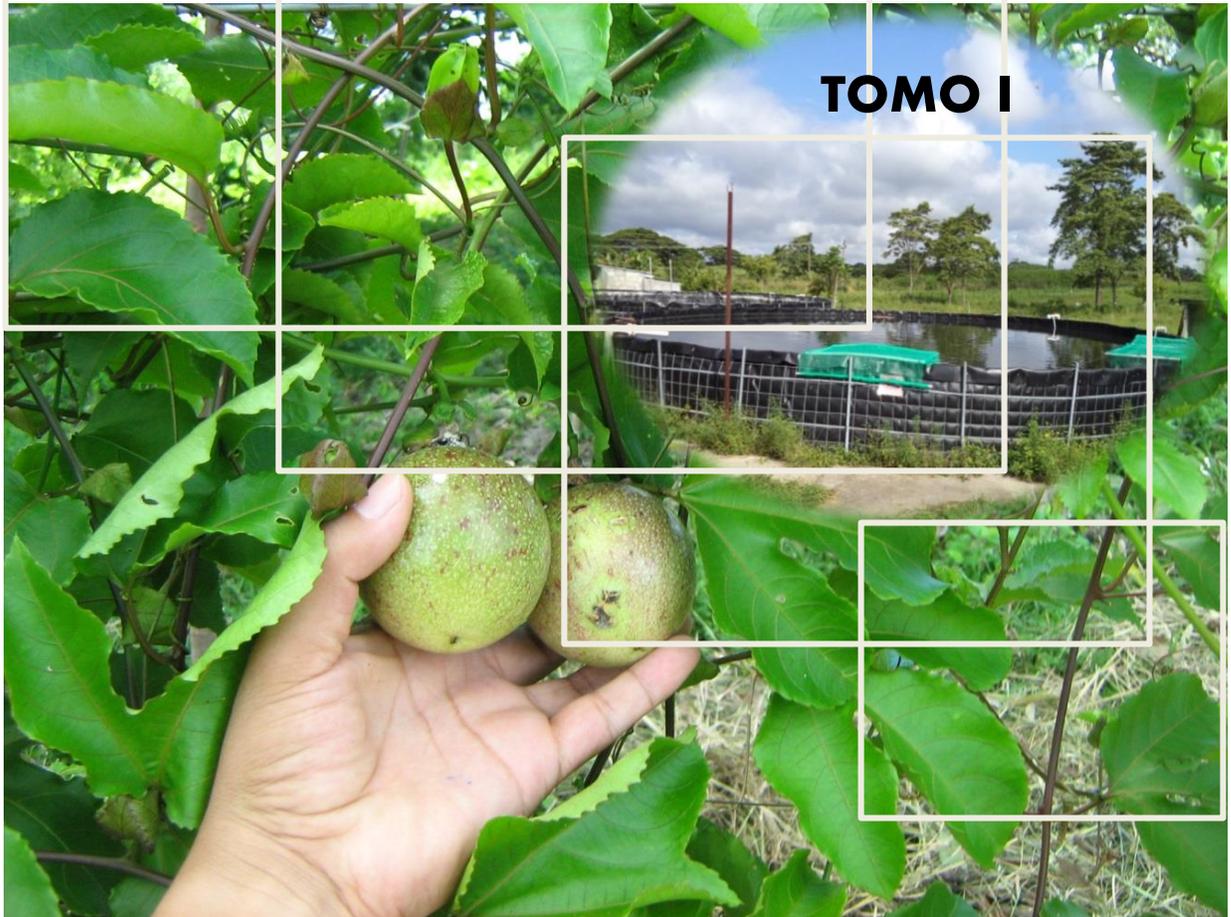


# INVESTIGACIONES EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

(Biotecnología, Alimentos, Acuicultura y Recursos naturales)



**TOMO I**

**Nicolás González Cortés**  
**Elizabeth Torres Guillermo**  
**María Concepción de la Cruz Leyva**  
**Jorge Víctor Mendiola Campuzano**  
**Alfonso Castillo Domínguez**  
**Rogelio Zárate Díaz**

(compiladores)



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**  
**División Académica Multidisciplinaria de los Ríos**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Centro Universitario de Petén**

# Investigaciones en Ciencias Biológicas

(Biotecnología, Alimentos, Acuicultura y Recursos naturales)

## Tomo I



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**

**Dr. José Manuel Piña Gutiérrez**  
**Rector**

**División Académica Multidisciplinaria de los Ríos**

**M.T.E. Sandra Aguilar Hernandez**  
**Directora**

**Universidad de San Carlos Guatemala**  
**Lic. Estuardo Gálvez Barrios**  
**Rector**

**Centro Universitario de Peten**

**Ph D. Bayron Augusto Milian Vicente**

Primera edición, 2014

© Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Secretaría de Servicios Académicos  
Dirección de Bibliotecas  
Av. Universidad S/N  
Zona de la Cultura, Col. Magisterial  
Villahermosa, Centro, Tabasco. C.P. 86040.

**Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor.**

**ISBN: (en trámite)**

**Impreso y hecho en México**

*El contenido y los puntos de vista expresados en los diversos temas que se presentan en este documento, son responsabilidad exclusiva de los autores. El contenido puede ser reproducido total o parcialmente, dando el justo crédito a los autores y a la institución.*

# CONTENIDO

CAPÍTULO I. BIOTECNOLOGÍA VEGETAL.....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
TEMA 1.1.Obtención y conversión de embriones somáticos de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> ). José L. Giorgana Figueroa, Elsa Góngora Castillo, Sara L. Nahuat Dzib, Carlos R. Reyes Sosa y Luis A. Rodríguez Gil. jlgiorana@hotmail.com .....	11
Tema 1.2. Mutagénesis inducida con irradiaciones gamma en piñón mexicano ( <i>Jatropha curcas</i> Linn.)para consumo humano. Jesús Salmerón Erdosay, Eulogio De la Cruz Torres, Ángel AgustínMastache Lagunas, Marco AntonioOtero Sánchez, Mayra IselaMerlos Brito, Juan ManuelGarcía Andrade,Conrado AnselmoAgüero Salgado. csaegro@prodigy.net.mx .....	19
Tema 1.3. Multiplicación celular <i>in vitro</i> de <i>Aloe vera</i> por medio de la inducción de callogénesis, para su uso en la producción de metabolitos. Sara Nahuat Dzib, José Giorgana Figueroa, Oscar Salvador Aguilar, Carlos Reyes Sosa, Carlos Pacheco Medina, Luis Rodríguez Gil elleana Sarao Garduza. snahuat@hotmail.com .....	27
Tema 1.4. Avances en el mejoramiento mediante mutagénesis en piñón mexicano ( <i>Jatrophacurcas</i> Linn.) para biocombustible. Jesús Salmerón Erdosay, Eulogio De la Cruz Torres, Ángel Agustín Mastache Lagunas, Mayra Isela Merlos Brito y Juan Manuel García Andrade. csaegro@prodigy.net.mx .....	34
CAPÍTULO II. CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS.....	42
INTRODUCCIÓN .....	43
Tema 2.1. Producir alimentos: reto ante a una crisis. Sergio Juan Rodríguez Morales, García García M. y Pons Pérez C. sergio@inivit.cu .....	44
Tema 2.2. Aceite de linaza micro encapsulado con multicapas de biopolímeros y determinación de su estabilidad oxidativa. Juan Gabriel Báez González, Alanís Guzmán María Guadalupe, Verónica De la Cruz De la Cruz, Lilí Rodríguez Blanco, Jaime Eduardo Vernon Carter. baezjuan@yahoo.com.mx.....	64
Tema 2.3. Mojarra tilapia del Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ): fuente de péptidos con actividad antihipertensiva. Juan Gabriel Torruco Uco, Arellys del Rocío Bravo Vergara, Roselis Carmona García, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Erasmo Herman y Lara, Betsabé Hernández Santos, Jesús Rodríguez Miranda. jtorruco@ittux.edu.mx .....	71
Tema 2.4. Estudio de antioxidantes en plantas nativas del Sureste de México. Antonio Valadez Villarreal, Eloísa López Hernández, Isabel GuerreroLegarretay Josafat Alberto Hernández Becerra. valadezantonio@hotmail.com .....	80
Tema 2.5. Actividad enzimática de bromelaína de fruto y tallo® a diferentes ph y temperaturas en carne de plecostomus ( <i>Pterygoplichthys pardalis</i> ). Emilio Jesús Maldonado Enríquez, Carlos Alberto CorzoSosa, Rosa MaríaSalinasHernández, María Adelfa Aparicio Trápala. emilio.maldonado@ujat.mx.....	87

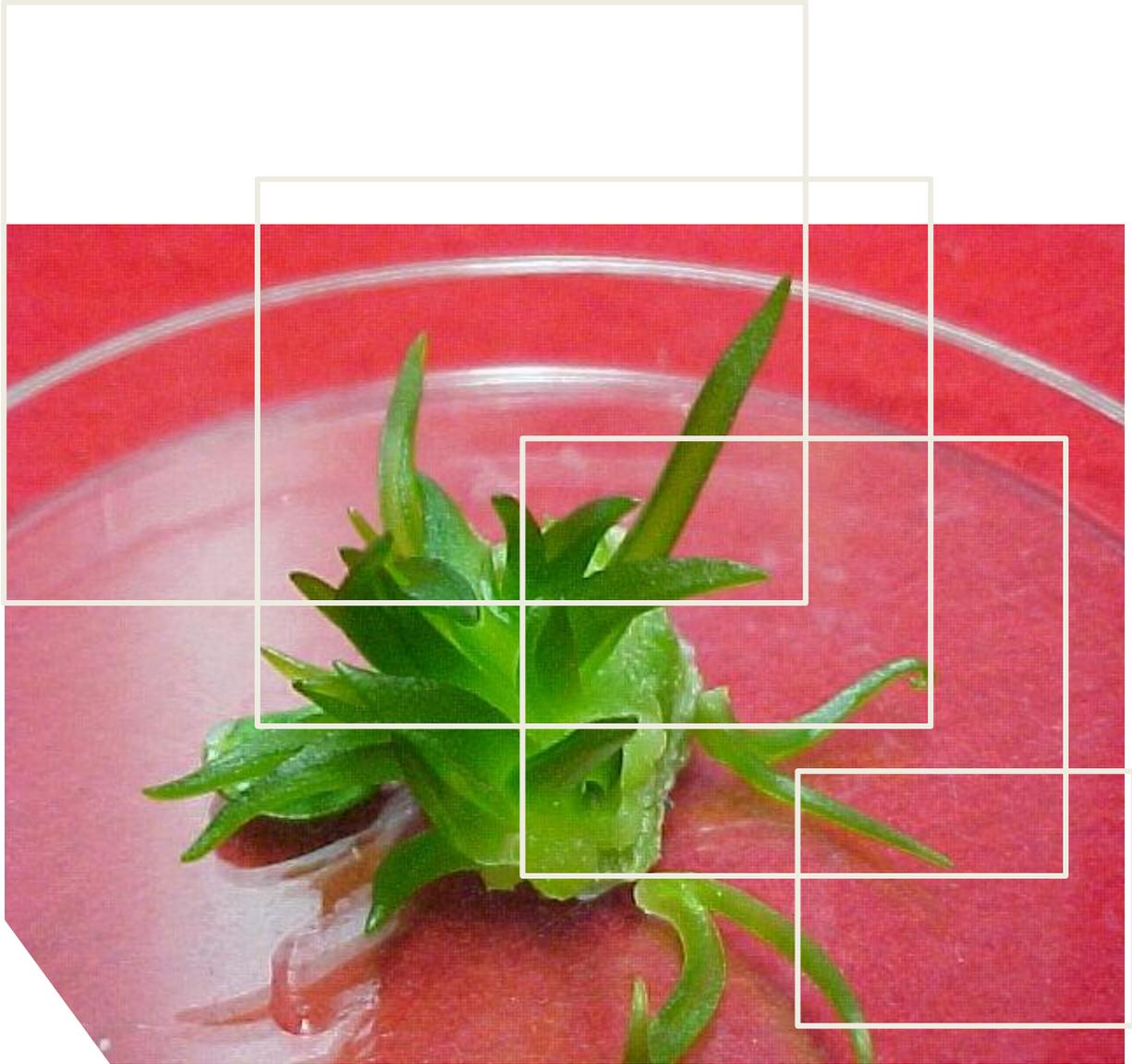
Tema 2.6. Fracciones de proteína de ébano ( <i>Pithecellobium flexicaule</i> , Benth) como agentes emulsionantes. Juan Gabriel Báez González, Carlos Abel Amaya Guerra, V. De la Cruz De la Cruz, Carlos Leonel García Díaz, Ma. Adriana Núñez González. baezjuan@yahoo.com.mx.....	99
Tema 2.7. Reducción del contenido de fenoles y taninos en semillas de sorgo ( <i>Sorghumbicolor</i> X ámbar). Gibran López Nahuatt, Juan Guzmán Ceferino, Temani Duran Mendoza, Nicolás Gonzáles Cortes y Ciprian A. García Cabrera, juan.guzman@ujat.mx .....	105
Tema 2.8. Detección cualitativa de precursores del ácido <i>ent</i> -kaurenoico usando sistemas enzimáticos de semillas de dicotiledóneas. Carlos Jonnathan Castro Juárez, Nemesio VillaRuano, Sergio Alberto Ramírez García, Clemente MossoGonzález. k-rlos00_13@hotmail.com.....	116
Tema 2.9. Caracterización química y funcional de almidón acetilado de malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> Schott). Roselis Carmona García, Mario Torres Becerril, Andrés Aguirre Cruz, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Torruco Ucoy Erasmo Herman Lara. .	123
Tema 2.10. Aplicación de mezclas coagulantes de almidones de banano con agentes convencionales para tratamiento de aguas. Rocío López Vidal, José Ramón Laines Canepa y María Adelfa Aparicio Trápala. rociolv33@hotmail.com .....	130
Tema 2.11. Viabilidad de <i>Bifidobacterium bifidum</i> en una bebida probiotica a base de plátano macho ( <i>Musa paradisiaca</i> AAB).Carlos Hernández Solórzano, Sayra Lizzett Vargas Villalobos, Ofelia Bautista Viazcan, Araceli Pérez Silva y Ernestina Paz Gamboa. ernestina_paz@hotmail.com .....	137
Tema 2.12. Efecto de la modificación química dual del almidón de plátano sobre las propiedades térmicas y estructurales. Andrés Aguirre Cruz, Roselis Carmona García, Alejandro Aparicio Saguilán, Mario Valera Zaragoza Delia Esther Paramo Calderón. roselcar@ittux.edu.mx.....	144
Tema 2.13. Calidad de cocción y evaluación sensorial de pastas adicionadas con diferentes leguminosas. Sergio Hernández Martínez, Victoria Aparicio González, Edith Rodríguez Neri, Raquel García Barrientos, Rocío Guadalupe Hernández Nava y María de la Luz Sánchez Mundo .....	154
Tema 2.14. Análisis químico proximal de la carne seca de la víbora de cascabel( <i>Crotalus durissus terrificus</i> ).Selenia Carolina Reyes Vargas y Laura Fabiola Estrada Andrade. laura.estrada@ujat.mx .....	163
Tema 2.15. Caracterización fisicoquímica de una botana elaborada a partir de malanga, avena y amaranto utilizando microondas. Ana Guadalupe Martínez Muñoz, Rosa Isela Guzmán Gerónimo, Oscar García Barradasy RemediosMendoza López. una_1516_lupe@hotmail.com.....	171
Tema 2.16. Modelación matemática de la deshidratación osmótica del jengibre. Erasmo Herman Lara, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Roselis Carmona García, Juan Gabriel Torruco Uco, Marco Antonio Godínez Ruiz y José Alexis García Toledo. erasmohl@ittux.edu.mx.....	176

Tema 2.17. Tecnología de producción y aprovechamiento del totemoxtle de maíz en México. César SánchezHernández, Miguel Ángel Sánchez Hernández y Áurea Judith Vicente Pinacho. esarsh79@hotmail.com .....	183
Tema 2.18. Evaluación del color en la deshidratación osmótica con escaldado del jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ). Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Roselis Carmona García, Juan Gabriel TorrucoUco, Rebeca Gloria Tejeda, José Alexis García Toledo y Erasmo Herman Lara. organica_tux@yahoo.com.mx.....	190
Tema 2.19. Calidad de mieles Tabasqueñas en relación al hidroximetilfurfural y característicasfísicoquímicas. Jhonatan Hernández Pérez, Eloísa López Hernández, LilíRodríguez Blanco, Antonio Valadez Villarreal, Edith Miranda Cruz y J. Isabel López Naranjo. eloisa73@hotmail.com.....	197
CAPÍTULO III. ACUACULTURA Y PESQUERÍA.....	204
INTRODUCCIÓN .....	205
Tema 3.1. Ordenamiento acuícola de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche. Jesús T. Ponce Palafox, Alfredo Herrera Messina y Mario Alfredo Benítez Mandujano. jesus.ponce@usa.net.....	206
Tema 3.2.Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con <i>Oreochromis niloticus</i> y <i>Pterygoplichthys</i> spp para la acuicultura. Jorge Víctor Hugo Mendiola Campuzano, María Concepción de la Cruz Leyva, Martha Esther May Gutiérrez y Alejandro Alpuche Palma. jorge.mendiola@ujat.mx. Jorge.mendiola@ujat.mx.....	227
Tema 3.3. Importancia del procesamiento-conservación-comercialización en la pesquería del ostión <i>Crassostrea virginica</i> en la laguna mecoacán de Tabasco. Arturo Garrido Mora, Yessenia Sánchez Alcudia, Francisco Javier Félix Torres, Leonardo Acosta Díaz, José Luis Ramos Palma, Andrés Arturo Granados Berber, Violeta Ruiz Carrera. Arturo.garrido@ujat.mx .....	239
Tema 3.4.Aislamiento e identificación de <i>Aeromonas salmonicida</i> a partir de langostino prieto( <i>Macrobrachium acanthurus</i> ).Laura FabiolaEstrada Andrade, Luz María Ojeda Mollinedo y Sofía Córdova Sánchez.....	246
Tema 3.5. Crecimiento en machos y hembras del langostino <i>Macrobrachium tenellum</i> en estanques rústicos en el estado de Nayarit, México. Mario Alfredo Benítez Mandujano, Jesús T. Ponce Palafox, López Uriostegui Fermín, González Cortes Nicolás y Arias Rodríguez Lenin. mario.benitez@ujat.mx.....	254
CAPÍTULO IV. RECURSOS NATURALES.....	265
INTRODUCCIÓN .....	266
Tema 4.1. La reserva de la biosfera maya: pasado, presente y futuro. Bayron Milian. bamilian@hotmail.com .....	267
Tema 4.2. Huertos y agricultura de tumba y quema (milpas): sistemas sustentables de producción de alimentos en Petén, Guatemala. Norman B. Schwartz. nbschwartz1@yahoo.com .....	294

Tema 4.3. Determinación de clorofila y temperatura por sensores remotos y su validación en la costa de Yucatán. Luis Alfonso Rodríguez Gil, Carlos Francisco Reyes Sosa, Sara Luz Nahuat Dzib, José Luis Giorgana Figueroa y Monica Ilsy Jimenez Rojas. luis_rdzgil@hotmail.com.....	319
Tema 4.4. Difusión de la UMA mediante sitio web caso: centro ecoturístico “Quinta Camila” de Chiapa de Corzo. Sandra López Reyes, Carolina Gómez Hinojosa, Rodolfo Mundo Velásquez, Eduardo Alberto Gutiérrez Medinañ. sanlore61_52@hotmail.com.....	326
Tema 4.5. Disminución de la concentración de ácido sulfhídrico contenido en el biogás, mediante una solución alcalina. José Aurelio Sosa Olivier, José Ramón Laines Canepa y Anabel González Días. ing-jaso@hotmail.es.....	333
Tema 4.6. Evaluación de la eficiencia coagulante del sulfato de aluminio en aguas superficiales obtenido a partir de un residuo petrolero. Rudy Solís Silvan, José Ramón Laines Canepa, Israel Azamar Barrios, José AntonioÁvila Lázaro. rudy.solisilvan@gmail.com.mx.....	341
Tema 4.7. Estudio etnobotánico de la ruta Yocot´an de Nacajuca, Tabasco, México. Miguel Alberto Magaña Alejandro, Graciela Beauregard Solís, Julio CámaraCórdova, Manuel Sánchez Mendoza, Merly Iveth Magaña Rodríguez y Carlos David López Ricalde. manglarujat@hotmail.com.....	348
Tema 4.8. Reproducción de <i>Pontoscolex corethrurus</i> (oligochaeta) mediante una dieta con <i>Arachis pintoi</i> (fabaceae) en mesocosmos. Sheila Uribe, Esperanza Huerta, Violette Geissen, Roberto Godoy. ehuerta@ecosur.mx.....	355
Tema 4.9. Estrategias comunitarias de las mujeres rurales para adaptarse a efectos del cambio climático. María de los Ángeles Pérez Villar. anpv73@yahoo.com.....	369
Tema 4.10. El desarrollo rural en Tabasco y su opción a lo territorial. Julio Cesar Álvarez Rivero, Álvaro Tetumo García, Jorge Hernández Sosa, Rosa M. Salinas Hernández, Armando Gómez Vázquez, José A. León Nájera y Antonio Fernández. pejelagarto0927@hotmail.com.....	376
Tema 4.11. Evaluación de un sistema anaeróbico de tratamiento de aguas residuales domesticas de un cárcamo en el interior del I.T.S.M. Gustavo Malagón Marín, Norma del Carmen Hernández Rivera, Rubén Campos Vázquez, Abraham Lincoln Martínez Ruiz, Gerardo Che Paredesy Aquino Emmanuel C. Magaña. gmalagon@itsmacuspana.edu.mx.....	381
Tema 4.12. Evaluación de extractos de semillas de <i>Moringa oleífera</i> y sus efectos en el agua tratada. Ma. Martha Sandoval Arreola y José Ramón Laines Canepa. sandoval_129@live.com.....	391
CAPÍTULO V. EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	399
INTRODUCCIÓN.....	400
Tema 5.1. Posturas paradigmáticas en los trabajos de grado de la maestría en educación ambiental del IPC de la UPEL. María Daniela Cabeza. mdcdaniela@gmail.com.....	401

Tema 5.2. Educación ambiental no formal en niños: visitantes de la finca Cholula de Comalcalco, Tabasco. Erika Córdova Sánchez, María Lyssette Mazó Quevedo, Fabiola Torres Méndez y Fabiola Lizama Pérez. marialyssette@hotmail.com .....	408
Tema 5.3. Evaluación de las asignaturas de educación ambiental en la DACSYH-UJAT (estudio de campo). Areanna Hernández Jiménez y MarthaSalgado Miranda. areanna.hernandez@ujat.mx .....	417
Tema 5.4. Multiplicación de la estrategia educativa ambiental, reserva natural urbana/gestión ambiental escolar y certificación bandera verde “por una ciudadanía activa”. Renard Norberto Cura. renardcura@gmail.com .....	428
Tema 5.5. Programa ambientalmente adecuado para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos generados en una institución universitaria. José Ramón Laines Canepa, Lucía Hernández Hernández, Shayla Montejó Olán, Araceli Palma Cruz, Cristel Gómez Ricárdez, Rudy Solís Silván, José Aurelio Sosa Olivier, Israel Ávila Lázaro. josra_2001@yahoo.com.mx .....	444
Tema 5.6. Mapa de corrosividad atmosférica del estado de Tabasco. Roberto Carlos Garcés Rodríguez. robertogarces@hotmail.com .....	455
Tema 5.7. Plan de manejo de pilas y baterías agotadas en la División Académica de Ciencias Biológicas. Israel Ávila Lázaro, Laines Canepa, José Ramón, Azamar Barrios, José Antonio, Solís Silvan, Rudy. Ing.avilaisrael@yahoo.com.mx .....	461

# CAPÍTULO I. BIOTECNOLOGÍA VEGETAL



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**  
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
Centro Universitario de Petén

# INTRODUCCIÓN

La Biotecnología es una ciencia interdisciplinaria que se basa en la aplicación integrada de los conocimientos de la biología molecular, agronomía, veterinaria, microbiología, e ingeniería genética y bioquímica, aplicados a organismos unicelulares o pluricelulares para la producción de bienes o servicios.

El cultivo de células y tejidos vegetales *in vitro* es considerado una herramienta biotecnológica fundamental en: a) propagación clonal, b) eliminación de virus y c) mejoramiento genético. Además esta técnica *in vitro*, tiene gran importancia en la conservación de germoplasma, obtención de variantes somaclonales, el rescate de embriones, la obtención y el cultivo de híbridos somáticos, la obtención de haploides, el desarrollo de semilla sintética, temas en los que se requiere hacer investigación básica y aplicada.

En este Capítulo de Biotecnología Vegetal, se exponen los resultados de cuatro trabajos de investigación en el área de cultivo de tejidos vegetales.

El primer trabajo, los investigadores obtienen embriones somáticos de chile habanero (*Capsicum chinense*) *in vitro*, usando el medio MS con reguladores de crecimiento (ANA y BAP), hasta obtener plantas completas en producción. En la segunda investigación, los autores exponen los resultados de la mutagénesis inducida con irradiaciones gamma en piñón mexicano (*Jatropha curcas* Linn.) para consumo humano. La tercera aportación científica, trata de la multiplicación celular *in vitro* de Aloe vera por medio de la inducción de callogénesis, para la producción de metabolitos, y en la última comunicación, los autores reportan los avances del mejoramiento del piñón mexicano (*Jatropha curcas* Linn.) mediante mutagénesis para biocombustible. Sin duda alguna, estas cuatro aportaciones son relevantes en la generación y aplicación de conocimientos en el área de Biotecnología Vegetal.

# **TEMA 1.1. Obtención y conversión de embriones somáticos de chile habanero (*Capsicum chinense*). José L. Giorgana Figueroa, Elsa Góngora Castillo, Sara L. Nahuat Dzib, Carlos R. Reyes Sosa y Luis A. Rodríguez Gil. [jlgiorgana@hotmail.com](mailto:jlgiorgana@hotmail.com)**

## **Resumen**

Embriones somáticos de chile habanero (*Capsicum chinense*) fueron obtenidos a partir de explantes de plantas axénicas. La aplicación de los reguladores de crecimiento, 1.5 mg/l de Ácido Naftalen Acético (ANA) y 3.75mg/l de 6-Bencil Amino Purina (BAP) al medio Murashige and Skoog, 1962 (MS), con fotoperíodo de 16 horas luz produjo la formación de callo después de 7 días de iniciado el cultivo. El cambio de la concentración de los reguladores en el medio de cultivo a 1.5 mg/l de ANA, sin la adición de BAP, permitió la formación de embriones somáticos después de 27 días de cultivo en este medio. Plantas completas fueron obtenidas a los 15 días de cultivo por la conversión de los embriones somáticos en medio MS sin reguladores, que después de su aclimatación y salida a campo, presentaron floración y formación de fruto con características similares a las obtenidas en cultivos tradicionales.

## **Introducción**

El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*) ha incrementado su importancia en México y otros países, por su sabor, aroma característico y pungencia de sus frutos. En el estado de Yucatán se cosecha alrededor de 3,644 toneladas anuales (INEGI, 2006). La conservación de la semilla de esta especie a nivel regional se ha visto seriamente amenazada por el sistema rutinario de producción de cultivos de los productores tradicionales, lo cual ha generado la producción de germoplasma con calidad heterogénea de esta especie. El uso de métodos biotecnológicos como la embriogénesis somática es una alternativa para la solución de estos problemas.

En el género *Capsicum* se han desarrollado diferentes trabajos, especialmente en *C. annum*. Así, Bodhipadma, K y Leung, DWM (2003), han demostrado la regeneración de plantas, capaces de dar flores y frutos, a partir de embriones cigóticos inmaduros de *Capsicum annum* L cv. *Sweet Banana*. En otros estudios se han determinado, las condiciones físicas y químicas para la regeneración de plantas *in vitro* a partir de explantes de semilla de *Capsicum annum* L. cv. "Soroksari" (Berljak, 1999). Así mismo se ha trabajado la regeneración de plantas de *C. annum* a partir de explantes de semillas seccionadas a la mitad (Binzel *et al*, 1996). Los trabajos han dado resultados exitosos en la especie *Capsicum annum*, actualmente no se cuenta con literatura de la especie *Capsicum chinense* de conversión y fructificación a partir de embriones somáticos. Por lo que este trabajo se centró en el establecimiento de una metodología de propagación de *Capsicum chinense* por la vía de la embriogénesis somática y su conversión a planta.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de explantes**

Los explantes de tallo se obtuvieron a partir de plantas axénicas, germinadas en un medio basal Murashige and Skoog (MS) con 3% de glucosa. El pH del medio fue ajustado a 5,8, el medio fue solidificado con 0,2% de gelrite.

### **Condiciones de incubación**

Todos los cultivos fueron incubados a temperatura de 25 – 27 °C, con fotoperíodo de 16 horas luz y con intensidad luminosa de 2000 luxes.

### **Inducción de callogénesis**

Los explantes de cortes de tallos de las plantas axénicas fueron cultivados en cajas de Petri conteniendo medio MS. Utilizando un diseño factorial de 2<sup>2</sup>, con concentraciones de 1.5 y 3.5 mg/l de la fitohormona Ácido naftaleno acético (ANA) y con 3.75 y 6.25 mg/l de 6- Bencil amino purina (BAP), con punto central 2.5 mg/l de ANA y .5 mg/l de BAP.

### **Inducción de la embriogénesis somática indirecta**

Para la inducción de la embriogénesis somática indirecta, los callos obtenidos fueron cultivados en medio MS utilizando ANA y BAP solos y los mejores medios combinados (2.5, 5 y 1.5, 3.75 mg/l) de ANA y BAP respectivamente y MS con ausencia de reguladores de crecimiento como control. Las condiciones de incubación fueron las mismas aplicadas para callogénesis.

### **Conversión de embriones somáticos**

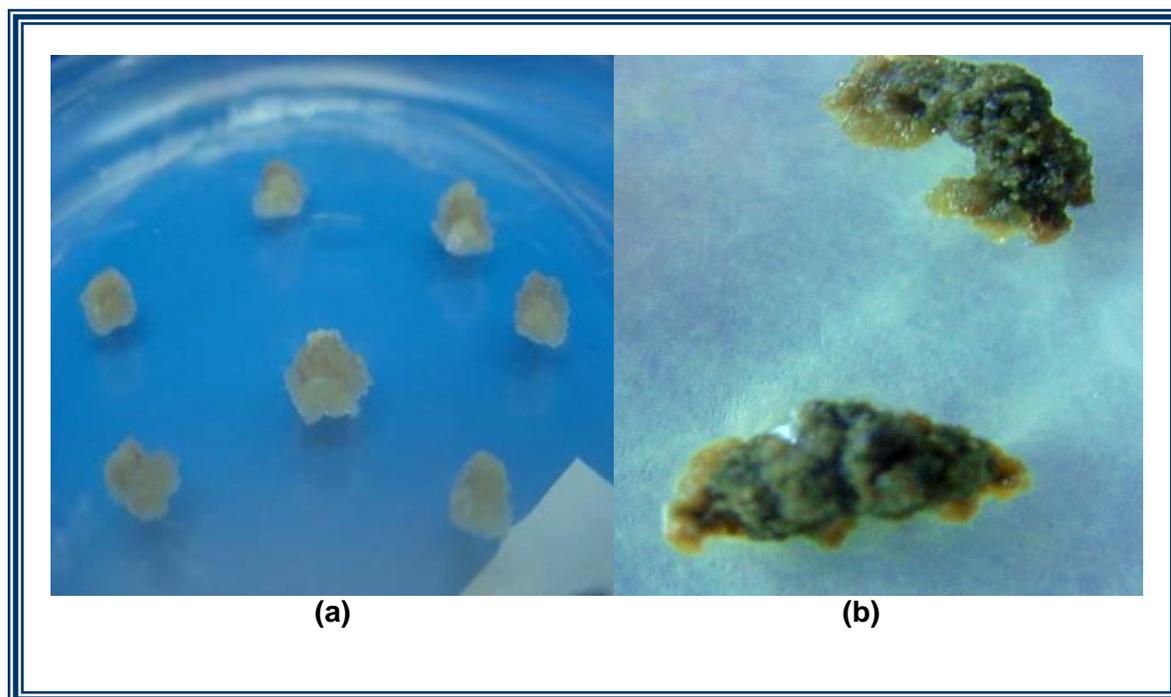
Se utilizó el medio MS sin reguladores para la conversión de los embriones somáticos a plántula, las condiciones de incubación fueron las mismas aplicadas para callogénesis.

### **Evaluación de la calidad de callo**

Para evaluar la calidad del callo formado, se consideró el Color, Tamaño, formación del Callo y Friabilidad, y se estableció calificaciones de Malo, Regular, Bueno y Muy Bueno asignando valores de 0, 1, 2 y 3, respectivamente La evaluación de la calidad del callo se realizó a los 15 días de iniciado el cultivo.

## **Resultados y discusión**

Se evaluó la formación de callo a los 7 días de haber iniciado el cultivo del explante, se encontró que los medios conteniendo 3.5 mg/l de ANA y 3.75 mg/l de BAP indujeron la formación en el 40% y 2.5 mg/l de ANA y 5 mg/l de BAP indujeron la formación en el 95% de los explantes, sin embargo la combinación de 1.5 mg/l de ANA y 3.75 mg/l de BAP permitieron la formación de callo en el 100% de los explantes. Los callos obtenidos se evaluaron a los 15 días de haber sido inoculados.



**Figura 1.** Obtención de callo. a) Formación de callo 1.5 mg/l de ANA y 3.75 mg/l de BAP (1x). b) formación de callo en el medio de cultivo con 6.25 mg/l de BAP (10x).

Al evaluar la respuesta del explante del tallo para la formación de callo, se encontró que los medios que contenían concentraciones de BAP menores de 6.25 mg/l, permitieron la formación de callo, no así el medio que contenía 1.5 mg/l de ANA y 6.25 mg/l de BAP que no formó callo, obteniendo resultados parecidos del efecto de éste regulador, probada por autores como Agrawal, Chandra y Kothari (1988), quienes trabajaron con 5 mg/L de BAP. El medio que dio mejor respuesta fue el que contenía 1.5 mg/l de ANA y 3.75 mg/l de BAP, produciendo 11 callos (100%) y con mayor calidad, figura 1.

Los resultados descritos concuerdan con los autores Agrawal y col (1988), y Phillips y Hubstenberger (1985), quienes observaron que la combinación de BAP (0.5 – 5.0 mg/l) y ANA (0.5 – 1.0 mg/l), es capaz de inducir la formación de callo y raíz, y un mejor crecimiento del callo. Sin embargo, Agrawal y col (1988), reportan que subcultivaban cada 4 semanas, manteniendo de esta manera el callo color blancuzco, friable y de rápido crecimiento, no concordando con los resultados de este trabajo, donde el callo se subcultivó cada dos semanas para la multiplicación de callo, de no ser así, presentaban necrosamiento o lento crecimiento.

### **Inducción de embriogénesis somática**

Se observaron, aproximadamente a los 27 días después de la inoculación del callo en los medios de inducción de embriones, el medio con 1.5 mg/l de BAP, permitió la formación de embriones somáticos. Los embriones obtenidos con forma de torpedo fueron de color blanquizco, como se observa en la figura 2.



