Como parte del manejo del hato y para no dejar animales positivos a *O. megnini* el día 14 se aplicó el CPP quedando negativos desde el segundo día y a los 30 y 45 días.

La eficacia del 100% de los dos compuestos está influenciada por la vía de administración, susceptibilidad al compuesto e inocuidad para el oído (Nava y Guglielmone, 2009a). El compuesto en polvo aplicado tiene 3 ingredientes activos Coumaphos 3% (organofosforado), Propoxur 2% (carbamato), Prontalbin 5% (cicatrizante, bactericida), por esto se explica la buena eficacia que se obtuvo en este estudio.

El programa de control contra *O. megnini* debe ser integral y constante con usos de compuestos químicos, limpieza y desinfección de instalaciones, revisión periódica de los animales y estar atento a los signos clínicos sugestivos de la presencia de la garrapata. (Niebuhr y col., 2014)

**Conclusión.** Los dos compuestos obtuvieron una eficacia del 100%, el compuesto CPP tuvo efecto más rápido que el FPRIL para el control de la garrapata *Otobius megnini* en bovinos, por lo cual en base al manejo y fin zootécnico que se realice se debe escoger el compuesto más adecuado a cada explotación o región.

## Bibliografía

Nava, S., Guglielmone, A.A. (2009a). Difficulties to control natural infestation with *Otobius megnini* (Acari: Argasidae) nymphs in cattle with systemic biocides. *Research in Veterinary Science*. 87:258-259.

Niebuhr, Ch. N., Mays, S.E., Breeden, J.B., Lambert, B.D. and Kattes, D.H. (2014). Efficacy of chemical repellents against *Otobius megnini* (Acari:Argasidae) and three species of ixodid ticks. *Exp. Appl. Acarol.* 64:99-107.

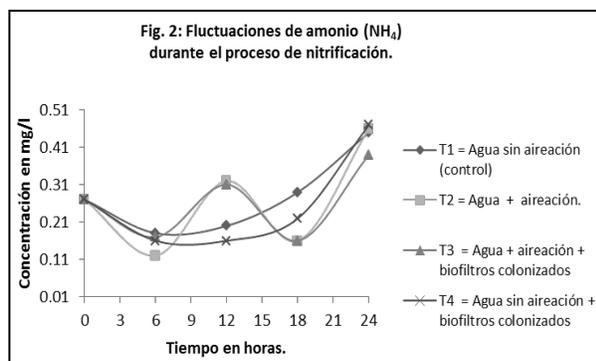
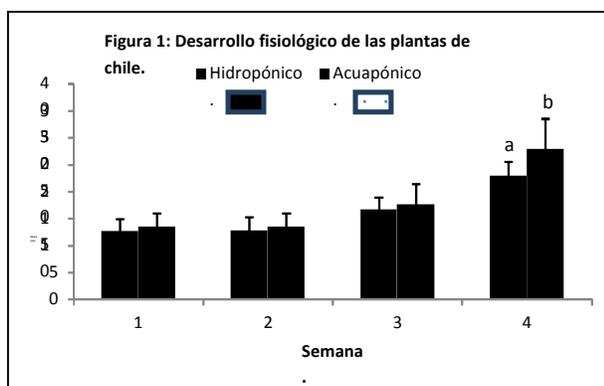
SAS, SAS/STAT. 2004. User's guide, software versión Cary, NC, SAS Institute Inc. USA.

# Estudio Comparativo Entre un Sistema de Acuaponía e Hidroponía Analizando las Principales Variables de Crecimiento en Hortalizas y la Fluctuación de los Compuestos Nitrogenados

José Israel González Bran<sup>1,2</sup>, Ramón Casillas Hernández\*<sup>1</sup>, Rosita de Lourdes Nogales Acuña<sup>1</sup> y Maritza Arellano Gil<sup>1</sup>.  
Instituto Tecnológico de Sonora; Laboratorio de Acuicultura. 5 de febrero 818 sur, (C.P. 85000) Cd. Obregón, Sonora, México<sup>1</sup>.  
Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente; Ingeniería en Ciencias Ambientales. 5 de febrero 818 sur, (C.P. 85000) Cd. Obregón, Sonora, México<sup>2</sup>.

\*Autor para correspondencia: ramon.casillas@itson.edu.mx

**Introducción.** La acuaponía es un sistema de producción de alimentos integrado por el cultivo de peces y plantas. La fuente de nutrientes en los sistemas de acuaponía proviene de los desechos metabólicos generados por los peces y el desperdicio del alimento (Rakocy, 1999). Los biofiltros son esenciales para transformar los compuestos nitrogenados en nitritos  $\text{NO}_2^-$  y nitratos  $\text{NO}_3^-$ , estos últimos considerados como asimilables para las plantas (Nelson, 2008).



**Metodología.** En un primer experimento se evaluó un sistema integrado de acuaponía; tilapia (*Oreochromis mossambicus*) y un cultivo vegetal de chile mini pepper (*Capsicum annum var*), utilizando como control un sistema hidropónico convencional con solución nutritiva Steiner (1984). En un segundo experimento se evaluó el proceso de nitrificación utilizando sustratos artificiales o “biofilm” provenientes de un biofiltro, bajo condiciones aeróbicas.

**Resultados y Discusión.** Los resultados del primer experimento muestran que al final de las cuatro semanas de cultivo el sistema de acuaponía generó significativamente ( $P > 0.05$ ) un mejor desarrollo fisiológico en las plantas de chile (Fig. 1); mayor crecimiento, número hojas, tamaño de raíz y clorofila, con relación al control. En el sistema acuícola se lograron producciones de tilapia de  $15.3 \text{ kg/m}^3$ . Los resultados del segundo experimento indican la oxidación del amoníaco y una reacción en secuencia de los nitratos, lo cual sugiere que la actividad bacteriana presente en el biofilm, redujo de manera importante las concentraciones de amonio (Figura 2).

**Conclusiones.** De acuerdo con los resultados el sistema integrado funciona de manera aceptable para la producción de peces y las etapas iniciales de desarrollo vegetativo, sin embargo se recomiendan nuevos experimentos para suplementar la nutrición vegetal con otros elementos para las etapas de floración y fructificación.

## Bibliografía

- Nelson R. L. (a) (2008). Aquaponic food production. raising fish and plants for food and profit. Montello. Nelson and Pade, Inc.  
Rakocy, J. (1999). The status of aquaponics, Part 1. Aquaculture Magazine 25 (4): pp. 83-88.  
Steiner, A. A. (1984). The Universal Nutrient Solution. 6 Int. Cong. Soilless Cult. pp. 633-649.

# **EXTENSOS**

# Nivel de Sostenibilidad de ciudad Obregón, Sonora, México, desde la Perspectiva de Estudiantes de Ciencias Ambientales del ITSON y Especialistas en las Áreas de la Sostenibilidad

Francisco Enrique Montaña Salas<sup>1</sup>, Cecilia Alejandra Jiménez Córdova<sup>2</sup>, Arturo Cervantes Beltrán<sup>3</sup>, María del Rosario Beltrán Leyva<sup>4</sup>, Oscar Ernesto Hernández Ponce<sup>5</sup>  
Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero no. 818 sur, Cd. Obregón, Sonora

Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente<sup>1</sup>. \*francisco.montano@itson.edu.mx; Ingeniera en Ciencias Ambientales. Egresada del Instituto Tecnológico de Sonora<sup>2</sup>; Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ingeniería Civil<sup>3</sup>; Coordinadora de la carrera de Ingeniería en Ciencias Ambientales. Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente<sup>4</sup>; Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Guaymas<sup>5</sup>.

## Resumen

Dada la importancia de mejorar las circunstancias de desarrollo de este mundo actual, se han implementado herramientas que permiten medir la sostenibilidad para definir la situación actual del lugar, que es la base para dar paso al mejoramiento o fortalecimiento de las debilidades y fortalezas del lugar en estudio. El objetivo del estudio consiste en identificar el nivel de sostenibilidad de Ciudad Obregón, Sonora, México, desde la perspectiva de los estudiantes de Ingeniería en Ciencias Ambientales del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y especialistas en las áreas de la sostenibilidad económica, social, ambiental e institucional. Se utilizó la metodología para el análisis estratégico participativo de desarrollo Local-Regional propuesta por Wong (2005). Se aplicó una encuesta conformada por las diferentes áreas de la sostenibilidad y a cada una se le integraron dos categorías de análisis y éstas a su vez contienen sus indicadores correspondientes. Los participantes en este estudio fueron 24 estudiantes de ingeniería en ciencias ambientales del ITSON, 40 especialistas académicos del ITSON y 41 especialistas externos al ITSON. El nivel de sostenibilidad se determinó a través del promedio de un total de 80 indicadores, en una escala que va de 0 a 2 (niveles inaceptables de desarrollo), de 2 a 4 (niveles intermedios de desarrollo) y de 4 a 6 (niveles aceptables de desarrollo); los niveles de sostenibilidad representan las condiciones de debilidad, intermedias y de fortaleza, respectivamente. Desde la perspectiva de los estudiantes de ingeniería en ciencias ambientales y especialistas en las áreas de la sostenibilidad, Ciudad Obregón tiene un nivel de sostenibilidad bajo al obtener una calificación de 3.32, el cual, representa condiciones intermedias de desarrollo. En forma particular, las áreas de la sostenibilidad económica, social, ambiental e institucional, poseen un nivel de sostenibilidad bajo porque las calificaciones fueron 3.74, 3.00, 3.39 y 3.18, respectivamente, e igualmente, en Ciudad Obregón, cada área de la sostenibilidad se encuentra en condiciones intermedias de desarrollo, sin embargo, las áreas social e institucional poseen las menores calificaciones y están muy próximas a las condiciones de debilidad de desarrollo.

**Palabras claves:** Sostenibilidad, Nivel de sostenibilidad, Áreas de la sostenibilidad, condiciones de desarrollo, Sonora, México

## Introducción

En los últimos años se han dado a conocer conceptos de renovación que se apoyan en mejorar las condiciones con que cuenta el entorno del ser humano, esto ha surgido a través de la detección de innumerables problemas generalizados desde una historia no muy lejana (década de los setentas), con mucho auge se ha analizado el daño ambiental que se ha generado, relacionándose también los aspectos de tipo social, jurídico, económico, político y cultural, esto dicho por Espinosa (2000).

Éste estudio se realizó en ciudad Obregón, Sonora, la cual, es la ciudad más grande del sur de Sonora y cuenta con características propias para ofrecer a sus habitantes buenas condiciones para vivir. Según INEGI (2010), la ciudad cuenta con una diversidad económica distribuida en el sector primario, secundario y terciario, que mantienen a 122,397 personas ocupadas en 13,892 establecimientos comerciales de diferentes tipos y tamaños. Sin embargo un 5.63 % de la población de ciudad Obregón no está ocupada y es un indicador de que la oferta de trabajo no es suficiente para todas las personas o no son considerados para un puesto. El 67% de la sociedad está conformada por personas jóvenes/adultas, que es una señal que la ciudad está ahora mismo en una época de crecimiento importante y

en su edad más productiva, esto directamente se refleja en la diversidad económica actual y el número de la población ocupada por las ofertas laborales que hay para esta población productiva. El sector educativo, a través de las instituciones privadas como públicas fomenta la capacitación para que sus habitantes en la productiva puedan participar en el desarrollo de la ciudad. El 48.49% de la población tiene estudios post-básicos y a pesar de que puede considerarse una cifra importante, ésta situación refleja la dificultad que tienen los jóvenes al acceso de educación superior pública y privada. Este fenómeno quizás se deba a que no se cuenta con los suficientes recursos económicos, a que no se ofrezcan licenciaturas o ingenierías de su interés o tengan que buscar algún trabajo para apoyar a la familia. En el panorama medio ambiental, el aprovechamiento del relieve y el suelo de la ciudad ha generado remuneraciones importantes que activan la economía urbana. Las altas temperaturas durante el verano, presentan desventajas para los inversionistas pero también es una ventana de oportunidad para las energías renovables apropiadas. Dentro de la ciudad existe el problema de escasas de áreas verdes (Angulo, 2004), de manejo inadecuado de los desechos generados por los talleres, la contaminación visual e indirectamente el mal estado de calidad del aire (Ayuntamiento de Cajeme, 2014) por las actividades primarias y secundarias por lo cual puede tener un efecto negativo en la población generando problemas de salud y discapacidades por faltas de medidas de seguridad adecuadas, que después puede repercutir en la actividad económica principalmente si la población no se encuentra atendida o no dispone de un servicio de salud dentro de los centros médicos.

Lo anterior, presenta las oportunidades para que ciudad Obregón, mejore sus condiciones económicas, sociales, ambientales e institucionales y la mejoría ante cualquier realidad no se realiza en ningún sitio sin el interés comunitario local. Con esta investigación se pretende identificar las condiciones de desarrollo de ciudad Obregón, Sonora a partir de los indicadores seleccionados por las categorías establecidas en las áreas de la sostenibilidad económica, social, ambiental e institucional.

### **Método**

En el estudio participaron 24 estudiantes del octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Ciencias Ambientales inscritos en el curso de desarrollo sostenible del ITSON, de los cuales, fueron 16 mujeres (66.7%) y 8 hombres (33.3%), 81 especialistas (mujeres y hombres) en las diferentes áreas de la sostenibilidad, de ellos, 40 son académicos del ITSON y 41 especialistas externos al ITSON, quienes desempeñan funciones relacionadas con cada una de las cuatro áreas de la sostenibilidad que se estudiaron (económica, social, ambiental e institucional).

Se utilizó la propuesta metodológica para el análisis estratégico participativo de desarrollo Local-Regional Wong (2005), la cual, establece que la participación de los diversos actores sociales es un eje central del desarrollo local y con la participación activa de los participantes se busca establecer una visión compartida de construcción colectiva de las comunidades y regiones. La encuesta fue adaptada a las condiciones de ciudad Obregón por los estudiantes y validada por especialistas académicos del ITSON. La encuesta está integrada por cuatro áreas de la sostenibilidad (Económica, Social, Ambiental e Institucional), dos categorías por cada área de la sostenibilidad y cada categoría está integrada por diferentes indicadores que permiten evaluar tanto las categorías como el área de la sostenibilidad correspondiente (Tabla 1).

La evaluación de los indicadores, categorías y áreas de la sostenibilidad, está regida por una escala que va del 0 al 6 e indica la presencia de los indicadores desde nulo o inexistente, hasta muy alto y el resultado se representa gráficamente en colores verde, amarillo y rojo, los cuales, manifiestan las condiciones de desarrollo de ciudad Obregón que pueden con niveles de desarrollo aceptables (condiciones de fortaleza), mínimos (condiciones intermedias) e inaceptables (condiciones de debilidad), la escala se presenta en la Figura 1.

El procedimiento se llevó a cabo en nueve fases, las cuales se presentan en el orden correspondientes: 1- Selección de los indicadores por parte de los estudiantes de Ingeniería en Ciencias Ambientales del ITSON, 2- Selección de los especialistas académicos del ITSON para realizar las pruebas de validez y confiabilidad del instrumento utilizado, 3- Análisis de los resultados de las pruebas de validez y confiabilidad del instrumento, 4- Construcción del instrumento retomando las recomendaciones de los especialistas que lo revisaron, 5- Seleccionar a los especialistas académicos del ITSON y especialistas externos al ITSON en las diferentes áreas de la sostenibilidad, 6- Aplicar el instrumento a los estudiantes y a los especialistas en las diferentes áreas de la sostenibilidad, 7- Capturar los datos en la hoja de cálculo Excel, 8- Obtener los resultados con sus gráficas respectivas y 9- Interpretar los resultados.

### **Resultados**

Los estudiantes y especialistas en las diferentes áreas de la sostenibilidad, desde su perspectiva indican que ciudad Obregón, Sonora posee un nivel de desarrollo bajo al obtener una calificación de 3.32 como se observa en la figura 2, y según la escala de valoración utilizada, este resultado representa condiciones intermedias de desarrollo. En la misma figura, se puede observar que el área de la sostenibilidad económica fue la de mayor calificación con 3.74, seguida del área ambiental con 3.39 y las áreas institucional y social son las de menor calificación con 3.18 y 3.00

respectivamente. Estos resultados muestran que a pesar de que existe un mayor desarrollo económico, este no se refleja en el bienestar social.

En la misma figura se observa que los estudiantes y los especialistas coinciden en que ciudad Obregón posee condiciones intermedias de desarrollo al manifestar calificaciones con poca diferencia ya que esta fueron 3.63, 3.14 y 3.19, es decir, a diferencia de los especialistas del ITSON como externos al ITSON, los estudiantes consideran que ciudad Obregón posee mejores condiciones de desarrollo y la diferencia se da en mayor proporción en el área social, donde se estudiaron las categorías “calidad de vida y recursos humanos” y “cohesión social, organización e identidad territorial” ya que los estudiantes le proporcionan una calificación promedio de 3.74 que corresponde a un nivel medio, mientras que los especialistas le dan una calificación de 2.61 y 2.66 que equivalen a un nivel bajo (Tabla 2), pero ambos resultados corresponden a condiciones intermedias de desarrollo.

En la tabla 2, se presentan los resultados de cada categoría y el porcentaje de indicadores que se encontraron en condiciones de desarrollo aceptables, intermedias y de debilidad, representados por los colores verde, amarillo y rojo. De acuerdo a la perspectiva de los estudiantes y especialistas, las categorías de las áreas de la sostenibilidad que obtuvieron mejores calificaciones son: en el área económica, la categoría “infraestructura, servicios y accesibilidad” con 3.81, en el área social, la categoría “calidad de vida y recursos humanos” con 3.15, en el área ambiental, la categoría “Medio ambiente y recursos naturales” “Organizaciones, normatividad y programas” obtuvieron calificación muy parecida con 3.36 y 3.33, respectivamente, y en el área institucional, la categoría “eficiencia operativa local” 3.33, estos resultados, según la escala de valoración, corresponden niveles mínimos de desarrollo.

## **Discusión**

Los resultados del estudio muestran situaciones interesantes e importantes acerca de las condiciones de desarrollo en las que se encuentra ciudad Obregón, Sonora.

En forma particular el área de la sostenibilidad económica de ciudad Obregón es el área de la sostenibilidad más fuerte que cuenta con todas las condiciones para seguir prosperando económicamente, ya que existen numerosas empresas de todos los tamaños, tanto locales como extranjeras que permitan a la ciudad el acceso a la globalización pero como indica Enríquez (2003), lo global no excluye a lo local, sino lo presupone y lo complementa y lo local no es ajeno a lo global, ni puede ignorarlo, es por esto que es importante apoyar a la economía local ya que si las condiciones locales son fuertes, el desarrollo prevalecerá junto con las relaciones económicas con el mundo exterior.

Las condiciones sociales en ciudad Obregón necesitan más atención que ningún otro ámbito. La situación social percibida por los participantes en el estudio es preocupante al conocer que ciudad Obregón, Sonora posee niveles mínimos de desarrollo, esto coincide con lo que la literatura reporta por el Economista (2012), y es confirmada por la OCDE, aseguran que la desigualdad social en México es la segunda más alta de las economías que integran el organismo, sólo detrás de la observada en Chile, a pesar de que el índice de desarrollo humano del país es .775 según la UNDP (2012) y el estar por arriba del índice de desarrollo humano global que es de .694, no significa que las condiciones sociales son buenas en la ciudad y en México, ya que existen 50 millones de personas en la pobreza de diferentes tipos, solo que se compensa con la situación de los habitantes que son extremadamente ricos. Como lo afirma Gorostiaga (2001), así se oculta el abismo creciente entre los que tienen y los que no tienen, los que saben y no saben, los que logran oportunidades y los que son excluidos de ellas. Por este motivo, es difícil para los diferentes actores sociales de ciudad Obregón ponerse de acuerdo en las decisiones para llevar a cabo acciones que mejoren las condiciones sociales de los habitantes de esta ciudad, pero la participación ciudadana es indispensable para lograr un desarrollo social más equitativo e incluyente, esto lo confirma Sepúlveda (2001), quién señala que son las relaciones de cooperación entre actores sociales, las que determinan, en buena medida, el grado de acceso a las diversas formas del poder político regional y local importantes para el desarrollo.

En ciudad Obregón la situación ambiental mostró niveles mínimos de desarrollo, lo que indica que hay un notable esfuerzo para que dentro de la ciudad se desarrolle una conciencia medio ambiental. Pese que hay un interés para proteger los recursos naturales existe una necesidad enorme de áreas verdes, la OMS recomienda un estándar de 9 m<sup>2</sup>/habitante como mínimo, y en Ciudad Obregón, según Angulo (2004), el promedio por habitante es de 5.10 m<sup>2</sup>/habitante, el cual, está muy por debajo del estándar internacional, indicando un déficit y hace ver que falta mucho que hacer en este aspecto por todos los beneficios que proporciona la vegetación. Dasgupta, 2004 y 2007, (citado por Randal, 2013), señala que una fuerte sostenibilidad implica llevar a la próxima generación la misma cantidad de capital natural, con aumentos de capital humano a través del tiempo, lo cual, es de tomarse en cuenta, porque en las condiciones actuales en cuanto a lo ambiental, en ciudad Obregón se tendrán fuertes problemas para lograr mejorar el bienestar de sus habitantes.

En el área institucional de ciudad Obregón se observa de forma general que es la segunda área más débil con 3.18. La percepción general que se tiene por parte de la sociedad misma acerca de la transparencia y democracia en la toma de

decisiones, afecta en reacción dominó a la transparencia en la administración de recursos y eso se puede deber a la desconfianza que el pueblo tiene del gobierno local, estatal, y federal, que causa un efecto opuesto al de una democracia justa que viabiliza la reorientación del camino del desarrollo y, por lo tanto, reasigna los recursos hacia diferentes actividades y grupos sociales. Lo anterior tiene relación con Sepúlveda (2001), quién señala que una buena reasignación de los recursos mejoraría entonces la existencia de un plan estratégico municipal-local con carácter participativo que levantaría la situación social de la ciudad, mismo autor expresa que para que el país avance con paso firme principalmente es necesario fortalecer las políticas y hacerlas valer, esto llevaría a la sociedad a un acercamiento hacia su gobierno y con una nueva perspectiva optimista.

Ante lo discutido anteriormente se observa la necesidad de mejorar el nivel de sostenibilidad en general y en particular en las áreas económica, social, ambiental e institucional, para esto, es necesario tomar en cuenta lo que recomienda Enríquez (2003), cuando señala que desde este momento, todo proyecto se construya con la participación de los diversos actores sociales y fuerzas sociales para que exista una amistad en la toma de decisiones en los factores económicos, territoriales, ambientales, políticos, éticos, sociales y culturales y mantener presente que el desarrollo local es pieza fundamental de todo desarrollo nacional.

### **Conclusión**

La necesidad de la supervivencia y bienestar de los habitantes de ciudad Obregón depende directamente o indirectamente de los recursos naturales y de acuerdo con la EPA (2014), La sostenibilidad crea y mantiene las condiciones en que los seres humanos y la naturaleza puedan existir en armonía productiva, que permitan el cumplimiento de los requisitos sociales, económicos y de otra índole de las generaciones presentes y futuras. Las autoridades tienen un gran reto adelante pero la mejora de las condiciones también es responsabilidad de sus ciudadanos, por lo tanto, se puede concluir que según la perspectiva de los estudiantes y especialistas, ciudad Obregón, necesita mejorar las condiciones económicas, ambientales, pero sobre todo las sociales e institucionales para que sus habitantes mejoren sus condiciones de bienestar social.

### **Agradecimientos**

A todos los estudiantes, profesores-investigadores del ITSON y a las personas externas al ITSON que participaron en esta investigación ya que con su apoyo fue posible lograr el objetivo de este estudio.

### **Bibliografía**

- Angulo, H.C. (2004). Las Áreas Verdes de Ciudad Obregón Evaluación y Recomendaciones, Tesis de La Universidad Autónoma de Sinaloa e Instituto Tecnológico de Cajeme, pp 95.
- Ayuntamiento de Cajeme (2014). Departamento de Ecología Municipal. El Economista (2012). Sólo en México, 52 millones de pobres Vs 11 millonarios, Consultado el 20 de Marzo de 2014, a las 11:42 am, de <http://eleconomista.com.mx/inventario/2012/03/08/solo-mexico-52-millones-pobres-vs-11-millonarios>.
- EPA (2014). What is Sustainability, Consultado el 20 de Marzo del 2014, a las 6:20 pm, de <http://www.epa.gov/sustainability/basicinfo.htm>
- Espinosa, O. M. (2000). *Ciudad Arquelógica*, Consultado el 22 de noviembre de 2010, de [http://www.naya.org.ar/congreso2000/ponencias/Oscar\\_Mauricio\\_Espinosa.htm](http://www.naya.org.ar/congreso2000/ponencias/Oscar_Mauricio_Espinosa.htm)
- Enríquez V. A. (2003). *Desarrollo local: hacia una nueva forma de desarrollo nacional y centroamericano*. Realidad, Revista de Ciencias Sociales y Humanidades (93). pp. 377-379. Consultado el 9 de Abril de 2014, a las 10:30 am, de <http://www.repo.funde.org/807/1/REALIDAD-93-AEV.pdf>
- Gorostiaga, S.J. (2001). La Civilización de la Copa de Champagne, La construcción de las utopías desde la cultura y la educación, Esquema Metodológico y Proyecto Educativo. pp 3.
- Gutiérrez, E. M. C. (2010). Nivel de Sostenibilidad de la Cabecera Municipal de Bácum, Sonora”, pp. 9-10
- INEGI, (2010), Censo de población y vivienda 2010, Consultado el 29 de Noviembre de 2013, a las 1:45, de [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est)
- Randal, D., G. (2013). Appraising Weak and Strong Sustainability: Searching for a Middle Ground. University of Reading, Berkshire, United Kingdom. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, Vol. 10, Iss. 1 (2013), Pp. 111 – 124
- Sepúlveda, S. (2001). *Desarrollo Sostenible Microregional: Métodos para Planificación Local*. San José, Costa Rica: CDT, Consultado el 24 de Diciembre del 2013, a las 6:30 pm, de <http://www.iica.int/Esp/Programas/Territorios/Publicaciones%20Desarrollo%20Rural/DS%20MICROREGIONAL.pdf>, pp. 45-54, 60-62
- UNDP (2012). Human Development Index and its Components, Consultado el 20 de Marzo de 2014, a las 3:32 pm, de <https://data.undp.org/dataset/Table-1-Human-Development-Index-and-its-components/wxub-qc5k>
- Wong, G. P. (2005). Propuesta Metodológica para el Análisis Estratégico Participativo de Desarrollo Local-Regional, Documento Base II, Editorial Centro de Investigación Alimentaria y Desarrollo A.C., Fundación del Empresariado Sonorense, A.C., Fundación Interamericana (I-AF), Hermosillo, Sonora, México.

<b>Tabla 1. Instrumento utilizado para el Análisis Estratégico Participativo de Desarrollo Local de ciudad Obregón, Sonora.</b>						
<b>Área de la sostenibilidad económica, Categorías y Indicadores</b>						
<b>Áreas de desarrollo, Categorías e Indicadores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b><i>A. Desarrollo Económico Sostenible</i></b>						
<b><i>A.1. Estructura económica, agentes e innovación</i></b>						
A.1.1. Evolución reciente de la economía local						
A.1.2. Acciones de reconversión y diversificación productiva						
A.1.3. Presencia activa de pequeñas y medianas empresas (PyMES)						
A.1.4. Existencia de programas de apoyo a las PyMES						
A.1.5. Espíritu innovador, Actitud, cultura emprendedora y proactiva de la comunidad						
A.1.6. Asociatividad y cooperación empresarial						
A.1.7. Difusión y transferencia de nuevas tecnologías						
A.1.8. Condición del ambiente laboral y de negocios						
A.1.9. Aprovechamiento de los recursos locales (humanos, etc.)						
A.1.10. Aprovechamiento estratégico de recursos exógenos						
A.1.11. Generación de empleos bien remunerados						
A.1.12. Existencia de fuentes de financiamiento accesibles						
A.1.13. Existencia de empresas locales con calidad de exportación						
A.1.14. Ubicación de empresas extranjeras						
A.1.15. Visión económica de largo plazo						
<b><i>A.2. Infraestructura, servicios y accesibilidad</i></b>						
A.2.1. Accesibilidad en el contexto regional						
A.2.2. Infraestructura de comunicaciones y transporte						
A.2.3. Infraestructura y equipamiento industrial						
A.2.4. Infraestructura agropecuaria						
A.2.5. Disponibilidad de espacio físico para actividades económicas						
A.2.6. Existencia de sistemas y centros de información						
A.2.7. Existencia de centros de investigación e instituciones de educación superior						
A.2.8. Existencia de unidades de capacitación para el desarrollo						
A.2.9. Servicios especializados a la producción						
A.2.10. Nivel de atractividad del lugar (inversiones, turismo, etc.)						
A.2.11. Imagen desde el exterior						
<b><i>B. Desarrollo Social Equitativo</i></b>						
<b><i>B.1. Calidad de vida y recursos humanos</i></b>						
B.1.1. Cobertura de equipamiento y servicios públicos						
B.1.2. Calidad de equipamiento de servicios públicos						
B.1.3. Servicio de transporte urbano						
B.1.4. Seguridad pública						
B.1.5. Condición de bienestar (calidad de vida)						
B.1.6. Combate a la pobreza y marginación						

**Tabla 1. Instrumento utilizado para el Análisis Estratégico Participativo de Desarrollo Local de ciudad Obregón, Sonora.**

<b>Área de la sostenibilidad económica, Categorías y Indicadores</b>						
<b>Áreas de desarrollo, Categorías e Indicadores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
B.1.7. Calidad y oferta educativa						
B.1.8. Disponibilidad de recursos humanos calificados						
B.1.9. Habilidad para retener recursos humanos calificados						
B.1.10. Infraestructura para personas con discapacidad						
B.1.11. Ambiente cultural y recreativo						
<b>B.2. Cohesión social, organización e identidad territorial</b>						
B.2.1. Actitud pro-activa hacia el desarrollo						
B.2.2. Arraigo de la cultura e identidad local						
B.2.3. Grado de participación social en el proceso de desarrollo						
B.2.4. Condición de consenso entre actores sociales						
B.2.5. Condición de cooperación entre actores sociales						
B.2.6. Condición de inclusión social (etnias, género, etc.)						
B.2.7. Grado de organización de la comunidad (Forma general)						
B.2.8. Existencia de liderazgo local capaz de convocar y movilizar a los actores sociales en torno al proceso de desarrollo						
B.2.9. Respeto e impulso del patrimonio histórico y cultural						
B.2.10. Grado de vinculación entre centros de investigación, universidades, sector productivo y agencias gubernamentales						
<b>C. Desarrollo Ambiental Sustentable</b>						
<b>C.1. Medio ambiente y recursos naturales</b>						
C.1.1. Estado del medio ambiente general						
C.1.2. Grado de educación ambiental						
C.1.3. Aprovechamiento y gestión adecuada de recursos naturales						
C.1.4. Existencia de áreas ecológicas protegidas						
C.1.5. Estado de la contaminación						
C.1.6. Disponibilidad de agua para el desarrollo de largo plazo (5 años)						
C.1.7. Cultura y cuidado del agua						
C.1.8. Existencia de áreas verdes en la comunidad						
C.1.9. Inclusión de criterios ambientales a la producción (armonía entre actividades productivas y medio ambiente)						
<b>C.2. Organizaciones, normatividad y programas</b>						
C.2.1. Existencia/contribución de organizaciones sociales en pro del medio ambiente						
C.2.2. Existencia de grupos de investigación sobre desarrollo sustentable						
C.2.3. Existencia de infraestructura ambiental (plantas de tratamiento de agua; disposición de desechos, Programa de reciclaje para manejo de desechos sólidos , etc.)						
C.2.4. Aplicación de la normatividad ambiental						
C.2.5. Implementación de programas de ordenamiento ecológico-territorial						
<b>D. Desarrollo Institucional Eficiente y Participativo</b>						
<b>D.1. Eficiencia Operativa Local</b>						
D.1.1. Grado de coordinación intra e interinstitucional						
D.1.2. Grado de autonomía programática y financiera						

<b>Tabla 1. Instrumento utilizado para el Análisis Estratégico Participativo de Desarrollo Local de ciudad Obregón, Sonora.</b>						
<b>Área de la sostenibilidad económica, Categorías y Indicadores</b>						
<b>Áreas de desarrollo, Categorías e Indicadores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
D.1.3. Descentralización de la estructura institucional						
D.1.4. Calidad en la provisión de servicios públicos						
D.1.5. Transparencia y democracia en la toma de decisiones						
D.1.6. Seguimiento y evaluación de programas y proyectos						
D.1.7. Transparencia en la administración de recursos						
D.1.8. Eficiencia en la provisión de servicios públicos						
D.1.9. Grado de profesionalización de servidores públicos						
D.1.10. Grado de modernización y tecnificación administrativa						
D.1.11. Simplificación en la regulación y trámites para el desarrollo (simplificación administrativa)						
<b>D.2. Institucionalización y Planeación estratégica</b>						
D.2.1. Existencia de instancias de inclusión y participación social						
D.2.2. Proyectos y programas implementados propuestos por la comunidad						
D.2.3. Promoción y fomento del desarrollo local						
D.2.4. Existencia de instancias para la cooperación público-privada						
D.2.5. Conformación de fondos regionales de inversión con la aportación de los diversos agentes económicos y de gobierno						
D.2.6. Existencia de un plan estratégico municipal-local con carácter participativo						
D.2.7. Existencia de un Grupo de Gestión de Desarrollo Local						
D.2.8. Existencia de una Agencia para el Desarrollo Local						

Escala		Resultado	
Significado			
1	Nulo/ inexistente	Niveles Inaceptables de Desarrollo (Condiciones de debilidad)	Red
2	Muy bajo		
3	Bajo	Niveles Mínimos de Desarrollo (Condiciones intermedias)	Yellow
4	Medio/ mínimo aceptable		
5	Alto	Niveles Aceptables de Desarrollo (Condiciones de fortaleza)	Green
6	Muy alto		

Fuente: Gutiérrez, 2010  
 Figura 1. Escala valorativa y sus niveles de desarrollo.



Figura 2. Nivel de sostenibilidad de ciudad Obregón, Sonora, México, a partir de los resultados promedio obtenidos en cada tipo de participante en las diferentes áreas de la sostenibilidad.

<b>Tabla 2. Niveles de desarrollo de las áreas de la sostenibilidad y sus categorías, en ciudad Obregón, Sonora</b>				
<b>Nivel de sostenibilidad económica</b>				
<b>Categoría “Estructura económica, agentes e innovación”</b>				
	<b>Estudiantes</b>	<b>Especialistas ITSON</b>	<b>Especialistas externos al ITSON</b>	<b>Promedio de los participantes</b>
<b>Calificación</b>	<b>3.59</b>	<b>3.56</b>	<b>3.74</b>	<b>3.63</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo (Condiciones de fortaleza)	26.67%	20%	26.67%	13.33%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	73.33%	80%	73.33%	86.67%
<b>Categoría “infraestructura, servicios y accesibilidad”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.82</b>	<b>3.70</b>	<b>3.91</b>	<b>3.81</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo-Condiciones de fortaleza	54.55%	27.27%	45.45%	27.27%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	45.45%	72.73%	54.55%	72.72%
<b>Nivel de sostenibilidad social</b>				
<b>Categoría “Calidad de vida y recursos humanos”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.80</b>	<b>2.74</b>	<b>2.90</b>	<b>3.15</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo-Condiciones de fortaleza	45.45%	0%	0%	0%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo-Condiciones intermedias	54.55%	90.91%	100%	100%
% de indicadores con nivel inaceptable de desarrollo (Condiciones débiles)	0%	9.09%	0%	0%
<b>Categoría “Cohesión social, organización e identidad territorial”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.68</b>	<b>2.47</b>	<b>2.41</b>	<b>2.85</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo (Condiciones de fortaleza)	40%	0%	0%	0%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	60%	100%	70%	100%
% de indicadores con nivel inaceptable de desarrollo (Condiciones débiles)	0%	0%	30%	0%
<b>Nivel de sostenibilidad ambiental</b>				
<b>Categoría “Medio ambiente y recursos naturales”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.41</b>	<b>3.48</b>	<b>3.18</b>	<b>3.36</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo (Condiciones de fortaleza)	11.11%	0%	0%	0%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	88.89%	100%	100%	100%
<b>Categoría “Organizaciones, normatividad y programas”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.72</b>	<b>2.98</b>	<b>3.30</b>	<b>3.33</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo (Condiciones de fortaleza)	60%	0%	0%	20%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	40%	100%	100%	80%
<b>Nivel de sostenibilidad Institucional</b>				
<b>Categoría “eficiencia operativa local”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.56</b>	<b>3.27</b>	<b>3.15</b>	<b>3.33</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo (Condiciones de fortaleza)	18.18%	0%	0%	0%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	81.82%	100%	90.91%	100%
Niveles inaceptable de desarrollo (Condiciones débiles)	0%	0%	9.09%	0%
<b>Categoría “institucionalización y planeación estratégica”</b>				
<b>Calificación</b>	<b>3.33</b>	<b>2.86</b>	<b>2.89</b>	<b>3.03</b>
% de indicadores con nivel aceptable de desarrollo (Condiciones de fortaleza)	0%	0%	0%	0%
% de indicadores con nivel intermedio de desarrollo (Condiciones intermedias)	100%	100%	100%	100%

# Nivel de Alfabetización Ambiental, del Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora (Cobach), Plantel Obregón II

Israel Morales Martínez<sup>1</sup>, Francisco Enrique Montaña Salas\*<sup>2</sup>, Arturo Cervantes Beltrán<sup>3</sup>, Flor de María Miranda Pablos<sup>4</sup>, María del Rosario Beltrán Leyva<sup>5</sup>  
Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero no. 818 sur, Cd. Obregón, Sonora

Ingeniero en Ciencias Ambientales. Egresado del Instituto Tecnológico de Sonora<sup>1</sup>.  
Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente<sup>2</sup>.  
\*francisco.montano@itson.edu.mx

Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ingeniería Civil<sup>3</sup>.  
Flor de María Miranda Pablos. Maestra auxiliar del Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Educación<sup>4</sup>.  
Coordinadora de la carrera de Ingeniería en Ciencias Ambientales. Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente<sup>5</sup>.

## RESUMEN

Ante la problemática ambiental que se vive en la actualidad en el mundo, es importante que las instituciones educativas en todos sus niveles cuenten con un plan de educación ambiental o incorporen en sus programas educativos temas relacionados con el medio ambiente que permitan formar individuos sensibilizados ambientalmente. El objetivo de la presente investigación es determinar el nivel de alfabetización ambiental (NAA) y el grado de relación entre sus componentes (actitud, comportamiento y conocimiento) del Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora, México, plantel Obregón II (COBACH) en ciudad Obregón, Sonora. Se utilizó un instrumento diseñado por el centro de educación ambiental en Wisconsin, E.U.A. El estudio se realizó en el periodo del mes de Octubre de 2012 al mes de Mayo de 2013; el instrumento se aplicó a 265 estudiantes (30% de la población estudiantil), 22 administrativos (100%) y 20 docentes (100%). La captura de los datos se realizó en Excel y se utilizó el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) V.17. La escala de valoración que se utilizó para determinar el NAA es la siguiente: de 90 a 100 es Excelente (A), 80 a 89, es Muy aceptable (B), de 70 a 79 es Aceptable (C), de 60 a 69 es Inaceptable (D) y menos de 59 es bajo (E); la escala expresa el porcentaje de respuestas adecuadas y se complementa con la letra correspondiente al nivel de alfabetización obtenido. Los resultados muestran que los estudiantes obtuvieron el 53.19 % de las respuestas adecuadas y corresponde a un NAA bajo (E); los administrativos obtuvieron el 65.45% de las respuestas adecuadas, lo cual, indica que su NAA es inaceptable (D), los docentes obtuvieron el 72.55% de las respuestas adecuadas, lo que corresponde a un NAA Aceptable (C). Para obtener el NAA del plantel, se integraron las tres categorías antes mencionadas y el resultado muestra que el COBACH obtuvo en promedio el 63.39% de las respuestas adecuadas y equivalentes a un NAA inaceptable (E). La correlación entre los componentes ambientales de la alfabetización ambiental fue débil, ya que entre conocimiento y actitud se obtuvo  $r = 0.114$ , entre actitud y conducta es de  $r = 0.188$  y entre conocimientos y comportamiento es de  $r = -0.083$ , lo que significa una relación casi inexistente entre los tres componentes ambientales. Por los resultados obtenidos en los estudiantes, administrativos, docentes en particular y en el COBACH en general, se concluye que es necesario establecer estrategias que conlleven a una mayor sensibilización ambiental.

## Introducción

La alfabetización ambiental en el mundo es un área que se empieza a estudiar por investigadores y académicos, tal vez, se debe al interés de las personas por tratar de comprender en que se está fallando en la sociedad en educación ambiental Figueroa (2002). La preocupación por el medio ambiente de acuerdo con Pardo (1996), y el creciente aumento de los problemas medioambientales constituyen en la actualidad uno de los focos de atención principales por parte de instituciones políticas gubernamentales, sociales, científicas y, sobre todo, de la población general. La crisis medioambiental, como fenómeno mundial a la que actualmente nos enfrentamos, está estimulando la búsqueda de soluciones eficaces en la mayoría de las ciencias así como en la política mundial. Roth (1992), define alfabetización ambiental como: el conocimiento de un individuo y actitudes hacia el medio ambiente y los problemas de los mismos, habilidades y motivaciones para trabajar hacia la resolución de problemas ambientales, la participación activa en el trabajo para el mantenimiento del equilibrio dinámico entre la calidad de vida y la calidad del medio ambiente y el entendimiento de que los seres humanos son en realidad una parte de la naturaleza. La alfabetización ambiental es

fundamental para la comprensión del rol que tiene o debe de tener el ser humano con el medio ambiente, comprender la práctica social, en su pensamiento, comportamiento y visión del medio ambiente.

Capra (1999), menciona que la alfabetización ambiental es un método de enseñanza que fomenta la comprensión de los recursos naturales y de la lectura y escritura basado en los sistemas de desarrollo sostenible y la experiencia directa.

Orr (1992), destaca que el propósito de la alfabetización ecológica es el desarrollo de la capacidad de percibir las conexiones presentes en la trama de la vida, didácticamente manifiestas en las relaciones ecológicas presentes. De acuerdo con Orr (1992) y Capra (1999), quienes presentan la misma idea y congruencia, una condición esencial para la alfabetización ecológica es la necesidad de la experiencia directa con la naturaleza; oportunidad que se articula con una tendencia de la educación ambiental: la ‘Educación en el medio ambiente’ Lucas (1980-1981), también conocida como educación al aire libre (*outdoor education*), que implica una estrategia pedagógica donde se procura aprender a través del contacto con la naturaleza Layrargues (2002). En la misma dirección de Orr (1992) y Capra (1999) —resaltan que frente a la visión fragmentada de la realidad y a fin de que el ser humano pueda adquirir su completa humanidad, es necesario recuperar —empíricamente y en lo cotidiano— las conexiones de la trama de la vida.

En relación con las características que debe de tener una persona alfabetizada Orr (1992), menciona que una persona ecológicamente alfabetizada debe:

- ✓ Comprender las relaciones establecidas entre las necesidades humanas y la naturaleza sobre bases sustentables.
- ✓ Saber identificar las señales vitales del planeta y de sus ecosistemas.
- ✓ Posee el sentido estético de encantarse con el mundo natural y con la trama de la vida.
- ✓ Posee el sentimiento de biofilia descrito por Wilson, 1984.

### **Objetivo**

Determinar el nivel de alfabetización ambiental y el grado de relación entre los componentes ambientales, en los administrativos, docentes y estudiantes del COBACH, plantel II de Cd. Obregón, Sonora, México, mediante la encuesta diseñada en el Centro de Educación Ambiental en Wisconsin (WCEE), E.U.A.

### **Metodología**

El estudio se realizó durante el periodo comprendido del mes de Octubre de 2012 al mes de Mayo de 2013, en el Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora (COBACH), Plantel Obregón II, el cual, se encuentra ubicado en el fraccionamiento Villafontana al sur de Ciudad Obregón, Sonora.

### **Participantes**

En total, se contó con la participación de 265 estudiantes que estaban cursando el bachillerato en el ciclo lectivo Agosto-Diciembre de 2012 (143 matutino y 123 vespertino), los cuales, representan el 30% de la población estudiantil. Para el caso de los administrativos se contó con la participación de 22 personas que trabajan en dicha institución, en los docentes se contó con la participación de 20 personas, lo cual representa el 95.23% del personal docente.

### **Instrumento**

El instrumento que se utilizó en esta investigación, para determinar el nivel de alfabetización ambiental, es una encuesta diseñada por expertos en medición y evaluación del Centro de Educación Ambiental en Wisconsin (WCEE) de los Estados Unidos de América (EUA). Este instrumento se ha utilizado en estudios realizados en diferentes escuelas o universidades, como por ejemplo en el año 2000 en la universidad de Florida, EUA Courtney determinó el NAA en estudiantes de diversas especialidades, el estudio realizado por Montaña y Cervantes en el año 2009 con estudiantes y personal de ITSON, en el año 2010 los mismos autores realizaron un estudio similar con estudiantes de preparatorias incorporadas al ITSON, Gutiérrez en el año 2011 realizó un estudio con estudiantes de Ingeniería en Ciencias Ambientales del ITSON y el de Rios en el año 2012 en estudiantes de bachillerato, entre otros. La estructura de la encuesta contiene un apartado donde se solicita información general de las participantes (fecha de la aplicación de la encuesta, semestre, edad, género, colonia o comunidad, turno, estado, municipio, tipo de asentamiento, lugar de procedencia, grado de estudio), y tiene tres secciones con 15 ítem cada una y se identifican como A, B y C, donde la primera mide actitudes ambientales, la segunda mide comportamiento ambiental y la tercera conocimiento general desde el punto de vista ecológico y de la problemática ambiental. En cada sección de la encuesta se le asigna un valor de 0 (cero) para las respuestas no adecuadas y un valor de 4 (cuatro) para las respuestas adecuadas, lo que permite obtener una puntuación de 60 como máximo por sección y con la suma de las tres secciones se obtendrán 180 (ciento ochenta) puntos como máximo. Posteriormente se obtiene la media del total de las encuestas aplicadas y con ese resultado se obtiene el NAA por componente ambiental y en forma general, mediante una regla de tres simple.

La escala de valoración que se utilizó para determinar el NAA es la siguiente: de 90 a 100 es Excelente (A), 80 a 89, es Muy aceptable (B), de 70 a 79 es Aceptable (C), de 60 a 69 es Inaceptable (D) y menos de 59 es bajo (E); la escala expresa el porcentaje de respuestas adecuadas y se complementa con la letra correspondiente al nivel de alfabetización obtenido

En la sección A de actitud ambiental, se emplea la escala de Likert: 1) Fuertemente de acuerdo, 2) De acuerdo, 3) Sin opinión, 4) Desacuerdo y 5) Fuertemente en desacuerdo. En la sección B de comportamiento ambiental, también se utiliza la escala de Likert con las siguientes opciones: 1) Siempre, 2) Casi siempre, 3) Algunas veces, 4) Casi nunca y 5) Nunca. La sección C, de conocimientos, las preguntas son de opción múltiple con 4 posibles respuestas.

#### ***Procedimiento***

Las encuestas se aplicaron en el las instalaciones del COBACH. Una vez aplicadas las encuestas se prosiguió a la captura de los datos en una hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel, en donde se capturó la información general de los docentes-administrativos y estudiantes encuestados, así como las respuestas que cada participante seleccionó en cada una de las secciones (A, B y C). Posteriormente, a cada respuesta, se le asignó el valor de 0 (cero) para las respuestas no adecuadas y un valor de 4 a las respuestas adecuadas de acuerdo a lo descrito anteriormente. Para obtener los resultados y gráficas se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 17.0. Se obtuvo el NAA por componente ambiental y en forma general.

#### ***Variables***

En este apartado se especifican las variables de estudio seleccionadas:

- ✓ Nivel de alfabetización ambiental
- ✓ Relación entre los componentes ambientales (actitud, comportamiento y conocimiento).

### **Resultados y Discusión**

#### ***Nivel de alfabetización ambiental***

##### ***Estudiantes***

Al integrar los tres componentes de la alfabetización ambiental (actitud, comportamiento y conocimiento) arrojados por todos los estudiantes encuestados del COBACH, se obtuvo una media de 95.75 que equivale 53.19% de respuestas adecuadas y corresponde a un NAA bajo (E).