**Figura 2.** Formación de embriones somáticos a los 27 días después de la callogénesis (40x).

### **Conversión de embriones somáticos**

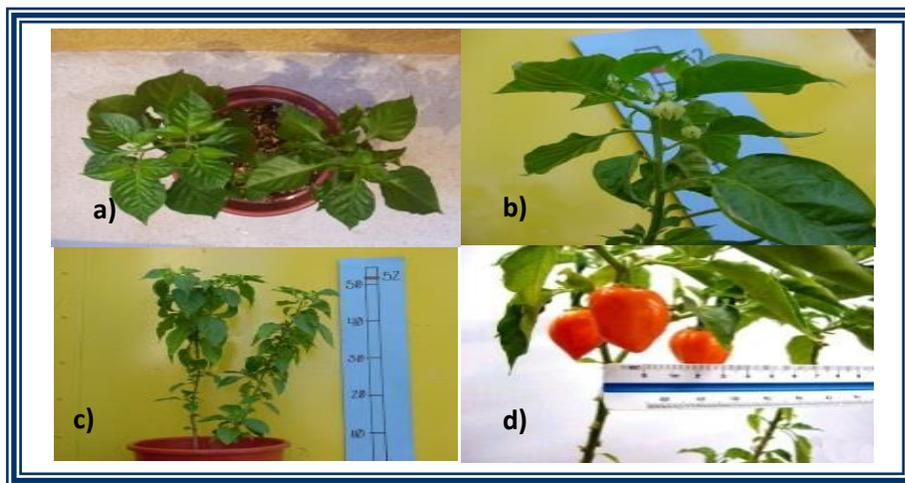
Los embriones somáticos alcanzaron el estado de torpedo y fueron separados del callo y transferidos al medio basal MS sin reguladores de crecimiento para la conversión del embrión. Dos días después de la transferencia, los embriones se tornaron color verde y posteriormente desarrollaron raíces, transformándose en plántulas a los 15 días de su inoculación. Resultados similares reportaron Harini y Lakshmi (1992).

Las plantas formadas, con ocho semanas de edad, se pasaron a recipientes con tierra para iniciar su período de aclimatación el cual fue de ocho días y posteriormente se pasaron a macetas (Figura 3).



**Figura 3.** Aclimatación de vitro plantas de Chile habanero

Así, los resultados apoyan el concepto de que el crecimiento y desarrollo de las plántulas *in vitro*, previo a su exposición a condiciones *ex vitro*, hacen más probable su adaptación a las condiciones ambientales externas. La altura de las plantas con flores, y plenamente desarrolladas fue de 52 cm promedio. Figura 4.



**Figura 4.** Plantas *ex vitro* de Chile habanero: a) Acclimatización, b) floración, c) desarrollo foliar y d) frutos de Chile habanero.

## Conclusiones

Se obtuvieron embriones somáticos de chile habanero (*Capsicum chinense*) a partir de explantes de plantas axénicas, utilizando las sales Murashige and Skoog (MS), con reguladores de crecimiento, 1.5 mg/l de Ácido Naftalen Acético (ANA) y 3.75mg/l de 6-Bencil Amino Purina (BAP). El cambio de la concentración de los reguladores en el medio de cultivo a 1.5 mg/l de ANA, sin la adición de BAP, permitió la formación de embriones somáticos después de 27 días. Los embriones somáticos resembrados en MS sin reguladores permitió la, conversión a plantas completas y su posterior aclimatación y salida al campo, presentaron floración y formación de fruto con características similares a las obtenidas en cultivos tradicionales.

## Bibliografía

- Agrawal S., N Chandra and S. I. Kothari. 1988. Plant regeneration in tissue cultures of pepper (*Capsicum annum* L. ev. *mathania*). Plant cell tissue and organ culture 16: 47-55.
- Berljak, J. 1999. *In vitro* plant regeneration from pepper (*Capsicum annum* L cv. "Soroksari") seeding explants. Phytón. 39: 289 – 292.
- Bodhipadma, K. Leung, DWM. 2003. *In vitro* fruting and seed of *Capsicum annum* L cv. *Sweet Banana*. *In vitro* Cellular and Developmental Biology Plant. 39: 536 – 539.
- Brinzel, ML; et al. 1996. *In vitro* regeneration in chile pepper (*Capsicum annum* L) from "half – seed explants". Plant Growth Regulation. 20: 287 – 293.
- Harini and Lakshmi. 1992. Direct somatic embryogenesis and plant regeneration from immature embryos of chilli (*Capsicum annum* L). Plant science, 89 (1993) 107-112.

<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee06/estatal/yuc/index.htm>

Murashige, T. And F. Skoog. 1992. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.

Phillips G. and Hubstenberger J. 1985. Organogénesis in pepper tissue cultures. Journal article no. 1151 of the New Mexico Agricultural Experiment Station. *Plant cell tissue organ culture* 4 (1985) 261-269.

Sistema de Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Yucatán. INEGI. 2006.

## **Tema 1.2. Mutagénesis inducida con irradiaciones gamma en piñón mexicano (*Jatropha curcas* Linn.) para consumo humano.** Jesús Salmerón Erdosay, Eulogio De la Cruz Torres, Ángel Agustín Mastache Lagunas, Marco Antonio Otero Sánchez, Mayra Isela Merlos Brito, Juan Manuel García Andrade, Conrado Anselmo Agüero Salgado. [csaegro@prodigy.net.mx](mailto:csaegro@prodigy.net.mx)

### **Resumen**

La mutación inducida juega un papel importante en la manipulación de la estructura genética de las plantas, representando una herramienta poderosa en la generación de nuevas características de plantas para el mejoramiento de los cultivos. En el presente trabajo, la irradiación gamma de  $\text{Co}^{60}$  a 50 Gray, indujo variabilidad genética y una sobrevivencia del 29.14% en la población mutante ( $R_1M_1$ ) de *Jatropha curcas* no tóxica, favoreciendo la selección visual de 30 plantas sobresalientes con características de planta precoz, robusta, arquitectura compacta, ramas semi-erectas, mayor número: de ramas, inflorescencias, racimos, frutos por racimo, tamaño de fruto, libre de insectos y enfermedades.

### **Introducción**

La agricultura ha evolucionado de manera independiente en muchos lugares del mundo, la evidencia más antigua sobre actividades agrícolas data de hace 10,000 años en el territorio del actual Irak. Durante los casi 200,000 años que precedieron a la agricultura, el ser humano vivió como cazador nómada, acopiador y recolector, sobreviviendo únicamente de plantas silvestres y animales (Prakash, 2011). Durante este proceso se fueron seleccionando variantes naturales de plantas, escogían las semillas más grandes y sanas, con menos espinas o agujones, dando como resultado a lo que hoy se refiere como el "síndrome de la domesticación" de las plantas cultivadas. Durante muchos siglos, la selección consciente o inconsciente por los agricultores, junto con las presiones selectivas impuestas por la heterogeneidad geográfica y las condiciones de crecimiento, dio lugar a poblaciones genéticamente

heterogéneas localmente adaptadas a las condiciones impuestas por el hombre y el medio ambiente físico (Koorneef y Stam, 2001).

Novak y Brunner (1992) mencionan que todas las formas de vida que hoy existen son el resultado de tres factores: 1) la mutación, fuente fundamental de las variaciones hereditarias, 2) los factores ambientales que influyen en la selección de las mutaciones que sobreviven y se reproducen, y 3) el tiempo, durante el cual el genotipo y el medio ambiente están en constante interacción y se produce el cambio evolutivo. Donini (1982) establece que los Fitogenetistas pueden utilizar las mutaciones inducidas para obtener nuevos recursos genéticos dirigidos al mejoramiento de las plantas de cultivo, en este enfoque resalta la utilización como material inicial de variedades adaptadas localmente y los procedimientos adecuados para seleccionar las mutaciones inducidas.

Broad (2007) establece que el proceso de irradiación no deja radiación residual u otros signos evidentes de la intervención humana, si no que las mutaciones pueden mejorar el rendimiento, la calidad, el sabor, el tamaño y la resistencia a las enfermedades y puede ayudar a las plantas a adaptarse a diversos climas y condiciones. Por otra parte, Parry *et al.* (2009) describen que el incremento de rendimiento de los cultivos para garantizar la seguridad alimentaria es un reto importante, siendo la mutagénesis una herramienta valiosa en el mejoramiento de los cultivos y está libre de las restricciones reglamentarias impuestas a los organismos genéticamente modificados.

Nakagawa (2009) señala que la mutación a través de la irradiación de rayos gamma es un método eficaz y de gran éxito para la generación de nuevos cultivares comerciales. El Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma de Hidalgo, están desarrollando trabajos en el proyecto denominado “El Piñón Mexicano: una respuesta al problema alimenticio”, donde establecen la obtención de una harina desgrasada a partir de semillas de *Jatropha curcas* no tóxica, que tiene un contenido de proteínas de 60%, que incluso podría sustituir a la soya, experimentándose en la producción de tortillas, leche, harinas para pizzas a base de *Jatropha* (Dávila, 2010). Debido al gran potencial que tiene esta planta silvestre no tóxica, podría ser

una fuente de aceite y la harina de la semilla por su alto contenido de proteína para el consumo humano y ganado, por esta razón, Profesores-Investigadores del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) e Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) desarrollaron este trabajo de mutagénesis mediante irradiación gamma de  $\text{Co}^{60}$  en las semillas de la planta silvestre de piñón mexicano (*Jatropha curcas*) para consumo humano con el objetivo de conocer la sensibilidad a la radiación gamma de  $\text{Co}^{60}$  y la selección de mutante (s) con características agronómicas sobresalientes.

## **Materiales y métodos**

### **Características del área, colecta, selección e irradiación de semilla**

El trabajo se realizó en la Estación Experimental del Centro de Estudios Profesionales (CEP), ubicado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula entre las coordenadas  $18^{\circ} 15' 26''$  LN y  $99^{\circ} 39' 46''$  LO, con una altitud de 640 msnm. La colecta se desarrolló en Tepalcingo, Morelos, localizado geográficamente entre los paralelos  $18^{\circ} 26'$  de LN y los  $98^{\circ} 18'$  de LO del meridiano de Greenwich, a una altura de 1100 msnm, la cual crece de manera silvestre, tomándose frutos de plantas seleccionadas, posteriormente se eligieron 923 semillas de *J. curcas* de tamaño uniforme, libres de daños causados por insectos o enfermedades, con un peso de 500.75 g y un peso de 100 semillas de 62.31 g. Estas semillas se irradiaron en el Gammacell-220 del ININ a dosis de 50 Gray de rayos gamma  $\text{Co}^{60}$  (Figura 1 y 2).

### **Siembra, trasplante y selección del material genético irradiado**

La siembra se realizó el 19 de enero de 2012, en bolsas de color negro (27 x 30 cm calibre 200) con sustrato precompostado; el trasplante a campo se realizó el 14 y 15 de febrero de 2012, cuando la planta obtuvo una altura promedio de 30 cm, trasplantándose un total de 269 plantas a una distancia entre plantas y entre hileras de 1.5 m, con la finalidad de presionarlas desde el punto de vista.



**Figura 1 y 2.** Selección e irradiación de semillas de la planta nativa (*Jatropha curcas* Linnaeus) para consumo humano en el Gamacell-220 Excel del ININ.

genético a que las ramas primarias sean semi-erectas con respecto al tallo principal. No se aplicó ningún tratamiento de fertilización, ni productos químicos para no enmascarar la respuesta genética de la población mutante ( $R_1M_1$ ), manteniéndose el cultivo libre de maleza en todo su ciclo.

El estudio fenológico de la población mutante de *J. curcas* se realizó seleccionando plantas de manera visual 20 días después del trasplante (Figura 3 y 4), clasificándolas de acuerdo a las características fenotípicas presentes en la planta y criterios del fito mejorador. A los 5 meses de su trasplante inició su floración.



**Figuras 3 y 4.** Selección de plantas mutantes después del transplante (*Jatropha curcas* Linnaeus) irradiadas a 50 Gray de rayos gamma  $\text{Co}^{60}$ (Ciclo 2012).

## Resultados y discusión

En la irradiación de semillas de *J. curcas* no tóxica, con gamma de  $\text{Co}^{60}$  a 50 Gray, se obtuvo una sobrevivencia del 29.14% en la población mutante ( $R_1M_1$ ). Salmerón *et al.*, (2010) realizaron un trabajo sobre radio sensibilidad en semillas de *J. curcas* para biocombustible con rayos gamma de  $\text{Co}^{60}$ , encontrando una apropiada inducción de muta génesis entre 50 a 100 Gray. Se identificaron de manera visual 30 plantas promisorias de la población mutante ( $R_1M_1$ ) con características agronómicas sobresalientes, donde la selección de los candidatos se fundamentó en diversos atributos importantes como planta precoz, robusta, con arquitectura compacta, ramas semi-erectas, mayor número de ramas, inflorescencias, racimos, frutos por racimo, tamaño de fruto, libre de insectos y enfermedades (Cuadro 1 y 2). Mishra (2009) especifica que con el método de la selección de fenotipos de *J. curcas* para la

explotación de la variabilidad genética es el primer paso y el más importante en cualquier programa de mejoramiento de plantas. Por otra parte, Brittain y Litaladio (2010) señalan que el éxito de cualquier programa de mejoramiento genético se ve reforzada por la existencia de un acervo genético amplio y diverso.

**Cuadro 1.** Crecimiento vegetativo de cuatro selecciones de *J. curcas* L. para consumo humano.

Selección	Altura planta	Diámetro tallo	Ramas/planta	Hojas	Biomasa
S1	0.83 c*	34.0 bc	3.0 b	119 b	54.9 a
S2	0.80 c	33.8 bc	3.0 b	111 b	60.8 a
S3	0.99 b	39.1 b	4.0 ab	183 ab	56.4 a
S4	1.12 a	49.1 a	5.0 a	246 a	55.8 a

\* Medias con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes ( $P \geq 0.05$ , Tukey).

**Cuadro 2.** Crecimiento reproductivo de cuatro selecciones de *J. curcas* L. para consumo humano.

Selección	Flores/planta (No)	Frutos/planta (No)	Frutos/planta (g)	Longitud fruto(cm)	Semillas (No)	Peso semilla (g)
S1	2.0 a*	13 a	86.0 a	2.30 ab	27 b	19.9 a
S2	3.0 a	08 a	21.6 a	2.20 b	07 b	6.49 a
S3	4.0 a	20 a	148 a	2.59 a	51 a	32.5 a
S4	5.0 a	25 a	152 a	2.65 a	57 a	34.6 a

\*Medias con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes ( $P \geq 0.05$ , Tukey).

## Conclusiones

1. La irradiación de semillas de *J. curcas* tóxica, con gamma de  $Co^{60}$  a 50 Gray, indujo variabilidad genética y una sobrevivencia del 29.14% en la población mutante ( $R_1M_1$ ).
2. Los resultados en *J. curcas* no tóxica, suministran una importante base experimental para el mejoramiento por radiación gamma recurrente de  $Co^{60}$ .

## Bibliografía

- Brittaine R. y Lutaladio N. (2010). *Jatropha*: a smallholder bioenergy crop. The potential for pro-poor development. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Integrated Crop Management. 8:55-59.
- Broad W. J. (2007). Useful mutants, bred with radiation. The New York Times. Science; lunes 20 de mayo.
- Dávila R. (2010). Nueva línea de productos alimenticios. JOURNALMEX Periodistas de México. En: <http://journalmex.wordpress.com/2010/04/18/nueva-linea-de-productos-alimenticios/>. Consultado el 20 de mayo de 2013.
- Donini B. (1982). Mejoramiento de cultivos en América Latina. Seminario sobre el empleo de mutaciones inducidas para el mejoramiento de cultivos, para países de América Latina. OIEA Boletín.25 (1)31 y 32.
- Koornneef M. y Stam P. (2001). Changing paradigms in plant breeding. American Society of Plant Physiologists. 125(1)156-159.
- Mishra D. K. (2009). Selection of candidate plus phenotypes of *Jatropha curcas* L. using method of paired comparisons. Biomass and Bioenergy. 33(3)542-545.
- Nakagawa H. (2009). Induced mutations in plant breeding and biological researches in Japan. Shu Q. Y. (Ed.). Induced Plant Mutations in the Genomics Era. p. 48-54.
- Novak F. J. y Brunner H. (1992). Plant breeding: Induced mutation technology for crop improvement. IAEA Bulletin. p. 25-33.

Parry M. A., Madgwick P. J., Bayon C., Tearall K., Hernández L. A., Baudo M., Rakszegi M., Hamada W., Al-Yassin A., Ouabbou H., Labhilili M. y Phillips A. L. (2009). Mutation discovery for crop improvement. *Journal of Experimental Botany*. 60(10): 2817-2825.

Prakash C. S. (2011). El debate sobre la modificación genética de los cultivos en el contexto de la evolución agrícola. *AgBioWorld*.

Salmerón E. J., Cervantes S. T<sup>†</sup>., De la Cruz T. E., Falcón B. T., García A. J. M., Otero S. M. A., Valencia E. F. y García I. D. (2010). Mejoramiento por mutagénesis de *Jatropha curcas* Linn., planta con potencial para producir biocombustible. Resúmenes: XIX Congreso Técnico Científico ININ-SUTIN. p. 32.

## **Tema 1.3. Multiplicación celular *in vitro* de *Aloe vera* por medio de la inducción de callogénesis, para su uso en la producción de metabolitos.** Sara Nahuat Dzib, José Giorgana Figueroa, Oscar Salvador Aguilar, Carlos Reyes Sosa, Carlos Pacheco Medina, Luis Rodríguez Gil elleana Sarao Garduza. snahuat@homail.com

### **Resumen**

*Aloe vera* es una de las plantas de importancia económica, utilizada desde la antigüedad con fines medicinales y cosméticos. El gel contenido en la hoja, tiene actividad antitumoral, anti cancerígena, antifúngica, antiviral y anti inflamatoria. En el presente estudio, se evaluó la respuesta de base de hoja de *A. vera*, en presencia de Ácido naftalenacético (ANA) y 6- bencilaminopurina (BAP), solos y combinados, en Murashige&Skoog (MS) al 50%. Se obtuvieron estructuras callogénicas *in vitro* con la combinación de 0.5 mg/l de ANA y 1 mg/l de BAP. Aplicando Cromatografía de Capa Fina, se detectó en los callos obtenidos *in vitro* la presencia de metabolitos que se encuentran en el gel de plantas producidas de manera tradicional en campo.

### **Introducción**

*Aloe vera*, conocida comúnmente como sábila, es usada para propósitos medicinales desde hace miles de años en Grecia, Egipto, India, México, Japón, China etc. (Amar *et al.*, 2008). La hoja de la planta tiene en su interior un gel transparente, la capa intermedia o látex está compuesta de antraquinonas y glicósidos y la capa externa o corteza que tiene la función de protección. En *A. vera* se han encontrado alrededor de 75 constituyentes potencialmente activos: polisacáridos, monosacáridos, proteínas, lípidos, aminoácidos esenciales, vitaminas, derivados de cromonas y de antraquinonas, hormonas, saponinas, etc. (Ferraro, 2009). El gel tiene actividad antitumoral, anti cancerígena, antimicrobiana, antiviral y antiinflamatoria. En determinados sarcomas el acemanano presente en *A. vera* es capaz de reducir el crecimiento del tumor o producir regresión del mismo. Y la aloemodina es eficaz en detener el crecimiento celular en líneas tumorales (leucémicas multirresistentes) (Vila y Guinea, 2001). Los compuestos del gel son utilizados por las industrias

farmacéutica, cosmética, alimentaria, productoras de pañales, entre otras. En México la propagación de *A. vera* realiza por vástagos o hijuelos, sin embargo, su crecimiento es lento y factores climáticos disminuyen el rendimiento en campo. La biotecnología por medio del cultivo *in vitro*, es herramienta para la multiplicación y desarrollo de plantas, órganos y/o tejidos libres de microorganismos y sin dependencia de factores climáticos externos. Así, el objetivo de este estudio, fue obtener células callogénicas por medio del cultivo *in vitro* de base de hoja de *Aloe vera*, para su posterior uso en la producción de metabolitos.

## **Materiales y métodos**

Se seleccionaron hijuelos de *A. vera*, sanos de 20 cm de alto, se lavaron con agua corriente, se eliminaron las raíces, lavándose nuevamente los hijuelos con agua corriente y jabón. Se separaron las hojas de tallos. La base de hojas se cortó en secciones de 5 cm de longitud y se dejaron escurrir durante 10 min para eliminar el acíbar, lavadas nuevamente con jabón y agua corriente. Se asperjaron con etanol al 70 % y dejaron reposar por 1 min. Para descontaminación se probaron 5 tratamientos independientes con hipoclorito de sodio (NaClO): 10% a 10 y 30 min; 15% a 20min; 20% a 10 y 30 min; añadiéndose Tween 80 en todos los casos. Los explantes de base de hoja fueron de 1.5 x 1 cm de ancho y alto. Los medios probados consistieron de Murashige & Skoog, (1962) (MS), al 50 % adicionado de Myonositol, 60 mg/l; Tiamina, 2.4 mg/l; Cisteína clorhídrica, 15 mg/l; Ácido Ascórbico, 60 mg/l; Sacarosa, 18 g/l) y Gelrite, 1.5g/l. Los reguladores probados fueron Ácido Naftalenacético (ANA) (0.5 y 1 mg/l) y 6-Bencilaminopurina (BAP) (1, 2 y 3 mg/l) de manera individual y combinados. El medio control sin adición de reguladores de crecimiento. El pH fue 6.2 ± 1. Los medios se esterilizaron en autoclave. Se colocaron tres explantes por caja de Petri. Se incubó a temperatura de 27 °C y fotoperíodo de 16 horas luz. El crecimiento del callo fue monitoreado y evaluado en su desarrollo y crecimiento a los 8, 31 y 45 días de iniciado el cultivo.

Determinado el medio MS al 50% con 0.5 mg/l de ANA y 1mg/l de BAP, para producir tejido calloso, se procedió a su confirmación aplicando las condiciones antes descritas. Se muestreo a partir del día 10 hasta 45 días de iniciado el cultivo.

Para la detección de metabolitos en las estructuras callogénicas producidas *in vitro*, se realizó una extracción sólido-líquido, 1:20 (mg callo/ml metanol), de callos deshidratados a temperatura ambiente por 72 horas y macerados 10 días. La Cromatografía en Capa Fina (CCF) fue en placa F 254 de Sigma, con 5  $\mu$ l de muestra, como estándar se usó acíbar de planta de campo macerado en metanol por 3 horas. La fase móvil fue acetato de etilo-metanol-agua (100: 13.5:10), corriéndose por 15-20 min. La placa se observó con lámpara de luz ultravioleta a 254nm y 366nm.

## Resultados y discusión

### Descontaminación microbiológica del material biológico de campo

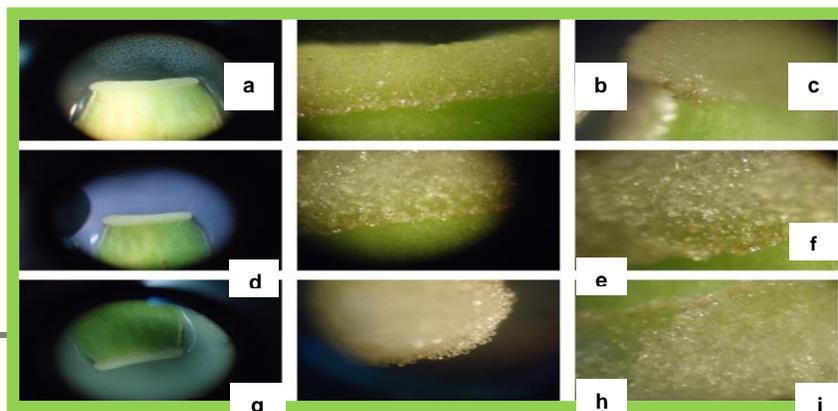
De los cinco tratamientos, para descontaminación microbiológica los de 10% de hipoclorito por 10 o 30 min de aplicación, presentaron el 100 por ciento de contaminación, mientras que los de 15% por 20min y 20 % de NaClO por 10 o 30 min, cero por ciento de contaminación. Concentraciones altas de NaClO dañan el tejido, con 15% de NaClO y 20 min de aplicación, permanecieron los explantes verdes e hidratados sin oxidación del tejido del explante (figura 1).



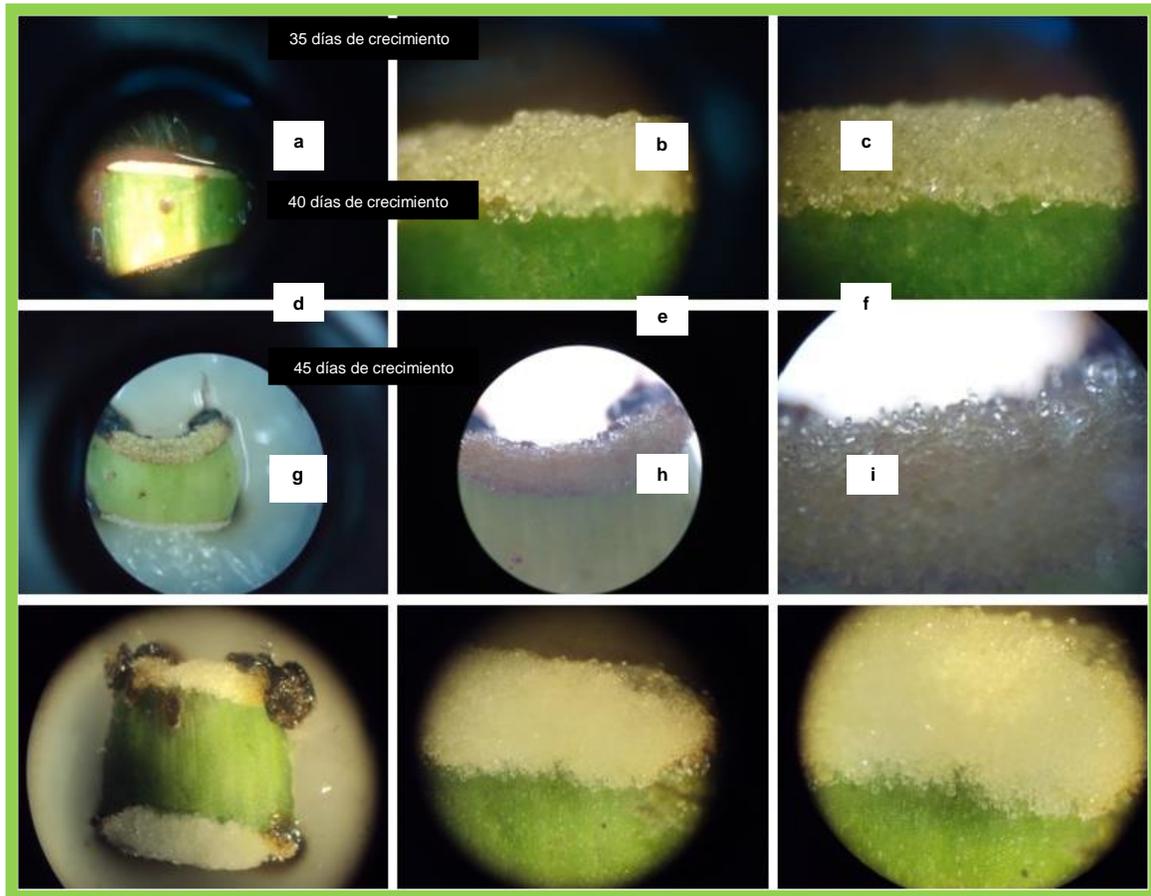
**Figura 1.** Descontaminación de explantes. a) base de hoja con 20% de NaClO y 10 min de aplicación, b) base de hoja con 15% de NaClO y 20 min de aplicación.

### Inducción de Callogénesis

La mejor respuesta para la producción de callogénesis en el presente estudio, fue en MS con (0.5 mg/l) de ANA y (1mg/l) de BAP, con inicio de callo a los ocho días de edad, de color blanco y abundante a los 45 días. Los otros medios probados con hormonas ya sea sola o combinada presentó una pobre respuesta de callo y en el medio sin hormonas fue nula la producción de callo. Sugiriendo que para la inducción y multiplicación celular callogénica, es necesaria la presencia de los dos tipos de hormonas a concentraciones bajas de las probadas. Se observó que las células se multiplicaron a partir del tejido adherido a la corteza del explante y finalmente se multiplico en el área de disección de los explantes cuando estuvieron en presencia de 0.5 mg/l de ANA y 1 mg/l de BAP. Alta concentración de BAP produjo inhibición en el crecimiento del callo y alta concentración de ANA el color del callo va cambiando a amarillo. En el control con nula respuesta de callo, el explante se tornó de color café a los 45 días de cultivo. Durante el monitoreo del crecimiento del callo en medio MS al 50% con 0.5 mg/l de ANA y 1mg/l de BAP a los 10 días de crecimiento el callo presentó una estructura globular compacta fuertemente unida al explante. A los 20 días el tamaño de callo fue aumentando (figura 2 a, b y c). A los 25 días el callo era totalmente friable y la estructura de los callos fue globular (figura 2 d, e y f). Mientras que a los 30 días de edad los callos tenían estructuras alargadas de color blanco y friables (figura 2 g, h e i). A los 35, 40 y 45días, los callos además de friables, de mayor tamaño, presentaron estructuras alargadas translúcidas (figura 3).



**Figura 2.** Callogénesis de *A. vera* en MS al 50% con 0.5 mg/l de ANA y 1mg/l de BAP. Observación con estereoscopia a) 20 días de cultivo 0.8x; b) 3x; c) 4x. d) Callos de 25 días de cultivo en 0.8x; e) 3x; f) 4x. g) Callos de 30 días de cultivo en 0.8x; h) 3x; i) 4x.

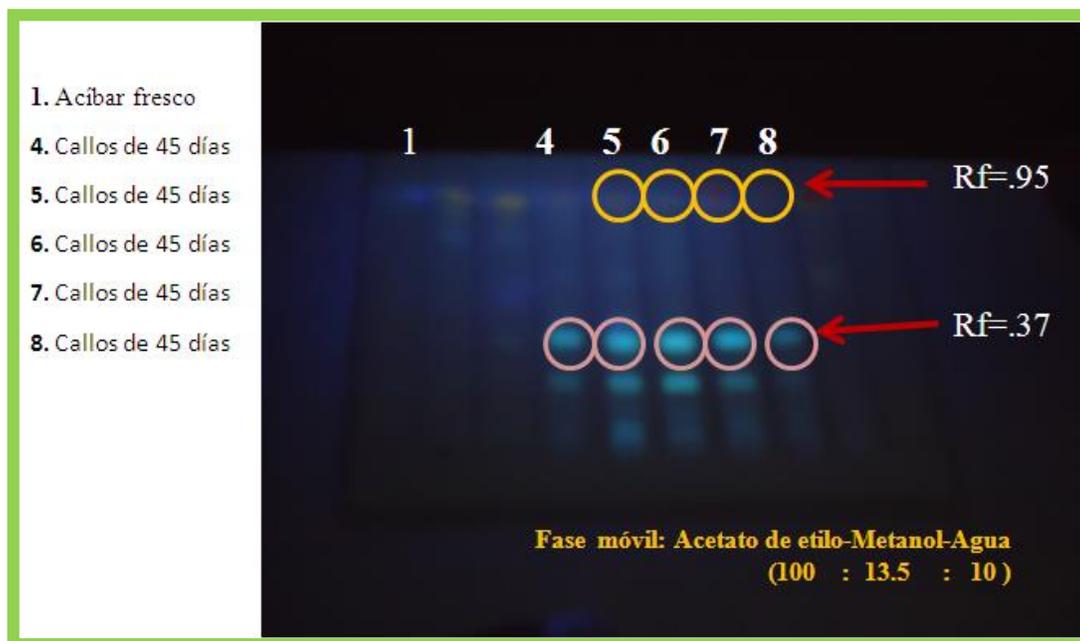


**Figura 3.** Callogénesis de *A. vera* en MS al 50% con 0.5 mg/l de ANA y 1mg/l de BAP. Observación con estereoscopia a) 35 días de cultivo 0.8x; b) 1x; c) 3x. d) 40 días de cultivo 0.8x; e) 3x; f) 4x. g) 45 días de cultivo 0.8x; h) 3x; i) 4x.

### Detección de la presencia de metabolitos

En los extractos de callos de 45 días de cultivo en MS al 50% con 0.5 mg/l de ANA y 1mg/l de BAP, corridos en Cromatografía de Capa Fina (CCF) se observó, como lo muestra la figura 4, la presencia de varios compuestos en las líneas 5, 6, 7 y 8 entre los cuales se observa con un  $R_f = 0.95$  que pudiera corresponder a la aloe-emodina,

igualmente se encontró otro compuesto con un  $R_f=0.37$  que probablemente corresponda a Aloinósidos A y B, de acuerdo con Martínez y colaboradores (2008).



**Figura 4.** Compuestos presentes en los callos *in vitro* de 45 días de crecimiento.

## Conclusión

Los resultados comprobaron que la adición de ANA (Ácido Naftalenacético) y BAP (6-Bencilaminopurina) en el medio MS (Murashige y Skoog, 1962) al 50% de la concentración de sus sales, indujeron la formación de callos en los explantes de base de hoja joven de *Aloe vera*. Se detectó por CCF, la presencia de metabolitos, entre los cuales, probablemente. Estén aloe emodina con un  $R_f = 0.95$  y Aloinósidos (A y B) con un  $R_f= 0.37$ , en los callos producidos *in vitro*

## Bibliografía

Amar Surjushe, ResmanVasani, D.G. Saple. *Aloe vera*: a short review. Indian J Dermatol. 2008; 53(4):163-6.

FerraroG M., Revisión de la *Aloe vera (Barbadensis Miller)* en la dermatología actual. Rev. Argent Dermatol 2009; 90: 218-223.

Martínez Alejandro, Valencia Gloria, Jiménez Nora, Mesa Mónica y Galeano Elkin. Manual de prácticas de laboratorio de farmacognosia y fotoquímica 2008.

Murashige, T. And F. Skoog. 1992. A revised medium for rapid growth and bioassays cith tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.

Vila Casanovas Roser y Guinea López María. Gel de *Aloe*. Revista de fitoterapia 2001; 1(4):245- 256.

## **Tema 1.4. Avances en el mejoramiento mediante mutagénesis en piñón mexicano (*Jatropha curcas* Linn.) para biocombustible.** Jesús Salmerón Erdosay, Eulogio De la Cruz Torres, Ángel Agustín Mastache Lagunas, Mayra Isela Merlos Brito y Juan Manuel García Andrade. [csaegro@prodigy.net.mx](mailto:csaegro@prodigy.net.mx)

### **Resumen**

La mutagénesis es una herramienta importante en el mejoramiento de plantas, se le atribuye en un corto tiempo el desarrollo de cultivos éliticos, como es el caso en *Jatropha curcas*. Este estudio inició en octubre de 2008, con 1,743 semillas recolectadas en la comunidad de la Rusia en la región de Costa Chica del Estado de Guerrero, formándose 7 grupos de 249 semillas, los que se irradiaron en el Gammacell-220 del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) a dosis de 50, 100, 150, 200, 250, 300 y 350 Gray, con el objetivo de seleccionar individuos sobresalientes considerando plantas robustas, precoces, de buena arquitectura, con mayor número de ramas y frutos por racimo, mayor tamaño de fruto, libre de insectos y enfermedades, así como el contenido de aceite. En 2009, de la población mutante R<sub>1</sub>M<sub>1</sub>, se obtuvo una planta prominente (no. 38) en el tratamiento de 50 Gray; en 2010, en la población mutante R<sub>1</sub>M<sub>2</sub> se observó mayor variabilidad genética, seleccionándose 9 plantas; en 2011, de la generación R<sub>1</sub>M<sub>3</sub> se seleccionaron 3 plantas promisorias; en 2012, generación R<sub>1</sub>M<sub>4</sub> se seleccionaron 6 plantas prometedoras y en 2013, se tiene una población mutante de 88 plantas R<sub>1</sub>M<sub>5</sub>.