Estos resultados concuerdan con estudios similares realizados por Courtney (2002), en estudiantes de la Universidad de Florida y por Márquez y col. (2011), en alumnos de Educación Media Superior en el estado Campeche, en el que los estudiantes obtuvieron un nivel de alfabetización ambiental bajo (nivel E); también concuerdan con los resultados presentados por Ríos (2012), de acuerdo con el estudio presentado por Montaña y Cervantes (2010), a estudiantes de preparatorias incorporadas al ITSON un nivel de alfabetización ambiental bajo (nivel E). En Finlandia Tikka y col., (2000), también encontró esta situación, lo que parece indicar que los estudiantes en general tienen una escasa cultura ambiental.

##### ***Administrativos***

El nivel de alfabetización ambiental de los administrativos al integrar las tres secciones (actitud, comportamiento y conocimiento) se obtuvo una media de 117.82 que equivales al 64.45% de las respuestas adecuadas, por lo tanto, su NAA es Inaceptable (D).

Estos resultados no concuerdan con estudios realizados por Montaña y col. (2009), donde se obtuvo un resultado de aceptable (C) con un 45.67 (76.11%).

##### ***Docentes***

Al integrar los tres componentes de la alfabetización ambiental (actitud, conducta y conocimiento), los docentes obtuvieron una media de 130.60, correspondiente al 72.55% de las respuestas adecuadas, y su NAA es aceptable (C).

#### ***Nivel de Alfabetización Ambiental por componente ambiental***

##### ***Estudiantes***

En la sección A (actitud) se obtuvo una media de 40.63 (67.71 % de respuestas adecuadas), y de acuerdo a la escala de clasificación utilizada corresponde al nivel "D" inaceptable por estar entre 60-69,

De acuerdo con Puertas y col. (2008), el resultado de actitud ambiental se utiliza como índice de preocupación o conciencia ambiental, por lo que se puede afirmar que el grado de preocupación, conciencia o actitud por el ambiente en los estudiantes del COBACH es inaceptable (D). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado en Navojoa por Ríos (2012), ubicándose también en un nivel (D), por el contrario, en el estudio realizado por Montaña y col. (2010), en estudiantes de preparatorias incorporadas al ITSON quienes presentan un nivel de actitud ambiental bajo (nivel E), aunque muy próximo al nivel inaceptable.

En otro estudio realizado por, Courtney (2002), en su investigación con estudiantes de la Universidad de Florida, de los Estados Unidos Americanos, mostró un resultado del componente actitud un nivel aceptable (C), aunque apenas

superan el nivel inaceptable. Así mismo, existen otros estudios cuyos resultados para esta variable están en este nivel (C), como los realizados por; Montaña y col. (2009), en alumnos de diferentes carreras del (ITSON), quienes obtuvieron un resultado de 77.9 %; en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Ambientales del ITSON cuya puntuación fue muy similar obteniendo 77.93 % y Márquez y col. (2011), en su investigación en estudiantes de Bachillerato de Campeche, con una media de 47.0 que equivale a un 78.3%, quienes también están en un nivel aceptable (C).

En la sección B (conducta o comportamiento), se obtuvo una media de 33.34 (55.56%), por lo tanto, los resultados nos indican que los estudiantes cuentan con un nivel de alfabetización ambiental (E), correspondiente a un nivel bajo.

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Ríos (2012), en estudiantes de bachillerato en Navojoa (en el estado de Sonora, México), Courtney (2000), en estudiantes universitarios en Florida, Tikka (2000) en un estudio realizado en Finlandia, Montaña y col. (2010) en preparatorias incorporadas al ITSON, Sosa y col. (2010), en estudiantes de la Universidad Autónoma de Campeche y Márquez, (2011) en estudiantes de bachillerato en Campeche, quienes reportaron estar en el nivel E para el componente ambiental comportamiento. En otro estudio realizado (Montaña y col. (2009) quienes obtuvieron un resultado del 70% en conducta en estudiantes de diversas carreras del ITSON, situándose en un nivel aceptable (C), pero en el nivel inferior del rango de la escala que es de 70 a 70, es decir también estuvieron muy próximos al nivel inaceptable (E).

La sección C (conocimiento), se presentó una media de 21.78 (36.3%). Este resultado manifiesta que los estudiantes del COBACH se encuentran en un nivel (E), lo cual representa un nivel bajo.

En sus investigaciones para el componente conocimiento, Montaña y col. (2010), Sosa y col. (2010), Márquez (2011), Ríos (2012), obtuvieron resultados similares a este estudio, reportando valores de 39.25%, 58%, 43.3% y 47.40% respectivamente, situándose todos en el nivel bajo (E). Por otra parte, Tikka, (2000), Courtney (2002), obtuvieron calificaciones de 60%, 65.5%, situándose en un nivel (D), inaceptable, para el componente conocimiento. Por otra parte, Montaña y col. (2009), en su investigación, obtuvieron un 75.4% en esta variable, lo cual lo coloca en un nivel (C) que corresponde a un nivel de alfabetización ambiental aceptable.

### ***Administrativos***

Para esta categoría de los administrativos también se contó con las mismas secciones que el apartado anterior, iniciando con la sección A (actitud) donde se obtuvo una media 49.64 (82.73 % de respuestas adecuadas), que es equivalente al NAA Muy aceptable (B). De acuerdo con Alea (2005), quien menciona a la actitud ambiental como una “Estructura psicológica derivada del aprendizaje y la experiencia, que se conforma como una predisposición individual que ejerce una influencia dinámica sobre la conducta del individuo ante el medio ambiente y las problemáticas que presenta el mismo”, por lo que se puede afirmar que los administrativos del COBACH presentan una conciencia o actitud ambiental muy aceptable (B). Estos resultados son diferentes a los que arrojó el estudio de Montaña y col. (2009), donde se obtuvo un NAA aceptable (C) con un 45.67 (76.11%). Pero lo interesante de estos resultados es que los administrativos como personal del COBACH manifiestan un mayor actitud ambiental dentro de un nivel medio superior, mientras que el personal del ITSON manifiesta en ese componente ambiental, un nivel menos (C) a pesar de pertenecer a un nivel superior de educación como es la universidad.

Para la sección B (conducta o comportamiento), se obtuvo una media de 38.73 (64.55% de respuestas adecuadas), por lo cual, los resultados nos indican que los administrativos cuentan con un NAA bajo (E).

Estos resultados son diferentes con los estudios realizados por Montaña y col. (2009) en la comunidad laboral de la universidad, presentó una media de 48.59 (80.98%) lo que representa un nivel muy aceptable (B). En la sección C (conocimiento), se presentó una media de 29.45 (36.3%). Este resultado hace referencia que los administrativos del COBACH se encuentran en un nivel (E), lo cual representa un nivel bajo.

Estos resultados son similares con los estudios realizados por Montaña y col. (2009) con la comunidad laboral de la universidad, presentando una media de 38.88 (64.8%) lo que representa un NAA bajo (E), al igual que los administrativos del COBACH.

### ***Docentes***

Para la categoría de los docentes se obtuvo una media de 53 (88.33 % de respuestas adecuadas), que corresponden a un NAA Muy aceptable (B).

Según Febles (2001), menciona que las actitudes ambientales deben definirse como “una predisposición del pensamiento humano a actuar a favor o en contra del entorno social, teniendo como base las vivencias, los conocimientos y valores del individuo con respecto a su entorno; estas no solo se proyectan en una dirección determinada, también tienen un nivel de intensidad (fuerte o débil)”, por lo que se puede afirmar que los docentes del COBACH presentan una conciencia o actitud ambiental muy aceptable (B). En comparación con los resultados del estudio realizado en ITSON por Montaña y col. (2009), se reporta un NAA aceptable (C) con una media de 45.67

(76.11% de respuestas adecuadas). Para la sección B (conducta o comportamiento), se obtuvo una media de 40.4 (67.33% de respuestas adecuadas), por lo cual, los resultados indican que los docentes cuentan con un NAA inaceptable (D).

Estos resultados son diferentes con el estudio realizado por Montaña y col. (2009), la comunidad laboral de la universidad, presentó una media de 48.59 (80.98% de respuestas adecuadas), lo que representa un NAA muy aceptable (B). En la sección C (conocimiento), se obtuvo una media de 37.2 (62% de respuestas adecuadas). Este resultado hace referencia que los docentes del COBACH se encuentran en un NAA inaceptable (D).

Estos resultados son similares con lo obtenido por Montaña y col. (2009), en la comunidad laboral del ITSON, donde se obtuvo una media de 38.88 (64.8% de respuestas adecuada) lo que representa un NAA bajo (D).

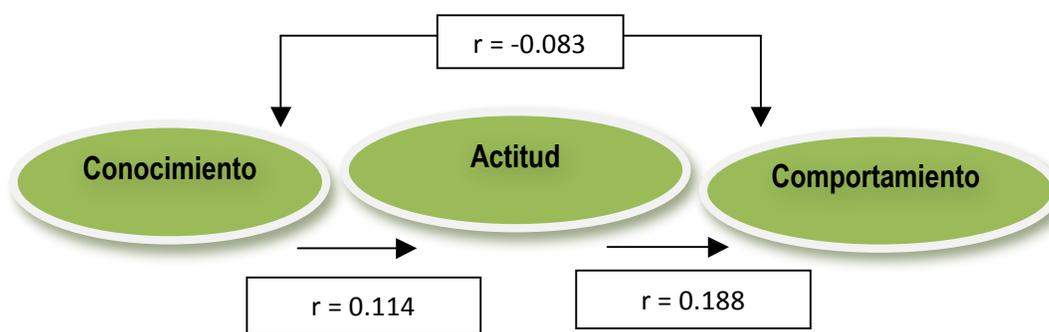
En la Tabla 1 se muestran los resultados integrando las categorías y los componentes, así como, también la general del COBACH.

### **Análisis de correlación entre los componentes ambientales**

#### **Estudiantes**

El concepto de relación o *correlación* entre dos variables se refiere al grado de parecido o variación conjunta existente entre las mismas. Una relación lineal *positiva* entre dos variables X e Y significa que los valores de las dos variables varían de forma parecida: los sujetos que puntúan alto en X tienden a puntuar alto en Y y los que puntúan bajo en X tienden a puntuar bajo en Y. Una relación lineal *negativa* significa que los valores de ambas variables varían justamente el revés. El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la asociación lineal entre dos variables. Los valores del coeficiente de correlación van de -1 a +1. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación y su valor absoluto indica la fuerza. Los valores mayores indican que la relación es más estrecha. De esta manera, Un valor de -1 indica una relación lineal o línea recta positiva perfecta y una correlación próxima a cero indica que no hay relación lineal entre las dos variables (<http://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>).

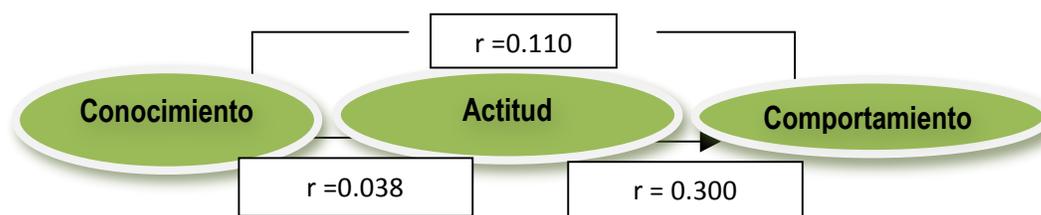
De acuerdo al análisis de correlación de Pearson, la relación entre *conocimiento-actitud* fue de  $r = -0.114$ ; lo cual, representa una relación negativa muy débil. En cuanto a la relación *actitud-comportamiento* se obtuvo una  $r = 0.188$  lo que significa que existe una relación positiva débil. La relación *conocimiento-comportamiento* fue  $r = 0.083$ , indicando también una relación positiva débil. Los resultados anteriores se pueden apreciar en la Figura 1.



**Figura 1. Relación entre los componentes ambientales de los estudiantes.**

#### **Administrativos**

En la categoría de los administrativos del COBACH, también se realizó el análisis de correlación de Pearson entre los componentes, la relación entre *conocimiento-actitud* fue de  $r = 0.038$ ; lo cual representa una relación positiva débil. En cuanto a la relación *actitud-comportamiento* se obtuvo una  $r = 0.300$  lo que significa que existe una relación positiva débil. La relación *conocimiento-comportamiento* fue  $r = 0.110$ , indicando también una relación positiva débil. Los resultados anteriores se pueden apreciar en la Figura 2.



**Figura 2. Relación entre los componentes ambientales de los administrativos.**

### Docentes

En la categoría de los docentes del COBACH, también se realizó el análisis de correlación de Pearson entre los componentes, la relación entre *conocimiento-actitud* fue de  $r = -0.261$ ; lo cual representa una relación negativa muy débil. En cuanto a la relación *actitud-comportamiento* se obtuvo una  $r = 0.038$  lo que significa que existe una relación positiva débil. La relación *conocimiento-comportamiento* fue  $r = -0.056$ , indicando también una relación negativa muy débil. Los resultados anteriores se pueden apreciar en la Figura 3.

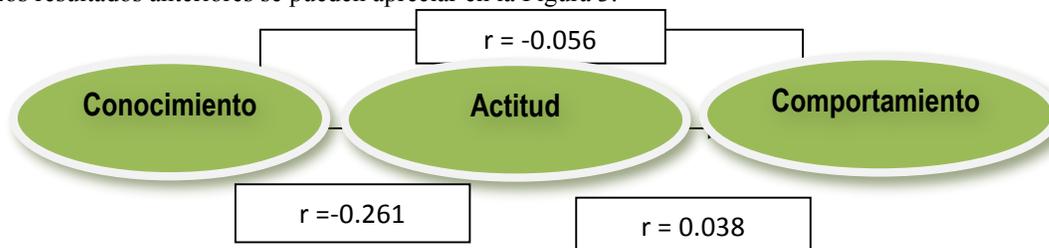


Figura 4. Relación entre los componentes ambientales de los docentes.

Tabla 1. Resultados integrados de los componentes ambiental de las tres categorías y a nivel plantel educativo.

Categorías	Indicadores	Actitud	Comportamiento	Conocimiento
Estudiantes	Media	40.63	33.34	21.74
	Porcentaje* NAA**	(67.71%) Inaceptable (D)	(55.56%) Bajo (E)	(36.3%) Bajo (E)
Administrativos	Media	49.64	38.73	29.45
	Porcentaje* NAA**	(82.73%) Muy aceptable (B)	(64.55%) Inaceptable (D)	(49.08%) Bajo (E)
Docentes	Media	53	40.4	37.2
	Porcentaje* NAA**	(88.33%) Muy aceptable (B)	(67.33%) Inaceptable (D)	(62%) Inaceptable (D)
COBACH	Media	47.75	37.49	29.46
	Porcentaje* NAA**	(79.59%) Aceptable (C)	(62.48%) Inaceptable (D)	(49.12%) Bajo (E)

\*Porcentaje de respuestas adecuadas \*\*Nivel de Alfabetización Ambiental

### CONCLUSIONES

Con la realización de este estudio se determinó el nivel de alfabetización ambiental de los estudiantes, administrativos y docentes de bachillerato del Colegio de Bachilleres del Estados de Sonora (COBACH) plantel obregón II, así como el grado de relación entre los componentes ambientales (actitud, comportamiento y conocimiento). El nivel de alfabetización ambiental obtenido por los estudiantes, administrativos y docentes de bachillerato fue bajo, inaceptable y aceptable respectivamente. En cuanto a los componentes ambientales, se encontró que la mejor calificación fue obtenida en el componente actitud, en comparación con las secciones conducta y conocimiento, sin embargo, en el componente actitud los resultados fueron satisfactorios para las categorías de administrativos y docentes, ninguno de los componentes comportamiento y conocimiento los resultados fueron satisfactorios.

En lo referente a las correlaciones entre los componentes ambientales todas las relaciones resultaron ser débiles en forma positiva o negativa.

### Bibliografía

- Alea G. A. (2005). Introducción a la Psicología Ambiental.
- Capra, F. (1999). Ecoliteracy: the challenge for education in the next century. Liverpool Schumacher Lectures. Center for Ecoliteracy. Berkeley, California. 10 p
- Courtney, N. (2002). An analysis of the correlations between the Attitude, Behavior, and knowledge, components of Environmental Literacy in undergraduate university students. (pp. 5-94). University of Florida. U.S.A.

- Febles, M., (2001). Bases para una Psicología Ambiental en Cuba. Facultad de Psicología. Universidad de La Habana.
- Figuroa, A. (2002). Alfabetización Ambiental como piedra de toque para la Conservación. Academia Nacional de Educación Ambiental. Disponible en <http://anea.org.mx>. Consultado en 08/09/2012 a 17:30
- Gutiérrez, C. M. J., (2011). Nivel de alfabetización ambiental en estudiantes de Ingeniería en Ciencias Ambientales del Instituto Tecnológico, de Sonora, México. Tesis de licenciatura.
- Layrargues P. P. (2002) determinismo biológico: el desafío de la alfabetización ecológica en la concepción de Fritjof Capra. *Tópicos en Educación Ambiental* 4 (11), 7-18 (2002). Disponible en <http://anea.org.mx/Topicos/T%2011/Paginas%2007%20-%2018.pdf>, Consultado en 30/09/2012 a 16:55
- Lucas, A.M. (1980-81) "The role of science education in the education for the environment", en *Journal of Environmental Education*, 12 (2), pp. 32-37.
- Márquez I., R., Salavarría, O., Eastmond, A. A., M. Arteaga, M, A. (2011). La cultura ambiental en estudiantes de secundaria. Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel de la escuela secundaria en Campeche. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* , 13 (2). Consultado el 03 de marzo de 2012. Disponible en: <http://redie.uabc.mx/vol13no2/content-isaacmarquezetal.html>. Consultado en 23/02/2013 a 18:15
- Montaño S., F. E. y Cervantes B., A. (2009) Informe de Actividades del Plan Ambiental Institucional. Instituto Tecnológico de Sonora, Informe técnico. (p. 14). México.
- Montaño S., F. E. y Cervantes B. A. (2010) Alfabetización Ambiental en preparatorias incorporadas al Instituto Tecnológico de Sonora. ITSON, Informe técnico. (p. 5). México.
- Orr, D.W. (1992) *Ecological Literacy: education and the transition to a postmodern world*. Albany, State University of New York Press.
- Pardo, M. (1996). Sociología y medio ambiente: hacia un nuevo paradigma relacional en Política y Sociedad. *Revista Internacional de Sociología, Revista Internacional de Sociología (RIS)*, n° 19-20: (pp. 33-49).
- Puertas V. S. y Aguilar L. M. C. (2008). Departamento de Psicología. Universidad de Jaén. Disponible en: <http://www4.ujaen.es/~spuertas/Private/Tema%209.pdf>. Consultado el 30/09/2012 a 21:25
- Ríos, I, L, Z, (2012) "Nivel de Alfabetización en Estudiantes de Bachillerato en Navojoa, Sonora". Mexico. P. 68, Tesis de maestría.
- Roth, C. E. (1992). *Environmental Literacy: It roots, Evolution and Directions in the 1990s*. 1992. Washington, D.C. Disponible en: <http://eelink.net/etap/info19.pdf> Consultado el 15/10/2012 a 20:30
- Sosa, S., Isaac-Márquez, R; Eastmond, A; Ayala, ME; Arteaga, MA. (2010). Educación superior y cultura ambiental en el sureste de México. *Universidad y Ciencia*, Abril-Sin mes, 33-49.
- Tikka, P. M., Kuitunen, M. T. y Tynys S. M. (2000). Effects of educational background on students' attitudes, activity levels and knowledge concerning the environment. *The Journal of Environmental Education*, 31(3), 12-19

# Contaminación Ambiental del Agua de las Cuencas de la Bahía de Acapulco, Guerrero, México

Juan José Dimas Mojarro<sup>1</sup>, Nancy Dalia Garza.Moreno<sup>2</sup>, Mario Treviño y Díaz Barriga<sup>2</sup>, Eugenio Castro Salgado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Académica de Turismo Acapulco. Universidad Autónoma de Guerrero, Maestría en Ciencias: Gestión Sustentable del Turismo: mención Ciencias Ambientales. Calle Papatla S/N, tel.4457938, Col. Alta Progreso, Acapulco, Gro.[juan\\_dimas\\_m@yahoo.com.mx](mailto:juan_dimas_m@yahoo.com.mx)<sup>1</sup>.

<sup>2</sup>Unidad Académica de Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero. Gran vía tropical No. 20 tel. 4-83-27-80, Fraccionamiento las Playas Acapulco, Gro. [garza\\_moreno@hotmail.com](mailto:garza_moreno@hotmail.com)<sup>2</sup>

## Resumen:

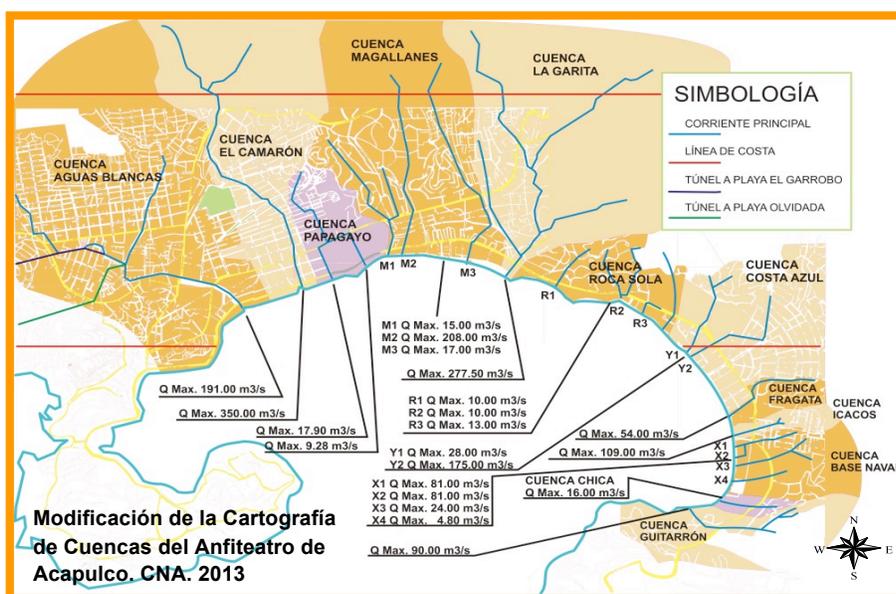
Se seleccionaron tres cuencas de las 12 presentes en la bahía de Acapulco, con base a un estudio exploratorio (macroscópico y microscópico) sobre el grado de contaminación con residuos sólidos, grasas y aceites, malezas y detergentes (la que se consideró como macroscópico), para ello se consideró una escala arbitraria como parámetro para medir la contaminación. Se revisó un análisis documental sobre los reportes epidemiológicos de 100 casos diferentes del tipo de enfermedades presentes y que estaban relacionadas con el uso del agua contaminada en los módulos del SSA de las colonias que circundan a las tres cuencas en estudio, y de ahí relacionar el historial de salud de los habitantes de las zonas de estudio con la contaminación de las cuencas. Se utilizó como apoyo la cartografía existente (CNA, INEGI, CAPAMA, Protección Civil y SSA) para la elaboración de mapas señalando las áreas de influencia de las cuencas y los puntos de referencia en donde se encontró repercusión en la salud. Se aplicaron 290 encuestas. De los estudios Parasitario, Bacteriológico y Micológico se obtuvo lo siguiente: Mayor incidencia de **parásitos** en las tres cuencas (Aguas Blancas, Río del Camarón y Base Naval), tanto en la parte alta, media y baja. Se ratifica que sigue habiendo aguas residuales domésticas y aguas putrefactas de drenaje en los cauces pluviales, que ayudan a la proliferación de los microorganismos antes mencionados, en su hábitat de aguas contaminadas. Se demuestra la relación que hay entre el uso del agua contaminada, (para lavar ropa, trastes, carros, bañarse y consumo humano) y la presencia de enfermedades, en el encuestado, y se refuerza con los resultados de la familia y vecinos. Los resultados también sugieren que es urgente la atención a las condiciones ambientales de las cuencas y de todos los espacios contaminados porque está en juego la salud de la población, ya que es común que los planes de desarrollo de una ciudad no estén ligados a estudios hidrológicos que lo orienten para evitar zonas de contaminación. Esta investigación arroja más soporte sobre las condiciones ambientales que afectan a los seres vivos, en este caso su salud; y que la supervivencia de nuestra especie depende de la del ambiente

**Introducción.** La contaminación ambiental es cuando existe la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar de la Población. Actualmente el crecimiento de las ciudades es permanente y cada vez existen nuevos asentamientos humanos que convierten amplias zonas de terreno en estado natural en nuevas zonas habitadas, lo cual provoca un cambio en el comportamiento de los escurrimientos pluviales por acumulación de basura y descargas clandestinas en las cuencas donde se asientan (Jiménez, 2005).

La contaminación del agua puede comprometer el desarrollo de la sociedad y ha llegado a ser un tema importante por las consecuencias económicas y ambientales que genera (Marín y col., 2007). Se entiende por contaminación del agua a la alteración de la calidad natural de la misma, debido a la acción humana o de la naturaleza, que la hace total o parcialmente inutilizable para su aplicación. Los agentes contaminantes involucrados en la contaminación del agua son sales nitratos, materia orgánica, compuestos tóxicos, metales pesados, microorganismos, patógenos, elementos radiactivos y otros (Sabás y col., 2007). Por otro lado la erosión del suelo (Brito y col., 2007) y la problemática de los residuos sólidos en los cauces (Juárez y col., 2007), ocasionan que la calidad del agua de los escurrimientos disminuya. Para cuidar este recurso natural es primordial tener la información acerca de la calidad, relacionada con la presencia de los diferentes componentes químicos y microbiológicos, independientemente de su origen y de la posibilidad de utilización de la misma. Para ello debe evaluarse la presencia de elementos o sustancias en concentraciones no deseables, tales que puedan afectar la salud o el bienestar del hombre, o ser una amenaza para la

naturaleza, así como puedan modificar las características físicas, químicas, microbiológicas y la inutilización de este recurso para un uso doméstico (Martínez y col., 2007). El municipio de Acapulco, en el estado de Guerrero, es el que tiene mayor porcentaje de población que cuenta con servicios de salud (39.51%). El 76.06% es atendida por el IMSS (con ligero retroceso en comparación con la década de los 90, en que cubría el 79.1%), el ISSSTE atiende al 20.60% y los servicios de salud que ofrecen PEMEX, la Defensa y la Marina cubren el 3.90%. La dispersión geográfica y los pocos habitantes de las comunidades rurales dificultan la creación de centros de salud; de igual manera los recursos destinados a este rubro son insuficientes para cubrir las necesidades de equipamiento y material de la demanda actual. Los recortes presupuestales de la Federación para la salud, no ayudan al equilibrio social en estados pobres como Guerrero. El resultado final es del 57.61% de la población sin derechohabencia en los servicios de salud (Universidad Anahuac, Octubre 2005). Dada la necesidad de cuidar este recurso natural, así como de abatir los problemas de salud asociados al agua, es importante realizar estudios en las localidades que así lo requieran, los cuales utilicen como base para proponer e implementar planes de manejo que permitan el uso sustentable de este recurso. Tal es el caso del municipio de Acapulco, estado de Guerrero, y concretamente en el cauce Aguas Blancas, del cual se utiliza el agua para diversas necesidades de tipo doméstico tales como el lavado de ropa, riego en áreas propias de su casa, en actividades recreativas, principalmente de los niños en incluso, para el consumo humano directo. El régimen hidrológico del cauce es considerado pluvial, es decir, que arrastra agua que proviene de las lluvias y las aguas residuales domésticas. Estas aguas finalmente desembocan en el mar, al nivel de la Playa, afectando a la bahía de Santa Lucia (Acapulco). El incremento de la concentración de los diversos contaminantes representa un peligro latente para la población y el ambiente. Por lo anterior, siendo los municipios los actores responsables de la administración pública de los centros de población, a cuyo cargo queda la prestación de los servicios públicos básicos, De ahí la importancia de este trabajo resulta necesario un estudio que permita dar propuestas a las autoridades del gobierno para que atiendan los problemas ambientales de su jurisdicción y se mejoren las principales capacidades de gestión en materia ambiental, para realizar acciones para prevenir, disminuir o revertir los efectos contaminantes del crecimiento urbano. Es común que los planes de desarrollo de una ciudad no estén ligados a estudios hidrológicos que los orienten para evitar zonas de contaminación (Hernández, 2001; Jiménez, 2006); por lo que es necesario realizar más investigaciones al respecto, y el presente trabajo puede contribuir como alerta para prevenir o mitigar los problemas que pueden presentarse en cuanto a impacto en el ambiente y la salud de la población Acapulqueña.

**Hipótesis.** La contaminación bacteriológica, parasitaria y micológica de las cuencas pluviales afecta la salud de la población que vive en sus márgenes. **Objetivo General:** Relacionar el grado de contaminación microbiológica de las cuencas pluviales y su repercusión en la salud de la sociedad que vive alrededor. **Objetivos particulares:** a).- Identificar mediante estudios bacteriológicos, parasitario y micológico, el grado de contaminación de las aguas de las cuencas de la bahía de Santa Lucia. b).- Relacionar las enfermedades presentes en los habitantes de las colonias populares que viven alrededor de las cuencas pluviales, con los agentes que contaminan las aguas. **METODOLOGÍA. Área de Estudio:** Esta investigación se llevó a cabo en las siguientes cuencas del Municipio de



Acapulco (ver figura 1), Cuenca Aguas Blancas, Cuenca Río del Camarón y Cuenca Base Naval.

Figura 1. La bahía de Acapulco contempla 12 cuencas pluviales con variabilidad en sus escurrimientos.

a).- Se seleccionaron tres cuencas de las 12 presentes en la bahía de Acapulco, con base a un estudio exploratorio (macroscópico y microscópico) sobre el grado de contaminación con residuos sólidos, grasas y aceites, malezas y detergentes (la que se consideró como macroscópico), para ello se consideró una escala arbitraria como parámetro para medir la contaminación en: +++++ Muy abundante, ++++ Abundante, +++ Regular, ++ Escasa, + Muy escasa, - No hay.

b).- Por otro lado, se consideró la misma escala, para el estudio microbiológico (microscópico), para determinar la cantidad de protozoarios (amibas), hongos (*Cándida albicans*), y para la determinación de Coliformes se realizó tomando en consideración el valor normal del NMP/1000 mL. (tolerable) de la NOM-113-SSA-1994. En las cuencas seleccionadas, se tomaron muestras de agua de los cauces para ver la calidad a través de un análisis bacteriológico, parasitario y micológico, para cada una de ellas, con base a la Norma 113-SSA1-1994. c).- Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Bohr y en el laboratorio CNA, en el puerto de Acapulco. Se interpretaron los resultados microbiológicos obtenidos, mediante los estándares establecidos, pruebas bioquímicas y claves taxonómicas de referencia. d).- Se revisó un análisis documental sobre los reportes epidemiológicos de 100 casos diferentes del tipo de enfermedades presentes y que estaban relacionadas con el uso del agua contaminada en los módulos del SSA., de las colonias que circundan a las tres cuencas en estudio, y de ahí relacionar el historial de salud de los habitantes de las zonas de estudio con la contaminación de las cuencas. e).- Se utilizó como apoyo la cartografía existente (H. Ayuntamiento, CNA, INEGI, Protección Civil y SSA) para la elaboración de mapas señalando las áreas de influencia de las cuencas y los puntos de referencia en donde se encontró repercusión en la salud. f). Se aplicaron encuestas. g). Se elaboró encuestas, con una serie de preguntas: 1) Qué tan a menudo utilizaban agua de barrancas, ríos y arroyos alrededor de su hogar para lavar ropa, trastes, carros, bañarse y para consumo humano. 2) Cuántas veces se habían enfermado (el encuestado, su familia y vecinos) durante el año 2013-2014). a).- Se aplicó un estudio piloto de 20 encuestas para verificar las posibles respuestas de los encuestados. b).- Se aplicó la encuesta total a 270 habitantes de tres cuencas de Acapulco: Aguas Blancas, Río del Camarón y la Base Naval. Se aplicaron 90 encuestas por cuenca, cubriendo la parte alta, media y baja de las mismas, con la finalidad de conocer la salud. c).- Con las respuestas a las diversas preguntas se construyó una escala de uso de agua contaminada a través del método Alfa de Cronbach. d).- El uso del agua contaminada constituye la variable independiente. e).- Al mismo tiempo, se les preguntó con qué frecuencia se habían enfermado de dolor de cabeza, dolor de estómago, enfermedades de la piel, parásitos, diarrea, temperatura, vómito y náuseas. f) La frecuencia con que se enfermaban constituye la variable dependiente. h). Se realizó el análisis estadístico de los resultados, utilizando el paquete estadístico SPSS Versión 2010. I) La prueba estadística que se utilizó es la Chi cuadrada, la cual dice que la relación entre frecuencia del uso del agua contaminada y de las enfermedades antes mencionadas del encuestado es significativa. II) La medida de asociación que se utilizó es la “d” de Somers, para saber qué tan fuerte o sólida es la asociación entre más cercano esté a 1.0 indica la relación perfecta, y entre más cercana al 0, indica ausencia de relación.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN: 1. Estudios microbiológicos de las cuencas. 2. Selección de las cuencas.** Son 12 cuencas de la bahía de Acapulco, a las cuales se les determinó el grado de contaminación que consistió de dos etapas, la primera fue la inspección visual (macroscópica) de los residuos sólidos y otros agentes contaminantes (Cuadro 1), y la segunda, fue la inspección microscópica (Cuadro 2) de un muestreo de las aguas en la parte alta, media y baja de cada una de ellas, para determinar la contaminación del agua de escorrentía de cada una de las cuencas, por bacterias, hongos y parásitos.

**Cuadro 1. Resultados de la Inspección visual de las cuencas pluviales que desembocan en la bahía de Acapulco.**

CUENCA	RESIDUOS SÓLIDOS(BASURA)	MALEZA	DETERGENTES	ACEITE Y DIESEL
Aguas Blancas	+++++	++	++++	+++++
Río del Camarón	++++	+++++	++++	+++
Papagayo	+++	+++	++	+++
Magallanes	++++	++	++++	++
Garita	++	++	+++	++
Roca Sola	+++	+++	+++	++
Costa Azul	+++	+++	+++	+
Fragata	++	++	+++	+
Icos	++	+++	++	-
Base Naval	+	+	-	-
Cuenca Chica	++	++	-	-
Guitarrón	++++	+++	+	-

**Muy abundante (++++), abundante (+++), regular (++), escasa (+), muy escasa (+), no hay presencia (-)**

**Cuadro 2. Microorganismos encontrados en las 12 cuencas pluviales de la bahía de Acapulco.**

CUENCA	Protozoarios (Amibas)	Hongos <i>Cándida albicans</i>	Coliformes totales NMP/100mL	Coliformes fecales NMP/100mL
Aguas Blancas	+++++	+++++	<b>3,100</b>	<b>410</b>
Río del Camarón	+++++	++++	<b>1,800</b>	<b>280</b>
Papagayo	+++	+++	700	180
Magallanes	++++	+	1,350	200
Garita	+++	+++	1200	150
Roca Sola	+++	+++	1,000	125
Costa Azul	+++	+++	1,590	220
Fragata	++	++	1,600	200
Iacos	++	+++	1,100	250
Base Naval	+	+	<b>400</b>	<b>120</b>
Cuenca Chica	++	++	1.400	210
Guitarrón	++	++	1,550	250

**Muy abundante (+++++), abundante (++++), regular (+++), escasa (++), muy escasa (+), no hay presencia (-)**

De estos estudios, resultó que la cuenca de la Base Naval la menos contaminada, y las de mayor contaminación Aguas Blancas (en lo microbiológico) y Río del Camarón (en cuanto a residuos sólidos, malezas ) y las otras nueve cuencas se consideraron medianamente contaminadas, para ambos parámetros, y en donde Río del Camarón en los estudios microbiológicos resultó también con contaminación media, por tal motivo se seleccionaron estas tres cuencas para un estudio a profundidad para el presente trabajo. **3. Aspectos microbiológicos de las cuencas Aguas Blancas, Río del Camarón y Base Naval.** Durante el monitoreo que se realizó de Diciembre 2013 a Mayo de 2014, los registros se expresan en gráfica (fig.2), que de cierta manera indican la variación existente de cada mes y la diferenciación en cada cuenca con relación a los Coliformes fecales y Coliformes totales. Los valores normales en los parámetros de contaminación permisible son para Coliformes fecales de 200 NMP/100mL, y para Coliformes totales 1000 NMP/100mL. Por lo cual, por arriba de cada uno de estos parámetros, indica que existe contaminación en exceso y que existe el riesgo de que el agua contaminada pueda causar alguna enfermedad al estar las personas en contacto con ella. Ejemplo parte Alta (ver figuras 2, 3,4 y 5).

## Parte Alta

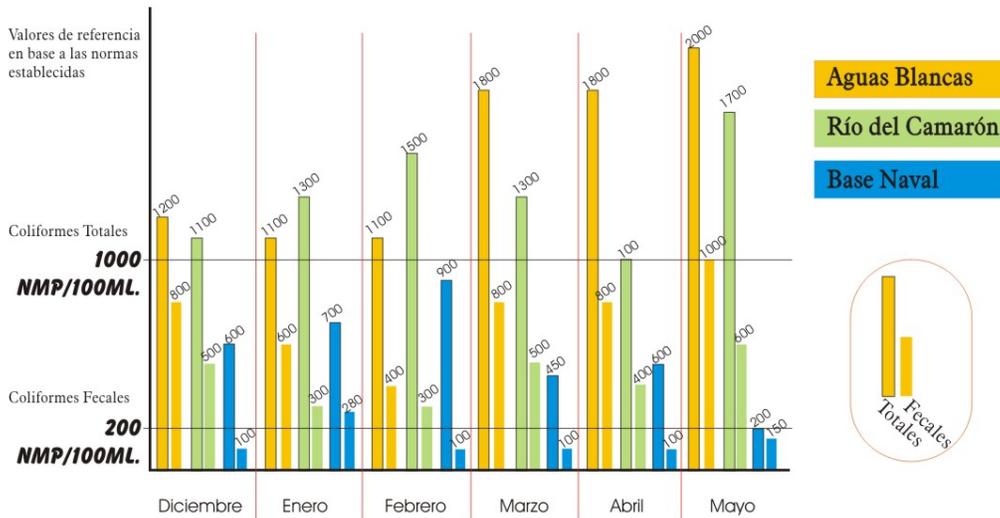


Figura 2. Gráfica representativa de los resultados obtenidos de Coliformes totales y fecales parte alta (Tiempo de Secas – diciembre 2013 a mayo 2014).

## Parte alta

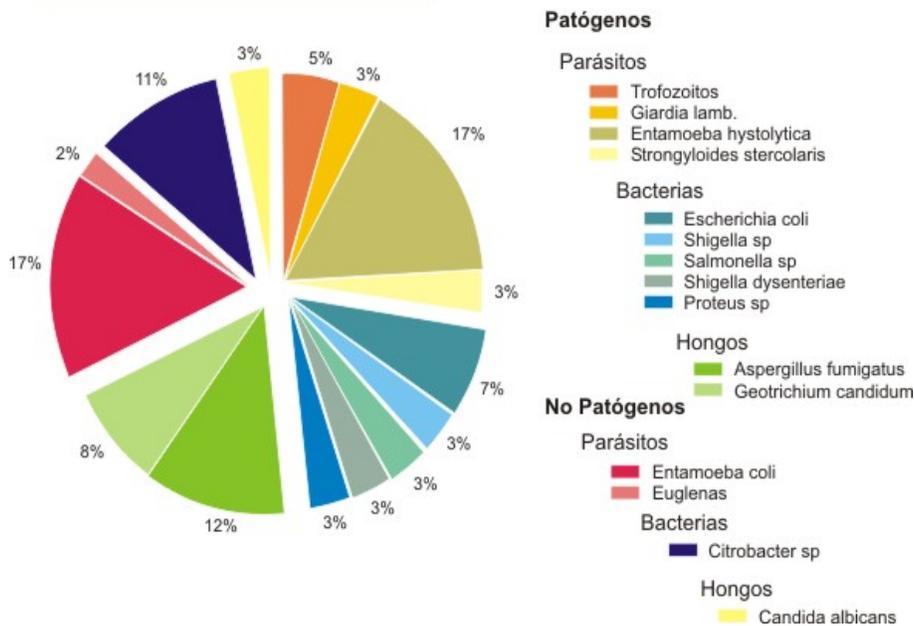


Figura 3. Microorganismos patógenos y no patógenos en el agua de las cuencas, en el periodo de secas, diciembre 2013- mayo 2014, en la parte alta. Se encontraron más parásitos patógenos, que bacterias y hongos: el 17% del parásito *Entamoeba histolytica*, y un 12% de hongos como *Aspergillus fumigatus*. El 8% de hongos fue de *Geotrichium candidum*, que son patógenos al igual que bacterias de *Escherichia coli* (7%). Al estar en contacto la población aledaña con el agua contaminada por cualquiera de estos microorganismos les pueden ocasionar algún tipo de enfermedades, como diarreas, dolor de estómago, vómito, ronchas en la piel, temperatura, entre otras.

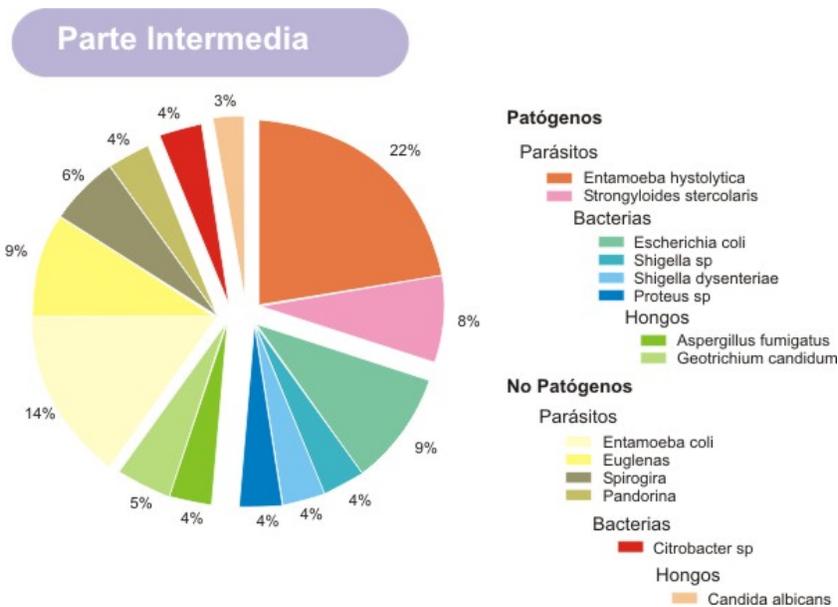


Figura 4. Microorganismos patógenos y no patógenos en el agua de las cuencas, en el periodo de secas, Diciembre 2013- mayo 2014 en la parte media. Conforme a los resultados hay más parásitos de *E. histolytica* en un 22% de ahí le siguen en porcentajes las bacterias patógenas como la *E coli* en un 9% y muy por abajo se encontraron los hongos como por ejemplo *G. candidum* en un 5% y los demás porcentajes variables en cuanto a microorganismos no patógenos.

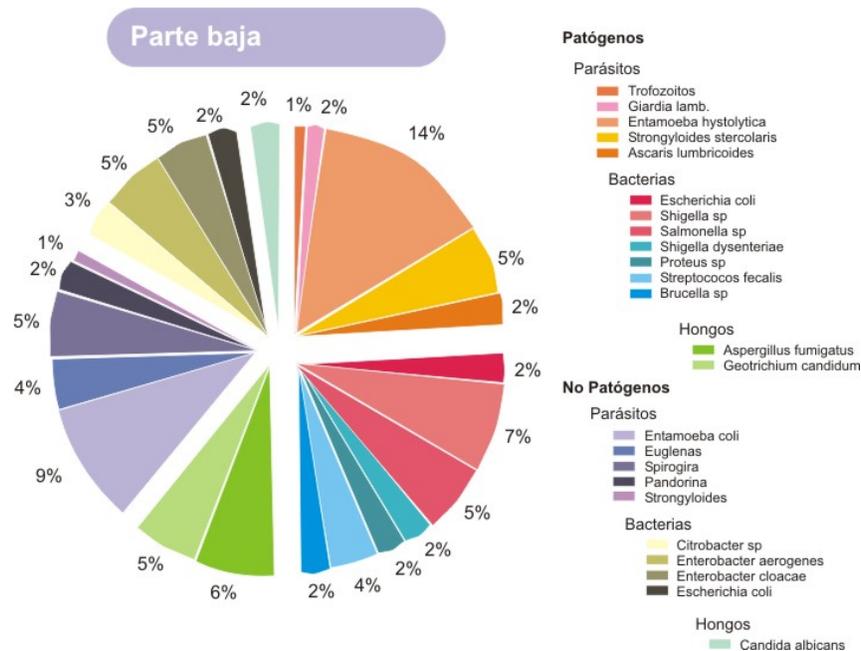


Figura 5. Microorganismos patógenos y no patógenos en el agua de las cuencas, en el periodo de secas, diciembre 2013- mayo 2014 en la parte baja. Se encontró un 14% de parásitos de *E. histolytica*, como parásito prevalente y un 7% de bacterias como la *Shigella sp*. Y un 6% de del hongo *Aspergillus sp*. Y los demás porcentajes de microorganismos no patógenos.

**Uso del agua contaminada, y enfermedades producidas.** En esta investigación, se estudió la relación que tiene el uso del agua contaminada que corre por los cauces de las cuencas pluviales con la incidencia de enfermedades, tomando en consideración no solo a los encuestados, sino también a sus familiares y vecinos. La encuesta se realizó para conocer la opinión acerca de la contaminación presente en las cuencas, las enfermedades más comunes; derivadas por el grado de afectación de estas enfermedades que se presentan entre las personas que viven en las márgenes de

estos cauces. Las enfermedades detectadas son: dolor de cabeza, dolor de estómago, enfermedad de la piel, diarrea, parásitos, temperatura, vómito y náuseas. En el caso de las enfermedades se estudia al encuestado; sus familiares y vecinos. Por otro lado, se muestra la relación que existe entre la frecuencia de haberse enfermado de cualquier enfermedad, a través de la prueba estadística Chí cuadrada y también se da a conocer lo fuerte de la relación con la medida de asociación d de Somers, la cual entre más cercana esté a 1.0 denota una relación fuerte, mientras cuanto más se acerque al 0 la relación es más débil o inexistente. Por lo tanto en esta sección se abordará el análisis de la relación entre: 1) El uso del agua contaminada y enfermedad. 2) La enfermedad. El enfoque adoptado es el de la triangulación de resultados que consiste en hacer la prueba de la misma hipótesis en repetidas ocasiones: (1) con cada una de las diversas enfermedades y (2) con el encuestado, con sus familiares y con sus vecinos.

### Frecuencia del uso del agua contaminada por cuenca.

**Cuadro 3. Frecuencia del uso del agua contaminada por cuenca. (En porcentajes).**

Cuenca	Frecuencia del uso del agua contaminada					TOTAL
	Nunca	Casi Nunca	A veces	Casi Siempre	Siempre	
Aguas Blancas	14%	7%	17%	45%	17%	<b>100%(90)</b>
Río del Camarón	7%	32%	19%	17%	25%	<b>100%(90)</b>
Base Naval	11%	26%	20%	12%	31%	<b>100%(90)</b>

$$\lambda^2 = 121.653 \quad p = .000 \quad g l = 8$$

En el Cuadro 3, se observa que la Chí cuadrada es significativa; que la frecuencia del uso del agua contaminada en cada cuenca varía. Nótese que más de la mitad de los que viven en la cuenca de Aguas Blancas utiliza esa agua “casi siempre” (45%) o “siempre” (17%); y que los porcentajes correspondientes sumados son menores en las otras dos cuencas. Por otro lado, sumados las que “nunca” o “casi nunca” la usan se obtienen los resultados siguientes: Aguas Blancas 21%, Río del Camarón 39%, Base Naval 37%. Es decir, es en la cuenca de Aguas Blancas donde el uso de agua contaminada está más extendido entre la población; pero este problema de salud pública se presenta de manera grave en las tres cuencas.