### **Introducción**

Los biocombustibles han generado grandes expectativas, tanto en la población como en la comunidad científica, por tener efectos notables en la economía mundial y en la protección de los ecosistemas; su uso, puede promover la reducción de gases de efecto invernadero generados por el uso excesivo de compuestos de aceites derivados del petróleo. En este escenario, países como Brasil tienen un papel clave por llevar a la producción mundial biocombustibles utilizando fuentes vegetales como la soya (*Glycine max* L.) y la *Jatropha* (*Jatropha curcas* L. y *Jatropha mollissima* Pohl).

Ex. Baill), por lo que se le considera pionero en la producción de biocombustibles (Pompellietal., 2011).Carels (2009) señala que la contribución positiva de los biocombustibles de primera generación ha sido cuestionada porque se basa en el uso de tierra cultivable, requiere insumos sustanciales de energía y compite con los cultivos en la producción de alimentos. Sin embargo, el bioetanol y el biodiesel, han mostrado su compatibilidad con las tecnologías existentes y han contribuido en la transición a biocombustibles de segunda y tercera generación.

Basha *etal.*, (2009) señalan que el principal obstáculo en el mejoramiento del cultivo, es la estrecha base genética del germoplasma. Toker *etal.*, (2007) mencionan que cuando la variabilidad genética es estrecha y el cultivo lleva un largo período, las mutaciones inducidas con rayos gamma constituyen la técnica más utilizada para alterar los genes, ampliando la variación genética. Por otra parte, Mohan Jain (2006) indica que entre los mutágenos, los rayos gamma se han utilizado con eficacia para la inducción de la mutación y el mejoramiento de los cultivos.

Ali (2012) afirma que las mutaciones inducidas son diseñadas para cambiar la composición genética de un vegetal determinado, sin cruzar con otra planta; con este enfoque, una variedad conserva todos sus atributos originales, pero se actualiza en una o dos características modificadas rompiendo las limitaciones actuales de la variabilidad. La frecuencia de mutación requiere bajo cultivo, una población grande para la selección de mutantes deseados en un grado razonable de confianza. Por esta razón, Profesores-Investigadores del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) e Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) establecieron una estrategia de irradiación en semillas de piñón mexicano (*Jatropha curcas* Linn.) con el fin de conocer el efecto de la radiación gamma de Co<sup>60</sup> en la inducción de variabilidad de esta especie silvestre, seleccionar posibles mutantes, evaluarlos por varias generaciones y obtener plantas con características agronómicas sobresalientes como precocidad, porte bajo, mayor número de ramas primarias a partir de la base, mayor número de frutos por racimo, alto contenido de aceite y resistencia a plagas y enfermedades.

## **Materiales y métodos**

### **Características del área, colecta y selección de semilla**

El estudio se realizó en la Estación experimental del Centro de Estudios Profesionales del CSAEGro, ubicado a 14.5 km de la carretera Iguala-Cocula, entre las coordenadas 18° 15' 26" LN y 99° 39' 46" LO, a 640 msnm. La colecta se obtuvo en la comunidad de la Rusia, ubicada en los paralelos 16° 20' y 17° 05' de LN y los meridianos 98° 02' y 99° 40' de LO a una altura promedio de 21 msnm, cosechándose frutos maduros de plantas con características fenotípicas sobresalientes que crecen de manera silvestre e intercaladas entre árboles frutales, así como también las que se encontraban como cercas vivas de linderos, eligiéndose un total de 1743 semillas con un peso de 1023 g.

### **Metodología empleada**

Se formaron 7 grupos de 249 semillas cada uno, los cuales se irradiaron en el Gammacell-220 del ININ a dosis de 50, 100, 150, 200, 250, 300 y 350 Gray. En todos los ciclos, la siembra se realizó en bolsas plásticas de color negro (27 x 30 cm calibre 200) con sustrato precompostado en una proporción de 2:1 de paja y estiércol; en el transplante, el espaciamiento entre plantas y entre hileras fue de 2.5 m x 2.5 m con una densidad de población de 1600 pl/ha<sup>-1</sup>; durante sus diferentes etapas vegetativas en los ciclos de selección no se aplicaron agroquímicos con el fin de no enmascarar la respuesta a la incidencia de plagas y enfermedades, y observar el potencial genético de cada población mutante. El cultivo se conservó libre de maleza. La selección se realizó de forma visual etiquetando las mejores plantas con características agronómicas sobresalientes.

Los diferentes tratamientos se sembraron el 1 de agosto de 2008 y el trasplante se realizó el 2 de octubre de ese año; de la población mutante  $R_1M_1$  se eligió la planta no. 38 derivada del tratamiento de 50 Gray (ciclo 2009), Figura 1 y 2. Para el ciclo 2010, se formaron 2 grupos de semillas: el primero se volvió a irradiar (200 semillas) con rayos gamma de  $Co^{60}$  en dosis de 50 Gray ( $R_2M_1$ ), y el segundo grupo no se irradió ( $R_1M_2$ ); la siembra se efectuó el 1 y 4 de diciembre de 2009, respectivamente. El 27 y 30 de enero de 2010, se trasplantaron 35 plantas de la población irradiada  $R_2M_1$  y 125 plantas para la población sin irradiar ( $R_1M_2$ ); se seleccionaron 9 plantas sobresalientes  $R_1M_2$  (Figura 3 y 4) y de la población  $R_2M_1$  no se realizó selección alguna. Para el ciclo 2011, se utilizaron las semillas de las 9 plantas seleccionadas; la siembra se llevó a cabo el 22 de noviembre del 2010 y el trasplante se realizó dos meses después para un total de 510 plantas mutantes ( $R_1M_3$ ), seleccionándose 3 plantas promisorias. Para el ciclo 2012, el material genético que se utilizó fueron las semillas de las tres plantas seleccionadas en la generación  $R_1M_3$ ; la siembra se realizó el día 7 de diciembre de 2011 y el trasplante se ejecutó el 9 de enero de 2012, 69 plantas mutantes  $R_1M_4$ ; seleccionando un total de 6 plantas promisorias. Para el ciclo 2013, el material genético utilizado correspondió a las semillas de las seis plantas seleccionadas en la generación  $R_1M_4$ ; la siembra se realizó el día 9 de noviembre de 2012 y el trasplante el 18 de diciembre de 2012, disponiendo de 88 plantas mutantes en  $R_1M_5$ .



**Figura 1 y 2.** Planta mutante sobresaliente en  $R_1M_1$  (no. 38) y planta nativa de *Jatropha curcas* Linnaeus, ciclo 2009.



**Figuras 3 y 4.** Plantas mutantes sobresalientes en  $R_1M_2$ , ciclo 2010.

## Resultados y discusión

En la irradiación de semillas con gamma de  $\text{Co}^{60}$ , se apreció en la generación  $R_1M_1$  que el tratamiento a 50 Gray indujo una sobrevivencia del 17.67% y el de 100 Gray, del 6.02%; más allá de esta última dosis las semillas ya no germinaron. En la Figura 1, se presenta la planta mutante (no. 38) generada con la dosis de 50 Gray, la cual posee características agronómicas sobresalientes como precocidad, arquitectura compacta y vigorosa, con mayor número de ramas, semi-erectas, presentando también mayor número de inflorescencias, racimos, número de frutos por inflorescencia, tamaño de fruto y rendimiento de frutos, además de estar libre de insectos y enfermedades. Datta (2009) señala que la radiación gamma es otra manera de inducir la mutación cuando se dispone de una base estrecha de germoplasma. Para la generación  $R_1M_2$  la población mutante constó de 125 plantas y se seleccionaron las 9 más sobresalientes. La población mutante  $R_1M_3$ , estuvo constituida por 510 plantas y se eligieron las 3 más sobresalientes. En la población mutante  $R_1M_4$  se seleccionaron 6 plantas promisorias. Lakubtsiner *et al.*, (2010) señalan que la mutagénesis y el aislamiento de fenotipos mejorados, en conjunto con los programas convencionales de mejora genética, pueden dar lugar a variedades mutantes dotadas de características deseables. Por esta razón, los mejoradores de plantas tienen un desafío a su capacidad innovadora de generar variabilidad genética para obtener nuevos genotipos sobresalientes. Por otra parte, trabajos de investigación relacionados con las mutaciones genéticas en *Jatropha* en CAIRT (Center for Application of Isotope & Radiation Technology) las dividen en dos categorías de experimento; la primera consiste en incrementar la variación genética de *Jatropha*, utilizando la radiación gamma para obtener alelo superior en términos de producción de semillas y la segunda, en analizar el contenido de aceite y la calidad de las semillas de *Jatropha* producidas por las nuevas líneas (National Nuclear Energy Agency, 2010). De acuerdo con los logros obtenidos, se puede asegurar que se ha logrado un avance destacado en el mejoramiento de *Jatropha curcas* para biocombustible, usando el método de irradiación y selección

recurrente.

## Conclusiones

1. La irradiación de semillas de *Jatropha curcas* con gamma de  $Co^{60}$ , indujo variabilidad genética y la  $DL_{50}$  se observó entre los 50 y 100 Gray.
2. En las poblaciones mutantes en  $R_1M_2$ ,  $R_1M_3$  y  $R_1M_4$ , en respuesta a la radiación inducida de 50 Gray, se seleccionaron 9, 3 y 6 plantas sobresalientes, respectivamente. La irradiación recurrente ( $R_2M_1$ ) a 50 Gray no exhibió cambios importantes en la población mutante.
3. La población mutante en  $R_1M_5$ , con 88 plantas de *Jatropha curcas*, está en proceso de observación y selección.

## Bibliografía

- Ali M. F.(2012). Chapter 20: nuclear energy: applications – Food and Agriculture – Crop Improvement.
- Basha S. D., Francis G., Makkar H. P. S., Becker K. y Sujatha M. (2009). A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. *Plant Science*. 176(6)812-823.
- Carels N. (2009). Chapter 2 *Jatropha curcas*: a review. *Advances in Botanical Research*. 50:39-86.
- Datta S. K.(2009). A report on 36 years of practical work on crop improvement through induced mutagenesis. In: *Induced Plant Mutations in the Genomics*

Era. Shu, Q. Y. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. p. 253-256.

Iakubtsiner M. M., Dorofeev V. F. y Udachin R. A. (2010). Selective breeding. Breeding of animals or plants having desirable characters. The Great Soviet Encyclopedia. 3rd Edition (1970-1979). © 2010 The Gale Group, Inc. All rights reserved.

Mohan Jain S. (2006). Mutation-assisted breeding for improving ornamental plants. ISHS Acta Horticulturae 714: XXII International Eucarpia Symposium, Section Ornamentals, Breeding for Beauty. International Society for Horticultural Science (ISHS).

National Nuclear Energy Agency. (2010). *Jatropha* breeding at CAIRT. About *Jatropha* plant.

Pompelli M. F., Jarma O. A. de J., De Oliveira M. T., Monteiro R. B. R., Barbosa M. O., Guida S. M., Morais de O. A. F., Almeida-Cortez J. S. y Fonseca-Moreno L. P. (2011). Global energy crisis and Brazilian role in the bio-fuels issue. *Agronomía Colombiana*. 29(2)423-433.

Toker C., Yadav S. S. y Solanki I. S. (2007). Mutation breeding. Springer. p. 209-224.

# CAPÍTULO II. CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



# INTRODUCCIÓN

Hoy en día existe una fuerte demanda de alimenticios saludables y de alta calidad, a precios razonables. Pero lamentablemente la población crece más rápido que la producción de alimentos. Por ende, existen 900 millones de personas en el mundo que pasan hambre y en América Latina, el hambre y la desnutrición afectan a cerca de 53 millones. En México la desnutrición crónica persiste como problema de salud pública, con mayores prevalencias en la población indígena las zonas rurales del Sureste (Tabasco, Guerrero, Chiapas, Oaxaca y Campeche).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) es vigilante de la calidad e inocuidad alimentarias, y durante muchos años ha llevado a cabo actividades sobre políticas en agricultura y alimentación. Sin embargo, aún se requiere de muchos esfuerzos para alcanzar una soberanía alimentaria en cada una de las naciones, porque bien se sabe que el crecimiento económico, el desarrollo y la seguridad alimentaria están ligados a la producción de alimentos, desde el campo y la agroindustria. Por ende, se deben redoblar esfuerzos centrarse en el campo los alimentos.

En esta Capítulo se exponen 19 trabajos de investigación realizadas en Universidades y Centros de Investigación de México y en otros países. Esperamos que la difusión de esta información relevante, contribuya en el avance de la ciencia y tecnología de los alimentos.

## **Tema 2.1. Producir alimentos: reto ante a una crisis. Sergio Juan Rodríguez Morales, García García M. y Pons Pérez C. sergio@inivit.cu**

### **Resumen**

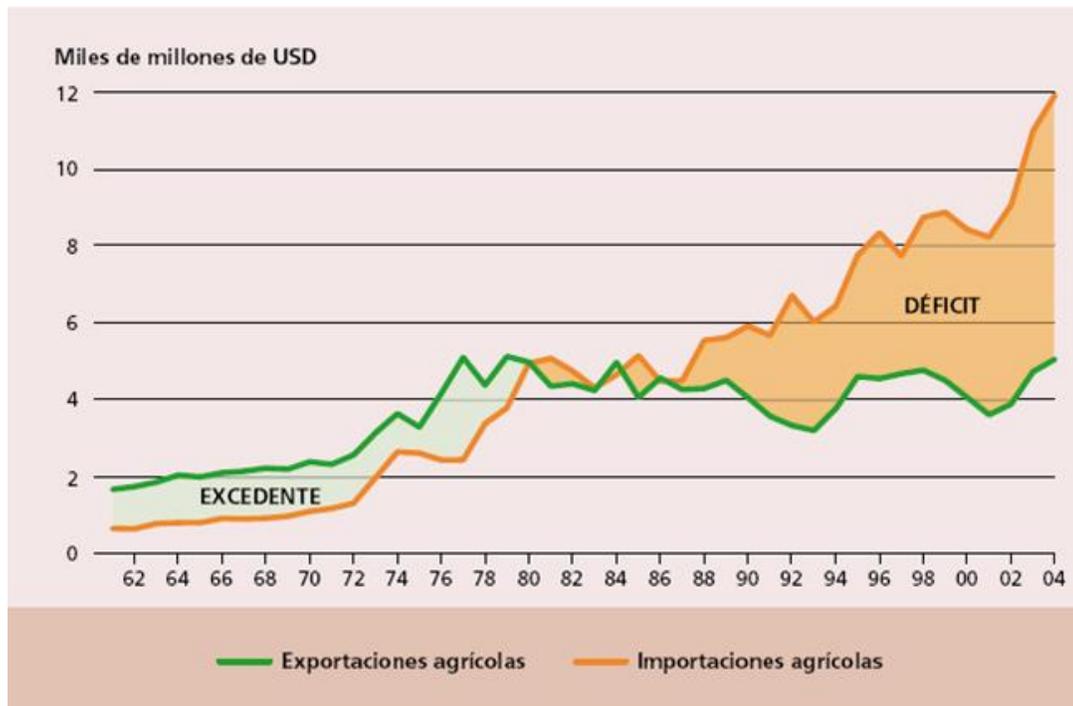
Se realiza una exhaustiva valoración de la situación que presenta en el mundo la producción de alimentos, las causas que han provocado el incremento de los mismo y el impacto que han tenido los cambios climáticos en la sostenibilidad de dichas producciones. Con un enfoque social se analiza la repercusión que puede tener para los habitantes de los países subdesarrollados la tendencia de dicho incremento y la fundamentación científica de por qué resulta necesario ampliar la diversidad de plantas adaptadas a las condiciones tropicales y subtropicales, para garantizar no sólo la energía, sino también la base proteica para la alimentación humana y animal, como alternativa viable para suplir los cereales y hasta cierto nivel el frijol soya, cuyo incremento de los precios resulta menos asequible para los países de bajos ingresos. Finalmente se demuestra que sólo a partir de la aplicación de la ciencia y la técnica, contándose con una voluntad política encaminada a apoyar con intencionalidad las producciones agropecuarias y con la integración de los conocimientos técnicos y de potencial científico, resulta posible con las particularidades de cada país, resolver los problemas que presenta la producción alimentaria a nivel mundial, que atraviesa por una crisis de dimensiones múltiples: ecológica, económica y social, potenciando paralelo a ello la sostenibilidad.

### **Introducción**

La producción alimentaria es de alta seguridad nacional (Castro, 2009), esta frase encierra un mensaje preciso y con una fundamentación científica de vital importancia para nuestro país y la misma pudiera extrapolarse a toda la comunidad internacional, pues en realidad el mundo se ha dedicado a comprar alimentos y no a producirlos. Los seres humanos obtienen de los vegetales prácticamente todos los carbohidratos y por lo menos el 75% de las proteínas requeridas para satisfacer sus necesidades primarias de alimentación, por tanto la vida de los seres humanos dependen de la fotosíntesis.

Según un informe de la FAO sobre mercados de productos básicos a principios de la década del 60, los países del sur global tenían un excedente comercial agrícola

cercano a 7 000 millones de dólares anuales. A finales de los 80 el excedente había desaparecido. Hoy los países del sur en su mayoría son importadores de alimento, situación similar se ha presentado en el resto del mundo, lo que ha provocado un déficit en la disponibilidad de alimentos (Fig. 1).



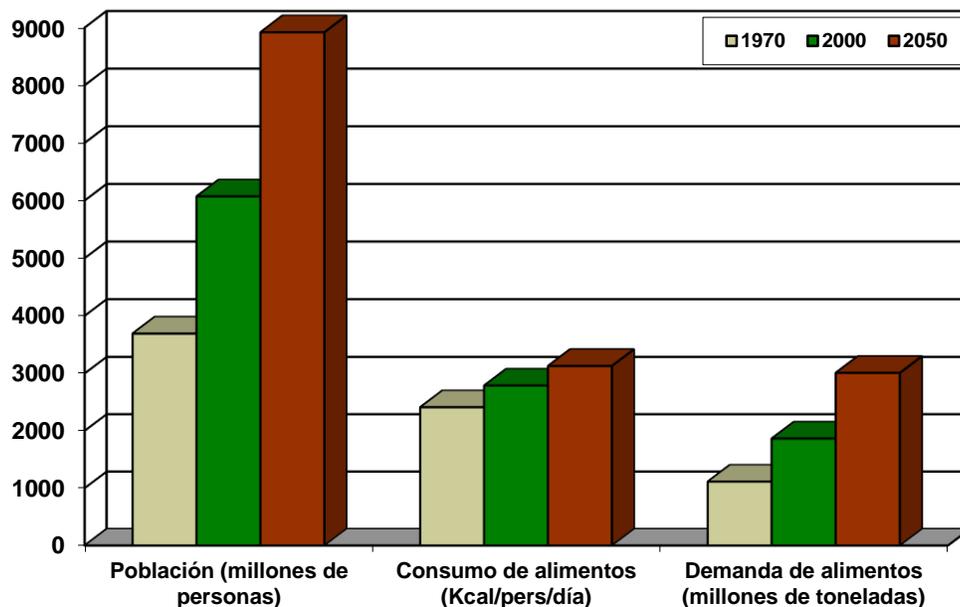
Fuente: FAO

**Figura 1.** Balanza comercial agrícola de los países menos adelantados (FAO, 2008)

Si pretendemos representar de manera comparativa mediante una ecuación los componentes que de manera priorizada conforman la demanda de alimentos y del otro lado qué tenemos para satisfacer la misma, podemos apreciar que las demandas están dadas por: el crecimiento demográfico, el aumento de la riqueza y el uso de granos para alimentar automóviles. Por otro lado las ofertas con los componentes siguientes: la erosión del suelo, el agotamiento de los acuíferos, la pérdida de tierras agrícolas y usos no agrícolas, el desvío de agua de riego a las ciudades, el estancamiento de los rendimientos de los cultivos en la agricultura de los países avanzados y las olas de calor producidas por los cambios climáticos-extinción

de cultivos. De manera que, los componentes para cumplir con las demandas cada vez más crecientes están muy comprometidos.

Según Brown, (2011) la población mundial casi se ha duplicado desde 1970, todavía estamos agregando 80 millones de personas cada año, esta noche habrán 219 mil bocas adicionales para alimentar y mañana por la noche habrán otras 219 mil bocas y así será durante todo el año, y muchos de ellos serán recibidos con platos vacíos, este crecimiento requerirá producir entre el 2005 y el 2050 más del 70 % de la producción total actual e incrementar en mil millones de toneladas de cereales (hoy se producen 2,2 mil millones de ton) y más de 200 millones de toneladas de carne (hoy se producen 270 millones de ton) (Fig. 2).



**Figura 2.** Situación Alimentaria. Demanda. (Porto, 2011)

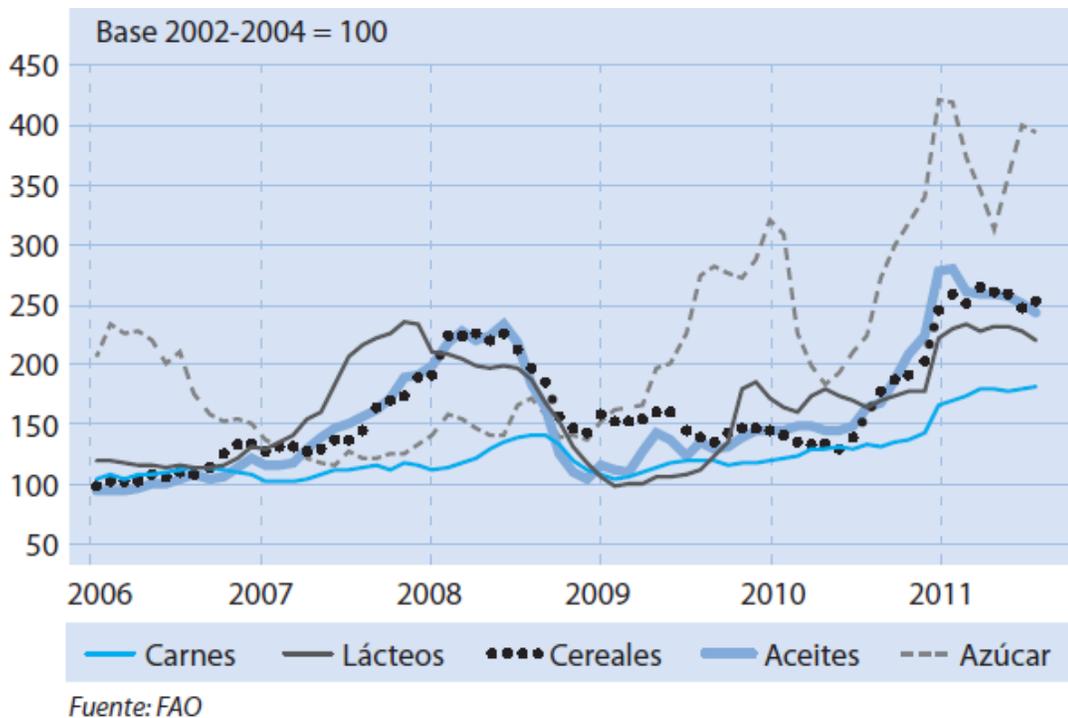
En realidad cuando hacemos una valoración de los volúmenes de alimentos que se producen a nivel mundial y se comparan con la población que existe, pudiéramos llegar a la conclusión, según el per cápita que los mismos son suficientes para satisfacer las necesidades de dicha población, pero eso no es real, debido a que el 25 % de los habitantes de los países desarrollados consumen el 50 % de los alimentos y el 75 % de los habitantes que conforman los países subdesarrollados

consumen el otro 50 %; este consumo desigual ha generado que mientras en determinados países se despilfarran alimentos, existen 868 millones de personas pasando hambre, lo que representa un 12,5 % de la población mundial. Casi uno de cada siete seres humanos está desnutrido. (FAO, 2012).

El precio de los alimentos se ha incrementado en los últimos años (Fig. 3 y 4) y aún no se puede pronosticar con exactitud hasta cuando dicho incremento se mantendrá de manera sostenida, unas veces con mayor grado y otras con menor, pero seguirá aumentando.



**Figura 3.** Índice mensual de la FAO para los precios de los alimentos



**Figura 4.** Índice mensual de la FAO para los precios de los alimentos, según grandes grupos

Ahora bien, ¿Cuáles son las principales causas que provocan dicho incremento?.

- El sostenido aumento del precio del petróleo.

Como se conoce la industria química es alta consumidora de petróleo, de manera que si este aumenta sus precios se tiene que incrementar el precio de los productos químicos, entre 1996 y el 2008 el precio de los fertilizantes se disparó más de un 650 %. Mosaic, la tercera empresa de fertilizantes a nivel global aumentó sus ganancias más de 1 000 % en ese período, por tanto esto provoca que al tener que pagar los productores un mayor valor por sus insumos, ellos estarán obligados a incrementar el precio a sus producciones.

- El uso de determinado nivel de alimentos para la producción de combustible. Solo en Estados Unidos se utiliza una cuarta parte del maíz que se produce para la producción de etanol, si este maíz se utilizara para alimentar a las personas, podríamos alimentar 320 millones de habitantes. En los últimos años se han producido las compras masivas de tierras, de 80 a 227 millones de hectáreas han

pasado a manos transnacionales para producir cultivos para los agrocombustibles, lógicamente el petróleo se va a acabar y en la época post-petrolera los carbohidratos jugarán un papel importante en la búsqueda de nuevas alternativas, China en el año 2011 produjo un millón de litros a partir de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) pero en Estados Unidos ya se está hablando de clones de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), que producen etanol al igual que el maíz. Bill Gates tiene una fundación con su esposa Melinda que han obtenido un clon de yuca que contiene 30 veces más vitaminas que la yuca convencional, esto indica que se está apostando a la yuca y al boniato, de manera que nosotros tenemos que apostar a nuestros cultivos autóctonos, porque si no lo hacemos vamos a terminar importando un clon de yuca de Bill Gates (Reho, 2008).

- El impacto de los cambios climáticos que provoca los tsunamis, intensas sequías, huracanes, etc., todo esto conspira con la sostenibilidad y diversidad en la producción de alimentos, lo que provoca también el incremento del precio de los mismos, y un cuarto factor es:
- La especulación con el precio de los alimentos.

Hoy no se puede hablar de intermediarios, porque éste compra y vende el producto y obtiene su ganancia, pero el especulador compra el producto y como tiene tanta ganancia debido a los elevados precios a los que los comercializa, prefiere mejor dejar echar a perder determinado nivel de producto antes que bajarle el precio. También pueden comprar y acaparar determinados productos, generar la escasez virtual, provocando con ello que se eleve los precios de los mismos, para posteriormente proceder a su venta.

El factor precio aún mantiene preocupados con el hambre y la subnutrición a los países en desarrollo (Porto, 2010). El incremento sostenido de los mismos puede generar un problema social de impredecibles consecuencias, pues mientras que, los habitantes de los países industrializados dedican entre el 10 y el 20 % de sus

salarios para comprar alimentos, en los países sub-desarrollados dedicamos entre el 80 y el 85 % del mismo para comprar alimentos, esto significa, que si el precio continúa aumentando, en los países industrializados pueden darse el lujo que estos se dupliquen, entonces dedicarían hasta el 40 % de su salario, quedándoles un 60 % para otras necesidades, mientras que en los países subdesarrollados, trabajaremos sólo para satisfacer nuestras necesidades alimentarias, es por ello que “Estamos ante el imperativo de hacer producir más la tierra...” (Castro, 2007) porque el barco cada día se pone más lejos y más caro.

En el caso de nuestro país llegamos a importar el 57 % de las proteínas y el 50 % de las calorías como resultado del intercambio con la antigua Unión Soviética, o sea, que los precios preferenciales que teníamos con el azúcar en este mercado, generaron una mentalidad de consumidores-importadores y no de consumidores-exportadores, lo que ha motivado que sólo de maíz estamos importando más de 700 mil toneladas, y de esas importaciones alrededor de un 10 % es para consumo humano, el resto es para alimento animal, por lo que estamos obligados a sustituir parte de ese maíz con otras fuentes energéticas tropicales, para mitigar esas importaciones que sobrepasan los 200 millones de dólares al año.

### ***¿Cuáles son las principales características de la agricultura mundial?***

- La Globalización Neoliberal en marcha, la crisis Económico-Financiera y la pérdida de soberanía para decidir el proceso de desarrollo en cada país, son particularmente perceptibles en el sector rural.
- Se continúan exportando al tercer mundo tecnologías de producción, ambiental y económicamente insostenibles.
- Se incrementan las importaciones de alimentos en países que tradicionalmente fueron exportadores.
- Crecen las brechas tecnológicas entre el mundo desarrollado y los países en desarrollo.
- Las Empresas Transnacionales ya están liderando la Biotecnología Agrícola.

- En América Latina y el Caribe continúa el aumento de la pobreza en las zonas rurales. El ALCA, ha contribuido a que la situación sea aún más dramática, para contrarrestar por suerte para los países de América ha surgido el ALBA.
- El 82% del mercado comercial de semillas está bajo propiedad intelectual y 10 empresas controlan 67% de este rubro.
- Las grandes semilleras (Monsanto, Syngenta, DuPont, Bayer, etc.) son en su mayoría propiedad de fabricantes de agro tóxicos, rubro en el cual las 10 mayores empresas controlan 89% del mercado global.
- El subsidio de los países desarrollados a la agricultura asciende a unos 350 millones de dólares.

Este subsidio trae como resultado una competencia desigual a la hora de ofertar productos en el mercado internacional, muestra de ello es que los productores de carne vacuna europeos tienen en crisis a los productores de carne vacuna africanos, porque al ser subsidiada dicha producción en Europa, pueden colocar su carne a precios más bajos que el ofertado por los africanos y así sucede con otros productos y en otros continentes.

### ***¿A qué reto nos enfrentamos los agricultores cubanos hoy?***

- El 76% de todas las áreas agrícolas son suelos poco productivos.
- El 14,9 % están afectados por la salinidad y/o sodicidad.
- El 31% tienen bajo contenido de materia orgánica.
- Se observa, como tendencia, disminución de las precipitaciones y elevación de las temperaturas. La diferencia entre las temperaturas nocturnas y diurnas cada vez resultan.
- Aparición de plagas y enfermedades con alta letalidad y virulencia como consecuencia de la guerra biológica contra Cuba y de los cambios climáticos.

Dentro de todas estas situaciones que presenta la agricultura tanto a nivel mundial como en nuestro país tenemos que prestarle una atención especial al tema del agua.

La escasez de agua amenaza al planeta, en sus reflexiones del 28 de marzo del 2007, el Comandante en Jefe Fidel Castro, expresó: “Cerca de 2 000 millones de personas habitarán dentro de apenas 18 años en países y regiones donde el agua sea un recuerdo lejano. Dos tercios de la población mundial podrían vivir en lugares donde esa escasez produzca tensiones sociales y económicas de tal magnitud que podrían llevar a los pueblos a guerras por el preciado ‘oro azul’”, se estima que para el 2015 el número de habitantes afectados por esta grave situación se elevará a 3 500 millones de habitantes.

### **Acerca del incremento de la escasez de agua podemos plantear que:**

- El 40 % de la producción global proviene del 16 % de la tierra que es irrigada.
- El incremento de tierras irrigadas jugó un papel importante en el salto de los rendimientos durante la Revolución Verde, pero no es posible seguirlo incrementando indefinidamente.
- Muchos países presentan ya situación crítica con la disponibilidad de agua (China, Pakistán, Medio Oriente, Centro y Norte de África).
- En EEUU en el 20 % del área irrigada se extrae más agua que la que se repone. Igualmente ocurre en China, Bangladesh, India, entre otros países.
- También se ha incrementado sustancialmente el uso no agrícola del agua.

A todos estos antecedentes debemos agregarle que la demanda de alimentos para la producción de carnes está compitiendo muy fuerte con la demanda para alimento humano, porque en la medida que los países aumentan su poder adquisitivo incrementan su consumo de carne, un ejemplo de ello lo tenemos en China que ha duplicado su consumo de carne en los últimos 10 años, este país tiene alrededor de 600 000 cerdos y produce el 46 % de la carne de cerdo que se produce en el mundo, en el año 2010 produjo 18 millones de toneladas de soya pero importó 54 millones de toneladas de soya, porque los piensos para los cerdos en su composición utilizan soya, pero no solo la soya también otros productos son importados como es el caso de la harina de yuca, procedentes de Tailandia.

Situación similar sucede en el resto de los países de las economías emergentes: Brasil, Rusia, India y Sudáfrica, en los que el consumo de carne también se ha incrementado, donde el consumo de harina de soya se ha incrementado en un 67% en los últimos 10 años. Esto demuestra una vez más, que estamos urgidos de producir alimentos o no comemos, ya que la tendencia mundial es trabajar para la autosostenibilidad y no para exportar, China por primera vez en su milenaria historia produjo más maíz que arroz, pues se autoabastece de este grano y entonces se dedicaron a la producción de maíz, para satisfacer demanda para elaborar los piensos o concentrados.

No son muchos los países exportadores de alimentos, muestra de ello lo tenemos en que la producción de maíz en el año 2008 fue de 781 millones de toneladas y se exportan 88 millones, de ellos el 57% fue exportado por Estados Unidos, el 19% por Argentina y el 7% por Brasil, situación similar ocurre con la soya, pues se produjeron 221 millones de toneladas y sólo se exportaron 75 millones por parte de: Estados Unidos (27%), Brasil (31%), Argentina (10%) y Paraguay (5%); de manera que la tendencia mundial es autoabastecerse y no producir para exportar. Un ejemplo de ello lo tenemos en Asia donde se produce el 90% del arroz del mundo y sólo se exporta el 10% de dicha producción.

Por otro lado "gracias" a los tratados de libre comercio la agricultura y los alimentos se transforman en mercancías de exportación. En 1970 los países del tercer mundo representaban el 40% del comercio internacional, 20 años después esta cifra había caído al 25%, las previsiones para el 2020 son poco más de un 5%.

Es preciso reconocer que el sistema alimentario mundial transita por una crisis de dimensiones múltiples, ecológicas, económicas y sociales.

En Julio de 1992 Fidel Castro alertó: "...los bosques desaparecen, los desiertos se extienden, miles de millones de toneladas de tierra fértil van a parar cada año al mar, numerosas especies se extinguen"; la presión poblacional y la pobreza conducen a esfuerzos desesperados para sobrevivir aún a costa de la naturaleza, y para nadie es

un secreto que es una realidad, ahí están los famosos impactos de los deshielos, el tema de la deforestación, aunque realmente hay países que están deforestando para sembrar cultivos y todo esto tiene un impacto en la producción de alimentos.

El gran interés de Fidel por la ciencia le ha permitido tener una percepción avanzada y holista en relación con los problemas del medio ambiente y el cambio climático (Ramos, 2011). En la actualidad, es un hecho científico que el clima global está siendo alterado significativamente (Cambio Climático Global) y en el presente siglo, como resultado del aumento de concentraciones de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que hagan aumentar la temperatura planetaria entre 1,5°C y 4,5°C (el llamado Efecto Invernadero y Calentamiento Global).

Los científicos han advertido que los alarmantes aumentos de temperatura en la Bahía de Bengala debido al cambio climático podrían inundar islas, destruir bosques y afectar Sunderbans, donde vive un millón de personas. (AP Foto/Bikas Das). Los 29 atolones que forman las Islas Marshall, están más amenazados que nunca, ya que la subida del nivel del mar se está llevando por delante sus playas.