### Relación entre enfermedad de la piel y uso de agua contaminada.

**Cuadro 4. Frecuencia de enfermedad de la piel entre los encuestados, por el uso de agua contaminada. (En porcentajes)**

Frecuencia de uso de agua contaminada	¿Cuántas veces se ha enfermado usted de la piel?			TOTAL
	Nunca	Una vez	Dos o más veces	
Nunca	99%	1%	0%	<b>100% (138)</b>
Casi nunca	13%	56%	31%	<b>100% (16)</b>
A veces	10%	40%	50%	<b>100% (20)</b>
Casi siempre	0%	45%	55%	<b>100% (62)</b>
Siempre	15%	38%	47%	<b>100% (34)</b>

$$\lambda^2 = 238.156, \quad g l = 8, \quad p = .000, \quad d \text{ de Somers} = 0.71.$$

**Entre los encuestados.** En el Cuadro 4, se observa que la Chí cuadrada es significativa. Lo cual quiere decir que hay una relación entre la frecuencia del uso de agua contaminada y el número de veces que el encuestado se ha enfermado de la piel. Y en segundo lugar la d de Somers tiene un valor de 0.71, lo cual indica que dicha relación es fuerte. Lo mismo se observó al comparar porcentajes. Entre los que nunca utilizan el agua contaminada, nadie se enfermó de la piel dos o más veces durante ese período. El 47% entre los que siempre y el 55% de los que casi siempre la usa, el 50% de los que a veces y el 31% de los que casi nunca la usan o nunca les dio esa enfermedad en ese número de veces, respectivamente. La tendencia es que a mayor utilización del agua contaminada, mayor es el riesgo que los encuestados se enfermen de la piel

**Cuadro 5. Frecuencia de enfermedad de la piel entre la esposa y/o hijos, por el uso de agua contaminada. (En porcentajes)**

Frecuencia de uso de agua contaminada	¿Cuántas veces se han enfermado su esposa (o) y sus hijos de la piel?			TOTAL
	Nunca	Una vez	Dos o más veces	
Nunca	100%	0%	0%	<b>100% (138)</b>
Casi nunca	81%	13%	6%	<b>100% (16)</b>
A veces	20%	35%	45%	<b>100% (20)</b>
Casi siempre	14%	42%	44%	<b>100% (62)</b>
Siempre	23%	27%	50%	<b>100% (34)</b>

$\lambda^2 = 189.416$ ,  $g l = 8$ ,  $p = 0.000$ ,  $d$  de Somers = 0.61

**Entre los familiares del encuestado.** En el Cuadro 5 se observa que la Chi cuadrada es significativa, la  $d$  de Somers es de 0.61 lo cual indica que dicha relación es fuerte. El 50% de los familiares del encuestado que siempre utiliza el agua contaminada, se enfermó dos o más veces durante el año diciembre 2013-Mayo 2014, comparado con el 44% que casi siempre la usa, el 45% que a veces la usa, el 6% de los que casi nunca y el 0% que nunca utiliza dicha agua. En conclusión, a mayor uso de agua contaminada, mayor es el riesgo de que los familiares del encuestado se enfermen de la piel.

**Cuadro 6. Frecuencia de la enfermedad de la piel entre los vecinos del encuestado por el uso de agua contaminada. (En porcentajes)**

Frecuencia de uso de agua contaminada	¿Cuántas veces se ha enfermado su vecino de al lado de la piel?			TOTAL
	Nunca	Una vez	Dos o más veces	
Nunca	92%	7%	1%	<b>100% (138)</b>
Casi nunca	25%	37%	38%	<b>100% (16)</b>
A veces	15%	35%	50%	<b>100% (20)</b>
Casi siempre	6%	37%	57%	<b>100% (62)</b>
Siempre	24%	38%	38%	<b>100% (34)</b>

$\lambda^2 = 172.264$   $g l = 8$   $p = .000$   $d$  de Somers = 0.60

**Entre los vecinos del encuestado.** En el Cuadro 6, se observa que la Chi cuadrada es significativa y la  $d$  de Somers es de 0.60 la cual indica que la relación es fuerte. El 38% de los vecinos de los encuestados que siempre utiliza agua contaminada se enfermaron de la piel dos o más veces; comparado con el 57% de los vecinos que casi siempre la usa, el 50% de los que a veces, el 38% de los que casi nunca, y el 1% de los que nunca. La tendencia es que a mayor utilización del agua contaminada, corre el mayor riesgo de enfermarse de la piel.

**Conclusiones.** Con base en los coliformes fecales, tomando en consideración el parámetro permisible de 200NMP/100mL y a los Coliformes totales (1000NMP/100mL), la cuenca con mayor contaminación en la parte alta media y baja fue **Aguas Blancas**, la medianamente contaminada fue la cuenca **Río del Camarón** y la menos contaminada la cuenca **Base Naval**, tanto en época de secas y de sequo o lluvias. De los estudios Parasitario, Bacteriológico y Micológico se obtuvo lo siguiente: **a)** Mayor incidencia de **parásitos** en las tres cuencas (Aguas Blancas, Río del Camarón y Base Naval), tanto en la parte alta, media y baja. **b)** El tipo de parásitos encontrado en mayor proporción fue la *Entamoeba histolytica*, la cual al ingerirse por vía oral a través del agua puede llegar al huésped (hombre) y producir enfermedades como diarreas, dolor de estómago, vómitos, náuseas, temperatura. **d)** En regular proporción se encontraron **bacterias** como *Escherichia coli*, *Shigella sp*, *Shigella dysenteriae*, que también pueden producir las mismas enfermedades (diarreas, dolor de estómago, vómitos, náuseas, temperatura) en personas que utilizan el agua contaminada por éstas. **e)** Se encontraron los **hongos** como el *Aspergillus fumigatus*, que pueden producir ronchas y prurito en la piel. **Por lo tanto:** Se ratifica que sigue habiendo aguas residuales domésticas y aguas putrefactas de drenaje en los cauces pluviales, que ayudan a la proliferación de los microorganismos antes mencionados, en su hábitat de aguas contaminadas. Se demuestra la relación que hay entre el uso del agua contaminada, (para lavar ropa, trastes, carros, bañarse y consumo humano) y la presencia de enfermedades, en el encuestado, y se refuerza con los resultados de la familia y vecinos. Los resultados también sugieren que es urgente la atención a las condiciones ambientales de las cuencas y de todos los espacios contaminados porque está en juego la salud de la población, ya que es común que los planes de desarrollo de una ciudad no estén ligados a estudios hidrológicos que lo orienten para evitar zonas de contaminación. Esta investigación arroja más soporte sobre las condiciones ambientales afectan a los seres vivos, en este caso su salud; y que la supervivencia de nuestra especie depende de la del ambiente. Los resultados también sugieren que es urgente la atención a las condiciones ambientales de las cuencas y de todos los espacios contaminados porque está en juego la salud de la población, ya que es común que los planes de desarrollo de una ciudad no estén ligados a estudios hidrológicos que lo orienten para evitar zonas de contaminación. El presente trabajo puede contribuir como alerta para prevenir los problemas que pueden presentarse en cuanto a impacto en el ambiente, la salud familiar. Al respecto, La Legislación Ambiental del Municipio de Acapulco de Juárez (2002-2005) exige que los negocios y hoteles, tomen medidas para evitar la contaminación de cuencas hidrográficas y la bahía de Acapulco.

## **Bibliografía**

- Brito, W. Rupert. Castelán, José. R. y J. Volper. Tamariz. (2007). Contaminación agrícola del río San Marcos, Puebla. Memorias en extenso. VI Congreso Internacional y XII Congreso Nacional de Ciencias Ambientales 265-274.
- Hernández, Aurelio. 2001. Política y normativa sobre la depuración de las aguas. En: *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Colección Seinor. No. 9:1-5.
- Jiménez, Blanca Elena. 2005. *La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología aplicada*. Limusa Editores. Pág.33-40
- Juárez. L. A.L., L. Sampedro, M. Reyes y C. López. (2007). VI Congreso Internacional y XII Congreso Nacional de Ciencias Ambientales. 855-858.
- Marín, Merrier J., Aguilar. E. T, Romero, L. y R. Reyes. (2007). Caracterización de compuestos de hierro, como material reactivo para movilizar Cr (VI) en suelo contaminado. Memorias en extenso.VI Congreso internacional y XII Congreso Nacional de Ciencias Ambientales 1-6.

# Evaluación del Rendimiento y Porcentaje de Proteína en Variedades de Trigo Bajo Diferentes Escenarios de Disponibilidad de Agua en Suelos Arcillosos Compactados del Valle del Yaqui, Sonora

Arlett Ibarra Villarreal\*, Luis Carlos Valdez Torres, Enrico Arturo Yépez González, Agustín Robles, Jaime Garatuzza Payán. Instituto Tecnológico de Sonora 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México. arlettibarra@hotmail.com; [luis.valdez@itson.edu.mx](mailto:luis.valdez@itson.edu.mx)

## Resumen

El problema de escasez de agua está causando pérdidas económicas en el sector agropecuario. En la actualidad en el Valle del Yaqui se presenta una baja disponibilidad de agua para el sector agrícola, lo cual alarma a esta zona ya que su potencial radica en la producción agrícola. El trigo es el principal cultivo sembrado debido a su adaptación y rentabilidad. Sin embargo el aprovechamiento del agua es deficiente, por lo tanto, es necesaria la búsqueda de alternativas para mejorar el uso de agua de riego, sin afectar el rendimiento y sin dejar de ser una actividad rentable. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el comportamiento del rendimiento de variedades de trigo en suelos arcillosos compactados mediante diferentes escenarios de disponibilidad de agua para optimizar su uso. Las variedades analizadas fueron Cirno y Movas. Estas fueron evaluadas con 3 escenarios de disponibilidad de agua con diferente número de riegos 1, 2 y 3 riegos de auxilio. Se encontró que los más altos rendimientos se presentaron en el escenario de 3 riegos para ambas variedades. La variedad Cirno obtuvo 700 kilogramos más de producción que la variedad Movas en el escenario con 3 riegos de auxilio. El cultivo de trigo siempre estuvo en estrés debido al alto déficit de presión de vapor presentado, lo que se vio reflejado en el potencial hídrico de la hoja, el cual fue menor cuando el déficit de presión de vapor era menor. En cuanto al porcentaje de proteína se observó que cuando el cultivo cuenta con mayor rendimiento y mayor disponibilidad de agua se obtiene menor porcentaje de proteína en el grano.

## Introducción

En México la escasa disponibilidad de agua en la agricultura es cada vez mayor (Inzunza y col., 2010), lo que ha ocasionado reducción en la superficie de siembra y menores rendimientos por las altas temperaturas.

El trigo es uno de los cereales más importantes en la alimentación humana, éste ocupa el tercer lugar de producción en México. Dicha producción se concentra en los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán, Jalisco y Tlaxcala, aportando aproximadamente el 80% de la superficie cosechada de dicho grano (SAGARPA, 2011). Dentro del estado de Sonora, el Valle del Yaqui representa una potencia en la producción de este cultivo (Cortés y col. 2011), con un área de siembra en el 2013-2014 de 165 000 ha (Inforural, 2013). Lo que posiciona como el principal estado productor, con 1.68 millones de ton, que representa el 48% de la producción nacional (Financiera rural, 2009).

Actualmente en el Valle del Yaqui ocurren situaciones referentes a escasez de agua, donde a los productores se les ha restringido el volumen de agua  $ha^{-1}$ , debido a la falta del recurso en el sistema de presas.

Por lo tanto el objetivo fue evaluar el comportamiento del rendimiento de variedades de trigo en suelos arcillosos compactados mediante diferentes escenarios de disponibilidad de agua para optimizar su uso.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Centro Experimental y Transferencia de Tecnología (CETT-910) del Instituto Tecnológico de Sonora. El manejo de la dosis de nutrientes se basó en fichas técnicas de trigo emitida por INIFAP 2012. Se evaluaron 2 variedades de trigo: Cirno y Movas en 3 escenarios de disponibilidad de agua con diferente número de riegos de auxilio, contando con 3, 2 y 1 riego de auxilio.

La siembra se realizó a doble hilera el 7 de Enero del 2014. En el experimento se midió la lámina de riego por tratamiento dividiendo el agua gastada entre el área del riego, el porcentaje de proteína se analizó en el laboratorio de la empresa MUNSA utilizando el equipo Inframatic 9500 NIR grain analyzer, el potencial hídrico de la hoja se midió según la metodología citada por (Pask y col., 2012) donde utiliza una cámara de presión (Bomba scholander), el déficit de presión de vapor fue medido mediante una estación meteorológica promediando los valores de éste de 12 pm a 2 pm (momento en que se realizaba el potencial hídrico de la hoja) y por último se determinó el rendimiento de trigo obtenido por cada variedad.

En el cuadro 1 se muestran los días en los cuales se aplicaron los riegos por bloque.

## **Resultados y Discusión**

### **Lámina de riego**

Las láminas de riegos aplicadas en los diferentes escenarios de disponibilidad de agua se muestran en el Cuadro 2. En el escenario de 1 y 2 riegos de auxilio se aplicaron láminas por debajo de la demanda de agua del cultivo que fue 40.9 cm, por lo que se concluye que la planta no recibió el agua suficiente para su desarrollo. Sólo el escenario 3 fue el que obtuvo el agua necesaria para la planta, ya que se aplicó una lámina de 50.44 cm valor que se encuentra por arriba del uso consuntivo.

### **Rendimiento**

Las dos variedades tuvieron un comportamiento similar, como se puede observar en los cuadros 3 y 4 presentando su máximo rendimiento en el escenario con 3 riegos de auxilio, su mínimo en el de un riego de auxilio. Movas con 3 riegos de auxilio obtuvo 6.2 toneladas, valor que supera a los obtenidos por el campo experimental del Valle del aquí en donde se han obtenido rendimientos promedio de 5.878 toneladas por hectárea con 3 riegos de auxilio (Félix y col., 2010a), sin embargo no se alcanzó el máximo rendimiento que se ha demostrado que es de 7.2 toneladas por hectárea (Félix y col., 2010a). En el escenario de 2 riegos de auxilio se obtuvo un rendimiento de 5.2 toneladas por hectárea. En el escenario de un riego de auxilio se obtuvo un bajo rendimiento de 3 ton/ha, esto debido a que el cultivo no contó con el agua necesaria para su desarrollo.

En el escenario con 3 riegos de auxilio Cirno obtuvo 6.9 toneladas por hectárea valor que supera al reportado por (Félix y col., 2010b) que menciona 5.5 toneladas por hectárea para fechas de siembra después del 1 de enero.

En el escenario con 2 riegos de auxilio se obtuvo un rendimiento de 5.1 toneladas por hectárea valor que supera al mencionado por (Félix y col., 2010b) donde reportaron 5 toneladas por hectárea para siembra después del 1 de enero.

El máximo rendimiento que se ha obtenido con Cirno con dos riegos de auxilio es de 6.3 ton/ha (15 de noviembre), con tres riegos de auxilio es de 7.1 ton/ha (15 de noviembre y el 1 de diciembre), debido a la presencia de altas temperaturas después de la floración en las fechas tardías, se pueden disminuir la tasa de llenado de grano con la consecuente baja en el rendimiento (Félix y col., 2010b). En el escenario de 1 riego de auxilio el cultivo no contó con el agua necesaria para su desarrollo, debido a que la lámina se encontró por debajo del uso consuntivo del cultivo.

### **Potencial hídrico de la hoja**

Se presentó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, siendo iguales el escenario de 2 y 3 riegos. En los tratamientos con menor número de riegos se observó una tendencia decreciente conforme pasaban los días en el potencial hídrico de la hoja, lo que se puede observar en el cuadro 6.

Los valores de potencial hídrico de la hoja en el escenario de 1 riego de auxilio fue de -2.1 MPa hasta -4 MPa debido a la evapotranspiración del cultivo (El riego de auxilio se realizó el 2 de febrero 2014).

En el escenario de 2 riegos de auxilio se presentó un potencial hídrico de hoja de entre -2.2 MPa a -3.2 MPa, el valor -3.2 se presentó el 26 de marzo 2014 antes de que se diera el segundo riego de auxilio. Después del riego de auxilio los valores de potencial hídrico aumentaron conforme pasaron los días debido a la recuperación de la planta, pero posteriormente empezaron a disminuir progresivamente debido a la evaporación del agua. (El primero riego de auxilio se realizó el 26 de febrero 2014 y el segundo el 26 de marzo 2014).

En el escenario de 3 riegos de auxilio se presentaron valores de -1.9 MPa a -3.4 MPa. El día 13 de marzo 2014 se aplicó el segundo riego de auxilio teniendo un valor de -2.4 MPa antes del riego y disminuyendo hasta -1.9 MPa después del riego, conforme se fue disminuyendo la cantidad de agua en la planta se disminuyó el potencial hídrico de la hoja a -2.7 MPa, momento en el cual se procedió al tercer riego de auxilio que fue el día 2 de abril 2014. Después del riego se obtuvo un potencial hídrico de la hoja de -2.2 MPa, valor que conforme paso el tiempo disminuyó progresivamente a -3.4 MPa debido a la evapotranspiración (El primero riego de auxilio se realizó el 14 de febrero 2014, el segundo el 13 de marzo 2014 y el tercero el 2 de abril del 2014).

Pask y colaboradores (2012) mencionan que valores del potencial hídrico de la hoja de -2 MPa a -4 MPa el cultivo se encuentra bajo estrés hídrico, lo que concuerda con (Mishra y col., 1999) que mencionan que el límite crítico es de -

2.6 MPa debido a que se afecta la actividad estomática. Considerando los valores mencionados anteriormente se puede observar que el cultivo de trigo siempre se encontró bajo estrés hídrico.

Para trigo, los valores de potencial hídrico de la hoja bajo condiciones de riego se encuentran por lo general entre -0.5 y -1.1 MPa. Valores de -1.2 MPa o inferiores, se asocian con una reducción de la superficie de la hoja, del número de espiguillas por espiga y de la cantidad de granos por unidad de área. Valores de -2.8 a -3.1 MPa representa valores bajos de transpiración en hojas banderas y valores menores a -3.1 en la etapa de llenado de grano se presenta el cierre estomático (Reynolds y col., 2012).

En un estudio realizado con 3 diferentes niveles de estrés -0.5, -1 y -1.5 MPa se obtuvo que la máxima reducción de rendimiento se presentaba en el tratamiento con mayor estrés que fue el -1.5 MPa (Singh y Malik., 1983), resultado que concuerdan con los obtenido en este estudio, debido a que en el escenario con menor disponibilidad de agua (mayor estrés hídrico) fue el que obtuvo un menor rendimiento y el escenario con mayor disponibilidad de agua presentó los más altos rendimientos.

Un bajo potencial hídrico en la hoja puede presentarse debido a un bajo contenido de agua en el suelo y a una elevada tasa de transpiración en ambientes de alta demanda evaporativa (Fernández y col., 2003).

Cuando el déficit de presión de vapor (DPV) es alto, la elevada transpiración por área foliar o el efecto directo del DPV pueden reducir la conductancia estomática y la fotosíntesis neta. Esta respuesta representa un comportamiento conservador propio de numerosas especies con el fin de evitar la deshidratación irreversible de la planta (Lorenzo y Sánchez, s.f.).

Las condiciones de alta demanda evaporativa pueden propiciar desequilibrio hídrico en las plantas, cuando la demanda hídrica del ambiente se encuentra superada por la absorción de agua por el sistema radicular (Lorenzo y Sánchez, s.f.).

En la gráfica 1 se puede observar que se obtuvieron valores altos de DPV, valores de entre 1 y 4 KPa. Valores mayores a 1.5 KPa de DPV conllevan a estrés hídrico en las plantas. Estas situaciones extremas que originan elevado déficit de presión de vapor entre las hojas y el aire suelen presentarse los días de alta insolación, especialmente al inicio del cultivo y pueden alcanzarse DPV próximos a 5 kPa, esto sucede cuando el índice de área foliar del cultivo es bajo y por tanto también su capacidad de disipar energía a través de la transpiración (Lorenzo y Sánchez, s.f.).

Por lo tanto en este estudio el cultivo de trigo siempre se encontró en estrés hídrico debido al alto DPV, en la gráfica 1 se puede observar que el día 21 de marzo 2014 fue el día que se tuvo menor DPV (1.08 KPa), lo que se vió reflejado en el potencial hídrico de la hoja que fue donde se obtuvo valores altos en los 3 escenarios de disponibilidad de agua, lo que se puede observar en la gráfica 6.

### **Porcentaje de proteína**

El mayor porcentaje de proteína en ambas variedades fue en el escenario de menor número de riegos de auxilio (Cuadro 5).

En el escenario de 3 riegos de auxilio Cirno se obtuvo 12.96% de proteína valor que supera al mínimo reportado por (Hernández y col., 2011) que menciona que es de 12.8%. El máximo porcentaje de proteína se obtuvo en el escenario de 1 riego de auxilio con 15.12%, valor que se encuentra por debajo del valor máximo alcanzado por (Hernández y col., 2011) que menciona que es de 15.6%.

La variedad Movas, tuvo un comportamiento similar a Cirno teniendo mayor porcentaje de proteína en el escenario con menor número de riegos de auxilio. (Félix y col., 2010a) menciona que con un ensayo de tres riegos se obtiene un 14.7% de proteína, valor que se encuentra por encima del valor obtenido en este estudio que fue de 13.63% con 3 riegos de auxilio.

Se observó la tendencia de que a mayor número de riegos menor porcentaje de proteína, lo que concuerda con un estudio similar que fue realizado por (Chang y col., 2009), quienes manejaron diferentes contenidos de agua en el suelo, y obtuvieron que el de menor cantidad de agua presentaba el más alto porcentaje de proteína del 16.7%, mientras que el que tenía mayor humedad presentó el menor porcentaje de proteína con un 14.8%.

(Valenzuela y col., 2011) también menciona que incrementarse el potencial de rendimiento se disminuye la calidad de panificación, porque el incremento en el rendimiento de grano va generalmente acompañado de un decremento en el contenido de proteína, y consecuentemente en la calidad industrial (Valenzuela y col., 2011).

## Conclusiones

El escenario de disponibilidad de agua con 3 riegos de auxilio presentó rendimientos superiores a 6 ton/ha por lo cual se considera rentable en Valle del Yaqui. La variedad Cirno obtuvo 700 kilogramos más de producción que la variedad Movas en el escenario con 3 riegos de auxilio.

El cultivo de trigo siempre estuvo en estrés debido al alto DPV presentado, lo que se vio reflejado en el potencial hídrico de la hoja, el cual fue menor cuando el DPV era menor.

En cuanto al porcentaje de proteína se observó que cuando el cultivo cuenta con mayor rendimiento y mayor disponibilidad de agua se obtiene menor porcentaje de proteína en el grano.

## Bibliografía

- Chang,Z;Ming,H; Zhen,W; Yue,W; Qi,L.(2009). Effects of differen water availability at post anthesis stage on grain nutrition and quality in strong- gluten winter wheat. Revista el sevier agronomy vol 332. Pag 759-764
- Cortes J., J.; Fuentes D., G.; Ortiz E., J.; Tamayo E., L.; Cortez M., E.; Ortiz Á., A.; Félix V., P.; Armenta C., I. (2011). Agronomía del trigo en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 6. Sonora, México. Primera edición. Inifap. Pp 1-235.
- Félix J. L.; Figueroa P.; Fuentes G.; Valenzuela V.; Chávez G.; Mendoza J. A. (2010a). Movas C2009: Nueva variedad de trigo cristalino con resistencia a roya del tallo. INIFAP-CIRNO-CEVY. Sonora, México.pag. 1-2
- Félix J. L.; Figueroa P.; Fuentes G.; Valenzuela V.; Chávez G.; Mendoza J. A. (2010b). Cirno C2008: Variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. INIFAP-CIRNO-CEVY. Sonora, México.
- Fernández,M;Lorenzo,P; Cuadrado,I. (2003). Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos protegidos. (1 edición). Almería.
- Financiera rural. 2009. Breve monografía del trigo grano. Recuperado el día 4 de diciembre 2012 de: [http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/documents/monograf%C3%ada\\_trigo-junio-2009.pdf](http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/documents/monograf%C3%ada_trigo-junio-2009.pdf)
- Hernández B.; Alvarado J. I.; Valenzuela J. A. (2011). Descripción de las variedades de trigo para el Valle de Mexicali, B.C. y Norte de Sonora. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle de Mexicali. Mexicali, B.C. Recuperado el día 27 de mayo 2014 de: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Paquetes/DescripciondeLasVariedadesdeTrigo.pdf>
- Inforural.(2013). Éste día inicia siembra de trigo. Recuperado el día 19 de Mayo 2014 de: <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article135030>
- Inzunza,M; Catalán,E; Sánchez,I; Villa, M; Román,A.(2010). Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos periodos de crecimiento. Revista Terra latinoamericana. Vol 28, pp335-344
- Lorenzo ,P; Sánchez,M.(s.f.). Las variables del clima y su influencia sobre el desarrollo del cultivo en invernadero. Equipo de medida y control.
- Mishra,H; Rathore,T; Tomar,V. (1999). Root growth, water potential and yield of irrigated wheat. Revista Irrigation Science. Vol 18, pp 117-123.
- Pask,A; Pietragalla,J; Mullan,D; Chávez, P; Reynolds,M.(2012). Fitomejoramiento fisiológico II: una guía de campo para la caracterización fenotípica de trigo.México, D.F. CIMMYT.
- Reynolds,M; Pask,A; Mullan,D; Chávez,P.(2012). Fitomejoramiento fisiológico I: enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. México, D.F. CIMMYT.
- SAGARPA, (2011). Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011- 2020. Junio, p. 17.
- Singh,T; Malik,D. (1983). Effect of water stress at three growth stages on the yield and water- use efficiency of dwarf wheat. Irrigation science.Vol 4, pag 239-245
- Valenzuela V.; Fuentes G.; Figueroa P.; Chávez G.; Félix J. L.; J. Mendoza A. (2011). ‘NAVOJOA M2007’, Variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Revista Fitotec. Vol 34(1), paginas 73-76

## Cuadros y gráficas

**Cuadro 1. Calendario de riegos en días**

Bloque	Riegos germinación	1 Aux (días)	2 Aux (días)	3 Aux (días)
1R	0	50	-	-
2R	0	50	80	-
3R	0	38	68	88

**Cuadro 2. Lamina de riego aplicada en los diferentes escenarios de disponibilidad de agua**

Bloque	Riego germinación	1 Aux (cm)	2 Aux (cm)	3 Aux (cm)	Total
1R	9.05	14.2	-	-	23.26
2R	9.05	14.2	16.07	-	39.33
3R	9.05	13.9	13.1	14.31	50.44

**Cuadro 3. Rendimiento de la variedad Cirno en los diferentes escenarios de disponibilidad de agua.**

Tratamiento	Rendimiento (ton/ha)	Interpretación
E1	2521	a
E2	5127	b
E3	6980	c

**Cuadro 4. Rendimiento de la variedad Movas en los diferentes escenarios de disponibilidad de agua.**

Tratamiento	Rendimiento (ton/ha)	Interpretación
E1	3046	a
E2	5276	b
E3	6283	c

**Cuadro 5. Porcentaje de proteína en Cirno y Movas en los cuatro escenarios de disponibilidad de agua.**

Variedad	1 Aux (%)	2 Aux (%)	3 Aux (%)
Movas	16.16	13.7	13.63
Cirno	15.12	13.49	12.96

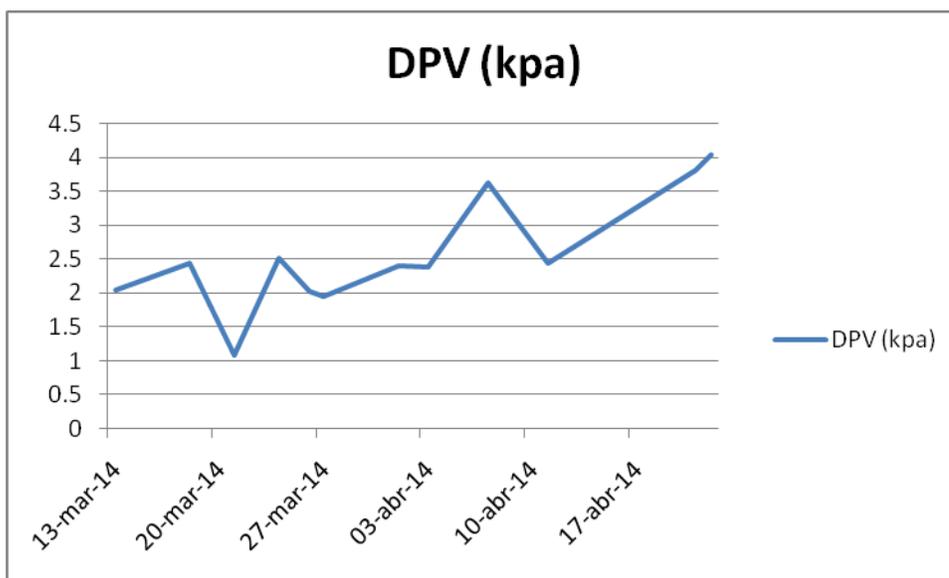
**Cuadro 6. Potencial hídrico de la hoja (MPa) en los diferentes escenarios de disponibilidad de agua.**

Fecha	E1	E2	E3
13 marzo 2014	-2.23	-2.21	-2.44
18 marzo 2014	-2.43	-2.42	-2.33
21 marzo 2014	-2.27	-2.22	-1.87
24 marzo 2014	-2.05	-2.8	-2.22

26 marzo 2014	-3.41	-3.15	-2.57
27 marzo 2014	-3.43	-2.4	-2.6
1 abril 2014	-4	-2.34	-2.65
3 abril 2014	-4	-2.24	-2.15
7 abril 2014	-4	-2.83	-2.69
11 abril 2014	-4	-3.07	-2.88
21 abril 2014	-4	-3.15	-3.38
22 abril 2014	-4	-3.16	-3.04

E= escenario de disponibilidad de agua

Gráfica 1. Déficit de presión de vapor promedio en el periodo de medición del potencial hídrico.



# Respuesta de Trigo a la Aplicación de Hidrogel (Acrilato de Potasio) y Diferentes Escenarios de Disponibilidad de Agua en Suelo Arcilloso Compactado del Valle del Yaqui

Elisa Andrea Bórquez Hernández, Luis Carlos Valdez Torres, Ricardo Fuentes Saucedo

Instituto tecnológico de Sonora. Departamento de ciencias del agua y medio ambiente. Calle 5 de febrero 818 Sur, Col. Centro, Cd. Obregón, Sonora, México.<sup>1</sup> \*Correo electrónico: elisa.borquez@hotmail.com

**Resumen:** En México, la producción de cultivos básicos depende de la aplicación del riego por gravedad, sin embargo la eficiencia en el uso del agua es baja, ya que se pierde aproximadamente el 50% de ella, bajo este contexto, se hace necesario la búsqueda de técnicas que permitan la optimización de agua; una de ellas es el uso de polímeros aplicados al suelo como es el acrilato de potasio, el cual tiene la capacidad de absorber agua haciéndola disponible para las plantas, y reduciendo la necesidad de riego. El objetivo de este trabajo fue evaluar 5 dosis de acrilato de potasio (20, 40, 60, 80 y 100 kg/ha), en tres escenarios de disponibilidad de agua en trigo en el Valle del Yaqui, Sonora, México; la distribución de los tratamientos se realizó con el diseño de parcelas divididas. La variedad utilizada fue Cirno, y se sembró en enero del 2014. De los resultados obtenidos, se encontró que existe diferencia significativa en cuanto a la dosis de polímero aplicada, donde la mejor resulto ser la de 20 kg/ha, alcanzando rendimientos de hasta 6.1 t/ha de grano con una eficiencia del uso de agua por la planta de 76% más respecto al testigo en el primer escenario de disponibilidad de agua.

**Introducción.** En México, a causa del crecimiento acelerado de la población, el desarrollo de diversas actividades productivas, y a que no se han considerado los límites potenciales de sus recursos hídricos, existe una presión sobre las reservas de agua; las cuales no alcanzan a abastecer los volúmenes que se demandan (Reyes, 2009). Donde la agricultura es la principal actividad de desarrollo, sin embargo es la que demanda mayores cantidades de agua para la producción de los cultivos. Siendo el 77% del agua disponible destinado a esta actividad, donde el riego por gravedad es el más utilizado para la distribución del agua en el campo. Sin embargo, es el menos eficiente, debido a la falta de diseño de riego o mal manejo del agua en la parcela, alcanzando eficiencias menores al 50% (CONAGUA, 2011), ocasionándose desperdicios de agua por escurrimiento superficial y percolación profunda; bajo este contexto es de vital importancia buscar alternativas para disminuir las pérdidas de agua en la aplicación (Ojeda *et al.*, 2006).

Una alternativa para reducir las pérdidas de agua es el uso de polímeros hidroabsorbentes, debido a que almacenan el agua en el suelo, reduciendo las pérdidas por percolación profunda y mejorando la capacidad de retención del suelo, lo que favorece el crecimiento de las plantas (Estrada *et al.*, 2010); a su vez mejora las propiedades físicas y reducen la erosión (Chávez *et al.*, 2010).

Dentro de los cultivos agrícolas que se producen en México, los cereales son considerados los más importantes, ya que son cultivos básicos en la alimentación directa o indirectamente (Santoyo y Quiroz, 2004).

En base a lo anterior se planteó un estudio sobre la evaluación de la respuesta de trigo a la aplicación de diferentes dosis de polímeros en suelos arcillosos compactados bajo diferentes escenarios de disponibilidad de agua.

## **Materiales y métodos.**

**Ubicación:** El estudio se realizó en las instalaciones del CETT-910 (Centro Experimental y de Transferencia de Tecnología 910) perteneciente al ITSON (Instituto Tecnológico de Sonora). Ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui; por la calle 10, entre 900 y 800 en las coordenadas 27°21'45'' de latitud norte y 109°55'83'' de latitud este (Miranda y Valdez, 2011). El suelo del campo experimental es de tipo arcilloso.

Se evaluaron 5 diferentes dosis de acrilato de potasio (hidrogel) con 3 diferentes escenarios de disponibilidad de agua en trigo (*Triticum durum*) variedad Cirno.

La preparación del terreno se efectuó con un subsuelo profundo para romper las capas compactas de suelo, con la finalidad de reducir el escurrimiento de agua, incrementar la infiltración y promover la aireación del terreno (Ibarra *et al.*, 2014). Una vez terminado el subsuelo se llevó a cabo un rastreo doble cruzado, con el propósito de desmoronar todos los terrones que hayan salido del subsuelo y así tener un mejor manejo (Briseño *et al.*, 2013). Al final se realizó la formación de los surcos con un ancho de 0.8 m y 60 m de longitud. Después se procedió a marcar las parcelas experimentales de 8 surcos por 8 m de largo. Se utilizó riego por surcos.

El polímero se aplicó manualmente a una profundidad de 15 cm en el centro del surco. Una vez aplicado el polímero se procedió con la siembra, la cual se realizó el día 11 de enero y consistió en colocar las semillas a una profundidad de 5 cm, con una densidad de 150 kg/ha de semilla. La cosecha se efectuó el día 08 de mayo.

El estudio consistió en la evaluación de 5 dosis de acrilato de potasio (20, 40, 60, 80 y 100 kg/ha) aplicado en el suelo en tres escenarios de disponibilidad de agua (Cuadro 1), con la finalidad de evaluar el efecto en la retención del agua y su disponibilidad para la planta.

**Cuadro 1.** Días de aplicación de los riegos de auxilio después de la siembra en cada escenario.

Tratamiento	Riegos de auxilio		
	1ro.	2do.	3ro.
Escenario 1	46	69	85
Escenario 2	53	69	---
Escenario 3	60	79	----

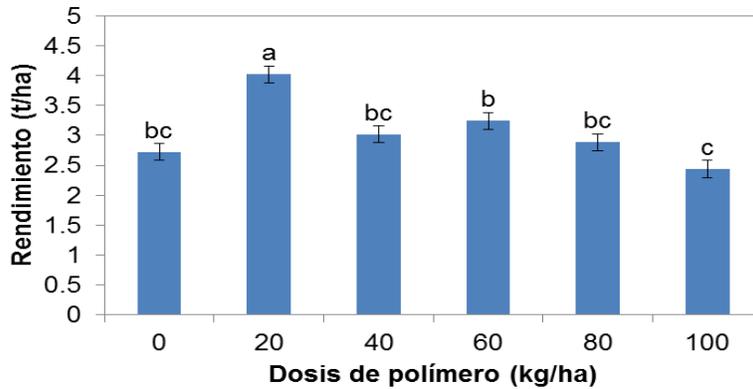
**Diseño experimental:** el diseño experimental fue de parcelas divididas. Las dosis de polímero fueron distribuidas en las parcelas de los tratamientos de disponibilidad de agua, generándose un total de 18 tratamientos, considerando los tratamientos testigos.

**Variables evaluadas:** durante el estudio se midió la humedad del suelo mediante un sensor matricial (watermark), y las variables medidas en planta fueron: altura, hijuelos, rendimiento y uso eficiente del agua.

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa Statgraphics plus 5.1. Mediante un análisis de varianza ANOVA y comparación de medias por el método de Tukey.

**Resultados y Discusión.** Los resultados obtenidos de altura de la planta y número de hijuelos por planta no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto no se considera un factor que influya en el rendimiento del cultivo en este experimento.

En la figura 1 se muestra los resultados de rendimiento obtenidos en cada tratamiento. El efecto de las diferentes dosis aplicadas en el suelo para el cultivo de trigo muestra la misma tendencia al comparar los escenarios de disponibilidad de agua, los mejores resultados se obtuvieron con la dosis de 20 kg/ha de polímero, aun así, los rendimientos de las dosis de 40, 60 y 80 kg/ha de polímero aumentan considerablemente respecto al testigo; solo el tratamiento de 100 kg/ha de polímero presentó resultados menores, pero estos tratamientos no muestran diferencia significativa entre sí.

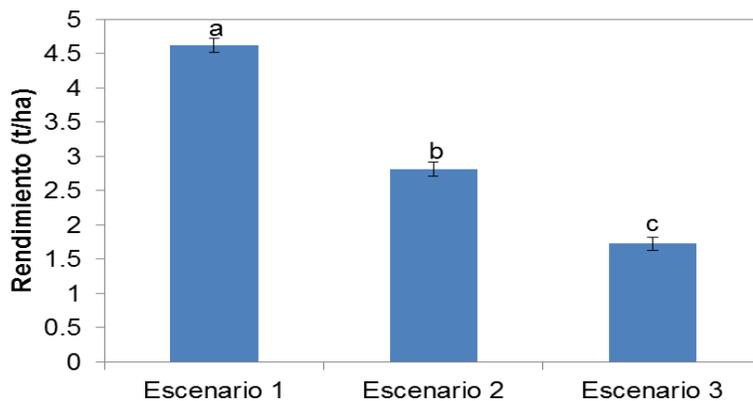


**Figura 1.** Rendimiento según la dosis de polímero aplicada.

El tratamiento que presentó el máximo rendimiento fue el tratamiento de 20 kg/ha en el primer escenario de riego alcanzando 6.11 t/ha, siendo el único tratamiento que alcanza rendimientos aceptables, considerandos arriba de 6 t/ha (Félix *et al.*, 2010).

Un aumento en la cantidad de polímero aplicado al suelo no presenta mejores resultados, ya que un aumento de hidrogel en el suelo disminuye su difusividad (Al-Darby *et al.*, 1996). Según Barón *et al.*, (2007) como aditivo al suelo, el hidrogel debe ser el 0.1% del peso del suelo, ya que concentraciones menores no representan cambios notables y proporciones superiores generan demasiada suavidad y esponjosidad en el suelo teniendo un efecto perjudicial en el desarrollo de las plantas. En este caso las dosis evaluadas superan a lo recomendado por este investigador ya que el 0.1% representaría 3.75 kg/ha, asumiendo que se debe a este efecto, el que no aumentaran los rendimientos conforme la dosis de polímero.

Es importante mencionar que las dosis evaluadas en el experimento se determinaron conforme a las recomendaciones del fabricante.



**Figura 3.** Rendimiento en cada escenario de disponibilidad de agua.

En la figura 2 se presentan los resultados de la comparación de los diferentes escenarios de disponibilidad de agua, al comparar los resultados de acuerdo al escenario de riego, se encontró diferencia significativa entre los 3 escenarios, donde el mejor resultado se logró en el primer escenario, debido a que fue el único que cumplió el requerimiento hídrico de cultivo que se calculó de una lámina de 40.3 cm sin tener escasez de agua en las etapas críticas, la lámina aplicada en cada tratamiento se muestra en la cuadro 2. Los bajos rendimientos obtenidos en el segundo y tercer escenario de riego, pueden atribuirse a que la sequía oprime la producción potencial de los cultivos que no han evolucionado en condiciones limitantes de agua, tal es el caso del trigo. Cuando la disponibilidad de agua en las etapas de floración y llenado de grano es baja, se ve afectado el rendimiento (Flores *et al.*, 2012).

**Cuadro 1.** Lámina aplicada en cada escenario de disponibilidad de agua.

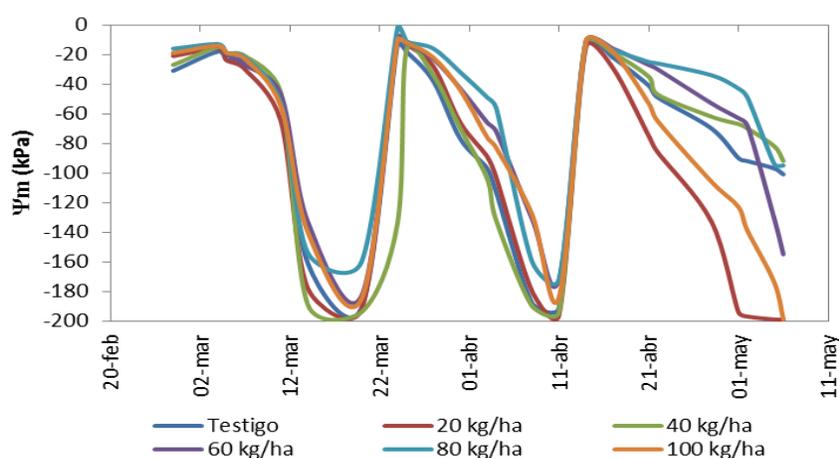
Tratamiento	Riego de germinación (cm)	1er. Riego (cm)	2do. Riego (cm)	3er. Riego (cm)	Lámina Total (cm)
Escenario 1	14.14 (0)	11.54 (46)	8.56 (69)	19.84 (85)	54.10
Escenario 2	14.14 (0)	14.60 (53)	14.01 (69)	----	42.79
Escenario 3	14.14 (0)	14.19 (60)	7.35 (79)	----	35.70

Cabe mencionar que el experimento se realizó en un año donde la ausencia de horas frío tuvo efecto en los rendimientos obtenidos, ya que se presentaron solo 290 horas frío en el ciclo, y este cultivo para obtener rendimientos superiores a las 4 toneladas requiere al menos 340 horas frío (Félix *et al.*, 2009).

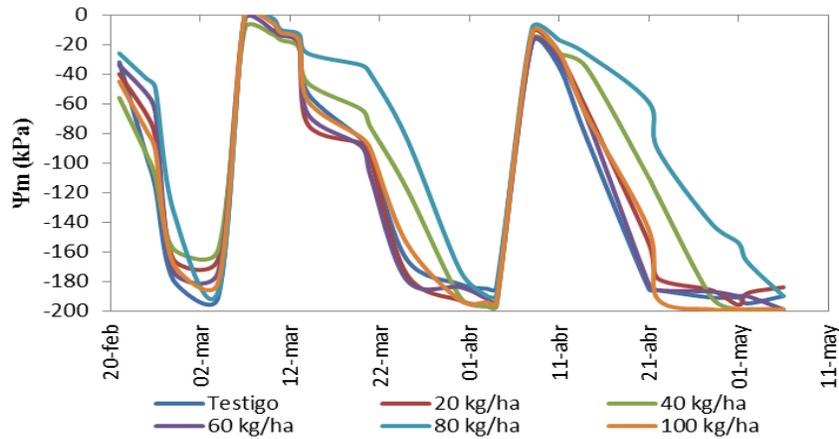
Se calculó la eficiencia en el uso de agua por la planta en base a los datos de rendimiento y agua aplicada en cada tratamiento. Las mejores eficiencias se presentaron en todos los escenarios de disponibilidad de agua en los tratamientos donde se aplicó 20 kg/ha de polímero, donde en el primer y tercer escenario el aumento en la eficiencia respecto al testigo fue de 76%, mientras que en el segundo de 3.3%. Chávez *et al.*, (2010) alcanzó una eficiencia de 36% al aplicar una dosis de polímero de 25 kg/ha.

De acuerdo a los resultados obtenidos con los sensores watermark, en cada uno de los escenarios de disponibilidad de agua con sus respectivas dosis de polímero, se pudo observar que las dosis de 60 y 80 kg/ha presentaron mayor retención de agua al aplicar el riego (Ver figuras 3, 4 y 5), debido a esto, se puede decir que la aplicación de polímero si tiene un efecto en la retención de agua en el suelo.

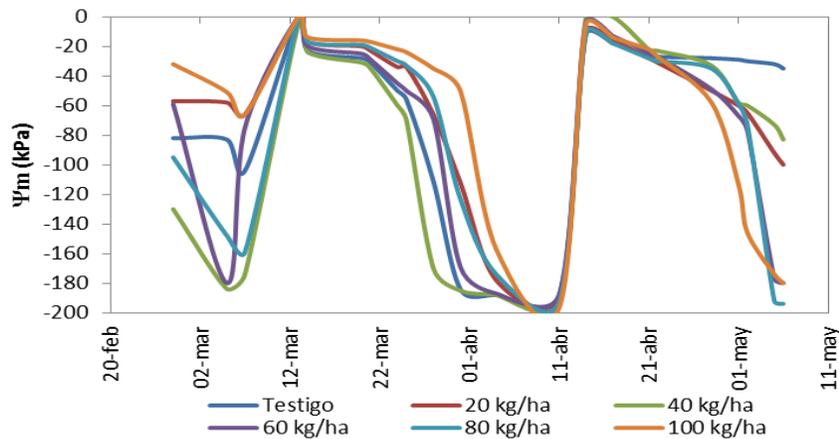
Es importante mencionar que se observan algunas variaciones a causa de algunas precipitaciones presentadas durante el experimento.



**Figura 4.** Potencial mátrico de suelo en el primer escenario de disponibilidad de agua en cada tratamiento de polímero.



**Figura 4.** Potencial mátrico de suelo en el segundo escenario de disponibilidad de agua en cada tratamiento de polímero.



**Figura 5.** Potencial mátrico de suelo en el tercer escenario de disponibilidad de agua en cada tratamiento de polímero.

El contenido de humedad en el suelo aumenta al aplicarse cada riego (valores cercanos a cero) y conforme transcurre el tiempo se aprecia la tendencia de la retención de humedad producida por cada tratamiento.

**Conclusiones.** La aplicación de 20 kg/ha de polímero tiene efecto significativo en el rendimiento, sin embargo, con dosis por encima de esta no muestran aumentos de los rendimientos. Se logra un incremento del 76% en la eficiencia en el uso de agua por la planta con la aplicación de una dosis de polímero de 20 kg/ha.

#### Bibliografía

- Al-Darby A. (1996). The hydraulic properties of sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. *Soil Technology*, Vol. 9: 15-28.
- Barón A., Barrera I., Boada L., Rodríguez G., (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. *Ingeniería e investigación* Vol. 23 (3):35-44.
- Briseño S., Aguilar M. y Villegas J. (2013). Cultivo de la albahaca. Primera edición. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Chávez C., Fuentes C., Ventura E., (2010). Uso eficiente del agua de riego por gravedad utilizando yeso y poliacrilamida. *Terra Latinoamericana* 28: 231-238.
- CONAGUA (Comisión Nacional del agua), 2011. Estadísticas del agua en México, Edición 2011. México. D.F. 8-185.
- Estrada R., Lemus D., Mendoza D., Rodríguez V. (2010). Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Revista Iberoamericana de polímeros* Vol. 12 (2): 76-87.
- Félix J., Figueroa P., Fuentes G., Valenzuela V., Chávez G., Mendoza J. (2010). CIRNO C2008: Variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. INIFAP Valle del Yaqui.

- Félix P., Ortiz J., Fuentes G., Quintana J., Grageda J. (2009). Horas frío en relación al rendimiento de trigo: Áreas de producción del estado de Sonora. INIFAP. Folleto técnico núm. 63.
- Flores A., Valdés C., Rooney W., Olivares E., Zavala F., Gutiérrez A., Vázquez M. (2012). Rendimiento de grano en líneas de sorgo cultivadas bajo riego y riego limitado en Texas. Revista internacional de botánica experimental, Vol. 81: 113-121.
- Ibarra F., Martín M. y Ramírez F. (2004). El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. Revista Técnica Pecuaria en México, vol. 42(1): 1-16.
- Miranda M. y Valdez L. (2011). Respuestas de hortalizas Orientales en dos sistemas de producción bajo condiciones climatológicas del Valle del Yaqui. Revista la sociedad Académica, núm. 38. ITSON. Sonora, México.  
<http://www.uv.mx/personal/julgomez/files/2012/02/revista-numero-38.pdf>
- Ojeda W., Sifuentes E., Unland H. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia 40: 13-25.
- Reyes A. (2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. Revista digital Universitaria (UNAM). Vol. 10.
- Santoyo E. y Quiroz J. (2004). Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México. Gobierno del Estado de México. Secretaría de desarrollo agropecuario. Grupo Produce.