### **Principales afectaciones del cambio climático a la producción de alimentos:**

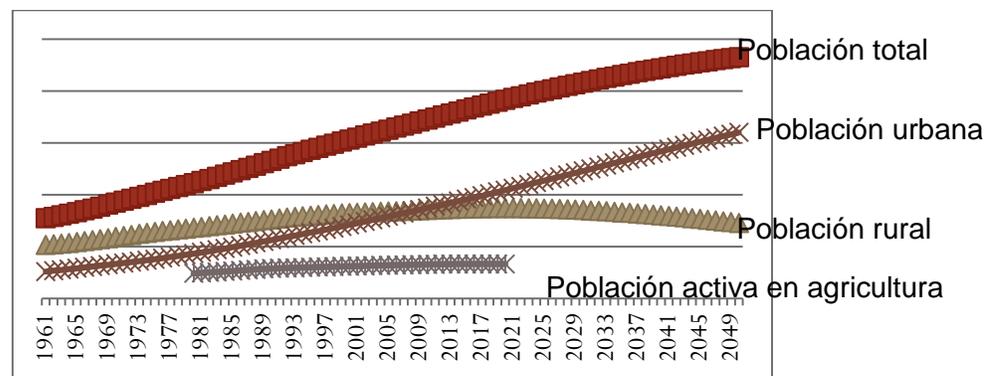
- Incremento de la temperatura media
- Cambio en la cantidad y distribución de la lluvia
- Incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico
- Niveles de polución (ozono troposférico)
- Eventos extremos.

Según Rubiera (2011) en el caso de Cuba entre los años 1980 y 1988, pasaron cinco huracanes, sin embargo, en 1996 hasta el 2012 tuvimos el impacto de 15 huracanes

y de mayor intensidad que los anteriores. Esto significa que tenemos necesariamente que diversificar las producciones para poder mitigar dicho impacto.

Cada día las inversiones para la producción de alimentos se reducen, debido a la misma inseguridad que existe en la recuperación de estas y lo competitivo que resultan otros sectores emergentes de la economía global. Sin embargo hoy se gasta cinco veces más en los armamentos.

A nivel global, aparecen nuevos problemas sociales. En la década del 50 existían cuatro personas en el campo por cada una en la ciudad. Hoy, y desde el punto de vista de la historia -60 años no es nada-, hay una persona en el campo por cada una en la ciudad, o sea ha habido un éxodo de personas para la ciudad, de manera que el incremento total de la población urbana como se observa en la Fig. 5, se ha comportado de forma similar al de la población total, no así la población rural y activa en la agricultura (Borroto, 2011a).



**Figura 5.** Pronóstico del crecimiento de la población mundial

En Cuba, al triunfo de la Revolución, el 70 % de la población estaba en el campo, el 30 % en la ciudad y ese 70 % que estaba en el campo fundamentalmente trabajaban en la agricultura (Borroto, 2011b). Hoy de cada 100 personas hay ocho viviendo en zonas rurales, pero no todo el que vive en zonas rurales labora en la agricultura. Para tener una idea, en la actividad de los cultivos varios, viandas, hortalizas y granos, trabajan 247 mil personas en todo el sistema, de manera que un cubano en

la actividad de los cultivos tiene que producir para 47 habitantes y esta realidad es un problema que ocurre a nivel mundial.

Esta situación alimentaria, la previó desde muy temprano el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz en el año 1996, cuando expresó: “Las campanas que doblan hoy por los que mueren de hambre cada día, doblarán mañana por la humanidad entera si no quiso, no supo, o no pudo ser suficientemente sabia para salvarse a sí misma”. Lógicamente, los cultivos tradicionales en el mundo han sido relegados por los comerciales, fundamentalmente orientados hacia la producción de cereales. China llegó a sembrar 13 millones de hectáreas de boniato. Los chinos llegaron a producir el 80 % del boniato que se produce en el mundo y procesaban el 70 % de este cultivo, pero hoy en China están sembrando también mucho maíz y están sembrando mucho trigo, porque ese país en los últimos 10 años, ha duplicado el consumo de carne y necesitan estos cereales para producir piensos.

Nuestro país tiene una notable fortaleza para trabajar con el propósito de mitigar el impacto que provoca en nuestra economía la importación de alimentos, fundamentalmente de aquellos que se pueden producir en nuestras condiciones edafoclimáticas y con los recursos que disponemos, pues existe voluntad política, conocimientos técnicos y potencial científico. El hecho de que se identifique la producción alimentaria como de alta seguridad nacional y las sostenidas inversiones en esta actividad que realizamos, indican que está priorizada por la máxima dirección de nuestro gobierno la producción de alimentos, por otro lado nuestros productores en su mayoría poseen una notable instrucción técnica, generan ellos mismos conocimientos y aplican los resultados científicos, además, tenemos un potencial científico formado por la cantidad de instituciones creadas como política de nuestro país, ya que desde los primeros años se definió que “El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento...” (Castro, 1960). Ahora bien, para lograr una mayor eficiencia y garantizar los resultados que necesitamos, tenemos que integrarnos aún más bajo la “sombra” de la voluntad política y garantizar que los conocimientos

técnicos y el potencial científico alcancen una mayor integración reflejada en el escenario productivo.

Para alcanzar la verdadera soberanía alimentaria una de las estrategias fundamentales radica en la diversificación de especies de los cultivos autóctonos, cuando hablamos de sustituir importaciones, como es el caso del maíz, cultivos como la yuca y el boniato, resultan una alternativa de extraordinarias posibilidades; en nuestro país, tenemos ejemplos exitosos con porcicultores que al año producen alrededor de 200 toneladas de carne y más del 40 % de la dieta de estos cerdos es con yuca, sustituyendo al maíz (Rodríguez, 2011b). Tailandia produjo 27 millones de toneladas de yuca, y 9 millones de toneladas de harina de yuca a partir de esa yuca fresca. China importó cinco millones de toneladas de esa harina para fabricar piensos, sin embargo, nosotros no consideramos la utilización de la yuca como sustitución de importaciones, porque si produjéramos soya y maíz sí se consideraría sustitución de importaciones.

Por sus cualidades organolépticas, resistencia al impacto de los huracanes y elevado potencial productivo las malangas del género *Colocasia* y *Xanthosoma*, comienzan a resultar una nueva alternativa para ser utilizadas en la diversificación de alimentos para consumo animal, fundamentalmente cerdos. (Rodríguez *et al.*, 2010).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, resulta necesario cambiar el modelo productivo actual y de una agricultura de altos insumos químicos y energéticos, pasar a una agricultura de bajos insumos químicos y con un enfoque agroecológico y sostenible, esto no significa cero fertilizantes y tampoco cero pesticidas (Rodríguez, 2011a). En nuestra opinión todos los extremos son riesgosos, tan preocupante es el absolutismo orgánico como el extremismo químico en la agricultura, todas las alternativas tienen su espacio, lo único que resulta necesario buscarle su escenario productivo más adecuado para aplicarlos. En nuestro país en el año 1985 importábamos 5 452.3 toneladas de pesticidas, ya en el 2010 importamos solamente 1 185.0 toneladas, lo que ha representado el ahorro de millones de dólares ¿Qué

hemos hecho?, incrementar la producción de medios biológicos, de entomófagos y entomopatógenos. Hemos disminuido la importación de fertilizantes químicos, en sustitución de los mismos elaboramos y aplicamos los abonos orgánicos y biofertilizantes, incluso elaboramos y aplicamos fertilizantes órgano-mineral, en fin no decimos cero fertilizantes químicos, ni cero pesticidas. Cuando la plaga se va del umbral económico, hay que darle con un pesticida para que vuele; o sea, que lo que hay que entender es que se necesita un nuevo modelo, no se puede seguir con el desorden de tirar pesticidas con avión para controlar una plaga, eso es un desastre. De manera que, estamos obligados a producir para garantizar la soberanía alimentaria, y no pensar que la seguridad alimentaria se le garantiza a las personas importando alimentos. Si aspiramos a tener soberanía alimentaria, hay que trabajar en la eficiencia, en la generación y transferencia de tecnología, porque hay un aspecto importante, y es que hay que disminuir las brechas entre la obtención de los resultados científicos y su generalización en la práctica productiva (Rodríguez y García, 2010). No es un problema exclusivamente cubano, es un problema mundial, y la clave es la eficiencia en la generación y transferencia de tecnología. A veces se dice que no hace falta investigar más, que con lo que tenemos, si lo aplicamos, se resuelve el problema. ¿Qué pasaría dentro de 15 años si no investigamos más?, que dentro de 15 años nos daremos cuenta que nos quedamos rezagados. Hay que investigar más, y lograr que esa investigación tenga una mayor eficiencia en la respuesta productiva.

Para producir alimentos de manera eficiente y sostenible es preciso trabajar con conceptos sustentados en la aplicación de la ciencia y la técnica, por ejemplo, se ha demostrado que en los últimos 100 años a nivel mundial, el 50 % del incremento de los rendimientos se ha debido al uso de semillas de alta calidad y a las variedades y el otro 50 % a los insumos.

Si no tenemos una base genética sólida, no habrá potencial productivo, una variedad de bajo potencial y una semilla de mala calidad por mucho que se fertilice y se riegue, jamás dará un buen rendimiento por hectárea. Nuestro país tiene una

fortaleza extraordinaria, podemos producir semillas por técnicas convencionales. Hoy en el surco se hace mucha ciencia y hay muchos productores que tienen métodos para producir semillas por técnicas convencionales que hay que seguir las trabajando, pero también existen técnicas convencionales aceleradas que están entre la convencional y la biotecnológica. En Cuba se ha diseñado un sistema de biofábricas mediante el cual podemos producir 40 millones de vitroplantas de alta calidad, eso es una fortaleza. Hay que establecer estrategias de fitomejoramientos genéticos, porque en los últimos 100 años el 50 por ciento del incremento de los rendimientos de los cultivos agrícolas ha estado dado por el fitomejoramiento (Rodríguez, 2011c).

Resulta necesario obtener variedades no solamente superiores, sino estables, porque los cambios climáticos están influyendo decisivamente, una variedad que hoy rinde 30 toneladas por hectárea porque las condiciones son óptimas y el año que viene ocurre una sequía y rinde cinco, no sirve, hay que buscar variedades más estables, porque el hombre necesita alimentos todos los días, lógicamente es mucho más eficiente la investigación si además de los sistemas convencionales existe la posibilidad de utilizar las técnicas de avanzada, la biotecnología no sólo tendrá que ser más profunda en el manejo genético, la biología celular y molecular, sino que necesitará superar barreras sociales y monopolizadoras para ponerse al servicio de la seguridad alimentaria y de vida de todos los seres humanos, sustentados en principios éticos, conservacionistas, humanistas. Hay que buscar rendimientos de resistencia múltiple, y tolerantes al stress abiótico, buscar plantas más adaptables a las condiciones de sequía y hacer un aprovechamiento más racional del agua. La agricultura tiene que ser eficiente por cualquier alternativa.

Es preciso diseñar una nueva estrategia, para generalizar los resultados, porque si no se logra interactuar con el productor no se podrá nunca generalizar los resultados, el investigador tiene que formar parte del equipo que trabajará en la transferencia del nuevo producto, pues lo que se obtiene como resultado de una investigación en determinados momentos, hay que ajustarlo al escenario productivo. Hay que trabajar muy fuerte también en el fortalecimiento del concepto integración y la integración no

es un problema de palabra, la integración es una tarea concreta, generalizar los resultados para integrarnos de verdad. Es preciso buscar muchos asociados para ganar esta batalla y para que el productor participe en la toma de decisiones en el momento de seleccionar el nuevo producto (ya sea un nuevo clon o una nueva tecnología), para que le productor no exprese: ese producto lo trajo el INIVIT, sino, que él tenga sentido de pertenencia para que si se pierde no se diga: era del INIVIT, sino que es de ellos. Lógicamente hay que buscar el acercamiento y la asimilación de las técnicas de avanzada para los productores, para esto hay que buscar alternativas para acercar las tecnologías de avanzada que tenemos al surco, porque es una realidad, una semilla sana, sin enfermedades tiene mayor potencial. De manera que la eficiencia en la generación y transferencia de tecnología para la agricultura cubana hoy es de alta prioridad.

Finalmente es preciso señalar que no es posible hablar de eficiencia en la agricultura sin una agroindustria fortalecida y diversificada, nadie produce todo lo que consume el día que lo va a consumir, ni en la época que lo va a consumir, el mundo produce en la época óptima, almacena y después lo comercializa, por tanto es necesario desarrollar una agroindustria que responda a los intereses de cada territorio.

## **Conclusiones**

La producción de alimentos constituye uno de los grandes retos que hoy enfrenta la humanidad, ya que la demanda crece de manera sostenida y los componentes para satisfacerla cada vez están más comprometidos. Cuando existe voluntad política, conocimientos técnicos y potencial científico, resulta posible romper todas las barreras que frenan dicha producción, mediante la integración de los dos últimos factores, bajo la sombrilla de la voluntad política, lo que garantiza la aplicación de la ciencia y la técnica en los diferentes escenarios productivos.

## Bibliografía

Borroto, C.G. (2011a, noviembre). Impactos de la biotecnología en la producción de alimentos: realidades y perspectivas. Conferencia Magistral presentada en el I Simposio Internacional de Raíces, Rizomas, Tubérculos, Plátanos, Bananos y Papaya, Santa Clara, Cuba.

Borroto, C.G. (2011b). Biotecnología e Ingeniería Genética. *Revista bimestral cubana de la Sociedad Económica de Amigos del País*, 35(CX), 45-60.

Brown, L.B. (2011). La Gran Crisis Alimentaria de 2011 - Vía Orgánica. Boletín de Earth Policy. Extraído el 20 enero, 2011 de: <http://viaorganica.org/la-gran-crisis-alimentaria-de-2011/>

Cambio Climático Global (2012). Extraído el 9 febrero, 2012 de: <http://cambioclimaticoglobal.com>

Castro, F. (1960, Enero 15). Discurso pronunciado en el Acto Celebrado por la Sociedad Espeleológica de Cuba, en la Academia de Ciencias.

Castro, F. (1992, Junio 12). Discurso pronunciado en Río de Janeiro por la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo En: *Dialogo de Civilizaciones*.

Castro, F. (1996, Octubre 16). Discurso pronunciado en la Cumbre Mundial de la Alimentación, Roma.

Castro, F. (2007, Marzo 28). Condenados a muerte prematura por hambre y sed más de 3 000 millones de personas en el mundo, tomado de: Reflexiones del compañero Fidel Extraído el 19 abril, 2008 de: <http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/>

- Castro, R. (2007, Julio 26). Discurso pronunciado en el acto central por el aniversario 54 del asalto a los cuarteles Moncada y Carlos Manuel de Céspedes, en la Plaza de la Revolución Mayor General Ignacio Agramonte Loynaz de la ciudad de Camagüey.
- Castro, R. (2009, Diciembre 20). Intervención del Presidente Raúl Castro en la Asamblea Nacional del Poder Popular, Extraído el 22 diciembre, 2009 de: <http://www.cubadebate.cu/opinion/2009/12/20/discurso-de-raul-castro-en-la-asamblea-nacional/>.
- FAO. (2008). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2012). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2012, Informe sobre el bienio 2010-2012, Roma. Extraído el 21 noviembre, 2012 de: <http://www.fao.org/publications/sofi/es/>
- Porto, M. (2010). Crisis Alimentaria causa y efectos. *Nueva Empresa. Revista Cubana de Gestión Empresarial*. 2(6), 9-13. ISSN: 1682-2455.
- Porto, M. (2011, noviembre). La situación alimentaria mundial y la intensificación de la producción agrícola sostenible a través de un enfoque ecosistémico. Conferencia Magistral presentada en el I Simposio Internacional de Raíces, Rizomas, Tubérculos, Plátanos, Bananos y Papaya, Santa Clara, Cuba.
- Ramos, L.E. (2011). *Fidel Castro ante los Desastres ante los desastres naturales. Pensamiento y acción*. La Habana: Oficina de publicaciones del Consejo de Estado.

- Reho, A.I. (2008). Yuca y camote próximos a ser supertubérculos. Extraído el 9 diciembre, 2008 de: <http://www.hortalizas.com/articulo/10487/yuca-y-camote-proximos-a-ser-supertuberculos>.
- Rodríguez, S. (2011a). *¿Qué Agricultura estamos haciendo? La educación agropecuaria en la escuela cubana actual*. Universidad de Ciencias Pedagógicas. Félix Varela Morales, p.17-23. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- Rodríguez, S. (2011b, noviembre). La producción de alimentos, un reto inaplazable. Conferencia Magistral presentada en el I Simposio Internacional de Raíces, Rizomas, Tubérculos, Plátanos, Bananos y Papaya, Santa Clara, Cuba.
- Rodríguez, S. (2011c). Agricultura Convencional. *Revista bimestral cubana de la Sociedad Económica de Amigos del País*, 35(CX), 38-45.
- Rodríguez, S. y M. García. (2010). Generación y transferencia de tecnologías: una de las claves para la transformación de la agricultura cubana. *Nueva Empresa. Revista Cubana de Gestión Empresarial*. 2(6), 5-8. ISSN: 1682-2455.
- Rodríguez, S., M. Portieles, L. Ruiz, M. García, M. Folgueras, R. Pérez and J. Albert. (2010). Taro (*Colocasia esculenta*) and tannia (*Xanthosoma sagittifolium*) crops in the Republic of Cuba. *The Global Diversity of Taro: Ethnobotany and conservation*. Biodiversity Internacional. p. 137-142.
- Rubiera, J. (2011, noviembre). Huracanes, períodos de actividad, cambio climático y la disminución del riesgo. Conferencia Magistral presentada en el I Simposio Internacional de Raíces, Rizomas, Tubérculos, Plátanos, Bananos y Papaya, Santa Clara, Cuba.

## **Tema 2.2. Aceite de linaza micro encapsulado con multicapas de biopolímeros y determinación de su estabilidad oxidativa.** Juan Gabriel Báez González, Alanís Guzmán María Guadalupe, Verónica De la Cruz De la Cruz, Lilí Rodríguez Blanco, Jaime Eduardo Vernon Carter. baezjuan@yahoo.com.mx

### **Resumen**

La estabilidad (resistencia a la oxidación) viene a ser uno de los factores que más preocupan, así como también, es uno de los principales criterios de calidad. Innumerables factores determinan la estabilidad de aceites y grasas, destacando la composición química y las condiciones de procesamiento, que deben ser realizadas buscando una mayor estabilidad, para ello, la utilización de la micro encapsulación, es un método valioso para el aumento de la estabilidad. En el presente trabajo se analizaron los efectos de diferentes concentraciones de biopolímeros utilizados como materiales de pared para retardar la oxidación del aceite de linaza micro encapsulado. Los biopolímeros utilizados fueron goma de mezquite (GM) y quitosano (Q), los cuales fueron mezclados en diferentes proporciones en emulsiones realizadas por dos métodos distintos, el método tradicional (MT) y el método de deposición electrostática capa por capa (M2E). Se midió la eficiencia de encapsulación del aceite, la estabilidad oxidativa y las isotermas de sorción a 35°C. Donde las microcápsulas GM06QM2E mostraron la menor formación de hidroperóxidos, ya que presentó la mayor eficiencia de encapsulación en comparación con las demás formulaciones.

### **Introducción**

La semilla de lino, mejor conocida como linaza, es una oleaginosa de origen mediterráneo, considerada hasta hace poco como un “oleaginosa industrial” por sus múltiples usos diferentes al de la alimentación. Sin embargo, variados estudios que muestran su valor nutritivo han despertado el interés de la industria de alimentos y del consumidor (Barbary *et al.*, 2010), ya posee un elevado contenido de grasa, fibra y proteínas, así como un aceite rico en ácidos grasos omega 3 y un considerable contenido de lignanos con efectos beneficiosos en la salud. Además, de contener compuestos polifenólicos, que le confieren una alta capacidad antioxidante (Ostojicha and Sangronis, 2012). La oxidación de los lípidos es la principal causa de deterioro en

la calidad de los alimentos, porque conlleva al desarrollo de olores desagradables y se generan productos potencialmente tóxicos. Una alternativa para la prevención de la oxidación del aceite de linaza es la micro encapsulación, que hoy en día se aplica para proteger y/o preservar diferentes compuestos, para conseguir uno o más efectos deseables, que incluye la liberación controlada, extensión de la vida útil, separación de compuestos incompatibles y mejoramiento las cualidades del producto final (Eng-Seng *et al.*, 2010), se ha utilizado con éxito en la industria de los alimentos para proteger sustancias que son sensibles a la temperatura, la luz, el oxígeno y la humedad, así como también, modificar las características físicas del material, lo que facilita la manipulación (Rocha *et al.*, 2012). Los principales agentes encapsulantes utilizados en combinación con la técnica de secado por aspersion han sido la goma arábica (*Acacia senegal*), ciclodextrinas, almidones modificados y se almidones modificados (Porrarud and Pranee, 2010).

## **Materiales y métodos**

### **Elaboración de emulsiones**

Las emulsiones fueron formuladas para tener una fracción de fase dispersa ( $\phi = \frac{g_{\text{aceite}}}{g_{\text{emulsión}}}$ ),  $\phi=0.15$  y una relación de material emulsionante a aceite de linaza de 2:1 (p/p). Todas las emulsiones se prepararon con la solución de ácido acético al 1% (p/p) pues el quitosano es soluble en soluciones ácidas. Se formularon 3 emulsiones bajo el método tradicional (MT), y consistió en la mezcla previa de los biopolímeros en una solución acuosa al 1% de ácido acético. Se utilizó 10% de GM y 0.0, 0.3 y 0.6 % Q respecto de la emulsión total obteniéndose las siguientes emulsiones GM00QMT, GM03QMT y GM06QMT. El método de deposición electrostática capa por capa (M2E) consistió en dos etapas, en la primera se disolvió la goma en la solución acuosa de ácido acético, la emulsión primaria fue elaborada al agregar gota a gota el aceite, manteniendo una velocidad de homogeneización de 7600 rpm durante 5 minutos. La segunda etapa consistió en redispersar la emulsión primaria en una solución de quitosano a diferentes concentraciones (GM03QM2E y

GM06QM2E).

### **Elaboración de microcápsulas**

Las emulsiones fueron secadas en un minisecador por aspersion Büchi modelo 190 (Büchi Laboratorio Technik AG, Flawil, Suiza) a una temperatura de aire a la entrada de  $170 \pm 5^\circ\text{C}$  y una temperatura de aire de salida de  $95 \pm 5^\circ\text{C}$  y una presión de atomización de 4.5 bar.

### **Eficiencia de encapsulación**

Se determinó el contenido de aceite superficial realizando una extracción con isooctano y agitación magnética durante 15 minutos; el contenido de aceite interno se determinó rehidratando las microcápsulas y rompiendo la emulsión formada para cuantificar el aceite interno utilizando una mezcla de isooctano/2-propanol (3:1, v/v) y centrifugación por 10 minutos a 6000 rpm.

### **Isotermas de sorción**

Las muestras se colocaron en pequeños desecadores de vidrio con soluciones saturadas de diferentes sales en el fondo de los desecadores en el intervalo de actividad acuosa ( $a_w$ ) de 0.11 a 0.85 y se mantuvieron a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$ . Las muestras se pesaron cada 2 días en una balanza, hasta que la diferencia de pesos entre dos muestras consecutivas fue menor a 1 mg/g de sólidos, y su actividad acuosa se midió con un medidor de actividad de agua Aqualab con compensador de temperatura (modelo series 4TE, Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, EUA) hasta alcanzar el estado de pseudoequilibrio.

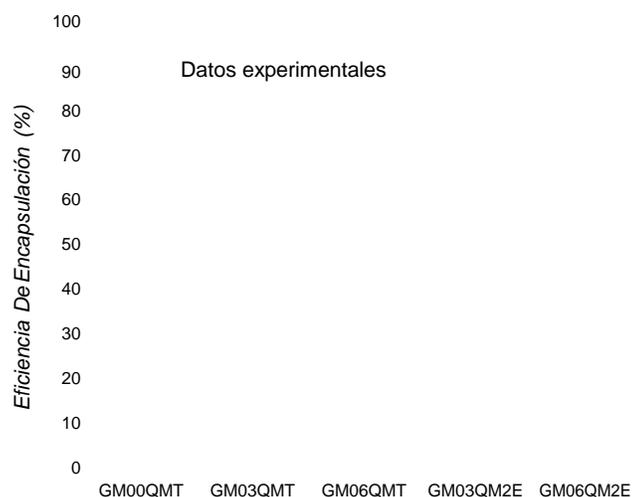
### **Almacenamiento y Estabilidad oxidativa de las microcápsulas**

Se midió el grado de oxidación del aceite de linaza en las microcápsulas almacenadas en los desecadores de vidrio que contenían soluciones saturadas de diferentes sales en el fondo de los desecadores en el intervalo de actividad acuosa ( $a_w$ ) de 0.11 a 0.85. La oxidación se midió durante 3 semanas, a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$ , por la técnica de p-anisidina (AOACS) y la técnica de hidroperóxidos (Shantay

Decker, 1994).

## Resultados y discusión

Se obtuvieron microcápsulas a partir de emulsiones de aceite de linaza mediante secado por aspersión usando como agentes encapsulantes goma de mezquite y quitosano en distintas concentraciones GM00QMT, GM06QMT, GM06QMT, GM03QM2E, GM06QM2E, con relación de material de pared a material encapsulado de 2:1. Los resultados de la eficiencia de encapsulación se muestran en la Figura 1, donde se observa que para las microcápsulas GM06QM2E se presentó la mayor capacidad de encapsulación, debido a que la membrana interfacial compuesta por una concentración de 0.6% de quitosano y el 10% de goma de mezquite elaborada por el método de deposición electrostática capa por capa formó una estructura más fina y densa que disminuyó la difusión del aceite de linaza durante el secado por aspersión.



**Figura 1.** Eficiencia de encapsulación de las emulsiones con diferentes concentraciones de aceite de linaza.

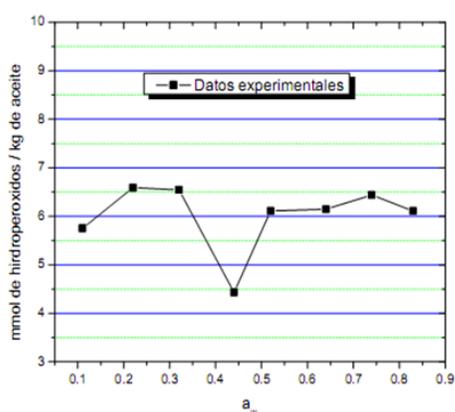
Los resultados de las isothermas de sorción de las microcápsulas a 35 °C obtenidas por el método gravimétrico de celdas de equilibrio en el intervalo de humedad entre 0.11 a 0.85 fueron ajustados al modelo de GAB y los resultados se muestran en el cuadro 1, un valor menor de la monocapa para las microcápsulas que contenían

mayor cantidad de quitosano, el valor de la mono capa fue encontrado en un intervalo de 0.4 a 0.5 de  $a_w$ .

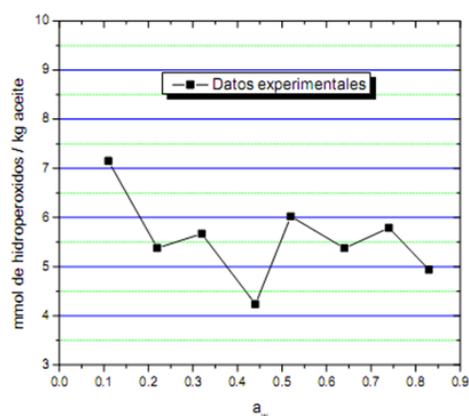
**Cuadro 1.** Parámetros del modelo de GAB para las microcápsulas

$T$ (°C)	$X_m$ (kg H <sub>2</sub> O/100 kg s.s.)	$C$	$K$	$r^2$
GM-00Q	3.913	5.658	0.923	0.998
GM-03Q-MT	3.647	0.884	0.966	0.979
GM-03Q-M2E	3.297	20.134	0.776	0.961
GM-06Q-MT	2.620	53.15	1.0189	0.989
GM-06Q-M2E	3.893	10.725	1.025	0.956

La oxidación del aceite de linaza depende de las condiciones de almacenamiento, la Figura 2 muestra el comportamiento de la oxidación almacenado a diferentes actividades acuosas (0.11-0.85). Los hidroperóxidos formados en las microcápsulas almacenadas a 35 °C y diferentes actividades acuosas fueron medidos en las semanas 1, 6 y 12. En todos los casos se muestra que existe un valor mínimo en la formación de hidroperóxidos a una  $a_w$  entre 0.4 y 0.5, mientras que las microcapsulas GM00QMT, GM06QMT y GM03QM2E presentaron la misma tendencia. Esto quiere decir que si se almacenan las microcápsulas a estas actividades acuosas la velocidad de degradación de los lípidos será menor.



a) Microcápsulas GM03QM2E



b) Microcápsulas GM06QM2E

**Figura 2.** Oxidación de microcápsulas almacenadas a diferentes  $a_w$ . a) Microcápsulas GM06QM2E y b) Microcápsulas GM03QMT.

Estos datos coinciden con los valores encontrados para la monocapa adsorbida en las microcápsulas. Algunos investigadores como Karel (1967) y Labuza (1968) encontraron que la oxidación de los lípidos es menor a actividades acuosas ( $a_w$ ) cercanas al valor de la monocapa de agua ( $a_w$  entre 0.2 - 0.3 para muchos alimentos), debido a que disminuye el efecto de quelación de radicales libres, el posible efecto catalítico de metales de transición, oxígeno singulete y la velocidad de la descomposición de los hidroperóxidos. Las microcápsulas GM06QM2E mostraron la menor formación de hidroperóxidos.

## Conclusiones

En este trabajo se encontró que las interacciones entre los biopolímeros (goma de mezquite y quitosano) modifican la membrana interfacial adsorbida de forma cooperativa o competitiva por los sitios activos en la interfase aceite-agua, esto se observó a través del efecto en la oxidación de los lípidos. De acuerdo a los datos obtenidos se muestra que para las microcápsulas GM06QM2E tuvo la mayor capacidad de encapsulación debido a la formación de una estructura más fina y densa que disminuyó la difusión del aceite de linaza durante el secado por aspersión. Así mismo en estas microcápsulas hay una menor formación de hidroperóxidos en comparación con las demás microcápsulas, siendo a una  $a_w$  entre 0.4 y 0.5 donde se observa una velocidad de degradación de los lípidos menor.

## Bibliografía

Barbary O., El-Sohaimy S., El-Saadani M., Zeitoun A., (2010). Antioxidant, Antimicrobial and Anti-HCV Activities of Lignan Extracted from Flaxseed. *Res J Agric&Biol Sci.* 6(3): 247-256.

Eng-Seng C., Zhi-Hui Y., Soon-Hock P., Rachel Fran M., Pogaku, R. (2010). Encapsulation of herbal aqueous extract through absorption with ca-alginate hydrogel beads. *Food & Bioproducts Processing* 88(2-3): 195-201.

Karel M., Labuza T., Maloney J. (1967). Chemical changes in freeze-dried foods and model systems. *Cryobiology*. 3: 288-296.

Labuza T.P. (1968). Sorption phenomena in foods. *Food Technology*. 22: 15-24.

Ostojich Z., and Sangronis E. (2012). Caracterización de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 62(2): 192-200.

Porrarud S., Pranee A. (2010). Microencapsulation of Zn-chlorophyll pigment from Panodanleaf by spray drying and its characteristic. *International Food Research Journal* 17(4):1031-1042.

Rocha G., Fávaro-Trindade C., Grosso C. 2012. Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. *Food & Bioproducts Processing*. 90(1): 37-42.

## **Tema 2.3. Mojarra tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*): fuente de péptidos con actividad antihipertensiva. Juan Gabriel Torruco Uco, Arellys del Rocío Bravo Vergara, Roselis Carmona García, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Erasmo Herman y Lara, Betsabé Hernández Santos, Jesús Rodríguez Miranda. jtorruco@ittux.edu.mx**

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antihipertensiva de los péptidos obtenidos mediante hidrólisis enzimática de la harina del esqueleto de mojarra tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Se realizó la hidrólisis empleando la enzima proteolítica: Flavourzima® a diferentes tiempo de reacción: 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 min. Se determinó el grado de hidrólisis (%GH) midiendo la cantidad de nitrógeno soluble en ácido tricloroacético (TCA) al 10% y posteriormente se evaluó *in vitro* la actividad inhibitoria de los hidrolizados proteínicos sobre la enzima convertidora de angiotensina (ECA) (efecto antihipertensivo). Los hidrolizados proteínicos obtenidos con Flavourzima® mostraron un GH entre 4 a 62.8%. La mayor actividad inhibitoria de los hidrolizados proteínicos sobre la ECA determinada *in vitro* mostró un valor de  $IC_{50}$  el cuál es la concentración de péptidos en 1 mg de proteína/ml requerido para producir el 50% de la inhibición de la ECA, siendode 0.061 mg/ml a los 75 min de reacción. Se concluye que los hidrolizados proteínicos obtenidos con Flavourzima® presentaron actividad biológica (como antihipertensivo) y éstos pueden ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos funcionales para combatir diversas enfermedades crónico-degenerativas como lo es la hipertensión arterial.

### **Introducción**

La hipertensión arterial es una enfermedad que constituye una de las preocupaciones mayores de las autoridades de salud en prácticamente todos los países del mundo. Por lo que, el control adecuado de la hipertensión arterial reduce las consecuencias de ésta y aumenta la expectativa de vida del paciente hipertenso (Hong *et al.*, 2003). Los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (I-ECA) son un grupo de fármacos relativamente nuevos que se emplean en el tratamiento de la hipertensión arterial. Estos medicamentos actúan sobre el sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRA) inhibiendo de forma competitiva, específica y reversible la enzima de conversión que transforma la angiotensina I en angiotensina

II. En la industria farmacéutica se dispone de I-ECA de administración oral desde hace más de una década, siendo los medicamentos más comunes en el mercado el Captopril®, Benazipril®, Lisinopril®, Enalapril®, Ramipril® entre otros, los cuales han sido eficaces y bien tolerados en el tratamiento de la hipertensión. Sin embargo, una de las desventajas de estos medicamentos de origen sintético es que son caros y además pueden producir ciertas alteraciones secundarias a corto y largo plazo en su uso, como la tos, perturbación en el sabor y salpullidos en la piel e incluso no deben administrarse durante el embarazo debido al riesgo de lesiones o muerte del feto (Lip *et al.*, 1997; Baltar *et al.*, 2004). Actualmente el interés de la industria alimentaria se centra en encontrar materias primas naturales con un alto contenido de proteínas de las cuales se puedan obtener nutrientes y componentes bioactivos que ofrezcan un mejoramiento en la salud del consumidor y actúen en la prevención o tratamiento de enfermedades, y de esta manera intentar sustituir los medicamentos sintéticos por alternativas más naturales e incluso más seguras para las personas. Las proteínas constituyen un aporte nutricional importante, representando una fuente de nitrógeno, aminoácidos y energía. Asimismo, las proteínas pueden ser hidrolizadas produciendo cadenas pequeñas de aminoácidos llamados péptidos (Manninen, 2004), debido a que el consumo de proteínas intactas puede causar reacciones alérgicas en individuos sensibles y como una alternativa, a este problema, pueden utilizarse los hidrolizados proteínicos en la dieta porque estos conservan su valor nutricional y son más digeribles. Los péptidos bioactivos son secuencias de aminoácidos de tamaño pequeño, entre 2 y 15 residuos de aminoácidos (Vioque *et al.*, 2000). Los péptidos bioactivos han sido aislados de diferentes fuentes tanto de origen animal como de origen vegetal y estos han presentado diversa actividad biológica en el organismo, como: opioides, anticolesterolémicos, antitrombóticos, inmunomoduladores, antimicrobianos, anticariogénicos, antioxidantes y antihipertensivos. Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antihipertensiva de los péptidos obtenidos mediante hidrólisis enzimática de la harina del esqueleto de mojarra tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

## **Materiales y métodos**

### **Materiales**

Se utilizó mojarra tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), adquiridos en un vivero en la Ciudad de Loma Bonita, Oaxaca. Los reactivos utilizados en este proyecto fueron de la marca J.T. Baker, Química Meyer, Sigma-Aldrich, Novozymes y Golden Bell.