# Estimación Poblacional, Hábitat y Manejo del Guajolote Silvestre en la UMA el Duranguense

Gerardo Daniel de León Mata<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Durango Carr. Dgo.-Méx. km 9.5 Loc Dolores Hidalgo C.P. 34300 biodaniell@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango, Blvd. del Guadiana, No. 501 Ciudad Universitaria, C.P. 34120. Durango, Dgo. México.

**Resumen.** En el presente estudio se determinó el tamaño y la estructura de la población a través del tiempo e identificó la preferencia del hábitat, así como algunas acciones de manejo del guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo mexicana*) en la UMA “El Duranguense”, en el estado de Durango; dicha subespecie es una de las menos estudiadas; se distribuye casi de manera exclusiva en México; tiene un gran valor cinegético y su conservación, manejo y aprovechamiento se lleva a cabo solo en las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA's). Con el uso de un sistema de información geográfico se determinó que la distancia entre los sitios fijos de monitoreo debería ser mayor a 2.2 km. La densidad poblacional se estimó por métodos de observación directa de individuos y captura-marcaje en los años 2003, 2004 y 2005. Se determinó a su vez el tamaño de las parvadas, la proporción de sexos, el reclutamiento de juveniles a la población y se tomaron medidas corporales de los animales. La densidad promedio para el 2003 fue de  $14.5 \pm 4.6$ , para el 2004 fue de  $13.9 \pm 2.5$  y para el 2005 fue de  $14.7 \pm 1.7$  individuos  $\text{km}^2$ , lo que indica que la población se ha mantenido constante con el paso del tiempo. El tamaño promedio de las parvadas en los sitios fijos de observación fue de 23 individuos; la proporción de sexos tuvo un valor de hasta 4.5 hembras por macho y se observó un aumento en el reclutamiento de 0.2, 0.7 y 1.9 individuos por hembra del año 2003 al 2005. Se realizaron 10 trapeo-observación en cinco sitios, en los cuales se capturaron 84 individuos. Los guajolotes machos pesaron entre 7 y 13.2 kg, con longitudes del espolón y el peine de 0 y 3.8 cm y de 6.4 y 36.8 cm, respectivamente. El peso promedio de las hembras fue de 5.6 kg, con un peso máximo de 7.3 kg. En general las hembras carecieron de espolón, pero hubo algunas con peines de hasta 15 cm. En los machos adultos las correlaciones más sobresalientes entre variables morfométricas fueron entre el tarso y el dedo central ( $r=0.8544$ ;  $p<0.001$ ) y entre el peine y el ala ( $r=0.8464$ ;  $p=0.001$ ). El análisis de preferencia del hábitat (Alfa de Manly) determinó que las áreas sembradas con avena fueron altamente preferidas, así como las zonas de transición de pastizales con matorrales y bosques de encino-pino de alturas no mayores a los 5 metros. La UMA está funcionando actualmente como un área de alta concentración de guajolotes y como centro de dispersión de la especie a nivel regional, ya que se han recibido reportes confiables de la presencia de animales marcados (aretados) en otras áreas a más de 45 km de distancia.

**Introducción.** De las cinco subespecies de guajolote silvestre que habitan en Norteamérica la *Meleagris gallopavo mexicana* (guajolote o cócono de Gould) es una de las menos estudiadas (Kennamer, 2005). Esta subespecie se distribuye casi de manera exclusiva en México; aunque existe una pequeña población de estas aves en el sur de Arizona y Nuevo México, en los EE.UU. (NWTF, 2000).

En México se han realizado pocos estudios sobre el guajolote silvestre, los cuales se han enfocado básicamente a aspectos de biología general (Sotomayor, 2000; Valencia y col., 2000; Márquez, 2005).

Aunado a esto también tiene un gran valor cinegético y aún más la subespecie Gould (*Meleagris gallopavo mexicana*) la cual encontramos en el Estado de Durango y que por su distribución reducida en los Estados Unidos, le da un mayor valor agregado para ser comercializada cinegéticamente en México bajo el esquema de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (De León, 2007).

Un requisito fundamental para los estudios de investigación, acciones de manejo y uso de la fauna silvestre es realizar evaluaciones precisas de la densidad de la especie de interés en su hábitat natural (Cobb y col., 2001). En general las poblaciones del guajolote silvestre son muy dinámicas, ya que anualmente pueden presentar fluctuaciones que pueden acercarse al 50% de la media a largo plazo (Mosby, 1967).

Desde hace mucho tiempo se ha buscado un método confiable para determinar el tamaño poblacional del guajolote silvestre (Cook, 1973), incluso se han examinado varios métodos para estimar la abundancia absoluta de algunas

poblaciones del guajolote (Cobb *y col.*, 2001). No obstante, el principal problema que enfrentan los manejadores de la especie es la determinación del tamaño y las tendencias de las poblaciones con exactitud, precisión y poder estadístico a un costo razonable; sin embargo, en la práctica un valor exacto de la población puede ser innecesario (Kurzejeski *y col.*, 1992).

Algunas especies animales se pueden contabilizar para evaluar la población dentro de un área bien definida, realizando estimaciones basadas en muestras, las cuales tienen cierta variabilidad, pero permiten hacer inferencias sobre el tamaño y las tendencias de la población (Seber *y col.*, 1999). En general, en los estudios sobre población del guajolote silvestre ha sido conveniente el realizar conteos directos, debido a que pueden ser fácilmente cebados y atraídos hacia sitios de observación. Sin embargo, las medidas de abundancia relativa para estimar las tendencias y los cambios poblacionales son las mejores herramientas que podemos utilizar en la actualidad (De León 2007).

Bajo estas consideraciones el presente estudio pretende generar información sobre el tamaño y la estructura de la población a través del tiempo e identificando la preferencia del hábitat, así como algunas acciones de manejo en una UMA del estado de Durango.

## **Materiales y Métodos.**

**Área de estudio.** El estudio se realizó la Unidad de Manejo para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) “El Duranguense”, tiene una superficie de 10,378 ha, localizada en la parte central del Estado de Durango, en el municipio de Canatlán, a 82 km. de la ciudad de Durango. Geográficamente se ubica entre las coordenadas 24° 27' 31" de latitud Norte y 104° 55' 54.6" de longitud Oeste (Figura 1).

**Muestreo y estimación poblacional del guajolote silvestre.** La estimación poblacional de guajolote se realizó utilizando el método de conteo de animales en sitios fijos de observación, entre las tres primeras horas al amanecer y las tres últimas antes de anochecer. Se realizaron tres muestreos por sitio en los meses de febrero y marzo del 2003, 2004 y 2005, ubicando un observador por cada sitio; esto en el mismo periodo de tiempo, con el fin tratar de evitar la sobrestimación de la población de guajolotes en el área.

Los sitios de muestreo se eligieron por ser zonas de avistamientos frecuentes de guajolotes. En ellos se establecieron alimentadores con maíz y avena para estimular a los guajolotes a visitar los sitios, con tres propósitos: (1) tener mayor probabilidad de encuentro de los cóconos que habitan dentro del área de influencia del cebadero, (2) cuantificar el número de individuos que visitaron los sitios e identificar el sexo y edad de cada ave y (3) capturar aves para su marcaje con aretes plásticos de colores y numerados en ambas alas para posteriormente liberarlos, buscando la posibilidad de observarlos en futuros muestreos.

Se trazó una circunferencia de 380 ha sobre cada sitio fijo de observación, estimando así la distancia mínima entre estos, considerando que cada centro de atracción o de cebado tiene una influencia de 3.8 km<sup>2</sup> o 380 ha, de acuerdo a que ésta es el área núcleo o de máxima actividad del guajolote silvestre que se estimó mediante la técnica de radio-rastreo utilizada en la Reserva de la Biosfera la Michilía durante 4 años, de 1992 a 1995 (Garza, 2005).

A partir de los datos obtenidos en los sitios fijos de observación se obtuvo el promedio de individuos observados y su respectivo error estadístico, en la superficie muestreada 3.8 km<sup>2</sup> por sitio y se extrapoló al total de la superficie de hábitat para guajolote silvestre en el predio, obteniéndose la densidad poblacional.

**Estructura y tamaño de las parvadas.** La estructura de la población se estimó al considerar 5 categorías: machos y hembras adultos de más de un año de edad, machos y hembras juveniles de menos de un año de edad e individuos no identificados.

En cuanto al tamaño de las parvadas se registró la cantidad de individuos por grupo, obteniendo el número de grupos. Adicionalmente se obtuvieron algunas observaciones eventuales de parvadas de guajolotes en recorridos al predio de manera eventual e independientes a los muestreos poblacionales antes mencionados, así como también observaciones hechas por algunos cazadores en la temporada cinegética, principalmente en primavera y principios del verano; las cuales se consideraron de gran importancia ya que se obtuvieron cuando se da la segregación de las grandes parvadas invernales, lo que fue un punto de comparación con los muestreos en sitios fijos de observación, de estructura y

tamaño de las parvadas, así como la proporción de sexos y reclutamiento. Estos datos se analizaron con estadística descriptiva.

**Proporción de sexos y reclutamiento.** La proporción de sexos de todos los individuos observados se calculó aplicando el cociente entre ambos sexos. Mientras que para estimar la proporción sexual entre individuos potencialmente reproductivos se consideró exclusivamente a los machos adultos y a las hembras juveniles y adultas, debido a que los machos alcanzan su edad reproductiva hasta los dos años, mientras que las hembras a los 10 meses (Leopold, 1977; Eaton, 1992).

El reclutamiento o incorporación de nuevos individuos a la población se calculó mediante el cociente entre juveniles de ambos sexos y hembras adultas.

**Captura y marcaje de guajolotes.** La captura y marcaje de aves se realizó en los sitios fijos de observación y conteo, para lo cual se colocaron redes de caída de 10 x 10 m (drop nets). La red es sostenida y tensada por cuatro postes periféricos y un poste central que la mantiene suspendida a 2 m de altura. El poste central sostiene un disparador mecánico que es accionado manualmente mediante un lazo por una persona escondida a 40 m de la red. A cada ave se pesó, se tomaron sus medidas corporales y se marcó en las alas con arete tipo ganadero numerados y de diferente color de acuerdo al sitio de captura.

**Datos morfométricos de los guajolotes capturados y cazados.** Se obtuvieron datos de las medidas corporales de animales capturados en 2004 y 2005, así como de los animales cazados en 2003, 2004 y 2005. Las medidas fueron tomadas con una cinta métrica y una báscula electrónica. En los animales capturados se obtuvieron el peso, la longitud del tarso, del espolón, del dedo central, de la cola, del ala, largo y ancho del pico, así como la longitud del peine o barba. En los animales cazados se obtuvieron el peso y las longitudes del tarso, del cuerpo total, de las alas, del espolón y del peine o barba.

Se realizó un análisis de estadística descriptiva por sexo y edad para cada año, utilizando el programa STATISTICA 6.0.

**Sitios de importancia para guajolote silvestre en la UMA.** Los sitios de importancia definidos correspondieron a los bordos de agua, arroyos principales, alimentadores temporales y sitios de percha. Algunos fueron georeferenciados en el terreno utilizando un geoposicionador satelital (Garmin XL-12) y otros fueron obtenidos por cartografía digital. Estos elementos obtenidos por medio del GPS fueron transferidos a la computadora por medio del software Oziexplorer y posteriormente accesados al Arc View 3.3.

**Tipos de vegetación y preferencia de hábitat del guajolote silvestre.** Los tipos de vegetación fueron determinados a partir de la rodalización en campo y utilizando el programa Arc View 3.3, se fusionaron los rodales que correspondían al mismo tipo de vegetación, obteniéndose así el mapa de los tipos de vegetación del predio. A partir de la georeferencia de los sitios donde se determinó la presencia de guajolote silvestre (sitios de percha o dormideros, alimentadores temporales, sitios fijos de observación, observaciones eventuales y sitios de cacería) y mediante el SIG se trazó un círculo sobre cada sitio (área buffer) con una superficie de 3.8 km<sup>2</sup> (área de máxima actividad).

Si el círculo fue único alrededor del sitio, se identificaron los tipos de vegetación que prevalecieron en el área buffer y se calculó la superficie y proporción de cada uno de ellos. Si existió traslape entre varias áreas por su cercanía, los polígonos se fusionaron para conformar una sola poligonal. De las poligonales resultantes se estimó la superficie y proporción de cada tipo de vegetación.

La disponibilidad de cada hábitat se obtuvo a partir de la proporción de los diferentes tipos de vegetación en el predio por sitio. Mientras que la relación guajolote – hábitat se determinó mediante el índice de preferencia Alfa de Manly, que evidencia el grado de selectividad hacia los diferentes hábitats usados, usando el programa Prefer (Manly y col., 1972; Krebs 1989).

Se utilizaron las proporciones de cada hábitat existentes en el predio, contrastándolos con los tipos de hábitat donde se determinó la presencia de guajolotes, de acuerdo a:

$$\alpha_i \approx \frac{r_i}{n_i} \frac{1}{\sum \left( \frac{r_j}{n_j} \right)}$$

Dónde:  $\alpha_i$  = índice de preferencia,  $r_i$   $r_j$  = proporción de hábitat utilizado, ( $i$  y  $j$  = 1, 2, ...  $m$ ),  $n_i$ ,  $n_j$  = proporción de hábitat en el predio y  $m$  = número de hábitat posibles. Si  $\alpha_i > 1/m$ , el hábitat es preferido y si  $\alpha_i \leq 1/m$ , el hábitat no es preferido.

En donde los hábitat preferidos presentan un valor igual o mayor al obtenido por el Alfa de Manly general. Alfa es el resultado de una división entre el número de hábitat disponibles en el predio y el número de hábitat en donde se encuentran los sitios a comparar.

## Resultados

**Muestreo y estimación de la población del guajolote silvestre.** La densidad de la población promedio en la UMA El Duranguense expresada en individuos  $\text{km}^2$  para el 2003 fue de  $14.5 \pm 4.6$ , para el 2004 fue de  $13.9 \pm 2.5$  y para el 2005 fue de  $14.7 \pm 1.7$  individuos  $\text{km}^2$  (Figura 2). Estos resultados indican que la población se ha mantenido constante con el paso del tiempo. Se determinó que la distancia mínima entre los sitios fijos de observación debe ser mayor a 2.2 km.

**Estructura y tamaño de las parvadas.** Durante los muestreos se observaron parvadas de guajolotes en 103 ocasiones. Se encontró que existen diferencias en el tamaño de las parvadas determinadas por los muestreos de cada año en los sitios fijos de observación; las parvadas estuvieron compuestas por un máximo de 47 y un mínimo de 5 guajolotes, con un promedio de 23 individuos por parvada y conformadas por ambos sexos; mientras que el tamaño de las parvadas determinado por las observaciones eventuales fue menor, observándose un total de 48 parvadas con un rango de 6 a 18 individuos y compuestas principalmente por hembras.

**Proporción de sexos y reclutamiento.** De acuerdo a las observaciones eventuales se determinó que la proporción de sexos de la población es prácticamente de uno a uno; en contraste, los conteos en los sitios fijos de observación para los tres años ( $n=103$ ) indican un valor promedio de hasta 4.5 hembras por macho. La proporción de sexos reproductivos por observaciones eventuales es cercana a una hembra por macho; en cambio en sitios fijos de observación se obtuvo un promedio de entre 2.1 a 2.3 hembras por macho adulto.

Por otra parte, mediante las observaciones eventuales ( $n=48$ ) se estimó un reclutamiento promedio de 0.4 individuos por hembra; mientras que en los sitios fijos de observación se observó un aumento en el reclutamiento de 0.2, 0.7 y 1.9 individuos por hembra en los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.

**Captura y marcaje de guajolotes.** Durante las 10 capturas realizadas, se capturaron 84 individuos: 12 machos adultos, 18 machos juveniles, 13 hembras adultas y 41 hembras juveniles. El número de trapeo-observación por sitio fue: 4 en La Fresada con 46 individuos capturados y marcados con aretes rojos; 2 en La Pistola con 20 individuos capturados, estos marcados con aretes blancos; 2 en El Aire con solo 5 individuos capturados y marcados con aretes verdes y por último 2 en Cotorras-Ricardo con 13 individuos capturados y marcados con aretes amarillos. Veintiocho de los 46 individuos de La Fresada fueron capturados, marcados y liberados en una sola tarde.

Se tuvieron pocas reobservaciones y ninguna dentro de los periodos de monitoreo de este trabajo, sin embargo se tuvieron reportes confiables de la presencia de animales marcados en la UMA El Duranguense en otras áreas, incluso en otras UMAs como La Vieja ubicada a una distancia de 15 km, La Quinta a 33 km, Salvador Allende a 35 km y el predio Los Lobos a 46 km.

**Datos morfométricos de guajolotes capturados y cazados.** Los resultados muestran que los pesos de los guajolotes machos fluctúan entre 7 y 13.2 kg. Los animales cazados con menor peso corresponden por lo general a machos jóvenes, de acuerdo al peso de juveniles obtenidos durante las capturas (Cuadros 1 y 2).

Las longitudes del espolón y el peine, promediaron entre 1.5 y 2.1 cm (con rango de 0 y 3.8 cm) y entre 23.1 y 26.3 cm (con rango de 6.4 y 36.8 cm), respectivamente. Cabe mencionar que en la temporada cinegética del año 2004 se

registraron un macho con 5 peines y otro con 6. Los mayores espolones y peines se registraron en la temporada cinegética abril-mayo del 2005 (Cuadro 2).

El peso promedio de las hembras fue de 4.3 a 5.6 kg, registrándose un peso máximo de 7.3 kg. En general carecieron de espolón, pero se capturaron hembras con peine de hasta 15 cm.

**Sitios de importancia para guajolote silvestre en la UMA.** Se ubicaron 37 sitios de percha o dormitorios, 13 abrevaderos o bordos de agua, 8 arroyos y 18 alimentadores temporales de los cuales sólo se utilizaron cuatro para realizar la estimación poblacional (Figura 3).

Los sitios de percha se encontraron en promedio a 516 m de distancia de alguna fuente de agua ya sea arroyo o abrevadero con un rango de 100 A 800 m. Mientras que los alimentadores se encontraron a una distancia de entre 140 a 1600 m con un promedio de 1,016 m de alguna fuente de agua y a no más de 1 km de algún sitio de percha con un mínimo de 240 m. Los sitios de percha se encontraron en su mayoría en cañadas con exposición este.

**Tipos de vegetación y preferencia de hábitat del guajolote silvestre.** La UMA consta de seis tipos de vegetación, siendo el más importante el bosque de encino-pino (48.6 %) y el pastizal en segundo lugar (18 %). En torno a los sitios de percha se desarrollaron zonas buffer (zonas de influencia) que por la cercanía entre varios de esos sitios, generaron 5 grandes polígonos en conjunto, áreas de importancia para conservar las poblaciones de guajolote silvestre. De igual manera, la concentración de alimentadores permitió identificar 5 zonas de influencia de estos, que en general coincidieron con los sitios de percha por la cercanía entre ellos.

De acuerdo al análisis realizado en el programa Prefer (Kreebs, 1989), se obtuvo un valor de Alfa de Manly = 0.111. Los dormitorios, comederos y sitios de monitoreo poblacional se encontraron principalmente en lugares con alto porcentaje de bosques de encino-pino mezclado con pastizales y vegetación diversa determinándose cierta preferencia del hábitat disponible a los alrededores de los sitios antes mencionados (Cuadro 3).

En los dormitorios, comederos y sitios de monitoreo poblacional, las áreas agrícolas fueron altamente preferidas, a pesar de estar en baja disponibilidad en el predio (0.7 %). En estas áreas se siembra avena (*Avena sativa*), forraje que es consumido por los guajolotes con regularidad. Otra tipo de hábitat muy preferido fue el de vegetación diversa compuesta por especies pastizales con matorrales y bosques de encino-pino de alturas no mayores a los 5 metros, zonas que los guajolotes utilizan para pernoctar y alimentarse.

Los bosques de encino-pino a pesar de su gran disponibilidad en el predio obtuvieron los valores más bajos de preferencia. Por otra parte los pastizales y cuerpos de agua pastizales solo fueron preferidos en las zonas de comederos (Cuadro 3).

**Discusión.** El área de máxima actividad está definida con por lo menos el 50% del ámbito hogareño y en este trabajo se define como la influencia de los alimentadores sobre los animales (3.8 km<sup>2</sup>), lo cual permite realizar un análisis de densidad, ya que se está definiendo un área de muestreo relacionada a las abundancias obtenidas por sitio. (Thogmartin, 2000) atribuye la variación en el tamaño del ámbito hogareño principalmente a las diferencias en edad y masa corporal de los guajolotes. También encontró que el promedio de movimientos diarios de los adultos era de 438 ± 22 m al día y fue aproximadamente mayor en un 20% para los juveniles. Abril y Junio corresponden al periodo de grandes movimientos diarios para ambas clases de edad, sin embargo los adultos se mueven menos que los juveniles por la entrada del periodo reproductivo. (Zornes, 1993) encontró que en promedio el movimiento diario de los guajolotes fue de 2.2 km diarios. (Lafón, 1997) encontró un rango de movimientos diarios de 1 a 6.1 km, relacionados aparentemente con las principales actividades de los guajolotes.

De acuerdo a lo anterior se refuerza la metodología utilizada en este trabajo ya que un monitoreo sistemático y considerando el área de máxima actividad y sus movimientos, permitirá obtener una mayor precisión en la estimación poblacional.

La densidad de la población promedio obtenida en la UMA El Duranguense mostró que son valores poblacionales altos para el Estado de Durango, de acuerdo a lo encontrado en al menos seis UMA's del Estado donde se aplicó el mismo criterio de monitoreo que en este trabajo, lo cual pude obedecer a que no existe protección de la especie ni manejo de la misma en dichos predios.

En UMA's manejadas con alimento suplementario se pensaría que disminuyen necesariamente los movimientos de los guajolotes, dado que sus actividades las realizan principalmente en torno al área de influencia de los alimentadores. Sin embargo, con este estudio se observó que los movimientos de la especie son amplios y que a pesar del manejo efectuado por alimentación suplementaria y vigilancia constante, el comportamiento propio de la especie y las necesidades de dispersión favorecen una dinámica natural, ya que se recibieron reportes confiables de la presencia de animales marcados (aretados) en otras áreas, incluso en otras UMAs o predios relativamente cercanos, encontrándose éstas a distancias de 15 hasta 46 km.

Las diferencias en estructura y tamaño de las parvadas, así como la proporción de sexos y reclutamiento entre los datos obtenidos de los monitoreos poblacionales y las observaciones eventuales se debió principalmente a que los monitoreos se hicieron en febrero y marzo, cuando los guajolotes forman grandes parvadas invernales; mientras que las observaciones eventuales fueron hechas después las temporadas cinegéticas, lo cual influyó porque en este período se segregan las parvadas invernales. (Healy, 1992) menciona que cuando el alimento escasea las parvadas se concentran reduciendo su área de distribución, en contraste cuando el alimento es abundante se dispersan.

Refiriéndonos a los valores de proporción de sexos y reclutamiento, los datos obtenidos en este estudio mostraron similitud a los obtenidos por (Garza, 2005) en la Reserva de la Biosfera La Michilía.

En cuanto a las medidas corporales tomadas para animales capturados y cazados para ambos sexos, tanto juveniles como adultos, muestran gran similitud con los datos obtenidos en Chihuahua por (Lafón, 1997).

Con la técnica de captura-marcaje es difícil cumplir con los supuestos y la probabilidad de captura no es la misma. Además es costosa y requiere mucho esfuerzo humano, por lo que no se recomienda el uso de esta técnica como apoyo a los monitoreos, a menos que sea para investigación o para traslocaciones.

Los sitios de percha se sitúan, en lugares estratégicos, de preferencia cerca de donde haya agua, alimento y tengan protección contra los depredadores y el clima (Márquez, 2005).

En este estudio la mayoría de los dormideros se localizaron en cañadas con exposición este, lo que coincide con las observaciones de otros autores (Rumble, 1992; Márquez, 2005). Además, se encontraron en promedio a 516 m de distancia de alguna fuente de agua ya sea arroyo o abrevadero con un rango de 100 A 800 m.