### **Obtención de la harina**

El pescado se evisceró y lavó perfectamente para posteriormente filetearlo, se procedió a escaldar a 80 °C durante 50 min y se limpió manualmente seleccionando solo el esqueleto. Los esqueletos se secaron en una estufa a 65 °C durante 24 h, y posteriormente se molieron una pre-harina y posteriormente se le realizó un lavado con acetona a una relación 1:2 (p/v) y se secó en una estufa a 65 °C durante 24 h y por último se molió hasta obtener una harina que pasara a través de un tamiz de malla No. 40 con tamaño de partícula de 0.425 mm.

### **Hidrólisis enzimática**

Para la hidrólisis enzimática se utilizó el método descrito por Klompong *et al.*, (2007), con algunas modificaciones, se utilizó la harina del esqueleto con un contenido de 5% de proteína, la cual fue suspendida en 100 ml de agua desionizada, la enzima comercial Flavourzima® 500 MG (Novo Nordisk, Bagsvaerd, Denmark). Se realizó una curva de hidrólisis, usando los siguientes parámetros de hidrólisis: concentración de sustrato 10%; enzima/sustrato en una proporción de 50 LAPU/gde Flavourzima® a pH 7 a una temperatura de 50 °C.

### **Determinación del grado de hidrólisis**

Se determinó el grado de hidrólisis (% GH) utilizando el método reportado por Kim *et al.*, (1990). Este se estimó midiendo la cantidad de nitrógeno soluble en ácido tricloroacético (TCA) al 10% y su proporción con respecto a la cantidad de nitrógeno total en la suspensión de los hidrolizados proteínicos según la ecuación:

$$\%GH = (\text{Nitrógeno soluble en TCA al 10\%}) / (\text{Nitrógeno total}) \times 100$$

### **Evaluación *in vitro* de la actividad inhibitoria de los hidrolizados proteínicos sobre la ECA.**

La actividad inhibitoria de la ECA-I "*in vitro*" se determinó en los hidrolizados proteínicos obtenidos con Flavourzima® a los diferentes tiempos de reacción. El método empleado es el reportado por Hayakariet *et al.*, (1978) haciendo algunas modificaciones. Este método se basa en la reacción colorimétrica del ácido hipúrico con 2,4,6-tricloro-s-triasina (TT).

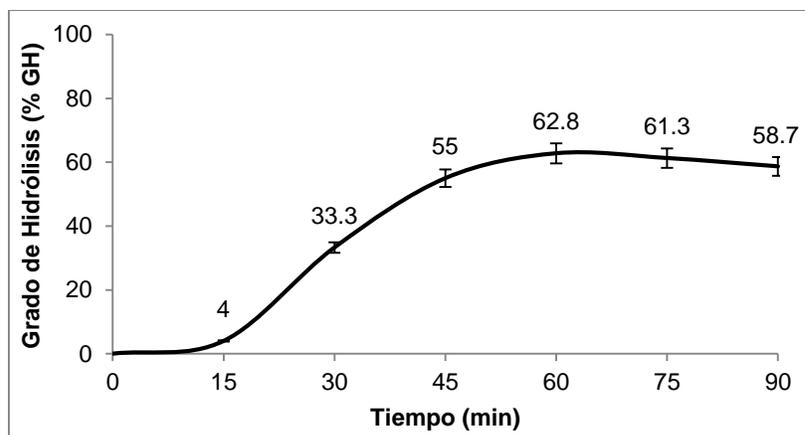
### **Análisis estadístico**

Todos los resultados obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar). Todos estos análisis se efectuaron utilizando el paquete computacional Statgraphics Plus Versión 5.1 y de acuerdo a los métodos señalados por Montgomery (2007).

### **Resultados y discusión**

#### **Hidrólisis enzimática y grado de hidrólisis**

La cinética y los grados de hidrólisis (GH) de los hidrolizados proteínicos de la harina de esqueleto de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) se muestran en la figura 1. El GH de los hidrolizados alcanzaron el mayor GH a los 60 min de reacción con un GH de 62.8%, proporcionando así un intervalo de 4 a 62.8% de los 15 a los 60 min, y posteriormente los GH disminuyeron a los tiempos de reacción de 75 y 90 min con valores de 61.3 y 58.7% respectivamente.



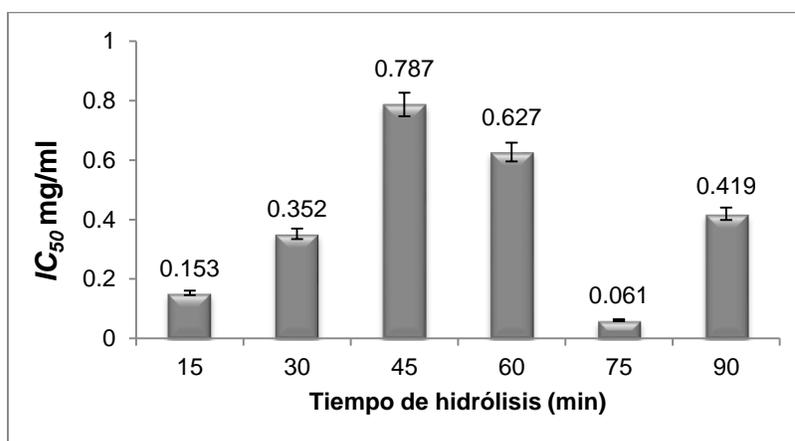
**Figura 1.** Hidrólisis enzimática de la harina de esqueleto de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) con Flavourzima®. Los resultados de cada tiempo de hidrólisis son el promedio de 3 determinaciones  $\pm$  desviación estándar.

De acuerdo a la clasificación de GH, los resultados de GH alcanzados con Flavourzima®, fueron mayores al 10%, por lo cual se demuestra que son hidrolizados extensivos con lo que se pudieran estar generando péptidos con actividad biológica como lo es la antihipertensiva. Los GH obtenidos con la enzima Flavourzima® en este estudio fueron mayores a los encontrados por Dong *et al.*, (2008) en hidrolizados de carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) con la enzima Flavourzima® ya que tuvieron valores de GH de 8% a los 360 min de reacción. Por otro lado Baltiet *et al.*, (2010) en hidrolizados proteínicos de sepia (*Sepia officinalis*) obtuvieron GH de 12.5% con Alcalasa® a los 165 min. Diversos investigadores han realizado otros estudios sobre estructuras óseas de otras fuentes alimenticias por ejemplo Chenet *et al.*, (2002) obtuvieron hidrolizados de residuo esencial de pollo, en donde emplearon la enzima Flavourzima® y encontraron valores de un 38.14% de GH. Las diferencias de los GH encontrados en este estudio pueden ser debido a los métodos empleados para la obtención de hidrolizados proteínicos, a la concentración de enzima/sustrato utilizados y la metodología para realizar la hidrólisis enzimática.

### **Actividad Inhibitoria *in vitro* de la ECA**

La actividad inhibitoria de la ECA mostrada por los hidrolizados proteínicos del esqueleto de mojarra tilapia del Nilo (*O. niloticus*) obtenidos con la enzima comercial

Flavourzima® se muestran en la figura 2. La actividad inhibitoria de los hidrolizados obtenidos alcanzó un valor máximo a los 75 min de reacción con un valor de  $IC_{50} = 0.061$  mg/ml, mientras que en los demás tiempos de reacción (15, 30, 45, 60 y 90 min) el intervalo de actividad inhibitoria obtenido fue de  $IC_{50} = 0.153$  a  $0.787$  mg/ml. Los valores antes mencionados fueron similares a los reportados por otros autores como Chenget *et al.*,(2008) Obtuvieron hidrolizados de huesos de pollo utilizando las enzimas Alcalasa®, Pepsina® y Tripsina® reportando valores de  $IC_{50} = 0.945, 12.690, 14.016$  mg/ml respectivamente, sin embargo el tiempo de hidrólisis utilizado fue de 8 h. Haciendo un comparativo con el valor encontrado con Alcalasa® éste fue similar al valor encontrado en este estudio con la enzima Flavourzima® con un  $IC_{50} = 0.787$  mg/ml. Por otro lado, Nakajima *et al.*,(2009) en hidrolizados de salmón del atlántico emplearon una enzima llamada Termolisina® y reportaron un  $IC_{50} = 0.078$  mg/ml, el cual es similar al valor encontrado a los 75 min de hidrólisis con Flavourzima® con un  $IC_{50} = 0.061$  mg/ml, mientras que Ukeda *et al.*,(1992) a partir de péptidos de músculo de sardina hallaron valores de  $IC_{50}$  entre 0.3 y 1.2 mg/ml.



**Figura 2.** Actividad inhibitoria “*in vitro*” de los hidrolizados proteínicos de mojarra tilapia del Nilo (*O. niloticus*) con Flavourzima® sobre la ECA. Los resultados de cada tiempo de hidrólisis son el promedio de 3 determinaciones  $\pm$  desviación estándar.

## Conclusión

Los hidrolizados proteínicos obtenidos con la enzima Flavourzima® alcanzaron altos grados de hidrólisis (%GH) de 4 a 62.8%, indicando que son hidrolizados extensivos,

por lo que se estarían generando péptidos bioactivos con actividad biológica como la antihipertensiva. La actividad inhibitoria de la ECA que mostraron los hidrolizados proteínicos *in vitro*, revelaron valores de  $IC_{50}$  entre 0.061 a 0.787 mg/ml. Por lo anterior, sugiere que los valores encontrados en esta investigación se encuentran dentro de los intervalos de inhibición reportados por diversos investigadores con otras fuentes de origen vegetal como animal y estos hidrolizados podrían ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos funcionales.

## Bibliografía

Baltar, M. J.; Marín, I. R., y Álvarez, G. J. (2004). Toxicidad fetal de los fármacos antihipertensivos. *Hipertensión*, 21(9): 455-465.

Balti R., (2010). Analysis of novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from enzymatic hydrolysates of cuttlefish (*Sepia officinalis*) muscle proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 3840-3846.

Chen, J-R.; Okada, T.; Muramoto, K.; Suetsuna, K., y Yang, S-H.(2002). Identification of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from the peptic digest of soybean protein. *Journal of Food Biochemistry*, 26: 543-554.

Cheng, F-Y.; Liu, Y-T.; Wan, T-C.; Lin, L-C., and Sakata, R. (2008). The development of angiotensin I-converting enzyme inhibitor derived from chicken bone protein. *Animal Science Journal*, 79: 122–128.

Dong, S. Zeng, M., Wang, D., Liu, Z., Zhao Y., Yang, H. (2008) Antioxidant and biochemical properties of protein hydrolysates prepared from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry* 107: 1485-1493.

Hayakari, M., Kondo, Y. y Izumi, H. (1978) A rapid and simple spectrophotometric assay of angiotensin-converting enzyme. *Analytical Biochemistry*. 84:361-369.

- Hong, E.; Bravo, G., y Villalobos-Molina, R. (2003). Hipertensión arterial. Avance y Perspectiva, 22, 243-249.
- Kim (Lee), Y. S.; Park, W. S. P., y Rhee, C. K. (1990). Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(3): 651-656.
- Klompong, V, Benjakul, S, Kantachote, D, Shahidi, F (2007). Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally (*Selaroidesleptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. Food Chemistry, 102: 1317-1327.
- Lip, G. Y.; Churchill, D.; Beevers, M.; Auckett, A., y Beevers, D. G. (1997).Agiotensinconverting-enzyme inhibitors in early pregnancy. The Lancet, 15:350 (9089):1446-7.
- Manninen, H. A. (2004). Protein hydrolysates in sports and exercise: A brief review. Journal of Sport Science and Medicine, 3: 60-63.34.
- Montgomery, D. C. (2007). Diseño y análisis de experimentos. 2da Ed. Editorial Limusa S.A. de C.V. México, D.F. pp 21-141.
- Nakajima, K.; Yoshie-Stark, Y. Ogushi, M. (2009).Comparison of ACE inhibitory and DPPH radical scavenging activities of fish muscle hydrolysates.Food Chemistry, 114: 844-851.
- Ukeda, H.; Matsuda, H.; Osajima, K.; Matsufuji, H.; Matsui, T.; Osajima, Y. (1992).Peptides from peptic hydrolyzate of heated sardine meat that inhibit angiotensin I-converting enzyme.Nippon NogeikagakuKaishii, 66: 25-29.

Vioque, J.; Sánchez-Vioque, R.; Clemente, A.; Pedroche, J.; Yust, M. M., y Millán, F. (2000). Péptidos bioactivos en proteínas de reserva. *Grasas y Aceites*, 51(5): 361-365.

## **Tema 2.4. Estudio de antioxidantes en plantas nativas del Sureste de México. Antonio Valadez Villarreal, Eloísa López Hernández, Isabel Guerrero Legarretay Josafat Alberto Hernández Becerra. valadezantonio@hotmail.com**

### **Resumen**

El chipilín (*Crotalaria longirostrata*) y el momo u hoja santa (*Piper auritum*) son plantas típicas del sureste de México y son ampliamente usadas en la gastronomía tradicional. Debido a que presentan propiedades medicinales, se pensó en analizar los posibles compuestos de tipo polifenólico que pueden contener y que podrían ser responsables en alguna proporción de ese efecto terapéutico. Se procedió a extraer por maceración y extracción a reflujo los compuestos usando varias concentraciones de metanol, acetona y agua. Los extractos obtenidos se filtraron, se concentraron a vacío en un evaporador rotatorio y se obtuvieron sus espectros de absorción al ultravioleta-visible. Adicionalmente se realizaron pruebas de fenólicos totales por el método de Folin-Ciocalteu y de capacidad antioxidante por DPPH. Los resultados muestran la probable presencia de compuestos flavonoides cuya capacidad antioxidante están para el chipilín en valores de 36.88% de inhibición a una concentración de extracto de 12.46 mg/l y para el momo de 62.38 % de inhibición a la misma concentración de extracto. El presente estudio muestra que las plantas bajo estudio son fuentes prometedoras para la extracción de compuestos antioxidantes, considerando además que estas plantas son de amplio consumo en la población del sureste del país.

### **Introducción**

La utilización de antioxidantes naturales se ha incrementado, no sólo por la demanda del consumidor por alimentos naturales, también por un incremento en las limitaciones legales sobre la utilización de antioxidantes sintéticos, debido a sus posibles efectos carcinogénicos. Las hierbas y especias se utilizan como ingredientes tradicionales de los alimentos, además de sus características antioxidantes. Se han hecho estudios sobre la actividad antioxidante de las plantas completas de especias y de sus extractos; los resultados indican que una gran cantidad de extractos son tan efectivos como los antioxidantes sintéticos BHA, BHT (Hernández-Hernández, 2009a). Especialmente eficientes son aquellos extractos

ricos en compuestos fenólicos, debido a la capacidad antioxidante de estos radicales. Además de las hierbas empleadas que han sido usadas como conservadores y sazoadores por siglos, debido al conocimiento popular de estas propiedades, muchas plantas nativas de México no han sido exploradas con este fin, si bien en algunas regiones del país se han empleado tradicionalmente (<http://es.wikipedia.org/wiki/Chipilin>, Xu y Chang, 2006, Puertas *et al.*, 2011).

Los extractos de algunas plantas han probado ser especialmente eficientes como antioxidantes, como es el caso del romero; mientras que otras son excelentes bacteriostáticos, como el ajo y la cebolla. No obstante, en muchos casos los extractos de plantas arrastran compuestos volátiles de bajo umbral de aroma y sabor, se desarrolla un alimento alternativo con características similares al original, posiblemente con mejores características de anti oxidación o bacteriostáticas, según el caso, pero con notas de sabor diferentes. El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la actividad antioxidante de las plantas en estudio para posteriormente identificar los compuestos responsables de esta actividad y realizar estudios de su aplicación en sistemas modelo de tipo proteico y lipídico.

## **Materiales y métodos**

Se efectuaron los extractos de las plantas compradas en un mercado de la ciudad de Villahermosa, triturándolas y pesando los cartuchos que se extraerían posteriormente. En todos los casos se usaron las hojas a las cuáles se les quitaron las nervaduras gruesas y los presentes resultados se efectuaron en el mes de junio en el verano del año 2012. Las muestras fueron recolectadas en el municipio del Centro en una huerta particular de la persona que expende el producto. Para todos los casos se usaron 2 g de muestra las cuáles fueron reducidas a un tamaño de aproximadamente 0.5 cm. Las plantas utilizadas en este trabajo fueron identificadas como tales en el Herbario de la Escuela de Biología de Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Se usaron mezclas de metanol-agua en diversas proporciones, con un extractor Soxhlet y posteriormente se filtraron a través de un

embudo Buchner para separar los sólidos presentes. En seguida los extractos se concentraron a vacío en un evaporador rotatorio marca Buchi, usando una temperatura de 45°C, hasta un volumen de 100 ml. Se obtuvieron los espectros de absorción al ultravioleta-visible en un espectrofotómetro marca Thermo modelo Genesys 8, usando celdas de cuarzo y un rango de longitudes de onda de 200 nm a 700 nm. Con los extractos anteriores se realizaron las determinaciones de fenoles totales usando el método de Folin-Ciocalteu y la determinación de la capacidad antioxidante por el método del DPPH, realizándose las curvas estándar correspondientes. Ácido gálico y metanol (Baker). DPPH (Fluka). Ácido acético glacial (Fermont). Otros reactivos se obtuvieron de proveedores locales.

Los extractos se filtraron a través de microfiltros marca Millipore con tamaño de poro de 0.45 µm. Para las pruebas con HPLC, se empleó la técnica de Howard y Pandjaitan, 2008. Para la determinación de polifenoles totales por el método de Folin, se usó la técnica reportada por Chang Zhe Shen (2010). La determinación de la capacidad antioxidante por el método del DPPH, se realizó de acuerdo al método de Moura-Rufino *et al.* (2007).

## Resultados y discusión

Las concentraciones que dieron mejor resultado en las extracciones metanol-agua se muestran en el cuadro 1. Las extracciones con que se obtuvieron las máximas concentraciones fueron (metanol: agua): momo - 100:0; chipilín - 50:50 V/V

**Cuadro 1.** Concentraciones de solventes empleados para extracciones

Momo		Chipilín	
Metanol	Agua	Metanol	Agua
100	0	50	50

Los rendimientos de extracción para cada planta se muestran en el cuadro 2. Los valores obtenidos por este método están acordes con otros reportados para plantas similares (Guillermo NRF y col. 2005, Sánchez *et al.*, 2009).

**Cuadro 2.** Rendimientos obtenidos para cada planta por el método de reflujo.

Planta	Disolvente	Porcentaje de extracto
chipilín	50-50 metanol-agua	13.51±0.3005
momo	metanol 100%	14.56±0.3804

Las determinaciones espectrofotométricas dieron para ambas plantas espectros de absorción al ultravioleta-visible con los máximos de absorción que se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Máximos de absorción de los extractos obtenidos

PLANTA	LONGITUD DE ONDA
CHIPILÍN	270 Y 320 nm
MOMO	270 Y 320 nm

Los máximos de absorción son comunes a las dos plantas, indicando la posible presencia de flavonoides, sobre todo en el momo. De acuerdo con Guillermo, 2002, las tres plantas muestran un comportamiento al espectro UV-visible, que inducen a considerar existencia de flavonoides ya que los máximos de absorción que presentan están considerados para este tipo de compuestos, lo que parece confirmar los hallazgos de Sánchez y col, 2009 y de Guillermo y col, 2005.

En el cuadro 4 se muestran los resultados de polifenoles totales para los tres extractos, por el método de Fohlin-Ciocalteau.

**Cuadro 4.** Valores de concentración de compuestos polifenólicos de las plantas estudiadas (mg equivalentes de Ácido gálico/g de muestra fresca).

MOMO	CHIPILÍN

Los resultados de esta prueba indican una mayor cantidad de compuestos fenólicos totales en el momo, que en el chipilín, lo cual era de esperarse de acuerdo a reportes previos para plantas de esta familia (Sánchez y col, 2009).

### Pruebas de actividad antioxidante

En el cuadro 5 se muestran los resultados de las determinaciones de porcentaje de inhibición de cada dilución y cada extracto.

**Cuadro 5.** Porcentajes de inhibición de DPPH, con cada extracto

CHIPILÍN		MOMO	
Concentración (mg/l)	% inhibición	Concentración (mg/l)	% inhibición
3.18	20.64±0.5796	1.68	24.03±1.338
6.37	26.21±0.2676	3.36	37.4±0.6340
12.74	36.88±0.9817	6.71	62.38±1.285

En el aspecto general, el momo presenta una capacidad antioxidante mucho mayor a la del chipilín, como se muestra en el cuadro 5. Esto se hace evidente, ya que a menor concentración, 6.71 mg/l se consigue un porcentaje de inhibición de 62.391%, mientras que a una concentración prácticamente del doble, el porcentaje de inhibición para el chipilín fue 36.88%.

### Conclusiones

La información obtenida hasta el momento indica que ambas plantas son fuentes de compuestos polifenólicos y que sobre todo el momo, está en valores considerados como altos en capacidad antioxidante. Por tal motivo es conveniente continuar el estudio realizar la identificación de los compuestos responsables de la actividad antioxidante, por medio de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Adicionalmente, se sabe que estas plantas son de gran consumo en los estados del sureste del país e incluso de centro y Sudamérica, sin embargo puede ser relevante que se plantee el estudio de su citotoxicidad haciendo uso de microorganismos como hongos o bacterias, lo que podría conducir quizás a descubrir la posible utilidad de estos compuestos para el control de ciertas enfermedades en las plantas, además de que se descarta que ` pudiera existir algún compuesto adverso para la salud del ser humano.

## Bibliografía

Chang Zhe Shen, Hong Young Jun, SungHo Choi,† YoungMan Kim,‡ EunJoo Jung, GiSu Oh,§ SungJin Joo, SungHyun Kim, and IlKwang Kim\* 2010 Evaluation of Antioxidant Activities and Active Compounds Separated from Water Soluble Extracts of Korean Black Pine Barks. Bull. Korean Chem. Soc. 31(12) pp. 3567-3572.

Fattouch S, Caboni P, Coroneo V, Tuberoso CIG, Angioni A, Dessi S, Marzouki N, Cabras P. 2007. Antimicrobial activity of Tunisian Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Pulp and Peel Polyphenolic Extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 963-969.

Guillermo NRF, Bonilla P, Arrollo J. 2005. Efecto cicatrizante del tallo subterráneo de *Peperomia scutellaefolia* R.et P. en geles aplicados a *Ratus navegicus*. Folia dermatologica Perú, 16(1), 15-22.

Howard I, Pandjaitan N. 2008. Pressurized Liquid extraction of flavonoids from spinach. Journal of Food Science, 75(3), C151-C157.

López Hernández E, Valadez Villarreal A. 2008. Análisis Cromatográfico en las Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco México.

- Moura Rufino M.S, Elesbao, A. R., SousaB. E., Maia M.S. Goes S. C., Pérez-Jiménez J y Saura-Calixto, F. D. 2010 Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Metodología científica. Empresa Embrasa. Brasil.
- Puertas-Mejía A.M; Gómez-Chabala L.; Rojano B.; Sáez-Vega A. J. Capacidad antioxidante *in vitro* de fracciones de hojas de *Piper peltatum* L.[http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol14\\_2\\_09/pla07209.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol14_2_09/pla07209.htm) Consultado en junio 2011.
- Sánchez Y, Pino O, Correa T.M., Naranjo E, Iglesia A. 2009. Estudio químico y microbiológico del aceite de *Piper auritum* Kunth (Caisimón de anís). Revista de Protección Vegetal, 24, 110-115.
- Xu BJ, Chang SKC. 2008. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L) as affected by processing methods. Journal of Food Science, 73(2), H19-H27.

## **Tema 2.5. Actividad enzimática de bromelaína de fruto y tallo® a diferentes ph y temperaturas en carne de plecostomus (*Pterygoplichthys pardalis*). Emilio Jesús Maldonado Enríquez, Carlos Alberto CorzoSosa, Rosa MaríaSalinasHernández, María Adelfa Aparicio Trápala. emilio.maldonado@ujat.mx**

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue determinar las mejores condiciones de actividad enzimática de bromelaína de fruto y bromelaína de tallo® a diferentes pH y temperaturas en carne de pez plecostomus (*Pterygoplichthys pardalis*). Para la parte experimental se utilizaron peces juveniles de 30 cm. En la preparación del extracto enzimático se usaron piñas maduras variedad Cayena lisa y para la determinación de la actividad enzimática en ambas enzimas se usó como sustrato la carne de pescado al 10%, tiempo de 120 min y concentración de enzima (Bromelaína de fruto 2.1 mg/mL y bromelaína de tallo® (8.4 mg/mL) para leer absorbancia a 280 nm. En esta investigación se llevaron a cabo experimentos independientes para determinar las mejores condiciones de actividad de cada enzima sobre el sustrato. El extracto con bromelaína de fruto presentó su menor actividad enzimática a pH 8.0 y 40°C y para la enzima bromelaína de tallo® su menor actividad fue a pH 8.0 a 60°C. Ambas enzimas proteolíticas presentaron la mayor actividad enzimática frente a la carne de plecostomus a pH 6.0 y temperatura de 50°C. Las dos proteasas vegetales se pueden utilizar para hidrolizar proteínas como la del pez plecostomus bajo las condiciones evaluadas.

### **Introducción**

Las enzimas son moléculas proteicas que tienen la capacidad de facilitar y acelerar las reacciones químicas que tienen lugar en los tejidos vivos, no alteran el equilibrio de las reacciones solamente aumentan la velocidad con que esta se produce, actuando como biocatalizadores. Son selectivas, actúan en condiciones moderadas de temperatura y pH (Guadix *et al.*, 2000). La velocidad de las reacciones enzimáticas dependen de la concentración de la enzima, de la concentración del sustrato, temperatura y el pH (Engel, 1996).

Las proteasas, como todas las enzimas pueden sufrir alteraciones en su uso y funcionalidad debido a diferentes factores, los cuales pueden deteriorar de manera rápida su estabilidad. La estabilidad de una enzima dada es una función compleja de las condiciones ambientales utilizadas. La estabilidad varía con el pH, la temperatura y la presencia de agentes estabilizantes. Generalmente la inactivación enzimática es atribuida a efectos térmicos, siendo la velocidad de primer orden y reflejando las propiedades de la enzima y su entorno local (Corzo y Waliszewski, 2003).

Para establecer los mecanismos para aumentar la estabilidad enzimática se debe de considerar la estructura conformacional de la proteína. Esta resulta de la disposición espacial tridimensional adoptada por la molécula de proteína y los resultados de las interacciones entre las cadenas de aminoácidos que se hallan alejadas unas de otras en la secuencia primaria. Cualquier compuesto cuya presencia influya en estas interacciones tendrá un efecto sobre la estabilidad (Gacesa y Hubble, 1990).

La temperatura de desnaturalización de una enzima se determina incubando muestra de la enzima a diferentes temperaturas durante periodos específicos de tiempo y midiendo después la actividad de todas las muestras a la misma temperatura y bajo las mismas condiciones de reacción. Se ha notado que en los periodos iniciales de incubación aparecen generalmente una pérdida rápida de actividad, pero después esta permanece constante aunque con una tendencia a la disminución, lo que se explica porque al principio los enlaces hidrófobos, iónicos y electrostáticos se debilitan y un aumento en la energía cinética permite en conjunto la rotación de las uniones, lo que cambia la posición normal de los grupos radicales importantes (Quintero, 1993).

El grado de ionización de los residuos de aminoácidos de la superficie de una enzima o la alteración de la estructura conformacional de la proteína está en función del pH del medio. Para que esto ocurra el pH debe estar muy alto o muy bajo, dependiendo de la estabilidad de cada proteína, generalmente el intervalo de pH para que una proteína sea prácticamente estable es de cuatro a siete, pudiendo otras estar fuera de este rango soportando pH extremos (Quintero, 1993; Gianfreda y Scarfi, 1991).

Las frutas tropicales como la piña, son muy conocidas en el mundo por sus propiedades y sabor, contienen además enzimas proteolíticas principalmente en la cáscara, penacho, corazón y la pulpa. Las proteasas son enzimas que hidrolizan una gran variedad de sustratos proteicos. Su origen puede ser animal, microbiano o vegetal (Corzo *et al.*, 2003). Existen, por otra parte, muchas variedades de pescado cuya carne no es aprovechada. Las proteínas del pescado plecostomus pueden ser usadas con otro fin, ya que no representan un valor económico para los pescadores en tabasco, en este sentido, la carne del plecostomus, puede ser usada como hidrolizado proteico mediante el uso de enzimas proteolíticas como la bromelaína.

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar las mejores condiciones de actividad enzimática de bromelaína de fruto y bromelaína de tallo® a diferentes pH y temperaturas en carne de plecostomus (*Pterygoplichthys pardalis*).

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de la carne de plecostomus**

Se utilizaron ejemplares de peces plecostomus (*Pterygoplichthys pardalis*) en etapa juvenil de una talla aproximada de 30 cm y peso de 800 gr que se capturaron con redes en el río Usumacinta en la ranchería Chaculji ubicada entre los paralelos 17°29'55.56N y 91°27'59.93"O, elevación 14 metros en el municipio de Tenosique, Tabasco y fueron trasladados al laboratorio de Biotecnología y de Bioquímica de Alimentos del Centro Investigación de Ciencias Agropecuarias, (CICA) de la División Académica de Ciencias Agropecuarias-UJAT, ubicada en el Km. 25 carretera Villahermosa-Teapa.

Para la preparación del extracto de bromelaína de fruto se tomó como referencia el trabajo realizado por Carrera (2010). La suspensión obtenida fue filtrada para eliminar restos de fibra, el filtrado se centrifugó a 3,500 rpm, a 20°C, durante 15 minutos utilizando una centrifuga Hettich Zentrifugen Modelo Universal 320 R.

Finalmente el sobrenadante obtenido fue filtrado en papel Whatman n° 1 por gravedad para obtener el extracto clarificado, estos se almacenó en refrigeración a 4°C hasta el momento de su uso.

Para la enzima comercial (Bromelaína de tallo®) en polvo de la compañía SIGMA ELDRICH, S.A de C.V. se utilizó como tratamiento testigo en el presente trabajo.

La solución de bromelaína de tallo® se preparó pesando 0.42 gramos de la enzima en una balanza analítica esto de acuerdo a la concentración de proteína indicada en el frasco para obtener las siguientes concentraciones 8.4 mg/mL se mezcló con agua destilada en un matraz aforado con capacidad de 50 mL para obtener la solución enzimática para las tres concentraciones establecidas.

### **Determinación de proteína total**

Para la determinación de proteína total se tomó como referencia la técnica de Bradford (1976).

Para determinar la concentración de proteína en el extracto de bromelaína filtrado se utilizó una curva estándar de albúmina de suero bovina de 0 a 50 µg/mL. Este método consiste en el uso de una solución del colorante azul de Coomassie a pH 1, la cual presenta un color pardo marrón, que cambia a azul cuando el colorante se une a las proteínas, el color azul se leyó a 595 nm. Este método se seleccionó por ser simple, muy sensitivo y resistente a las interferencias (Bradford, 1976). Para la preparación de la muestra se colocaron 50 µL de extracto clarificado en 1.95 mL de NaCl al 0.9% y un mL de reactivo de Coomassie Plus Protein Assay marca pierce Chem. Co, para leer en el espectrofotómetro a 595 nm.

### **Determinación general de la actividad enzimática**

Para la determinación de actividad enzimática se tomó la técnica de Beynon and Bond (1993) modificada por Corzo (2006).

Para la determinación de actividad enzimática con el pH se realizó de acuerdo a los resultados obtenido de la etapa donde se evaluó la concentración de enzima y el

tiempo de incubación donde presentaron mayor actividad proteolítica (papaína 2.4 mg/mL, bromelaína de fruto 2.1 mg/mL y bromelaína de tallo® 8.4 mg/mL en el tiempo de 120 min para las dos enzimas en estudio, posteriormente estas condiciones se utilizaron para el experimento para determinar actividad enzimática de acuerdo al efecto del pH. El pH se ajustó con las soluciones amortiguadores de acuerdo al pH que se deseaba (fosfato de potasio monobásico pH 4 y fosfato de potasio debásico pH 8), tener con el extracto de bromelaína de fruto ó bromelaína de tallo® a (3.0 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0) el pH 3 se ajustó con una solución de ácido fosfórico al 10%. Este trabajo se realizó para determinar el efecto del pH con relación a la actividad proteolítica y conocer con ello, el pH de mayor actividad para cada proteasa con el sustrato (carne de plecostomus).

En estos experimentos para la determinación de la actividad enzimática también se usó como sustrato carne de plecostomus al 10% del cual se tomó 1 mL, 3 mL del extracto enzimático o bromelaína de tallo® ajustando el pH de 3.0 a 8.0) incubados por 120 minutos a 50 °C, después se adicionó 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 10 % para detener la reacción, las muestras se dejaron reposar por 20 minutos para después filtrar en papel Whatman n°1. Del filtrado se tomaron 3 mL, enseguida se procedió a leer la absorbancia a 280 nm, utilizando un espectrofotómetro GENESYS 10 UV modelo madison WI 53711 USA.

Una vez obtenido el pH donde presentó mayor actividad para cada una de las proteasas se tomó el mejor pH para determinar la actividad proteolítica a diferentes temperaturas en cada caso, los tubos de ensayo fueron incubados a 120 min a 40, 50 y 60°C para cada enzima evaluada. Después se adicionaron los mL de extracto o enzima comercial a cada tubo. Posteriormente se siguió la metodología ya descrita para la determinación de la actividad enzimática (Corzo, 2012).

### **Análisis estadístico**

En el desarrollo de esta investigación se aplicó un diseño experimental con arreglo factorial de 2x6 donde el primer factor fue el tipo de enzima con dos niveles (bromelaína de fruto y bromelaína de tallo); el segundo factor fue el pH (con seis

niveles (3, 4, 5, 6, 7,8). El experimento se realizó a una concentración fija de sustrato (carne de plecostomus al 10%, temperatura (50°C) y tiempo de incubación de (120 min). Este arreglo factorial implicó un total de doce tratamientos por triplicado, siendo un total de 36 unidades experimentales.

Por otra parte para la determinación de actividad enzimática con respecto a la temperatura se aplicó un diseño experimental con arreglo factorial de 2x3 donde el primer factor fue el tipo de enzima con dos niveles (bromelaína de fruto y bromelaína de tallo); el segundo factor fue la temperatura (con tres niveles (40, 50 y 60 °C). El experimento se realizó a una concentración fija de sustrato (carne de plecostomus al 10%, pH (6.0°C) y tiempo de incubación de (120 min). Este arreglo factorial implicó un total de seis tratamientos por triplicado, siendo un total de 24 unidades experimentales.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) y se realizó una prueba de comparación de medias mediante el estadístico de Tukey con un nivel de significancia de 0.05.

## **Resultados y discusión**

Actividad enzimática de extracto con bromelaína de fruto a diferentes pH y temperaturas

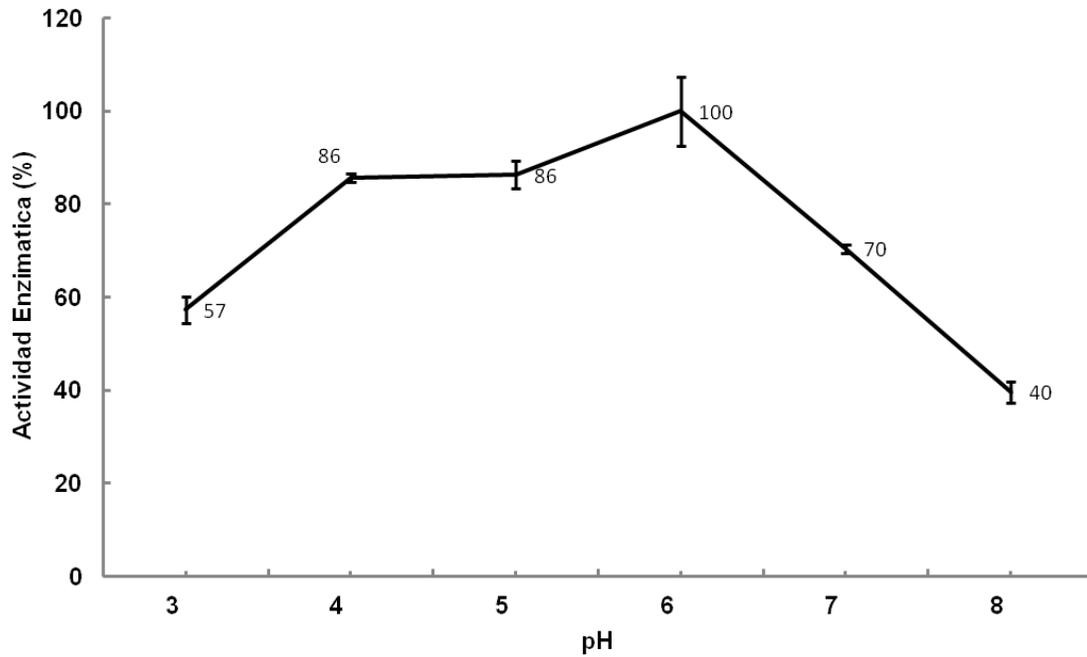
Los resultados del efecto del pH sobre la actividad de bromelaína de fruto se pueden observar en la Figura 1. El pH óptimo fue también de 6.0 ( $100 \pm 7.36$ ) mientras que a pH 8 ( $40 \pm 2.25$ ) la enzima perdió el 60% de su actividad proteolítica, y a pH 3 la enzima ( $57 \pm 2.86$ ), perdió el 43%. Estos resultados indican que para este sustrato (plecostomus), la bromelaína de fruto puede trabajar sin pérdida de actividad a pH 6.0, esto se debe a que la bromelaína es una proteasa que se puede trabajar en condiciones que otras enzimas pierden su actividad.

En el análisis estadístico se encontró que la actividad enzimática en todos los pH evaluados presentó diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ), solo a pH 4.0 en comparación

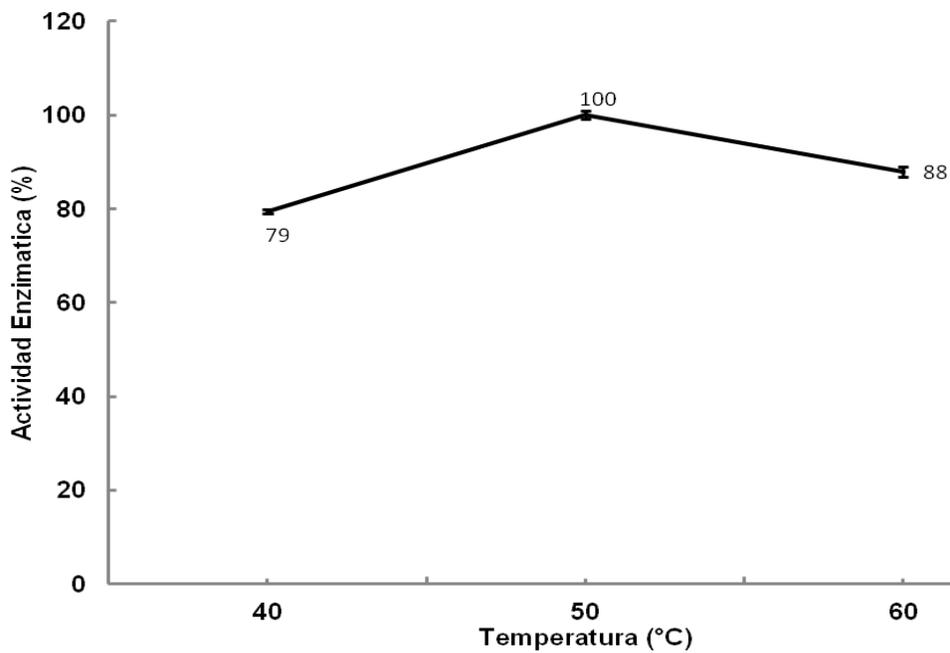
con el pH 5.0 no tuvo diferencia estadística. Así mismo, que los pH 3, 4, 5, 9 y 10 pudieron afectar la ionización de sitio activo de esta enzima y/o alterar la conformación de la estructura de la enzima, de tal manera que esto disminuyó la actividad proteolítica. Una vez definido el valor óptimo de pH 6.0, se procedió a encontrar la temperatura óptima.

La temperatura óptima de actividad fue: 50°C ( $100 \pm 0.84$ ) (Figura 2), mientras que a 40°C ( $79 \pm 0.43$ ) la enzima retuvo un 79% de su actividad, a 60°C ( $88 \pm 1.08$ ) retuvo el 88%. En todas las temperaturas evaluadas no hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Estos resultados se puede comparar con lo reportado por Carrera 2010; Haslaniza *et al.*, (2010). El primer autor estudio las condiciones en las cuales la bromelaína presentó mayor actividad proteolítica a pH 6 y 50°C en caseinato de sodio. Por otra parte Haslaniza *et al.* (2010) estudió el efecto de la temperatura (30, 45 y 60°C), sobre las proteínas del pez berberechos (*Anadara granosa*) y encontraron que la temperatura de 45 °C de la enzima bromelaína fue mayor para la actividad enzimática.



**Figura 1.** Actividad enzimática de extracto con bromelaína de fruto a diferente pH; proteína (2.1 mg/mL), sustrato 10%, 120 min; pH: 6.0 y 50°C.



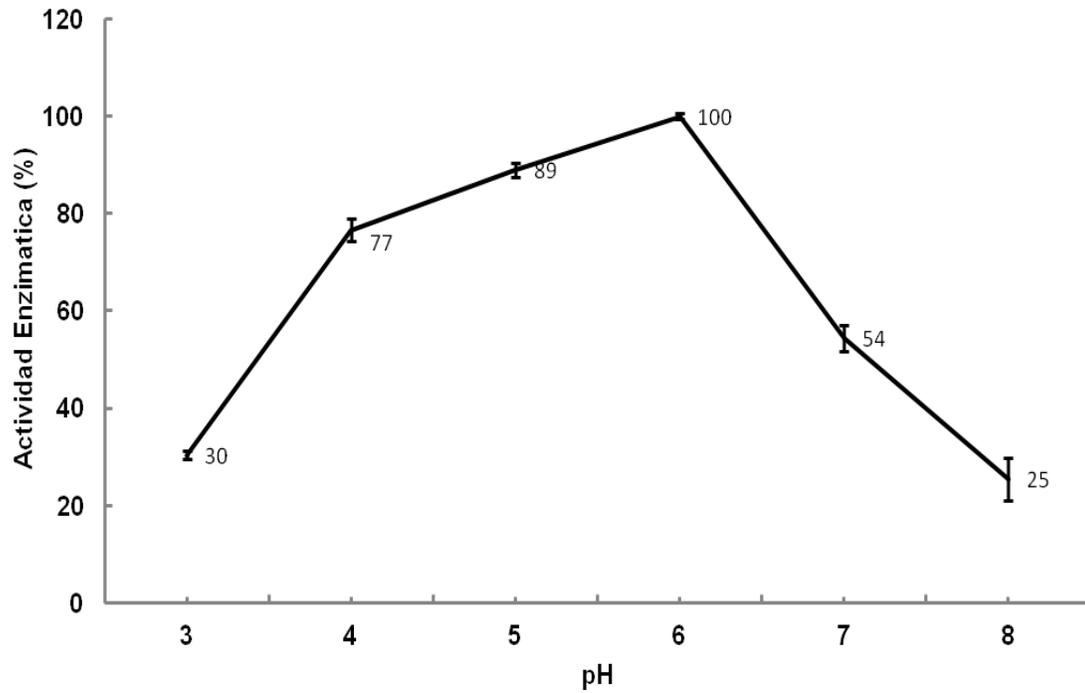
**Figura 2.** Actividad enzimática de extracto con bromelaína de fruto a (40, 50 y 60°C); proteína (2.1 mg/mL), sustrato 10%, 120 min; pH: 6.0 y 50°C.

### **Actividad enzimática de bromelaína de tallo® a diferentes pH y temperaturas**

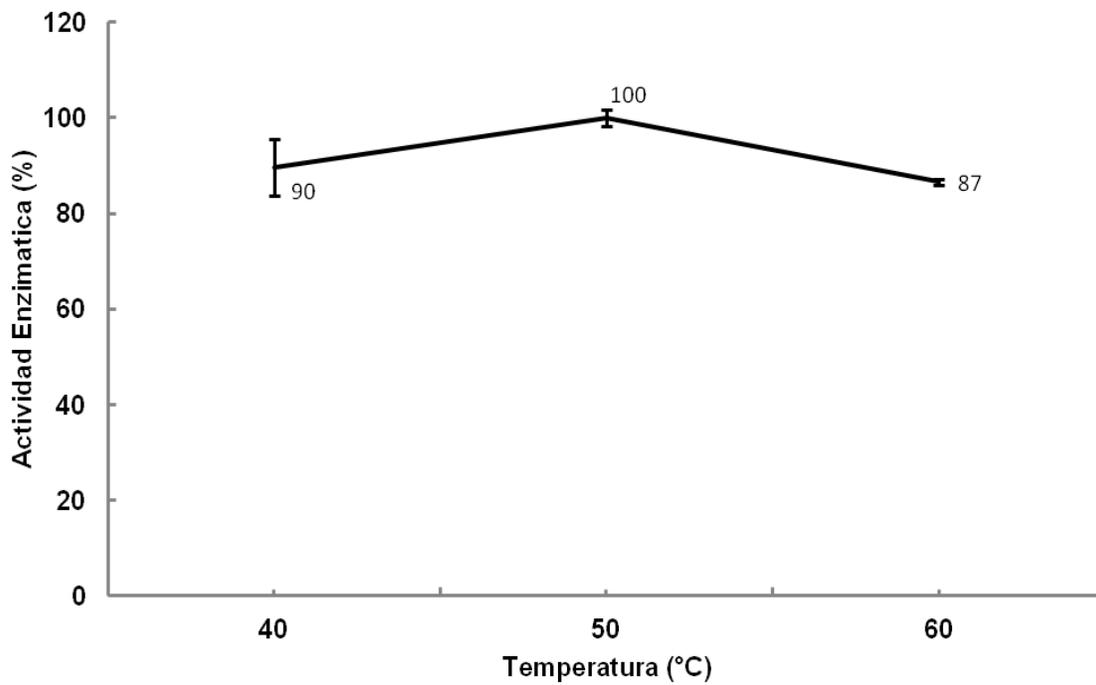
Los resultados del efecto del pH sobre la actividad de bromelaína de tallo® purificada se pueden observar en la Figura 3. El pH óptimo fue de 6.0 mientras que a pH 8 la enzima perdió el 75% de su actividad proteolítica, y a pH 3 perdió el 70%. Estos resultados nos indican que para el sustrato (carne de plecostomus) la bromelaína de tallo® puede trabajar mejor a pH 6.0.

El análisis estadístico reveló que la actividad proteolítica en la mayoría de los pH evaluados se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ); solo el porcentaje de la actividad al pH 4.0 y 5.0 no presentaron diferencias significativas. Así mismo, los bajos valores de actividad proteolítica a pH 3, 7 y 8 pudieron afectar la ionización de sitio activo de esta enzima y/o alterar la conformación de la estructura ya sea de la enzima o del sustrato, de tal manera que esto disminuyó la actividad proteolítica. Una vez definido el valor óptimo de pH se procedió a encontrar la temperatura óptima a pH 6.0.

La temperatura óptima de actividad fue: 50°C ( $100 \pm 1.82$ ) (Figura 4), mientras que a 40°C la enzima retuvo un 90% de su actividad, a 6°C retuvo el 87%. Los valores de actividad enzimática a 50°C presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a 40 y 60°C. Sin embargo los resultados de actividad a 40°C y 50 no presentaron diferencias significativas. Estos resultados concuerdan con Hernández *et al.*, 2003 donde trabajaron una nueva tecnología para la obtención de un preparado de bromelaína de tallo de piña (*Ananas comosus L.*) estos autores reportan que para bromelaína de tallo, el producto aislado es muy activo y estable a un pH óptimo cercano a 7.0 frente a hemoglobina y buena estabilidad a pH de 3-9 y temperaturas de hasta 50 °C.



**Figura 3.** Actividad enzimática con bromelaína de tallo®, a diferentes pH; proteína (8.4 mg/mL), sustrato 10%, 120 min; pH: 6.0 y 50°C.



**Figura 4.** Actividad enzimática con bromelaína de tallo® a (40, 50 y 60°C); proteína (8.4 mg/mL), sustrato 10%, 120 min; pH: 6.0 y 50°C.

## Conclusión

El extracto con bromelaína de fruto presentó su menor actividad enzimática a pH 8.0 y 40°C y para la enzima bromelaína de tallo® su menor actividad enzimática fue a pH 8.0 a 60°C.

Las dos enzimas proteolíticas evaluadas presentaron su mayor actividad a pH 6.0 y 50°C.

El extracto con bromelaína de fruto y la Bromelaína de tallo® se pueden utilizar para hidrolizar proteínas como la de carne de pez plecostomus bajo las condiciones evaluadas.

## Bibliografía

Beynon, R.J. y Bond, J.S. (1993). proteolytic enzymes a practical approach. Chapter 3. IRL PRESS. Oxford University press. pp. 25-55.

Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the cuantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of dye binding. *Analitical Biochemistry*. (72): 248-254.

Carrera, L. A. (2010). Actividad proteolítica de papaína, bromelaína y cucumisína de frutas tropicales, Tesis de Maestría. *División Académica de Ciencias Agropecuarias, UJAT*, Villahermosa, Tab. 24-28, 73p.

Corzo, S.C.A, Waliszewski K.N, Welti, C.J (2012) Pineapple fruit bromelaín affinity to different protein substrates. *Food Chemistry*. 133 (3): 631-635.

- Corzo, S.C.A. y Waliszewski, K.N. (2003). Características y usos de las proteasas de cisteína de origen de frutas tropicales. *Universidad y ciencia*. 19 (38): 93-100.
- Engel, P.C. (1996). *Enzymology*. Chapter 1. Clasification and measurement of enzyme activity. Academic press. England. 1-5p.
- Gacesa, P. y Hubble, J. (1990). *Tecnología de las enzimas*. Cap. 6. Efecto de la inmovilización en la estabilidad enzimática y su utilidad. Ed. Acribia, España. 89-102p.
- Gianfreda, L. y Scarfi, M.R. (1991). Enzyme stabilization: state of the art. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 100 (2): 97-128.
- Guadix, A., Guadix E.M., Páez, D. M. P., González, T.P. y Camacho, F. (2000). Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharm*. 41:79-89.
- Haslaniza, H., Maskat, M.Y., Wan Aida, W.M. y Mamot, S. (2010). The effects of enzyme concentration, temperature and incubation time on nitrogen content and degree of hydrolysis of protein precipitate from cockle (*Anadara granosa*) meat wash water. *International Food Research Journal* 17 (1): 147-152.
- Hernández, M., Ángeles, M., Báez, R., Carvajal, C., Márquez, M., Morris, H., Santos, R., González, J. y Quezada, V. (2003). Nueva tecnología para la obtención de un preparado de bromelaína de tallo de piña (*Ananas comosus*). *Biotecnología aplicada*. 20 (3): 180-182.
- Quintero, R.R. (1993). *Ingeniería bioquímica teoría y aplicaciones*. Cap. 9. Proteína unicelular. Ed. Alhambra Universidad.153-173p.

## **Tema 2.6. Fracciones de proteína de ébano (*Pithecellobium flexicaule*, Benth) como agentes emulsionantes.** Juan Gabriel Báez González, Carlos Abel Amaya Guerra, V. De la Cruz De la Cruz, Carlos Leonel García Díaz, Ma. Adriana Núñez González. baezjuan@yahoo.com.mx

### **Resumen**

El crecimiento de la población mundial plantea problemas relacionados con los aportes alimenticios, especialmente proteicos. Por esta razón, se ha incrementado el mercado de alimentos funcionales obteniendo productos de buen sabor, fáciles de usar, larga vida de anaquel y apegado a las recomendaciones nutricionales. Estos requerimientos tienen el problema de la oxidación en los lípidos, buscando soluciones efectivas, para asegurar la vida de anaquel y la calidad sensorial de los productos. En el presente trabajo se obtuvo un concentrado de proteína de la semilla de Ébano *Pithecellobium flexicaule* (Benth), el aislado está conformado por una mezcla de proteínas; se realizó un análisis del contenido proteico usando la Técnica de Bradford en Microplacas en soluciones acuosas, las cuales se hicieron en relación de 1:10, se evaluó la capacidad emulsionante de los aislados a través de la elaboración de emulsiones estabilizadas con el concentrado de proteínas del Ébano (E1), con caseína (E2) y panodan SDK (E3). De los aislados se obtuvieron 16.55 mg/ml de albúminas, 4.27 mg/ml de globulinas y 1.23 mg/ml de glutelinas, y al evaluar su capacidad emulsionante con caseína y panodan, estas formaron emulsiones más inestables, al medir la tasa de coalescencia a través de los tamaños de partícula obtenidos con un análisis de imagen.

### **Introducción**

En los últimos años se ha incrementado el mercado de los alimentos funcionales y se pronostica un mayor aumento en el desarrollo de éstos, las proteínas de origen animal han sido ampliamente utilizadas para este propósito debido a que poseen propiedades funcionales capaces de formar emulsiones, espumas y geles en los alimentos. Las características fisicoquímicas y las interacciones con otros componentes de los alimentos van a determinar el valor de la proteína dentro de un sistema alimenticio. Por lo tanto, pueden ser usadas en aplicaciones alimenticias (Alanís *et al.*, 1998). En este trabajo se pretende utilizar la proteína de la semilla del Ébano (*Pithecellobium flexicaule*, Benth), la cual posee una alta cantidad de proteína,

la cual puede ser aprovechada en forma de emulsiones en alimentos para cubrir una parte de la necesidad para la población en general, además la materia prima es accesible ya que la semilla se da en árboles que crecen de manera silvestre en el estado de Nuevo León y en todo el noreste del país (González, 1999). El Ébano es un árbol silvestre distribuido en el Noreste de la República Mexicana. Sus semillas (llamadas comúnmente maguacatas o mahuacatas) son leguminosas consumidas por habitantes de dicha región (Gracias-Velázquez, 2009). La aplicación de métodos de procesamiento modernos apoyados en el conocimiento tradicional es la base para la explotación comercial de leguminosas silvestres o subutilizadas para el desarrollo de nuevos productos alimenticios biofortificados u otras aplicaciones en la industria (Bhat, 2009).

Las proteínas y los concentrados proteicos pueden ser utilizados para formar emulsiones y microcápsulas estables. Los concentrados y aislados proteicos de leguminosas se obtienen al eliminar los polisacáridos, oligosacáridos y otros componentes de las semillas. El proceso de aislamiento se basa en las diferencias de solubilidades y en el punto isoeléctrico de las distintas fracciones proteicas que componen la semilla. Para la obtención de los aislados se parte de harinas desgrasadas, efectuándose la extracción de las proteínas, por lo general, con agua o álcalis a un valor de pH que depende de la solubilidad de las proteínas que serán aisladas. Basándose en el punto isoeléctrico de las fracciones proteicas, se ajusta el pH del extracto a un determinado valor con la finalidad de precipitar la mayor cantidad posible de proteínas (Abdellatif *et al.*, 2007).

Se ha encontrado que las proteínas que estabilizan espumas generalmente reúnen las siguientes características: 1) Presentan altas tasa de difusión y adsorción en la interfase; 2) Se desenvuelven rápidamente en la interfase y se vuelven a reorientar para formar películas interfaciales (5). El análisis de Bradford es una técnica simple, rápida y sensible, y se puede utilizar para cuantificar la concentración proteica en soluciones acuosas. El objetivo de este trabajo fue extraer un concentrado de proteína de Ébano para evaluar sus propiedades emulsionantes y comparar la

estabilidad de las emulsiones elaboradas con caseína y un tensoactivo de bajo peso molecular.

## **Materiales y métodos**

Se realizó un análisis bromatológico a las semillas de Ébano para determinar la cantidad de proteína, aceite y fibra total (AOAC, 1995). El proceso de aislamiento de la proteína se basa en las diferencias de solubilidades y el punto isoeléctrico (Badui, 1999). Para la obtención del aislado se molieron las semillas de Ébano, se deshidrataron y se eliminó la grasa para obtener una harina desgrasada; posteriormente se efectuó la extracción de las proteínas, ajustando el pH del extracto entre 2.1 a 2.8. Para evitar su desnaturalización las proteínas vegetales se fraccionaron de acuerdo a su solubilidad, en albúminas (ALB), solubles en agua, globulinas (GLB), solubles en soluciones salinas y por último las glutelinas (GLT), solubles en soluciones tanto ácidas como básicas. Posteriormente las soluciones con proteína se centrifugaron para obtener la máxima concentración del aislado.

Se concentró muestra con ayuda de una Ultracentrífuga (Beckman Coulter), a razón de 8500 rpm durante 20 minutos a una temperatura de 25°C, cada una de las tres fracciones, las cuales se congelaron a -20°C en vasos de vidrio, posteriormente, estos se sellaron con un tapón de goma y un filtro y se conectaron a una Liofilizadora (Labcoconco), previamente preparada a una temperatura de -50°C y una presión de 0.225 mb, se dejaron 24 horas hasta obtener un polvo completamente deshidratado.

Del polvo obtenido, se prepararon soluciones del concentrado proteico y se elaboraron emulsiones con aceite de canola, fase dispersa ( $\varphi$ ) de 0.1, y una solución acuosa del agente emulsionante del 1%, utilizando un homogeneizador a 7500 rpm durante 5 minutos. Las emulsiones estabilizadas con el concentrado de proteína de Ébano es la emulsión 1 (E1), con caseína (E2) y con panodan SDK (E3).

La estabilidad de las emulsiones se determinó al medir la tasa de coalescencia, midiendo el tamaño de los glóbulos utilizando un sistema de análisis de imagen.

## Resultados y discusión

El análisis bromatológico mostró que la semilla de Ébano contiene 36% de proteína (base seca), 22% de aceite y 4.5% de fibra total. La eficiencia de extracción de proteína fue del 65%. La tasa de coalescencia se tomó como criterio para medir la estabilidad de las emulsiones y los valores para las emulsiones E1, E2 y E3 fueron:  $4.5 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ ,  $6.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  y  $2.5 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Ya se ha estudiado la influencia que sobre las propiedades reológicas y la distribución de tamaños de gota, ejercen la composición (concentración de proteína y de aceite vegetal) y la velocidad de rotación del sistema emulsificador. Generalmente, un incremento de la concentración de proteína y de la velocidad de emulsificación conduce a un aumento en los valores de los parámetros reológicos, acompañado de una evolución de la distribución de tamaños de gota hacia valores más pequeños, obteniéndose emulsiones más estructuradas y de mayor consistencia (Bengochea *et al.*, 2007).

En el presente trabajo la emulsión más estable fue E1 la cual fue estabilizada con el concentrado de proteínas de Ébano. González-Quijada (1999) reportó que el concentrado de proteínas de la semilla de Ébano es rico en: albúmina (54%), globulinas (32%), glutelinas (6%) y prolaminas (1.3%). Probablemente esta composición de diferentes proteínas es capaz de formar una membrana interfacial capaz de disminuir la tasa de coalescencia incrementando así la estabilidad de la emulsión. Enseguida la E3, que se formuló con panodan SDK, el cual dispersó gotas de tamaño muy pequeño pero con una velocidad de agregación muy rápida, lo que la hizo muy inestable, por último la E2 fue la emulsión menos estable, la caseína formó glóbulos grandes, comparado con las otras emulsiones, que propiciaron una mayor agregación y coalescencia.

El concentrado de la proteína de Ébano puede ser utilizado como un agente emulsionante de origen vegetal para la formulación de alimentos funcionales, además podría ser una fuente de trabajo para los campesinos de la región noreste de México, principalmente del estado de Nuevo León, disminuyendo la tala de los árboles de Ébano.

## Conclusiones

El concentrado de proteínas de Ébano puede ser utilizado para la elaboración de emulsiones estables ya que al comparar la tasa de coalescencia utilizando este concentrado (E1), fue más estables que utilizando caseína (E2) y panodan SDK (E3), por lo tanto, la proteína de la semilla de Ébano posee una capacidad mayor como agente emulsificante que la caseína y el panodan SDK. Las semillas de Ébano pueden ser utilizados como materia prima viable por su origen vegetal y que se da en forma silvestre en el Noreste de México, lo cual la hace viable y de bajo costo para utilizarla en emulsiones alimenticias que además de aportar sus propiedades funcionales, además proporciona un aporte nutricional del alimento al que se adicione.

## Bibliografía

- Abdellatif M., Mila H., Steve P., Girma B. (2007). Barley protein isolate: thermal, functional, rheological, and surface properties. *J Amer Oil Chem Soc.* 84: 281-288.
- Alanís-Guzmán M. G., González M.R., Mercado R. (1998). Efecto de la cocción sobre la composición química y valor nutricional de la semilla de *Pithecellobium flexicaule* (Benth). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 48: 328-333.
- AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. (1995). *Official Methods of Analysis of the AOAC.* 15th ed. Washington, DC.
- Badui D. S. (1999). *Química de los Alimentos.* Editorial Pearson Education, Solubilidad de las Proteínas. 154 p.
- Bengoechea C., Cordobés F., Puppo G. A. (2007). Viscoelasticidad lineal y tamaños de gota de emulsiones O/W estabilizadas por proteínas vegetales. *Revista de química teórica y aplicada.* 64(532): 696-704.

- Bhat R., Sridhar K. R., Young C., Arun A., Ganesh S. (2008). Composition and functional properties of raw and electron beam-irradiated *Mucuna pruriens* seeds. *International Journal of Food Science and Technology*. 43: 1338-51.
- Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*. 72: 248-254.
- Damodaran S. (2005). Protein stabilization of emulsions and foam. *J. Food Sci*. 70: 54-66.
- González-Quijada M. R. (1999). Caracterización fisicoquímica y valoración nutricional y funcional de un aislado proteico obtenido de la semilla de ébano-*Pithecellobium flexicaule* (Benth.). Tesis de Doctorado Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. San Nicolás de los Garza, N.L. México.
- Gracia-Vázquez Y. A. (2009). Caracterización química y biológica de extractos crudos de la semilla de *Ebenopsis ébano* (Ébano). Tesis para obtener el título de Doctorado en Ciencias en la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

## **Tema 2.7. Reducción del contenido de fenoles y taninos en semillas de sorgo (*Sorghumbicolor* X ámbar). Gibran López Nahuatt, Juan Guzmán Ceferino, Temani Duran Mendoza, Nicolás González Cortes y Ciprian A. García Cabrera, [juan.guzman@ujat.mx](mailto:juan.guzman@ujat.mx)**

### **Resumen**

El sorgo es un cereal que contiene taninos y otros compuestos fenólicos que le demeritan el valor nutricional, ya que dichas sustancias interfieren con enzimas digestivas, disminuye la capacidad de digerir proteínas al formar complejos, el objetivo fue evaluar seis tratamientos, tres medios hidratantes (Agua, solución de NaHCO<sub>3</sub> a 10 ppm, solución de NaCl a 10 ppm) y tres tratamiento térmico más cocción (hidratación con cocción e hidratación sin cocción), lo que permitirá plantear proceso que den al sorgo aprovechamiento en la alimentación humana. Cada tratamiento se realizó por triplicado. Se analizaron el contenido de taninos (TC) y compuestos polifenólicos (FT) ambos en medio acuoso y etanólico, se aplicó análisis de varianza con arreglo factorial con  $\alpha$  de 0.05. De acuerdo a los tratamientos aplicados se logró disminuir el TC y FT con la Hidratación Con Cocción en Cloruro de Sodio (34.63%) y en TC el mejor tratamiento fue la Hidratación Con Cocción en Bicarbonato de Sodio (48.62%) cuando fueron analizados en extractos acuoso y etanólico.

### **Introducción**

El sorgo es uno de los cereales que por sus características agronómicas y nutricionales pudieran aportar grandes beneficios en la alimentación tanto animal como humana (Pérez *et al.*, 2010). Sin embargo contiene taninos y otros compuestos fenólicos, por lo que se le atribuye menor valor nutritivo en comparación con otros cereales (Souza, 2009; Ojeda, 2010). Estas sustancias tienen efectos adversos en el humano, se les imputa la capacidad de interferir en enzimas digestivas, lo cual disminuye el peso, baja la capacidad de digerir proteínas y aumenta el contenido de nitrógeno en heces, también se les ha relacionado con procesos de carcinogénesis principalmente en el esófago y boca (Deshpande, 2002).

Se han realizado estudios donde los métodos hidrotérmicos, fermentativos y de germinación han demostrado ser efectivos en la reducción de factores antinutricionales en distintas semillas de leguminosas y algas con el fin de utilizarlas como alternativas de proteínas para la alimentación animal y en algunos casos en la humana (Goyoaga, 2005; Chaparro *et al.*, 2009; Mendes *et al.*, 2011).

En países de África debido a la hambruna se ha implementado el germinado de sorgo como fuente de minerales para infantes, en Latinoamérica se usa como complemento en la formulación de galletas, pasta y cervezas (Penichet *et al.*, 2009; Tizazu, 2011). Sin embargo en dichos estudios no se expone el efecto de estos procesos en el contenido antifisiológicos del sorgo.

En México el sorgo es empleado principalmente por la industria de la extracción para elaborar almidón y glucosa (Financiera Rural, 2013). En el estado de Tabasco los productores han probado distintos híbridos en el cultivo de sorgo, los cuales han mostrado alto rendimiento y buena adaptabilidad. La producción de este cereal en el Estado para el 2010 fue de 23 367 ton (INEGI, 2013). Debido a esto es imperativo ofrecer a los productores información y tecnologías para proveer un valor agregado a dicha materia prima, siendo el objetivo del presente trabajo evaluar métodos fisicoquímicos para disminuir el contenido antifisiológicos presente en las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* x ámbar), lo que permitirá plantear proceso que den al sorgo uso o aprovechamiento en la alimentación humana.

## **Materiales y métodos**

Muestra: Se obtuvieron semillas maduras de sorgo del Híbrido Ámbar provenientes de las plantaciones en la ribera del río Usumacinta ubicada en el municipio de Balancán de Domínguez, Tabasco. Para los ensayos se dispuso de una muestra representativa de 6.250 kg, sometida a un proceso de limpieza la cual se subdividió en 21 partes (250 g) correspondiente a cada una de las 6 diferentes técnicas de procesamiento y al testigo así como sus tres repeticiones (Chaparro, 2009).

## **Métodos fisicoquímicos**

Hidratación Sin Cocción: Los lotes de semillas (250 g c/u) fueron hidratados en agua potable, solución de bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) a 10 ppm (pH 8.5) y una solución de cloruro de sodio (NaCl) a 10 ppm (pH 8.2) por 24 horas a temperatura promedio ambiente, cada lote en una respectiva solución, y en un proporción de uno a diez (10 g de sorgo/ 100 mL de solución). Las soluciones fueron drenadas, las semillas se y se secaron a 55 °C durante 48 h. Posteriormente, se molieron hasta obtener harina, y se almacenó refrigeración en bolsas plásticas de cierre hermético para su posterior análisis químico (Chaparro, 2009; Abd El *et al.*, 2012).

Hidratación Con Cocción: Cada lote de semillas (250 g c/u) fue hidratado en las distintas soluciones (H<sub>2</sub>O, NaHCO<sub>3</sub> y NaCl) según las condiciones anteriormente mencionadas, después de las 24 h se drenó cada solución, se lavaron las semillas con agua potable y se sometieron a cocción en agua a 100 °C a una relación 1:10 (10 g/100 mL) durante 60 min. Consecutivamente las semillas se enjuagaron y se secaron a 55 °C por 48 h. La molienda y almacenamiento se ejecutó según lo descrito anteriormente (Goyoaga, 2005; Chaparro, 2009).

## **Análisis químicos**

Fenoles Totales: Se determinaron por el método del Folin-Ciocalteu, según Ventura *et al.*, 2008. Además realizó extracciones de todos los tratamientos en etanol (70 %) y agua destilada para ver el comportamiento del contenido fenólico según la polaridad de estos; se realizó una curva de calibración de ácido gálico de 0 a 500 ppm y se leyó las absorbancias a 790 nm en un espectrofotómetro UV/VIS. Los resultados fueron expresan como equivalentes de ácido gálico (mg EAG/g de muestra seca) (Abd El *et al.*, 2012).

Taninos Condensados: Se ejecutó por el método del HCL-Butanol, según Swain *et al.*, 1959 y Ventura, 2006. En este caso se realizó extracciones en medio etanólico y acuoso. Se preparó una curva de calibración de catequina a una concentración de 0 a 500 ppm y se leyó a una absorbancia de 460 nm en un espectrofotómetro de UV/VIS. Los resultados se expresaron como equivalentes de catequina (mg EC/g de muestra seca).