(Goerndt, 1983) encontró que los dormideros en verano a una distancia promedio del agua de 1,670 m y en el invierno de 322 m. Mientras que (Lafón, 1997) en Chihuahua los encontró en promedio de 146.6 m y entre un rango de 10 a 540 m.

Las áreas agrícolas de avena fortalecen las acciones de manejo, contribuyendo en la disminución de la mortandad invernal y garantizan el reclutamiento de nuevos individuos a la población. Sin embargo, para determinar el efecto real sobre la población es necesario realizar un estudio más profundo.

De acuerdo al análisis de preferencia de hábitat, se definió que las zonas agrícolas y las de vegetación diversa fueron altamente preferidas; las primeras debido a que son áreas donde se siembra avena (*Avena sativa*), forraje que es consumido por los guajolotes con regularidad. En cuanto a las de vegetación diversa (zonas de transición de bosques de encino-pino de alturas no mayores a los 5 metros, mezclados con pastizales y matorrales), son zonas donde se encuentra una alta diversidad de especies vegetales, que proporcionan alimento para los animales en varias épocas del año. A este respecto, Márquez (2005) menciona que debido a las bajas temperaturas y sequía, durante los últimos y los primeros meses del año, el alimento es escaso para el guajolote silvestre en su hábitat natural, de manera que ellos y otras especies silvestres y domésticas aprovechan los granos cultivados para alimentarse (maíz y avena, entre otros) los cuales encuentran en los comederos o cebaderos y en los sembradíos de milpas aledañas.

(Schmutz y col., 1990) encontraron una aparente preferencia de micro-hábitat por áreas con alta presencia de pastos. (Lafon y col., 1997) menciona que los guajolotes pueden ser encontrados en varios tipos de hábitat en su área de distribución en México; sin embargo, el bosque de encino y el de encino-pino fueron los hábitats preferidos. (Garza y col., 1993), obtuvieron que el hábitat de bosque de encino-pino con abundantes gramíneas era el de mayor preferencia por los guajolotes. (Wakeling y col., 2001) encontraron que los guajolotes usan preferentemente los bosques con asociaciones de pino y pastizales. (Garza, 2005), encontró que el bosque de encino-pino con pastizales y el manzanillar con encinos fueron los hábitat con mayor preferencia.

**Conclusiones.** Los monitoreos poblacionales en la UMA “El Duranguense” muestran una tendencia poblacional que se ha mantenido constante en el tiempo.

El método de observación y conteo directo de guajolotes en sitios preservados es de gran utilidad para estimar las poblaciones de la especie.

La captura y marcaje de guajolotes es un método muy útil, pero requiere de una fuerte inversión de tiempo y dinero para desarrollarlo, por lo que se recomienda utilizarlo sólo con fines científicos o de manejo y uso intensivo.

El marcaje puede resultar importante en el mediano y largo plazo, dado que proveerá de información muy valiosa sobre longevidad, edades de individuos cazados y movimientos de los guajolotes.

El bosque de encino-pino es el hábitat que prevalece en la UMA. Sin embargo, las zonas de cultivo de avena se prefieren altamente por la especie a pesar de que su disponibilidad en el predio es baja; así como las áreas de vegetación diversa.

La ubicación de las áreas de descanso nocturno representan acciones encaminadas a la conservación de la especie, ya que la vigilancia se podrá orientar hacia las mismas con mayor incidencia, además de implementar una estrategia de mínima perturbación de las áreas.

### **Bibliografía**

- Cobb, D.T., J.L. Kalso y G.W. Tanner. (2001). Refining population estimation and survey techniques for wild turkeys. *Proceedings of the National Wild Turkey Symposium* 8:179-185.
- Cook, R.L. 1973. A census technique for the Rio Grande turkey. *Proceedings of the National Wild Turkey Symposium* 2:279-283.
- De León, G.D. 2007. Estimación poblacional, hábitat y manejo del Guajolote Silvestre en el Rancho El Duranguense, Canatlán, Durango. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de El Salto P.N. Durango. 79pp.
- Eaton, S.W. 1992. Wild Turkey. P.p. 1-28, *In: The Birds of North America*, No. 22. A. Poole, P. Stettenheim y F. Gill (Eds.). Philadelphia: The Academy of Natural Sciences, Washington, DC: The American Ornithologists' Union.
- Garza, A. 2005. Biología, ecología y alimentación del Cócono Silvestre en Durango (*Aves: Meleagris gallopavo*). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Garza, A. y J. Servín. 1993. Estimación de la Población y Utilización del Hábitat del Cócono Silvestre (*Meleagris gallopavo*, *Aves: Phasianidae*) en Durango, México. *Ecología Austral* 3:15-23.
- Goerndt, D.L. 1983. Merriam's turkey habitat in relation to grazing and timber management of a mixed conifer forest in southcentral New Mexico. Tesis de Maestría. New Mexico State University. Las Cruces, NM. 96 pp.
- Healy, W.M. 1992. Behavior. pp. 46-65 *In: Dickson, J.G. (Ed.). The Wild Turkey: Biology and Management*. Stackpole Books. Harrisburg, Pennsylvania.
- Kenamer, M.C. 2005. Gould's Wild Turkey (*Meleagris gallopavo mexicana*). National Wild Turkey Federation Edgefield, SC. Wildlife Bulletin No. 5. [http://www.nwtf.org/conservation/bulletins/bulletin\\_05.pdf](http://www.nwtf.org/conservation/bulletins/bulletin_05.pdf) (10-10-2005)
- Krebs, C.J. 1989. Ecological methodology. University of British Columbia. Harper & Row Pub. New York. 654 pp.
- Kurzejeski, E.W. y L.D. Vangilder. 1992. Population management. 165-184 *In: J.G. Dickson, editor. The wild turkey: biology and management*. Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania, USA.
- Lafón, A. 1997. Distribution, habitat use and ecology of Gould's turkey in Chihuahua, México. Tesis Doctoral. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico. 155 pp.
- Leopold, A.S. 1977. Fauna Silvestre de México. IMERNAR. México, D.F.
- Manly, B.F.J., P. Miller y L.M. Cook. 1972. Analysis of selective predation experiment. *American Naturalist* 106:719-736.
- Márquez, M. 2005. Dieta y sitios de percha del guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo mexicana* Gould, 1856) reintroducido en la “Sierra Fría” de Aguascalientes. Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados. Edo. de México. 105 pp.
- Mosby, H.S. 1967. Population dynamics. pp.113-136 *In: O. H. Hewitt (Ed.) The wild turkey and its management*. The Wildlife Society, Washington, D.C.
- National Wild Turkey Federation (**NWTF**). 2000. Making tracks: wild turkey management for the new millennium; Proceedings of the Eighth National Wild Turkey Symposium: (Eds.) William F. Porter and Kathleen K. Fleming. Augusta, Georgia, June 5-9.

- Rumble, M.A. 1992. Roosting habitat of Merriam's turkeys in the Black Hill, South Dakota. *Journal of Wildlife Management* 56:750-759.
- Schmutz, J.A., C.E. Braun y W.F. Andelt. 1990. Brood habitat use of Rio Grande Wild Turkeys. *Prairie National* 22:177-184.
- Seber, G.A.F. y C.J. Schwarz. 1999. Estimating animal abundance: *Review III. Statistical Science* 14:427-456.
- Sotomayor, J.C. 2000. Guajolote norteño. Pp 404-405 *In*: Ceballos, G. y Márquez, V.L. (Eds.). Las aves de México en peligro de extinción. CONABIO. México D.F.
- Thogmartin, W.E. 2000. Home-range size and habitat selection of female wild turkeys (*Meleagris gallopavo*) in Arkansas. *American Midland Nature* 145:247-260.
- Valencia, O.G. y López, S.E. 2000. Uso-disponibilidad de hábitat y presencia de enfermedades en el guajolote de Gould en el suroeste del estado de Sonora. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del estado de Sonora (IMADES). Reporte final. 24 p.
- Wakeling, B.F., S.R. Boe, M.M. Koloszar y T.D. Rogers. 2001. Gould's turkey survival and habitat selection modeling in Southeastern Arizona. *Proceedings of the National Wild Turkey Symposium* 8:101-108.
- Zornes, M.L. 1993. Ecology and hábitat evaluation of Gould's wild turkeys in the Peloncillos mountains, New México. M.S. Thesis. New México State Univesity. Las Cruces. 117pp.

# Vegetales Arbustivos (*Ricinus Communis L.*) para Pulpa Blanqueable y su Viabilidad Técnica para Papel de Impresión

Teófilo Escoto García, José Guadalupe Rutiaga Quiñones, Antonio Rodríguez Rivas, José de Jesús Rivera Prado, Rocío Orihuela Equihua.

Departamento de madera celulosa y papel (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara<sup>1</sup>.  
Facultad de tecnología de la madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo<sup>2</sup>.

## Resumen

Se realizó un estudio para obtener pulpa a la sosa blanqueable a partir de *Ricinus communis L.*, determinando como objetivo principal su viabilidad técnica como componente fibroso en la fabricación de papel de escritura e impresión. Las variables de cocción para los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) fueron; temperatura 160 - 175°C, reactivo 25 - 30 % y tiempo 120 - 150 minutos; a las pulpas se les determinó el rendimiento, número de kappa y se evaluaron mediante curvas de refinación. La pulpa óptima se blanqueó con secuencia O D OP D y se evaluó mediante curva de refinación, determinando también la blancura, opacidad y viscosidad. Para el análisis morfológico se determinaron los coeficientes de rigidez, flexibilidad e índice de Peteri de acuerdo a la relación Runkel. Las condiciones óptimas para la obtención de pulpa fueron 25 % reactivo, 160 °C y 120 minutos; el tiempo de refinación fue de 26 minutos. La blancura y viscosidad fue de 86.86 % y 10.75 cp respectivamente. El análisis morfológico reportó que la fibra de esta planta tiene un índice de rigidez de 0.318 y una relación Runkel de 0.473, lo cual indica de acuerdo a estos parámetros, que las fibras son aptas para fabricar papel.

**Palabras clave:** Arbustivos, *Ricinus communis L.*, blanqueo de pulpa, papel de impresión.

## 1. Introducción

La madera representa el porcentaje de consumo más alto (88 %) a nivel mundial para la producción de papel y cartón (88 %). De ese porcentaje el 68 % es de coníferas y solamente el 20 % es de maderas duras o latifoliadas. El resto de vegetales no maderables, arbustivos y plantas anuales (12 %) se sabe muy poco sobre su aprovechamiento a escala industrial, aunque existen referencias sobre su uso en productos artesanales y como combustibles (leña y carbón). Referente al uso del tallo del ricinus para papel (figura 1), Nagaty y col. (1982) señala que el papel obtenido a partir de pulpas alcalinas en dos etapas de cocción, mostró muy buenas resistencias al doblez y a la explosión.

En otro estudio químico y morfológico, Agarwal y col. (1992) indican que estas plantas contienen alfa celulosa dentro de un rango de 42 a 70 % por lo cual pueden ser consideradas como fuente de materia prima fibrosa para papel. Por su parte Medina y col. (1996) mencionan también que por sus características morfológicas el *Ricinus communis L* tiene un potencial promisorio como fuente de fibra para papel, principalmente en países tropicales que tienen alta densidad poblacional y limitados recursos naturales.

El papel para escritura e impresión, se fabrica a partir de pulpa química al sulfato y/o a la sosa blanqueada (con peróxido, sosa y dióxido de cloro) a partir de maderas de coníferas (70 %) y latifoliadas (30 %), con propiedades que incluyen buena capacidad de resistencia superficial, blancura, opacidad, acabado liso y uniforme (Asenjo y col., 1992).

Con base en lo anterior, el objetivo principal del estudio fue el obtener celulosa a la sosa blanqueable a partir de un vegetal arbustivo y de rápido crecimiento que pudiera ser considerado de acuerdo a sus características técnicas y morfológicas en la fabricación de papel bond.

## 2. Métodos

La muestra de *Ricinus communis L.*, se tomó de un espécimen de 4 años con un diámetro promedio de 12 cm, de una plantación realizada en campo experimental Bosque Escuela de la Universidad de Guadalajara (Cuxpala Jalisco); el cual se cortó y luego se separaron el tallo y ramas principales, se descortezaron manualmente y finalmente se fraccionaron en astilladora Bruks 980 AH.

Las cocciones de astillas (1000 g en base seca) para obtener pulpa celulósica, se llevaron a cabo en un digestor “Bach” de acuerdo a un diseño con tres variables y dos niveles; reactivo 25 - 30 %, temperatura 160 - 175 °C, tiempo 120 - 150 minutos y un hidromódulo 5:1 para los cuatro tratamientos (tabla 1).

Las astillas cocidas fueron desfibradas en un refinador de discos Sprouth Waldron para obtener la pulpa y determinar el número de Kappa y viscosidad. Las pulpas se depuraron en equipo Lorentzen Wettre con placa 0.25 mm; posteriormente se evaluaron mediante curvas de refinación en molino Jokro según norma ISO 5264/3 a diferentes tiempos de refinación 0, 6, 12, 14 y 26 minutos y se formaron hojas estándar en equipo Rapid Köthen según norma ISO 5269/2. Los ensayos fisicomecánicos realizados fueron; espesor (T 411), porosidad (T 460), resistencia al rasgado (T 414), al doblaje (T 511), a la explosión (T 403) y resistencia a la tensión (T 404).

La pulpa del tratamiento T1 fue seleccionada para blanqueo de acuerdo al bajo número de kappa y mayor viscosidad, aplicándose en este caso cuatro etapas: O D O/P D, luego se determinó la blancura de la pulpa (figura 2) y sus propiedades mediante curvas de refinación, formación de hojas y pruebas fisicomecánicas de acuerdo a normas Tappi.

Para el análisis micrográfico se utilizó un microscopio Wild Heerbrugg M 29799 (figura 3), mediante el cual se realizaron mediciones de longitud, diámetro externo y diámetro interno de las células fibrosas para poder calcular los índices de calidad, de acuerdo a Santiago y col. (2002). Posteriormente se calcularon los índices morfológicos y la calidad de fibra, relacionando la longitud de fibra con el espesor de pared según Tamarit (1996).

## 3. Resultados y Discusión

Respecto al tiempo de refinación, en la gráfica 1 se observa que los tratamientos T2, T3, T4 y T1B con 26 minutos de refinación, presentan grados de refinación muy similares (40 a 47 °SR), sin embargo el tratamiento T1 presenta mayor grado de refinación (58 °SR). En la gráfica 2 se observa que entre 40 y 55 °SR el índice de explosión en los tratamientos T2 (6.26 Kpa.m<sup>2</sup>/g) y T3 (5.91 Kpa.m<sup>2</sup>/g) presentan mejor resistencia que los tratamientos T1, T2, T3 y T1B (entre 4.85 y 5.43 Kpa.m<sup>2</sup>/g).

En la gráfica 3 se observa que entre 20 y 30 °SR, el índice de rasgado fue más alto en los tratamientos T4 (2.5 Nm<sup>2</sup>/Kg) y T1B (1.9 Nm<sup>2</sup>/Kg). En la gráfica 4 se observa que entre 42 y 58 °SR los tratamientos con mejor índice de tensión fueron el T2 (70 N.m/g) y T4 (70 N.m/g).

Comparativamente con Nagaty y col. (1982), éste reportó un índice de tensión equivalente de 34.78 a 46.50 N.m/g, un índice de explosión de 4.28 a 6.03 kPa.m<sup>2</sup>/g, un índice de rasgado de 2.61 a 2.81 Nm<sup>2</sup>/kg y un doblaje de 660 a 1837, los cuales son inferiores en índice de tensión (67.8 a 70.57 N.m/g) e índice de explosión (4.9 a 6.26 Kpa.m<sup>2</sup>/g); sin embargo, en índice de rasgado (1.76 y 2.48 Nm<sup>2</sup>/kg) y resistencia al dobles (477 a 706 dobleces) son mejores a los obtenidos en este estudio. Respecto a los resultados obtenidos en la pulpa blanqueada del tratamiento T1B, se observa que la blancura (86.86 %), opacidad (92.06 %) y viscosidad (10.75 cp) se encuentran dentro de especificaciones a nivel industrial (80/86 % blancura, 80/95 % opacidad y 8 a 15 cp) proporcionados por la Planta industrial de celulosa y papel Scribe de Morelia Michoacán. Las dimensiones de la fibra de *Ricinus communis L.*, en su longitud promedio (1058 µm), diámetro (27.4 µm), lumen (18.6 µm) y espesor de pared (4.4 µm), son superiores a los reportados por Agarwal y Bansal (1992) para este tipo de vegetal. De acuerdo a Tamarit, (1996) la relación de Runkel indica que las fibras tienen un grado II “Muy Buena” para producir papel de buena calidad. El coeficiente de rigidez expresado en porcentaje (31.8%), de acuerdo a Santiago y col. (2002) es apto para fabricar papel. Comparativamente el índice Runkel y el coeficiente de rigidez reportados por Esquivel et al (2007) son mejores a los reportados por Agarwal y col. (1992).

#### 4. Conclusiones

Con respecto al objetivo principal planteado en este estudio se puede decir que con respecto al proceso de obtención, se obtuvieron mejores propiedades fisicomecánicas en los niveles bajos de aplicación para el % de reactivo y tiempo de cocción, indicándonos con ello un ahorro en la aplicación del reactivo y menor energía al disminuir el tiempo de cocimiento.

Con respecto a los indicadores de blancura, opacidad y viscosidad en la pulpa blanqueada obtenida, podemos mencionar que se encuentran cercanas al nivel alto de especificaciones para papel bond, de acuerdo a la Corporación Industrial Scribe. Conjuntamente con lo señalado anteriormente, la relación Runkel y el coeficiente de rigidez, indican y sugieren técnicamente a la fibra de *Ricinus communis L.* como una fibra alternativa viable para la fabricación de papel bond.

#### 5. Agradecimientos

Se agradece el apoyo y facilidades otorgadas por el Ing. José Luis Mesa Coria, Gerente del Área Técnica del Grupo Papelero Scribe S.A de C.V. para el desarrollo de este estudio.

#### 6. Bibliografía

- Agarwal Atul K., Bansal Arun K., (1992) Non-wood fibrous plants for pulp and paper manufacture (*Adhatoda vasica*, *Ipomea carnea* and *Ricinus communis L.*) chemical and anatomical studies. Birla Institute Technology. Sci., Pilani, India. *Chemica Acta Turcica* 20(3) pp. 26-30.
- Asenjo P. L., Barbadillo P., (1992) Diccionario terminológico iberoamericano de celulosa, papel y cartón y sus derivados. Instituto Papelero Español. Pág. 57.
- Esquivel R. M. E., Escoto G.T. Fonseca J. A., Mogollón G, Rodríguez R. A., (2007)., Caracterización química y determinación de los índices de calidad de pulpa para papel del *Ricinus communis L.* Memorias VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales, Morelia, Michoacán, México. 1-5 pp.
- Medina Julio C., Ciaramello Dirceu., (1996) Castor stems (*Ricinus Communis L.*) as a source of chemical pulp for paper. Instituto Agronomía do Campinas, Brazil. *Papel* June pp. 26-30
- Nagaty Ahmed, Samy Ibrahim, Mansour Olaft., (1982) Alkaline pulping of *Ricinus communis* and paper made therefrom. *Cell. Paper Lab., Natl. Research Center; Cairo Egypt Cellulose chemistry and technology* 16 (5), Pág. 523 - 531.
- Santiago D. I., Rodríguez de García, N., Mogollón, G., (2002), Potencial papelero de la fibra de sisal (*Agave sisalana*)\*, *Rev. Forestal, Venezuela*, 46(2), 19-27.
- Tamarit U. J. C., (1996), Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. *Maderas y Bosques* 2(2). 29-41.

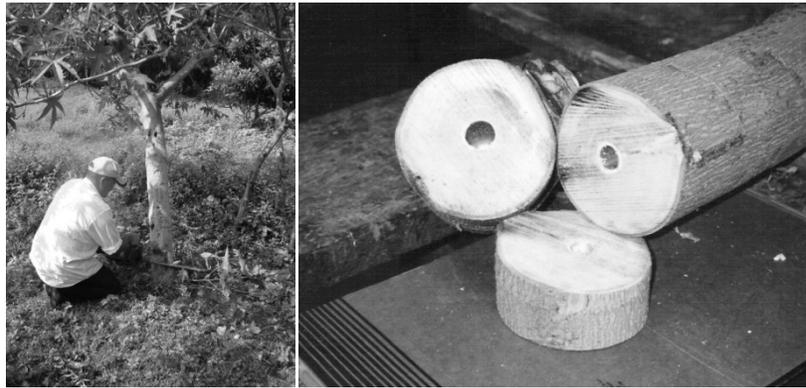


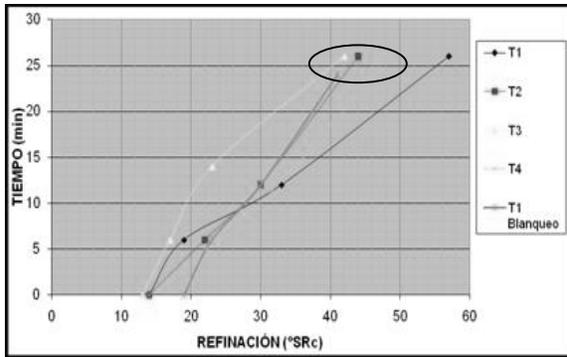
Figura 1. Tallo del *Ricinus Communis L.*



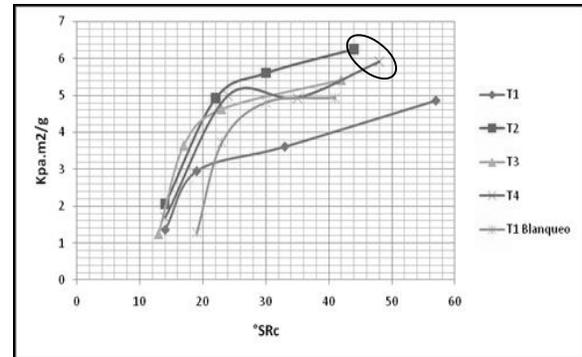
Figura 2 Reactor para el blanqueo y equipo para medir blancura



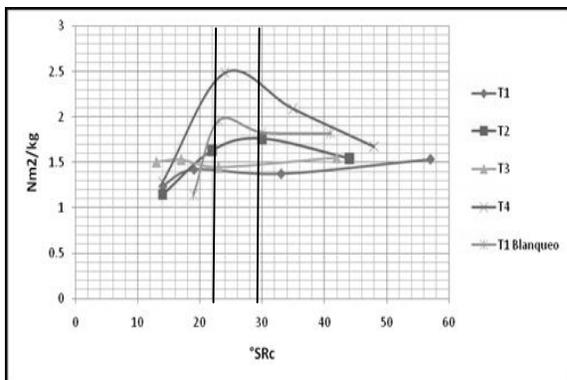
Figura 3 Equipo para el análisis micrográfico



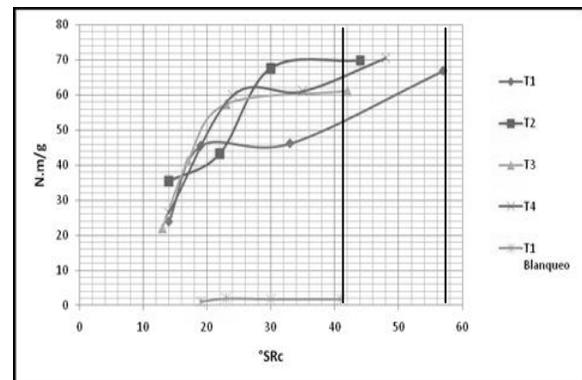
Gráfica 1. Tiempo de Refinación vs °SR



Gráfica 2. Índice de Explosión vs °SR



Gráfica 3. Índice de Rasgado vs °SR



Gráfica 4. Índice de Tensión vs °SR.

Tabla 1 Condiciones para la cocción de astillas

Tratamiento	NaOH (%)	Temp. (°C)	Tiempo (min.)
T 1	25	160	120
T 2	25	175	150
T 3	30	160	120
T 4	30	175	150

“MEMORIAS DEL 2DO. CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS AMBIENTALES; y del 6TO. CONGRESO REGIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES” se terminó de editar en diciembre de 2014 en el Instituto Tecnológico de Sonora; acceda en la página: [www.itson.mx/publicaciones](http://www.itson.mx/publicaciones)



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
Educar para Trascender