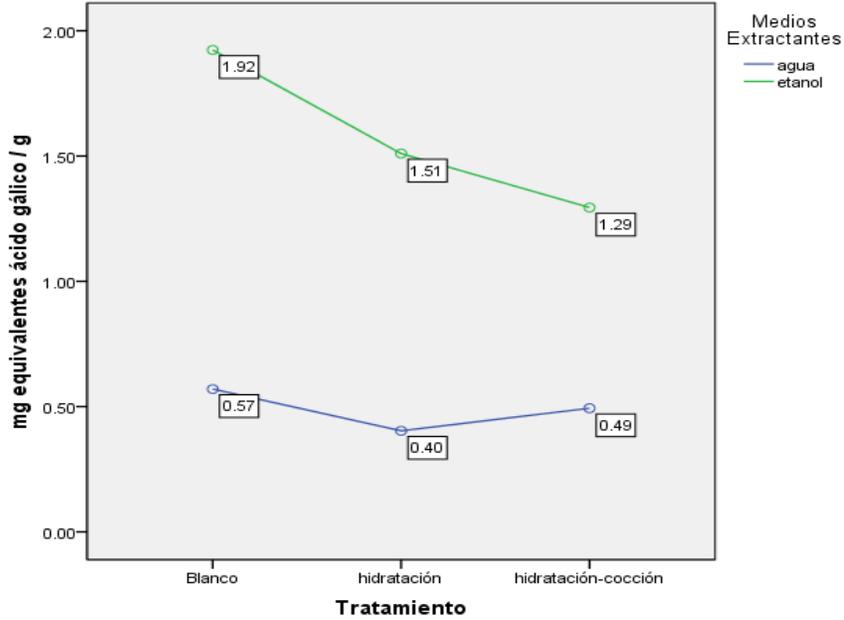
### **Análisis estadístico**

Se analizó un total de seis tratamientos que fueron arreglados a través de un diseño factorial 3 x 2 x 2, en donde se tuvo como primer factor los medios hidratantes, con tres niveles (Agua, solución de NaHCO<sub>3</sub> a 10 ppm, solución de NaCl a 10 ppm). El segundo factor fue el tratamiento térmico con dos niveles (hidratación con cocción e hidratación sin cocción) y el tercero las soluciones extractantes (Etanol 70% y Agua). Las variables respuestas fueron las sustancias fenólicas (fenoles totales, taninos) presente en los granos de sorgo. A los resultados obtenidos de las variables se les aplicó análisis de la varianza con un nivel de confianza del  $\alpha$  0.05 y cuando se encontró diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

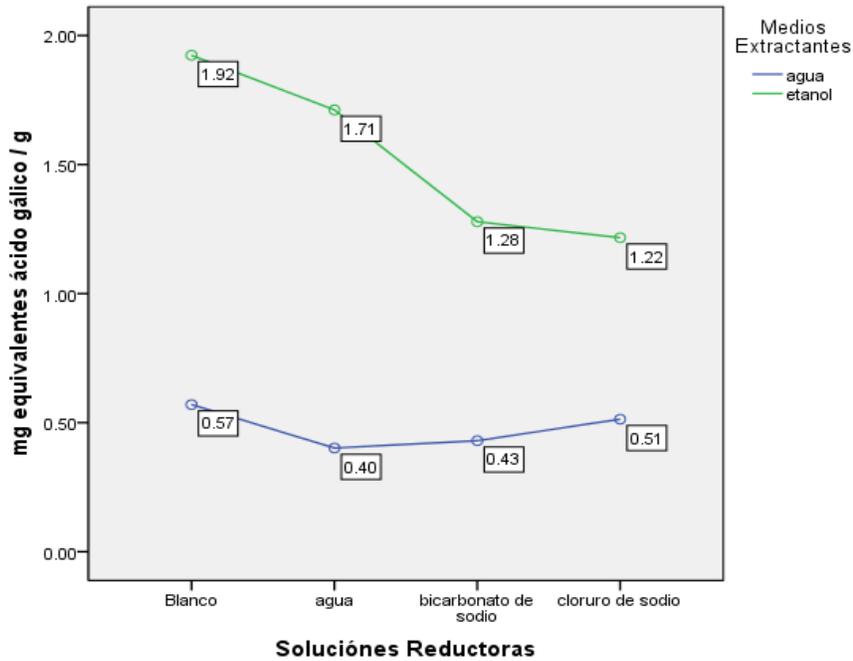
## **Resultados y discusión**

### **Fenoles totales (FT)**

En Fenoles Totales se obtuvo 1.25 mg/g para el testigo, al realizar el análisis estadístico con un  $\alpha=0.05$  se encontró que existen diferencias significativas entre tratamientos y se aprecia la reducción del contenido fenólico total como podemos observar en las Figuras 1 y 2 donde se comparan las gráficas tratamientos\*extracto y solución\*extracto. En las gráficas se aprecia que la mejor combinación para reducir FT según el extracto, son para el etanol la hidratación-cocción en cloruro de sodio. Para la extracción en agua la mejor combinación reductora es la hidratación sin cocción en agua.



**Figura 1.** Reducción del contenido fenólico total por efecto de hidratación y cocción.



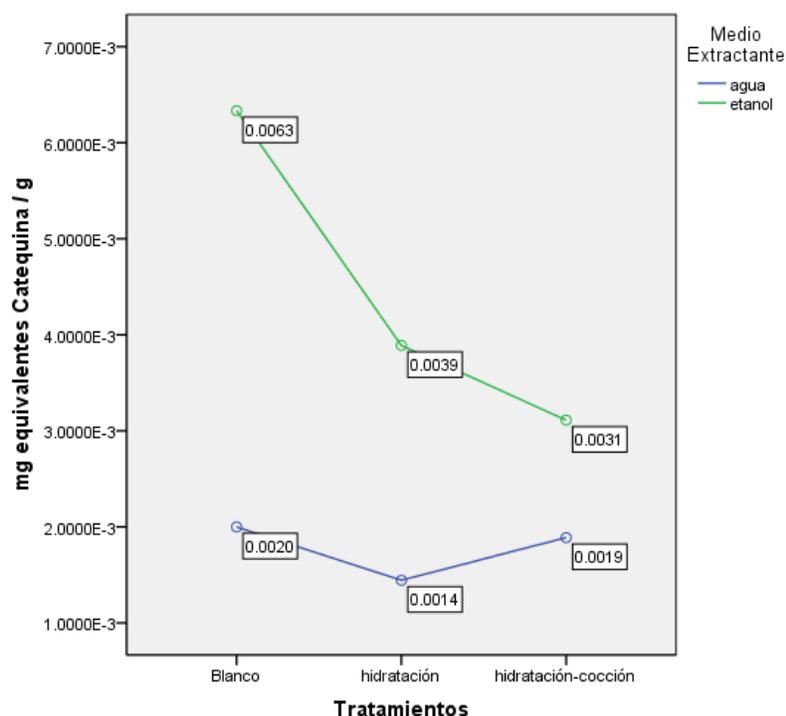
**Figura 2.** Reducción del contenido fenólico total por efecto de medios de hidratación.

El contenido de fenoles totales (FT) es similar a los reportados por Castro (2002), sin embargo, el contenido en taninos condensados (TC) que reportamos es inferior, lo

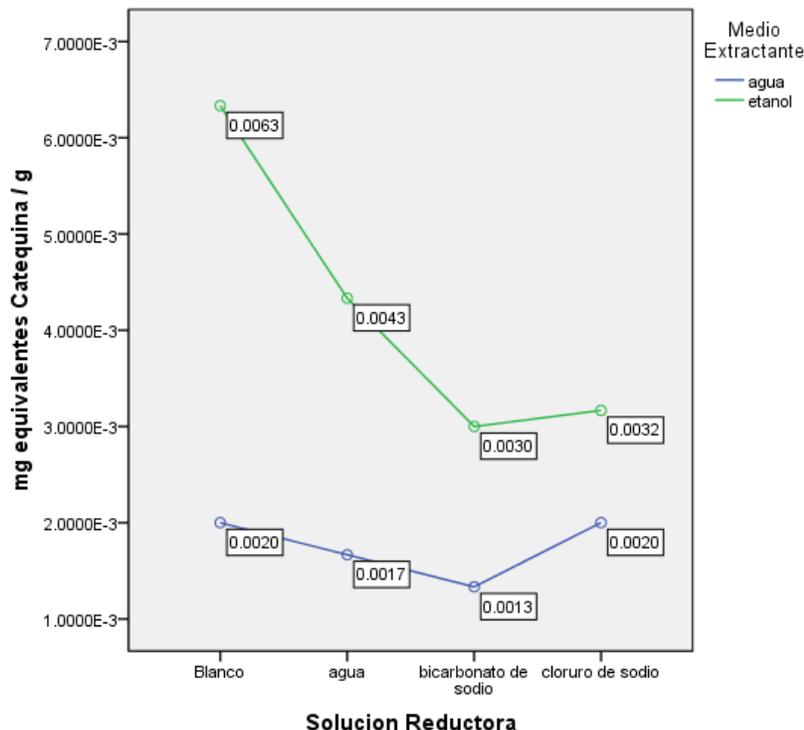
cual apoya lo mencionado anteriormente. Ojeda (2010) analizó 12 híbridos de sorgo y en sus resultados para FT fueron de 0.92 % equivalentes de ácido Tánico y del contenido de TC fue de 0.95 % equivalentes de leucocianidinas.

### Taninos condensados

El contenido de taninos inicial en la semilla del sorgo híbrido Ámbar obtuvo 0.0041 mg/g. Los tratamientos se sometieron al análisis estadístico el cual mostro diferencias significativas a un  $\alpha=0.05$ . Los factores solución, extracto, tratamiento\*extracto y solución\*extracto se sometieron a la comparación de medias para seleccionar la mejor combinación de factores para reducir la cantidad de taninos condensados.



**Figura 3.** Reducción de taninos condensados por efecto de medios de hidratación.



**Figura 4.** Reducción de taninos condensados por efecto de hidratación y cocción.

Según la comparación de medias que se muestra en las Figuras 3 y 4 que representan la interacción tratamiento\*extracto y solución\*extracto, respectivamente, en las cuales se observa que para el caso etanólico la mejor combinación de factores es hidratación-cocción en bicarbonato de sodio seguida de la hidratación-cocción en cloruro de sodio. Para el caso de extracto acuoso el mejor tratamiento fue hidratación en bicarbonato de sodio seguido por la hidratación en agua potable.

Como se puede apreciar en la descripción de los resultados, se han encontrado que los tratamientos propuestos reducen el contenido fenólico total así como los taninos condensados, la diferencia entre unos y otros se atribuye al medio de extracción, el cual influye con la conjugación polar que tienen las sustancias afines al medio, lo que repercute en el resultado y nos amplía el panorama para la comparación, así mismo por las características del sorgo al presentar alto contenido en polisacáridos, los tratamientos acuosos tienden a cambiar su configuración química ya que la hidrólisis se vuelve irreversible y expone su contenido químico.

Según Chaparro (2009) los métodos que disminuyen eficazmente los factores antinutricionales son la hidratación en combinación con la cocción y el tostado a 60 °C, lo cual coincide con lo observado hasta el momento en nuestra investigación, así mismo, se estima que el híbrido "ámbar" se puede considerar bajo en taninos según la clasificación que propone LaTorre y Calderon (1998) ya que el contenido de estos se encontraron próximos a 0%.

## Conclusión

Para lograr disminuir el contenido fenólico total y los taninos condensados como factores antifisiológicos presentes en las semillas de sorgo, el tratamiento Hidratación-cocción en Cloruro de Sodio (34.63%) e Hidratación Con Cocción en Bicarbonato de Sodio (48.62%) son los que manifiestan efecto favorable en comparación con el tratamiento testigo.

## Bibliografía

- Abd El M.M.R.A., Hossam S.E., Samiha M.A.S., Azza A.O. 2012. Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E, -carotene and antioxidant activity during soaking of three White sorghum varieties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 203-209.
- Castro A., Marrero L.I., Valdivié M., Gabel M., Steingass, H. 2002. Contenido de factores antinutricionales del grano de sorgo de cuatro variedades cultivadas en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola*. 36 (1).
- Chaparro A.S.P., Aristazabal T.I.D, Gil G.J.H. 2009. Reducción de Factores Antinutricionales de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*) Mediante Procesos Fisico-Químicos. *Revista de la Facultad Nacional Agropecuaria Medellín*, 62 (2), 5157-5164.

- Chaparro S.P. 2009. Efecto de Diferentes Procesos Físicoquímicos en la Reducción de Factores Antinutricionales de la Semilla de Vitabosa (*Macuna deeringiana*). Tesis para obtener grado de Maestría. Universidad Nacional de Colombia/Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, Colombia.
- Deshpande. S.S. 2002. Toxicantes and antinutrientes in plant foods. Handbook of food toxicology. Marcel Dekker, New York. 321-386.
- Financiera Rural. 2013. Monografía del Sorgo. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. México. Consultado el 7 de Febrero de 2013 de [www.financierarural.gob.mx](http://www.financierarural.gob.mx)
- Goyoaga C. 2005. Estudio de Factores No Nutritivos en (Vicia faba L.): Influencia de la Germinación sobre su Valor Nutritivo. Tesis para obtener el grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid/Departamento de Nutrición y Bromatología. Madrid, España.
- INEGI. 2013. México en cifras de [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) Consultado el 07 de Febrero de 2013. México.
- Latorre R y Calderón A. 1998. Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales Sorgos graníferos (*Sorghum bicolor* (L) Moench) cultivados en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Regional 7. Pag. 35-163.
- Mendes A. P., Neuman M.N.J., Arujo V.L., Alexandrino A. Delmondes B.M.A., Restle J. 2011. Composição Bromatológica de Silagen de Híbridos de Sorgo Cultivados em Diferentes Densidades de Plantas. Revista Ciências Agronômicas. 42 (1) 208-215.

- Ojeda A., Frías A., González R., Linares Z., Pizzani P. 2010. Contenido de Taninos, Fósforo Fítico y Actividad de Fitasas en el Grano de 12 Híbridos de Sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 60 (1) 93-98.
- Penichet M., Darías M., Saucedo O., Guerra M. 2009. El Sorgo en la Alimentación de Niños Celiacos: Una Alternativa. Contribuciones a la Ciencias Sociales.
- Pérez A., Saucedo O., Iglesias, J., Wenconomo H., Reyes F., Oquendo, G., Milián I. 2010. Caracterización y Potencialidades del grano de sorgo. Pastos y Forrajes, 33 (1).
- Souza C.G. 2009. Degradabilidad de Graos Secos e Ensilados de Sorgo, Com e Sem Tanino, Submetidos a Granulometrias. Tesis para obtener el grado de Maestra. Universidad Estatal Paulista. Brazil.
- Swain, T., & Hillis E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. J. Sci. Food Agric. 10: 63-68.
- Tizazu S., Urga K., Belay A., Abuye C., Retta N. 2011. Effect of Germination on Mineral Bioavailability of Sorghum-Sased Complementary Foods. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. 11 (5) 5083-5095.
- Ventura J., Belmares, R., Aguilera, A., Gutiérrez, G., Rodríguez, R. y Aguilar, C. N. 2008. Fungal Biodegradation of Tannins from Creosote Bush (*Larrea tridentata*) and Tar Bush (*Flourensia cernua*) for Gallec and Ellagic Acid Production. Food Technology and Biotechnology. 46 (2) 213–217.
- Ventura S. J. M. 2006. Biodegradación de Taninos en Extractos de Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.) y Hojasén (*Fluorencia cernua* D. C.) mediante

Fermentación en Estado sólido usando *Aspergillus niger* PSH. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila.

## **Tema 2.8. Detección cualitativa de precursores del ácido *ent*-kaurenoico usando sistemas enzimáticos de semillas de dicotiledóneas.** Carlos Jonnathan Castro Juárez, Nemesio VillaRuano, Sergio Alberto Ramírez García, Clemente MossoGonzález. k-rls00\_13@hotmail.com

### **Resumen**

El ácido *ent*-kaurenoico (KA) es un diterpeno que ha mostrado interesantes propiedades hipoglicemiantes. Este trabajo presenta los resultados del uso de enzimas provenientes de semillas de dicotiledóneas de fácil acceso como *Phaseolus* spp, *Cucurbita* spp y *Vicia faba*, con el objetivo de obtener precursores que puedan ser metabolizados por la cepa INVSc1-PYESDEST52D+MtKO de *Saccharomyces cerevisiae*, una cepa modificada por ingeniería genética capaz de generar activamente KA. Se presentan los resultados preliminares y cualitativos de la transformación de la mevalonolactona comercial en geranilgeraniol y *ent*-kaureno, de acuerdo al factor de retención (RF) obtenido por cromatografía en placa delgada (TLC). Los resultados logrados hasta el momento y de manera preliminar, *Cucurbita* spp, es una alternativa efectiva para obtener a estos compuestos.

### **Introducción**

Diversos estudios demostraron que en ratas el ácido *ent*-kaurenoico (KA) presenta propiedades hipoglucemiantes<sup>1</sup>, este diterpeno posee una acción rápida y prolongada, reduciendo los niveles de glucosa en sangre<sup>2</sup>. Un estudio midió el efecto hipoglucemiante del extracto de la planta *Wedelia paludosa* administrándolo a ratas diabéticas por vía intragástrica dando como resultado una reducción la glucosa en sangre, identificando que el KA estaba presente dentro de los componentes activos de la planta<sup>3</sup>. Otro estudio utilizó KA a dosis de 10 mg/kg de peso en ratas (Wistar) diabéticas. Se midió la concentración de glucosa en sangre cada 60 minutos durante 6 horas, utilizando glibenclamida como fármaco de referencia. De igual forma en este estudio la administración de KA no presentó ningún efecto adverso ni toxico en el modelo de ratas<sup>1</sup>. Su mecanismo de acción no está completamente establecido a

diferencia de los hipoglucemiantes actuales<sup>4</sup>, pero se cree que actúa a nivel de las células  $\beta$  en el páncreas creando un efecto insulínogénico<sup>5</sup>. Estos resultados son de particular interés, considerando al KA como el activo principal en el futuro para la investigación pre-clínica y clínica, ya que las industrias farmacéuticas están en búsqueda creciente para descubrir agentes nuevos y eficaces para el tratamiento de la DM2<sup>1</sup>.

El sintetizar este compuesto de forma natural resulta en ocasiones complicado, ya sea por la complejidad de aislar los compuestos orgánicos como también la presencia de la planta que lo contiene en las diferentes estaciones del año. Por lo que se ha limitado su uso y su consideración como agente hipoglucemiante. Actualmente se ha logrado aislar del “Zoapatle” cerca de 80 productos naturales<sup>6</sup>, así como la obtención de ADN complementario (ADNc) con secuencias codificantes para enzimas clave en la biosíntesis general de terpenos incluyendo al KA<sup>7</sup>.

El *ent*-kaureno es un precursor de las giberelinas, hormonas vegetales que intervienen en la germinación de las semillas. Por esta razón una gran parte de las semillas de angiospermas contienen la maquinaria enzimática para generarlo. Tomando en cuenta esto, existen varias opciones para obtener el precursor de este compuesto hipoglucemiante en altas concentraciones (*Ricinus* spp, *Cucurbita* spp, *Heliantus* spp, *Phaseolus* spp, *Pisum* spp) todos estos sistemas son capaces de transformar eficientemente el mevalonato o ácido mevalónico y mevalonolactona (precursor de isoprenoides) en diterpenos tetracíclicos favoreciendo la síntesis de *ent*-kaureno hasta un 40%<sup>8,9,10</sup>, estos mismos sistemas generan colateralmente geranilgeranil pirofosfato y geranilgeraniol como precursores acíclicos del *ent*-kaureno. El objetivo de este trabajo fue evaluar la transformación de mevalonolactona por medio del empleo de enzimas de semillas de endospermo *Cucurbita* spp, *Phaseolus* spp y *Vicia faba* para generar diterpenos cíclicos y acíclicos potencialmente utilizables para la cepa INVSc1-PYESDEST52D+MtKO que es capaz de generar activamente KA usando precursores de 20 carbonos como el *ent*-kaureno.

## Materiales y métodos

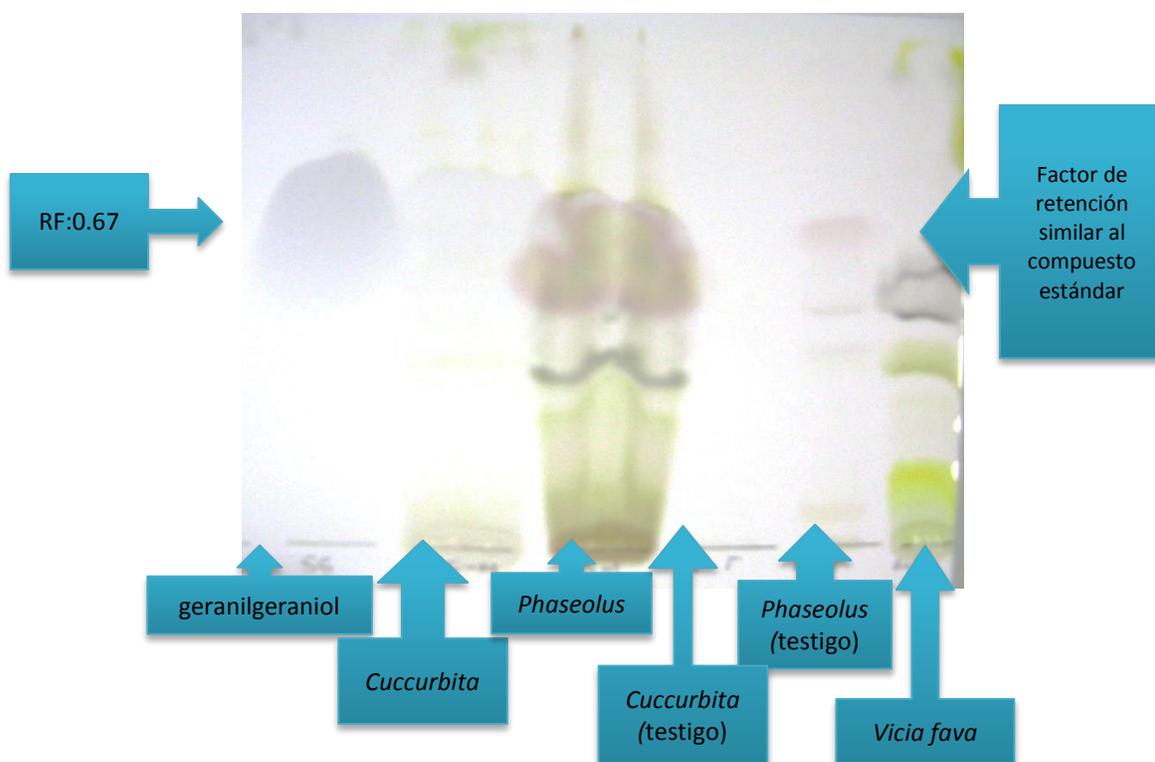
a) Obtención de lisados de endospermo de *Cucurbitaspp*, *Vicia faba L.* y *Phaseoluspp*. Se obtuvieron del mercado de la Sierra Sur de Oaxaca en el municipio de Miahuatlán de Porfirio Díaz, semillas frescas de *Cucurbita spp*, *Vicia faba L.* y *Phaseolus spp*. 33 gramos  $\pm$ 1.55 gramos de endospermo fresco fueron homogenizados con mortero y pistilo a 4 °C en presencia de 50 ml de un amortiguador conteniendo 50  $\mu$ M Tris-HCL (pH 7.4), 100  $\mu$ M de PMSF, 50  $\mu$ M ácido ascórbico y 50  $\mu$ M de BHT como antioxidantes. El homogeneizado fue filtrado con tela “chessecloth” en repetidas ocasiones y centrifugado a 3 000 rpm por 15 minutos para descartar restos celulares. Posteriormente el sobrenadante se colecto para determinar cantidad de proteína total por el método colorimétrico de Bradford a 595 nm, usando como control lipasa de puerco como proteína pura.

b) Reacciones enzimáticas para la obtención de geranilgeraniol y mezcla de kaurenoides (*ent*-kaureno, *ent*-beyereno e isokaureno) por TLC. El extracto generado de la centrifugación se sometió a ensayos enzimáticos de 36 horas de incubación a 32 °C. Las mezclas de reacción contenían los siguientes componentes: 38  $\mu$ M de mevalonolactona, 9 mM MgCl, 6 mM MnCl, 100  $\mu$ M ATP. Los productos de la reacción se extrajeron con hexano, posteriormente fueron sometidos a purificación mediante cromatografía en placa fina preparativa de silica gel 60G. La fase móvil consistió de benceno: acetato de etilo (9:1) (v/v) para la extracción de geranilgeraniol. La fase para la extracción de la mezcla de kaurenoides fue de hexano: acetato de etilo (8:2) (v/v). Los factores de retención esperados para *ent*-kaureno y geranilgeraniol fueron de 0.8 y 0.6 respectivamente. La identidad del geranilgeraniol se obtuvo por comparación con el RF del geranilgeraniol comercial obtenido de Sigma-Aldrich Company. De igual forma la de *ent*-kaureno que fue donado por el Dr. Lew Norman Mander y el Dr. Tony Herlt de la Australian National University. Las placas se extrajeron directamente con la misma mezcla de solventes y posteriormente concentrados bajo flujo constante de nitrógeno gaseoso.

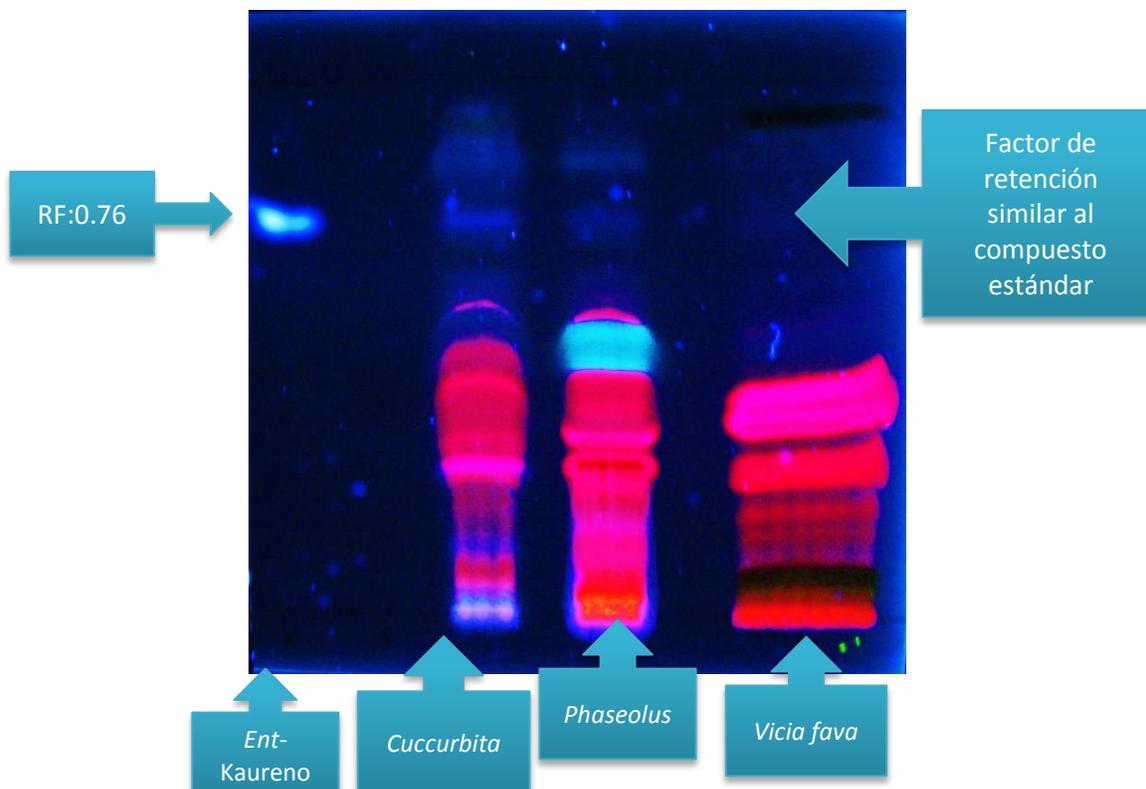
## Resultados y discusión

La cantidad de proteína total obtenida por semilla mediante el método colorimétrico de Bradford fue mayor para *Vicia faba L* y *Phaseolus* spp con 1063.2 mg/ml y 1002.6 mg/ml respectivamente, siendo que para *Cucurbita* spp se obtuvo 277.8 mg/ml de proteína total, revelando una cantidad elevada.

La separación de los compuestos de cada extracto por placa fina determinó que en el caso de *Cucurbita* spp y *Phaseolus* spp el factor de retención del geranilgeraniol con fase móvil de hexano: benceno 9:1 (v/v) fue de 0.67, sin embargo no se logró identificar ningún rastro en *Vicia faba L* (Figura 1). El factor de retención y la identificación del *ent*-kaureno con fase móvil de hexano: acetato de etilo 8:2 (v/v) fue de 0.76, logrando identificar preliminarmente que en las tres muestras contiene poca cantidad de *ent*-kaureno, sin embargo, se requieren de más experimentos para corroborarlo (Figura 2).



**Figura 1.** Identificación cualitativa de geranilgeraniol en extractos hexánicos de *Cucurbita* spp, *Phaseolus* spp y *Vicia faba*.



**Figura 2.** Identificación cualitativa de *ent*-kaureno en extractos hexánicos de *Cucurbita* spp, *Phaseolus* spp y *Vicia faba* (usando luz UV a 530 nm).

## Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos se muestran indicios de transformación de la mevalonolactona por las especies ensayadas. Sin embargo, por observaciones preliminares el sistema de *Cucurbita* spp es más efectivo para la generación de diterpenos cíclicos y acíclicos, al menos, bajo nuestras condiciones.

## Bibliografía

- Bresciani L.F.V., Yunes R.A., Burger C., De Oliviera L.E., Bóf K. L., Chechinel F. V. (2004). Seasonal variation of kaurenoic acid, a hypoglicemicditerpene present in *Wedeliapaludosa* (*Acmelabrasiliensis*) (Asteraceae). *Verlag der ZeitschriftfürNaturforschung*. 59(5)229-32.
- Ceccarelli N., Lorenzi R., Alpi A. (1981). Kaurene biosynthesis in intact *Phaseolus coccineus* suspensors. *Experientia*. 37(5)478.
- Graebe J. E. (1969). Enzimatic preparation of <sup>14</sup>C-Kaurene. *Planta (Berl)*. 85(1)61-171-174.
- Llave Gomero F.J. (2008). Actualización en el manejo de los antidiabéticos orales en Atención Primaria. *Revista Medicina de Familia*. 8(2)42-55.
- Lozoya-Gloria E., Villa-Ruano N., Betancourt-Jiménez M. G., Robles- Zepeda R. E., Molina-Torres J., López M. G. L. (2008). Biosíntesis de los principios activos del Zoapatle (*Montanoa tomentosa*). *Revista Latinoamericana de Química*. 36 (Suplemento especial) 30.
- Mohd M., Alam K.S., Mohd A., Abhishek., Aftab A. (2009). Antidiabetic activity of the aqueous extract of *Annona squamosa* in streptozotocin induced-hyperglycemic rats. *T Pharm Res*. 2, 99-63.
- Novaes A. P., Rossi C., Poffo C., Pretti Junior E., Oliviera A. E., Schelemper V., Niero R., Cechinel F. V., Burger C. (2001). Preliminary evaluation of the hypoglicemic effect of some Brazilian medicinal plants. *Therapie*. 56(4)427-30.

- Raga D. D., Alimboyoguen A. B., Del Fierro R. S., Ragasa C. Y. (2010). Hypoglycaemic effects of tea extracts and ent-kaurenoic acid from *Smilax sonchifolius*. *Natural Product Research*. 24(18)1771-82.
- Robinson D. R., West C.A. (1970). Biosynthesis of cyclic diterpenes in extracts from seedlings of *Ricinus communis*. I. Identification of diterpene hydrocarbons formed from mevalonate. *Biochemistry*. 9(1)70-79.
- Villa-Ruano N., Betancourt-Jiménez M.G., Lozoya-Gloria E. (2010). cDNA isolation and gene expression of kaurene oxidase from *Montanoa tomentosa* (zoapatle). *Revista Latinoamericana de Química*. 38(2)21-28.

## **Tema 2.9. Caracterización química y funcional de almidón acetilado de malanga (*Colocasia esculenta* Schott). Roselis Carmona García, Mario Torres Becerril, Andrés Aguirre Cruz, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Torruco Ucoy Erasmo Herman Lara.**

### **Resumen**

La malanga (*Colocasia esculenta* Schott) es un tubérculo que presenta alto contenido de almidón (60-74%), por lo que puede ser usado como una fuente no convencional para su aislamiento. Sin embargo el almidón nativo (AN) presenta desventajas que limitan su uso, de ahí que sea necesario modificarlo. La acetilación, ha sido usada para conferirle propiedades funcionales específicas al almidón. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características químicas, estructurales y funcionales del almidón acetilado de malanga. Al almidón nativo (AN) y acetilado (ACC) se les determinó la composición química proximal, grado de sustitución (GS), % cristalinidad, capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAc) y poder de hinchamiento (PH). Se obtuvo un ACC con GS=1.86 y que presentó una disminución en el contenido de humedad, lípidos y proteínas, debido a su eliminación durante la reacción. Sin embargo el contenido de cenizas aumentó, debido a la sal formada. El AN presentó un 32% de cristalinidad, mientras que el AAC presentó solo un 19%, esto debido a la introducción del grupo acetilo que interrumpe la estructura ordenada del almidón. El PH, CRA y CRAc, aumentaron conforme aumentó la temperatura de medición en ambos almidones.

### **Introducción**

El almidón es un carbohidrato de reserva de las plantas y comúnmente es aislado de una gran cantidad de tubérculos y cereales. Es un material relativamente barato que presenta propiedades físicas y químicas que lo hacen ideal para ser usado en aplicaciones alimenticias y no alimenticias. La funcionalidad del almidón ha sido amplificada debido a la habilidad que presentan los gránulos de almidón de ser modificado química, genética y enzimáticamente, sin embargo la variación de las propiedades del almidón también tienen una alta dependencia del genotipo de la planta y del lugar de cultivo (Wischmann *et al.*, 2005). En investigaciones han sido caracterizadas las propiedades de diferentes almidones, algunas de ellas tomando en cuenta la variación entre las especies de plantas, variedades y de las condiciones de cultivo (Thitipraphunkul *et al.*, 2003). La malanga (*Colocasia esculenta* Schott), es

un tubérculo que presenta un alto contenido de almidón (60-74%), por lo que puede ser usado como una fuente no convencional para el aislamiento de este. Los almidones nativos de algunas fuentes no convencionales han sido estudiados (Sandhu y Lim, 2008). Sin embargo hasta el momento no existen estudios sobre el efecto de la acetilación en las propiedades de almidón de malanga. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la acetilación sobre las propiedades químicas y funcionales de almidón de malanga (*Colocasia esculenta* Schott).

## **Materiales y métodos**

El almidón se obtuvo a partir del método desarrollado por Novelo-Cen y Betancur-Ancona (2005) y la acetilación se realizó a partir del método de Phillips *et al.*, (1999). La determinación del grado de sustitución (GS) y % acetilos se realizó por el método de Wuzburg (1964).

### **Análisis químico proximal**

El contenido de humedad, cenizas, lípidos y proteínas se determinaron por los métodos establecidos de la AACC (2000).

### **Determinación de las propiedades funcionales**

La Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite(CRAc) fueron determinadas por el método propuesto por Larrauri, *et al.*, (1996), mientras que el poder de hinchamiento (PH) fue determinado según una modificación del método original de Schoch (1964).

## **Resultados y discusión**

### **Porcentaje de acetilos y grado de sustitución (GS)**

El GS del ACC fue de 1.86 y el% de acetilos fue de 45.24, este valor es similar a los obtenidos por Xu *et al.*, (2004) en almidón de amilomaíz reportando un % de acetilos

de 45, a un tiempo de reacción mayor (240 min) y por Guerra-Della Valle, (2007) en almidón de plátano y maíz (41.1 y 44.9 %, respectivamente) a un tiempo de reacción de 360 min.

### Composición químico proximal

El AN presentó un contenido de humedad de 7.21%, el cual es mayor al reportado por Antonio-Estrada *et al.*, (2009) en almidón de malanga (6.25%), esto debido a los diferentes métodos empleados para el aislamiento del almidón.

**Cuadro 1.** Composición químico proximal del almidón nativo y acetilado de malanga.

Componente (%)	AN	AAC
Humedad	7.21 ± 0.86 <sup>a</sup>	2.17 ± 0.02 <sup>b</sup>
Cenizas	1.57 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.78 ± 0.05 <sup>a</sup>
Lípidos	0.79 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.01 <sup>b</sup>
Proteínas	7.29 ± 0.24 <sup>a</sup>	4.85 ± 0.21 <sup>b</sup>

Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

El ACC presentó un menor contenido de humedad, este comportamiento es similar al reportado por Guerra-Della Valle, (2007). El ACC presentó un menor contenido de lípidos y proteínas, esta disminución es debida a la solubilización y/o precipitación de los lípidos y proteínas al medio de reacción durante la modificación. El contenido de cenizas es mayor en ACC, que en AN, debido a la introducción del grupo acetilo.

### Propiedades funcionales

#### Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA del almidón nativo y acetilados fue medida a varias temperaturas (50, 70 y 90 °C) y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Por efecto de temperatura se puede observar que tanto en AN y ACC la CRA aumenta, esto es debido al fenómeno de gelatinización del almidón, ya que cuando los gránulos son calentados en solución acuosa, estos se van hinchando y atrapando una mayor

cantidad de agua con forme la temperatura aumenta hasta llegar a la gelatinización del almidón.

**Cuadro 2.** Capacidad de retención de agua (CRA) de los almidones de malanga nativo (AN) y acetilado (ACC).

Almidón	CRA (%)		
	50 °C	70°C	90°C
<b>AN</b>	4.18 ± 0.20 <sup>aA</sup>	9.27 ± 0.35 <sup>aB</sup>	13.89 ± 0.22 <sup>aC</sup>
<b>ACC</b>	3.04 ± 0.17 <sup>aA</sup>	11.07 ± 0.63 <sup>bB</sup>	14.18 ± 0.48 <sup>aC</sup>

Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras minúsculas (columna) y mayúsculas (fila) diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

### Índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH)

Por efecto de temperatura se observa que tanto el ISA y el PH aumentan con forme aumenta la temperatura en ambos almidones (AN y ACC) (Tabla 3). Estudios realizados en almidón de maíz y papa (Singh y Kaur, 2004), sugieren un aumento significativo en el poder de hinchamiento y solubilidad debido a la acetilación en estos tipos de almidones.

**Cuadro 3.** Índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) del almidón de malanga nativo (AN) y acetilado (ACC).

Almidón	Temperatura (°C)	ISA (%)	PH (g de agua/g de muestra)
<b>AN</b>	50	16.70 ± 0.67 <sup>a</sup>	2.70 ± 0.80 <sup>a</sup>
	70	18.78 ± 1.03 <sup>b</sup>	4.93 ± 0.23 <sup>b</sup>
	90	40.28 ± 0.50 <sup>c</sup>	7.86 ± 0.16 <sup>c</sup>
<b>ACC</b>	50	33.40 ± 0.23 <sup>a</sup>	5.98 ± 0.25 <sup>a</sup>
	70	39.96 ± 0.91 <sup>b</sup>	6.78 ± 0.06 <sup>b</sup>
	90	40.82 ± 1.20 <sup>c</sup>	8.11 ± 1.02 <sup>c</sup>

Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

### Capacidad de retención de aceite (CRAc)

De manera general como se muestra en la Tabla 4, conforme va aumentando la temperatura de medición, la CRAc va aumentando tanto en el AN como AAC, este

mismo comportamiento fue reportado por Lawal (2004), en almidón acetilado de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), donde al aumentar la temperatura la capacidad de retención de aceite aumenta.

**Cuadro 4.** Capacidad de retención de aceite (CRAc) en almidón de malanga nativo (AN) y acetilado (ACC).

Almidón	CRAc (%)		
	50 °C	70 °C	90 °C
AN	6.51 ± 0.25 <sup>aA</sup>	8.17 ± 0.08 <sup>bA</sup>	9.15 ± 0.84 <sup>cA</sup>
ACC	9.93 ± 0.80 <sup>aC</sup>	10.61 ± 0.52 <sup>a,bB</sup>	11.04 ± 0.34 <sup>bB</sup>

Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Por otro lado el AAC muestra valores mayores de CRAc, que el ANa cualquiera de las temperaturas medidas. Este aumento en la capacidad de retención de aceite en los almidones acetilados se debe al carácter hidrofóbico que le da el grupo funcional que es introducido en el almidón, así mismo este grupo funcional causa un impedimento estérico facilitando el paso del aceite dentro del granulo del almidón.

## Conclusiones

La modificación por acetilación afecto la composición química del almidón de malanga, reflejándose en una disminución en el contenido de lípidos y proteínas y un aumento en el contenido de cenizas, debido a la precipitación y solubilización de estos componentes al medio de reacción y a la formación de sales de sodio durante reacción de acetilación de la molécula de almidón, respectivamente. Las propiedades funcionales (CRA, ISA y PH) del ACC aumentaron en comparación con el AN. Este efecto se acentuó aún más con forme la temperatura de evaluación incremento (50 a 90 °C). El almidón ACC presentó una mayor CRAC, por lo que podría ser utilizado en alimentos que requieran de esta propiedad.

## Bibliografía

AACC, (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. Advancing Cereal Science Worldwide, USA.

Antonio-Estrada, C., Bello-Pérez L. A., Martínez-Sánchez, C. E., Montañez-Soto, J. L., Jiménez-Hernández, J. y Vivar-Vera, M. A. (2009). Producción enzimática de maltodextrinas a partir de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Journal of Food science and Agriculture*. 7 (3): 233-241.

Guerra-Della Valle, D. (2007). Efecto del nivel de acetilación en las características morfológicas y moleculares del almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L). Tesis de maestría, CEPROBI-IPN, México.

Larrauri, J. A., Rupérez, P., Borroto, B., Saura-Calixto, F. (1996). Mango Peels as a New Tropical Fibre: Preparation and Characterization. *LWT - Food Science and Technology*. 29(8): 729-733.

Lawal, O. S. (2004). Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chemistry*. 87(2): 205-218.

Novelo-Cen, L., and Betancour-Ancona, D. (2005). Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. *Starch/Stärke*. 57 (9): 431-441.

Phillips, D. L., Liu, H. L., Pan, D., Corke, H. (1999). General application of Raman spectroscopy for the determination of level of acetylation in modified starches. *Cereal Chemistry*. 76(3): 439–443.

- Sandhu, K.S., and Lim, S.T. (2008). Digestibility of legume starches as influenced by their physical and structural properties. *Carbohydrate Polymers*. 71(2): 245-252.
- Schoch, J. T. (1964). "Swelling power and solubility of starch granules". In: Methods in Carbohydrates Chemistry. Vol. IV. Eds. R. L. Whistler, R. J. Smith y M. L. Wolfrom. Academic Pres. New York. 106-108 p.
- Singh, N. and Kaur, L. (2004). Morphological, thermal and rheological properties of potato starch fractions varying in granule size. *Journal of Food the Science of Food and Agriculture*. 84(10):1241-1252.
- Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., & Takeda, Y. (2003). A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*. 53(3): 317–324.
- Wischmann, B., Blennow, A., Madsen, F., Jørgensen, K., Poulsen, P., & Bandsholm, O. (2005). Functional characterization of potato starch modified by specific in planta alteration of the amylopectin branching and phosphate substitution. *Food Hydrocolloids*. 19(6): 1016–1024.
- Wuzburg, O. B. (1964). Acetylation. In: Methods in Carbohydrate Chemistry. (Ed. R. L. Whistler) Academic Press. New York. 288 p.
- Xu, Y., Miladinov V. y Hanna, M. A. 2004. Synthesis and characterization of starch acetates with high substitution. *Cereal Chemistry*. 81(6): 735-740.

## **Tema 2.10. Aplicación de mezclas coagulantes de almidones de banano con agentes convencionales para tratamiento de aguas. Rocío López Vidal, José Ramón Laines Canepa y María Adelfa Aparicio Trápala. rociolv33@hotmail.com**

### **Resumen**

La demanda creciente de tecnologías que no dañan al medio ambiente ha dirigido el interés hacia los polielectrólitos naturales lo cuales pueden reemplazar a los floculantes sintéticos, en tratamiento de aguas, la industria de alimentos, la biotecnología y la medicina (Bratskaya *et al.*, 2004). Los agentes coagulantes y floculantes naturales, principalmente polisacáridos, son considerados ambientalmente amigables en comparación con los agentes orgánicos e inorgánicos debido a su biodegradabilidad (Diamadopoulos, 2009). El objetivo del presente trabajo fue evaluar mezclas coagulantes de tres tipos de almidones de banano (Musa AAA) con sulfato de aluminio para el tratamiento de aguas superficiales. Se prepararon muestras de agua sintética utilizando arcilla de tipo vertisol, con turbiedades iniciales de 400 NTU. La evaluación se realizó en tres etapas utilizando un equipo de prueba de jarras, primero un mezclado rápido a 120 rpm durante un minuto, posteriormente un mezclado lento a 20 rpm durante 20 min y finalmente se dejó un tiempo de reposo de 30 min. Los resultados indicaron que la combinación de sulfato de aluminio,  $Al_2(SO_4)_3$ , con el almidón fosfatado obtuvo la mejor remoción de turbiedad (94.5 %), con dosis óptimas de 50mg de sulfato de aluminio con 0.5 g de almidón.

### **Introducción**

La coagulación-floculación es una etapa que es aplicada en los procesos de tratamiento de aguas para la remoción de turbidez en aguas que contiene material coloidal y partículas suspendidas. Los materiales que son usados en esta etapa de tratamiento de agua pueden ser coagulantes inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos o coagulantes de fuentes naturales (Antov *et al.*, 2010). Los agentes convencionales comúnmente utilizados en tratamiento de agua son el sulfato de aluminio,  $Al_2(SO_4)_3$ , y el cloruro férrico,  $FeCl_3$ . En los últimos años se ha tenido gran interés en el desarrollo del uso de coagulantes naturales, los cuales pueden ser producidos o extraídos a partir de microorganismos, tejidos de plantas o animales.

Estos coagulantes son biodegradables y seguros para la salud humana, producen menos volumen de lodos, generando cantidades que van entre el 20-30%, mucho menores a las generadas por el empleo de agentes coagulantes metálicos, como el alumbre (Sciban *et al.*, 2009). Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas. También existen los floculantes orgánicos como el alginato de sodio, originado del ácido algínico extraído de algas marinas, que se puede utilizar para mejorar el tratamiento con cloruro de hierro y sulfato de aluminio. Otros floculantes orgánicos son los almidones extraídos de la papa, yuca y extractos de semillas de plantas (Degremond, 1991). En la floculación de aguas residuales textiles, utilizando *P.psylliummucilage*, los resultados mostraron que el polisacárido natural aniónico fue un floculante muy efectivo, capaz de remover más del 90 y 68 % de sólidos suspendidos (SS) y sólidos disueltos totales (TDS), respectivamente, desde el efluente textil. (Mishra *et al.*, 2004). Otros floculantes orgánicos son los almidones extraídos de la papa, yuca y extractos de semillas de plantas (Degremond, 1991). Laines *et al.*, (2008) utilizaron el almidón de plátano en mezclas con sulfato de aluminio y arcillas para coagulación-floculación en lixiviados de un relleno sanitario. Solis *et al.*, (2012) utilizaron almidón de yuca para clarificación de aguas superficiales. Guo-xiu *et al.*, (2005) menciona que el almidón como tal debería ser usado como un floculante, sin embargo, su eficiencia de floculación es baja. Como almidón floculante generalmente es modificado para obtener productos con buena eficiencia de floculación. De igual forma, Shogren *et al.*, (2009) y Majzoobi *et al.*, (2009) coinciden en que al modificar las propiedades de los almidones, las aplicaciones como agentes floculantes pueden mejorar, ya que se lleva a cabo un cambio en su estructura molecular. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial coagulante-floculante de los almidones nativo y modificado de banano (*Musa AAA*) en combinación con sulfato de aluminio, para la remoción de turbidez en muestras de aguas sintéticas.

## Materiales y métodos

Para obtener el almidón nativo de banano, se molieron 30 kg de fruto y se adicionaron tres veces su volumen de agua conteniendo 3 % de ácido cítrico, la fibra se separó por centrifugación de la pasta, el sobrenadante se dejó reposar 24 horas en refrigeración, según método modificado de Aparicio (2003), se decantó y la pasta obtenida se secó en una estufa Novatech Modelo HS60 AID ® a 50 °C por 24 horas. El almidón obtenido se pulverizó en un molino IKA Werke M20 ® y se envasó en bolsas de polietileno. A partir del almidón nativo se obtuvieron los modificados, en los cuales se utilizó la técnica de *Limet al.*, (1993). Para la síntesis de los almidones fosfatado y entrecruzado se prepararon el tripolifosfato de sodio (STPP) y el trimetafosfato de sodio (STMP). Se pesaron 300 g de almidón (base seca) y se disolvieron en agua destilada conteniendo sulfato de sodio, se ajustó la mezcla a un pH de 6, utilizando ácido clorhídrico (HCl) ó hidróxido de sodio (NaOH) al 10 %. Se agregó agua destilada hasta obtener un peso de 667 g. La mezcla se secó a 40 °C por 15 h. La pasta se enfrió a temperatura ambiente y se le realizaron tres lavados con 600 ml de agua destilada. La pasta obtenida se secó a 40 °C por 15 h, se pulverizó y se almacenó en bolsas de polietileno.

Se prepararon soluciones de referencia, para el sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ , 98.6 %, J.T. Baker, Nueva Jersey, USA) se pesaron 10 g/l y para las soluciones de almidones se pesaron 0.5 g/l. Se prepararon muestras de agua sintéticas utilizando arcilla de tipo vertisol recolectada en la ranchería Buena Vista del municipio de Cárdenas, Tabasco, en la cuenca baja del Río Blasillo con coordenadas UTM 406447 E y 2001730 N. Se tamizó la arcilla con una abertura de malla de 45  $\mu\text{m}$ , tamíz No. 325, escala ASTM E-11. Se colocaron 20 litros de agua purificada de la marca Cristal en un recipiente, la cual se caracterizó previamente, se le agregó 13 g de arcilla para generar turbidez promedio de  $400 \pm 50$  NTU. Se mezcló el agua y se tomaron muestras para medir la turbiedad y el color, las cuales se midieron por triplicado. Para medir la turbiedad se utilizó un turbidímetro marca LaMotte® con precisión de 0.01 NTU-EPA 180.1 (EPA 1983, NOM-041-SSA1 1993, ISO 1990). El

color se midió en el mismo equipo con una precisión de 0.1 UC- color por el método estándar 2120B. Para obtener la dosis óptima de las mezclas, se realizó el proceso de coagulación-floculación en un equipo de prueba de jarras, ASTM D2035-08 (2008). Se realizó un mezclado rápido a 120 rpm durante 1 min, después un mezclado lento a 20 rpm por 20 min y finalmente 30 min de reposo (sedimentación). Se determinó la dosis óptima del sulfato de aluminio, y posteriormente se realizaron las mezclas con las soluciones de almidones nativo, fosfatado y entrecruzado utilizando la misma técnica ASTM mencionada. Los experimentos se realizaron por triplicado. Se midió la turbiedad, color, pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales, con un equipo HI-9828 Hanna Instruments, Woonsocket, USA).

## Resultados y discusión

Los valores obtenidos en las pruebas de jarras, muestran el mejor porcentaje de remoción de turbidez. Para el  $Al_2(SO_4)_3$  se observó una mejor remoción con 50 mg, por lo que se tomó como dosis óptima para realizar las mezclas con los almidones.

**Cuadro 1.** Valores promedio de la remoción de turbiedades con la dosificación de sulfato de aluminio

Sulfato de Aluminio, $Al_2(SO_4)_3$ , mg	Promedio del % de Remoción de turbiedades
35	90.9
40	88.7
45	88.8
50	91.2
55	89.0
60	90.6

Por otro lado, los datos obtenidos con las mezclas de sulfato de aluminio y los almidones nativo (Anb), entrecruzado (Aeb) y fosfatado de banano (Afb), mostraron los valores más altos de remoción con 25 mg (2.5 ml) de sulfato de aluminio y 25 mg (50 ml) de almidones, lo que equivale al 50 % de la aplicación de cada una de las sustancias en las mezclas.

**Cuadro 2.** Valores promedio de la remoción de turbiedades con mezclas de sulfato de aluminio y almidones de banano (*Musa AAA*).

Sulfato de Aluminio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , ml	% Remoción de turbiedad obtenidos a partir de mezclas de almidones		
	SA-Anb	SA-Aeb	SA-Afb
0.0	90.8	87.8	65.4
1.5	67.6	64.5	93.3
2.5	93.5	93.05	94.5
3.5	89.8	92.5	95.3
5.0	71.3	68.05	93.2

Los resultados obtenidos en este estudio referentes a la remoción de turbiedad son comparables con los estudios realizados por Solís *et al.*, (2012), ya que utilizó mezclas de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , con almidón de yuca, para clarificación de aguas superficiales, obteniendo una remoción del 98.7 %. Por su parte Laines *et al.*, (2008) utilizó mezclas de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , con almidón de plátano para muestras de lixiviado de un relleno sanitario, en donde la remoción de turbiedad fue del 97.4 %. En esta investigación utilizando mezclas de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  con almidones de banano (*Musa AAA*), se tuvieron remociones promedio de 93.6 %, para muestras de aguas sintéticas con turbiedades de 400 NTU.

## Conclusión

Los resultados obtenidos han demostrado que la aplicación de mezclas coagulantes de almidones de banano con agentes convencionales como el sulfato de aluminio, muestran un potencial de coagulación-floculación para el tratamiento de aguas. El uso de los almidones como agentes coadyuvantes contribuye de manera significativa, ya que permitiría reducir las cantidades de sulfato de aluminio utilizadas en los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de agua, además de ser productos biodegradables que no impactan al medio ambiente.

## Bibliografía

ASTM D2035-08 (2008) *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*, American Society for Testing and Materials, ASTM International, West Conshohocken, USA.

Antov, M.G., Sciban, M.B. y N.J. Petrovic. 2010. Proteins from common bean (*Phaseolus vulgaris*) seed as a natural coagulant for potential application in water turbidity removal. *Bioresource Technology*, 101; 2167 – 2172.

Aparicio M (2003). Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos y modificados de yuca (*Manihot esculenta Crantz*), camote (*Ipomeea batata Lam*) y plátano (*Musa Cavendish*). Tesis doctoral. Instituto Tecnológico de Veracruz. pp. 118-119.

Bratskaya, S., Schwarz, S. y D. Chervonetsky. 2004. Comparative study of humic acids flocculation with chitosan hydrochloride and chitosan glutamate, *Water Research*, 38, 2955 – 2961.

Diamadopoulos, E., Anastasakis, K. y D. Kalderis. 2009. Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater, *Desalination*, 249: 786-791.

Degrémont. *Water Treatment Handbook*. 1991. 6.<sup>a</sup> edición, vol.1, Francia. Folkard G, Sutherland J. y Shaw R. *Water and Clarification Using Moringa Oleifera Seed Coagulant*. <http://www.lboro.ac.uk/well/>

Guo-xiu X, Zhang S, JU B, Yang J. Recent advances in modified starch as flocculant. The proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on functional molecules (2005).

- Laines J.R., Goñi A. y Howard R. (2008). Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. *Interciencia* 33, 22-28.
- Lim S, Seib P. A. (1993). Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. *Cereal Chem* 70(2): 137-144).
- Majzoobi M, Radi M, Farahnaky A, Jamaljan J, Tongdang T. (2009). Physico-chemical properties of phosphoryl chloride cross-linked wheat starch. *Iranian Polymer Journal*, 18 (6), 491-499.
- Mishra A., Yadav A., Agarwal A., Bajpai M. (2004). "Fenugreek mucilage for solid removal from tannery effluent." *Reactive & Functional Polymers* 59, 99-104.
- Sciban, M., Klasnja, M., Antov, M. y B. Skrbic. 2009. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn, *Bioresource Technology*, 100: 6639 – 6643.
- Shogren R. (2009). Flocculation of kaolin by waxy maize starch phosphates. *Carbohydrate Polymers* 76, 639-644.
- Solis R, Laines J, Hernández J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28(3) 229-236.

## **Tema 2.11. Viabilidad de *Bifidobacterium bifidum* en una bebida probiótica a base de plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB).** Carlos Hernández Solórzano, Sayra Lizzett Vargas Villalobos, Ofelia Bautista Viazcan, Araceli Pérez Silva y Ernestina Paz Gamboa. ernestina\_paz@hotmail.com

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue evaluar la viabilidad del probiótico *Bifidobacterium bifidum* en una bebida láctea a base de plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB). Para el desarrollo de las formulaciones se utilizó un diseño factorial  $3^2+3$  adicionales. Utilizándose como factores goma guar y pulpa de plátano macho a 3 diferentes concentraciones 0.9, 0.12 y 0.15% y 20, 23 y 26% respectivamente; el resto para alcanzar el 100% en el batido correspondió a leche ultra pasteurizada con un contenido de grasa de 1.6%. Las formulaciones fueron evaluadas mediante una prueba hedónica utilizando una escala estructurada de 9 puntos desde me disgusta muchísimo hasta me gusta muchísimo. La formulación más aceptada fue adicionada con *Bifidobacterium bifidum* NCFB2715 a 3 concentraciones (0.5, 1.0 y 1.5%), posteriormente se evaluó la viabilidad del probiótico durante 30 días de almacenamiento a 4°C. Como resultados obtenidos se encontró que la formulación más aceptada fue la que contenía 23% de pulpa de plátano macho, 0.12% de goma guar y 76.88% de leche. Los resultados mostraron que durante el almacenamiento la viabilidad de *B. bifidum* estuvieron por 7 ciclos logarítmicos ( $10^{13}$  UFC/mL) encima del parámetro mínimo para ser considerada como una bebida probiótica.

### **Introducción**

El plátano es uno de los principales frutos en regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial. El estado de Oaxaca es el cuarto productor de plátano macho a nivel nacional, siendo el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec en tener una mayor producción de esta fruta con una producción de 25,200 ton (SIAP-SAGARPA, 2011). La importancia de los probióticos es significativa ya que tienen una aplicación a nivel industrial en la elaboración de productos (como leches fermentadas). Una de las alternativas para el aprovechamiento de esta fruta que es de bajo costo comercial y altamente percedera es el desarrollo de alimentos funcionales que más allá de su efecto nutritivo, tiene beneficios en las funciones fisiológicas y/o reducen riesgos de

enfermedades crónicas en el organismo (Sun-Waterhouse, 2011). Uno de estos beneficios es causado por organismos vivos que, al ingerirse en ciertas cantidades, son capaces de mantener un balance en la flora intestinal llamados probióticos (Lee y Salminen, 1995), uno de los principales organismos usados como probióticos son las Bifidobacterias.

## **Materiales y métodos**

El plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB) se utilizó en la etapa de madurez 8 según Happi-Emaga. La cepa probiótica fue *Bifidobacterium bifidum* NCFB2715. La leche que se utilizó fue semidescremada ultra pasteurizada con un contenido de grasa de 1.6%.

### **Diseño de formulaciones**

Se utilizó un diseño factorial con 3 niveles y 2 factores los cuales fueron porcentaje de goma guar (0.9, 0.12 y 0.15%) y porcentaje de pulpa de plátano macho escaldado (20, 23 y 26%), este diseño presentó 9 formulaciones y 3 formulaciones adicionales que fueron aquellas que no contenían goma guar y solo la pulpa, teniendo un total de 12 formulaciones.

### **Elaboración de la bebida probiótica**

La leche se calentó a 73 °C para la adición de goma guar, dejándose enfriar para después adicionar la pulpa escaldada de plátano macho, pasado esto se batió en una licuadora por 2 minutos, una vez batido se envaso y se pasteurizo a 63 °C por 30 minutos. Para la incorporación de *B. bifidum* en sus 3 concentraciones (0.5, 1.0 y 1.5%) agitando manualmente por 10 segundos. Por último se incubaron a 37 °C determinando el pH a intervalos de 20 minutos hasta alcanzar un pH de 4.5.

### **Análisis sensorial**

Los 12 tratamientos fueron evaluados sensorialmente por 30 panelistas en el Instituto Tecnológico de Tuxtepec teniendo como respuesta el nivel promedio de agrado, por medio de una escala hedónica estructurada de 9 puntos donde un extremo fue me gusta muchísimo y en la otra me disgusta muchísimo.

### Evaluación de la viabilidad

Para la cuenta viable se utilizó el medio MRS-NNLC, donde se realizaron diluciones seriadas y se estudiaron las diluciones de la  $10^{-6}$  a  $10^{-11}$ . Se agregaron 15 ml del medio MRS-NNLC por 0.1 ml de las diluciones, cada una se hizo por 2 réplicas con 2 repeticiones y se estudiaron los días 0, 7, 14 y 30 durante el almacenamiento a 4 °C.

### Resultados y discusión

El cuadro 1 muestra el nivel de agrado de las bebidas de plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB) en concentraciones diferentes de pulpa de plátano macho escaldada, goma guar y leche. La concentración de pulpa tuvo un efecto en el nivel de agrado sobre los consumidores; las bebidas más aceptadas fueron aquellas que contenían una concentración de pulpa de 23%, sin embargo la que obtuvo el nivel máximo de agrado fue la bebida 5 que contenía 23% de pulpa y 0.12% de goma guar, esto puede deberse a la textura que aportaba la goma. Estas concentraciones fueron similares a las reportadas por Gamboa *et al.* (2011).

**CUADRO 1.** Nivel de agrado de las bebidas lácteas de plátano macho

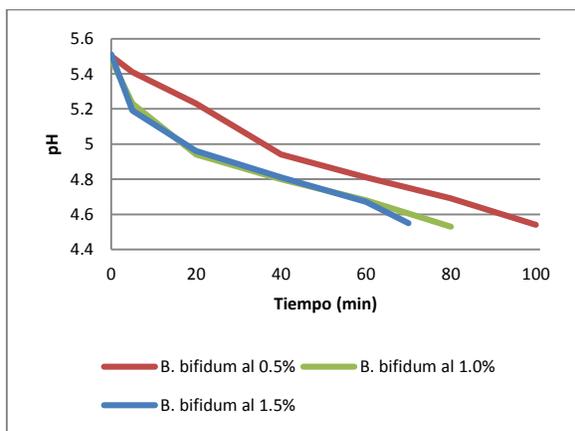
BEBIDAS No.	FORMULACIONES			Nivel de agrado
	% PULPA	% GOMA	% LECHE	
1	20	0.09	79.91	6.2 ± 1.51 <sup>ab</sup>
2	20	0.15	79.85	6.6 ± 1.40 <sup>ab</sup>
3	26	0.09	73.91	6.5 ± 1.52 <sup>ab</sup>
4	26	0.15	73.85	6.9 ± 1.21 <sup>a</sup>
5	23	0.12	76.88	7.0 ± 1.43 <sup>a</sup>
6	20	0	80	5.4 ± 1.92 <sup>b</sup>
7	23	0	77	6.8 ± 1.42 <sup>a</sup>
8	26	0	74	6.5 ± 2.17 <sup>ab</sup>
9	23	0.09	76.91	6.3 ± 1.58 <sup>ab</sup>
10	23	0.15	76.85	6.7 ± 0.98 <sup>ab</sup>

11	20	0.12	79.88	5.9 ± 1.53 <sup>ab</sup>
12	26	0.12	73.88	6.3 ± 1.59 <sup>ab</sup>

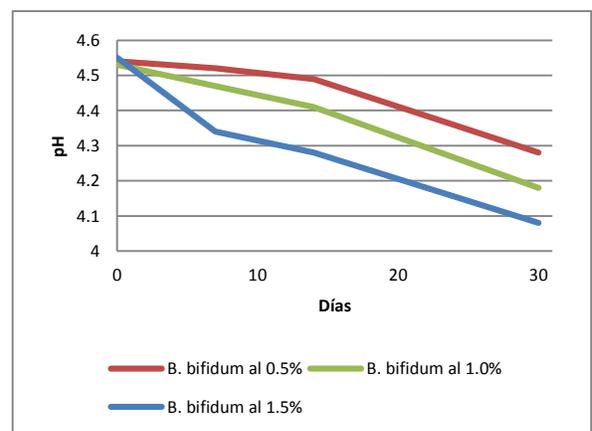
Letras diferente minúscula entre filas indican diferencia significativa p < 0.05

Se muestra diferencia estadística significativa en la bebida B6 respecto a las bebidas B4, B5 y B7, siendo la bebida B6 aquella que contenía las menores proporciones de pulpa de plátano (20%) y goma guar (0.09%) por lo que los consumidores la describían como un sabor “simple”.

### Estudio del pH de las bebidas durante la fermentación y el almacenamiento



**Figura 1.** Evolución del pH de las bebidas durante la fermentación.

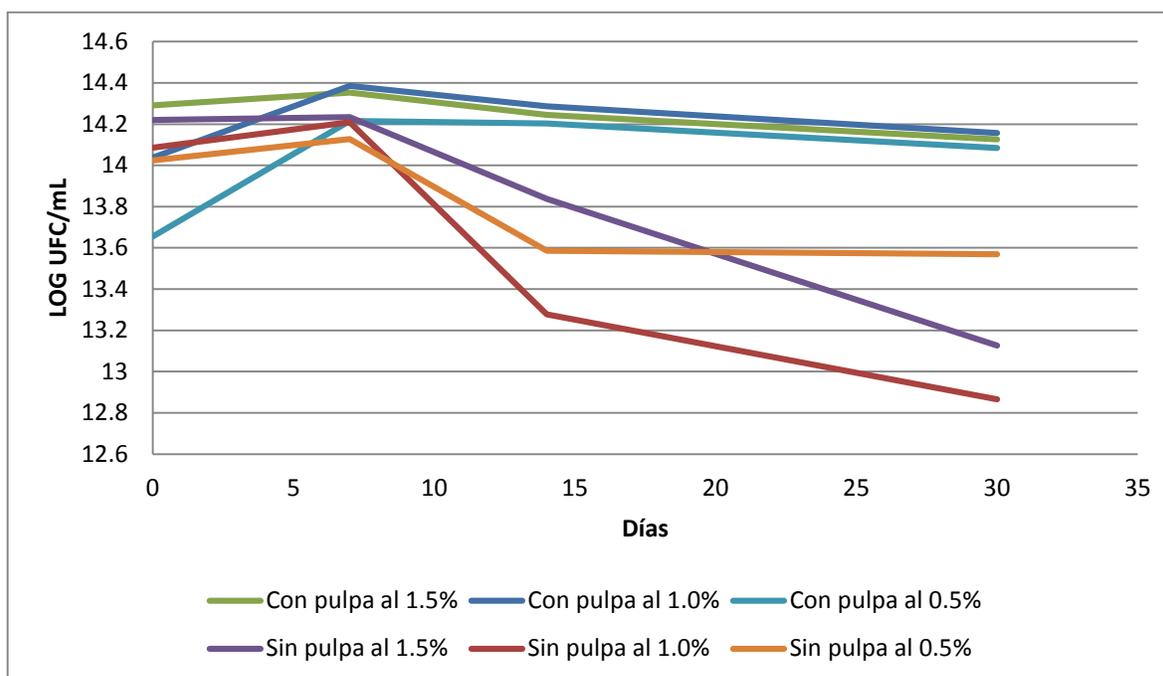


**Figura 2.** Evolución del pH de la bebida durante el almacenamiento.

En la figura 1, se puede observar que las bebidas que contenían mayor concentración de probiótico (*B. bifidum*) llegaban en menor tiempo al pH de 4.5, así la bebida que contenía 1.5% del probiótico llegó al pH de 4.5 en un tiempo de 70 minutos, la que contenía 1.0% llegó en 85 minutos y la de 1.5% en 100 minutos esto debido a que mientras más cantidad de células bacterianas mayor será el consumo de sustratos (azúcares), por lo tanto fue mayor la producción de ácido láctico en menor tiempo. La figura 2 muestra los valores del pH de las bebidas de plátano macho durante el almacenamiento a 4°C durante 30 días, se puede observar que la bebida que contenía mayor concentración (1.5%) su pH bajo a 4.08 mientras que las bebidas que contenían 1.0 y 0.5% de concentración de *B. bifidum* obtuvieron un pH final de 4.18 y 4.28 respectivamente, esto se puede deber a la ocurrencia de pos-

acidificación durante el almacenamiento, un fenómeno normalmente encontrado en los productos lácteos fermentados según lo reportado por Itara-Rodriguez (2007) y por Castro *et al.*, (2013).

### Estudio de la viabilidad



**Figura 3.** Relación comparativa del recuento de *B. bifidum* presentes en la bebida probiótica con tres concentraciones, con y sin pulpa de plátano macho, durante el almacenamiento.

En la figura 3 se muestra la viabilidad de las bebidas probióticas con y sin pulpa a diferentes concentraciones de *B. bifidum* (0.5, 1.0 y 1.5%) durante el almacenamiento en 30 días a 4°C. Se puede observar un incremento exponencial en todas las bebidas hasta el día 7 llegando a 14 LOG<sub>10</sub> UFC/mL, *B. bifidum* presenta una tendencia a disminuir en relación a la variable de tiempo de almacenamiento esto puede deberse a que *B. bifidum* no es tolerante a pH bajos (Masco *et al.*, en el 2007), sin embargo las bebidas que contenían pulpa de plátano macho mantuvo los niveles de viabilidad y las bebidas que no contenían presentaron una disminución considerable de 2 ciclos logarítmicos. Esto puede deberse a que la pulpa de plátano macho contiene nutrientes aprovechados por las bifidobacterias como alimento durante el almacenamiento principalmente la glucosa y fructooligosacáridos

(Sabater-Molina, 2008), este comportamiento también fue reportado por León-Marrou (2011). Todas las bebidas estuvieron por encima del nivel mínimo ( $10^6$  UFC/mL) requerido para ser considerado una bebida probiótica.

## Conclusiones

La adición del 23% de pulpa de plátano macho con 0.12% de Goma guar en el batido de plátano fue la formulación más aceptada sensorialmente. La bebida láctea probiótica elaborada a base de pulpa de plátano macho escaldada mantuvo la viabilidad del probiótico durante el almacenamiento.

La adición de pulpa de plátano macho en la bebida mantuvo los niveles de *B. bifidum* dentro de los valores superiores de  $10^6$  UFC/mL para ser considerada una bebida probiótica. Durante el almacenamiento los recuentos de *B. bifidum* obtenidos en la bebida de plátano macho estuvieron por 7 ciclos logarítmicos ( $10^{13}$  UFC/mL) encima del parámetro mínimo.

## Bibliografía

Castro, W.C, Cruz, A.G., Bisinotto, M.S., Guerrero, L.M.R., Faria, J.A.F., Bolini, H.M.A. Cunha, R.L. and Deliza, R. 2013. Development of probiotic dairy beverages: Rheological properties and application of mathematical models in sensory evaluation. *Journal Dairy Science*.96:16-25.

Gamboa-White, M., Viquez-Rodríguez, F., y Cubero-Castillo, E. 2011. Utilización del método de superficie de respuesta para formular una base de banano (Musa AAA) para batidos. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1): 081-094.

- Itara Rodríguez, L.O., 2007. Elaboración de una bebida fermentada a partir de un suero ácido y leche. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico.
- Lee, Y. J. y S. Salminen. 1995. The coming age of probiotic. Trends in Food Science and Technology. 6:241-245.
- León-Marroú, M.E. 2011. Efecto bifidogénico de jalea de *Lepidium meyenii* Walp. “maca” en el recuento de *Bifidobacterium bifidum* en yogurt probiótico. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2 (1): 094-107.
- Masco, L., Crockaert, C., Van Hoorde, K., Swings, J. and Huys, G. 2007. In vitro assessment of the in gastrointestinal transit tolerance of taxonomic reference strains from human origin and probiotic product isolates of *Bifidobacterium*. Journal Dairy Science. 90:3572-3578.
- Sabater-Molina M. 2008. Efectos de las poliaminas y los fructooligosacáridos de la dieta sobre la maduración intestinal en cerdos destetados precozmente. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. pp. 40-63.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera -Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. (SIAP-SAGARPA). [www.siap.gob.mx/](http://www.siap.gob.mx/). Consultado el día 13 de enero del 2013.
- Sun-Whaterhause D. 2011. The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market. International Journal of Food Science and Technology. 46:889-920.

## **Tema 2.12. Efecto de la modificación química dual del almidón de plátano sobre las propiedades térmicas y estructurales.** Andrés Aguirre Cruz, Roselis Carmona García, Alejandro Aparicio Saguilán, Mario Valera Zaragoza Delia Esther Paramo Calderón. roselcar@ittux.edu.mx

### **Resumen**

El almidón nativo (AN) de plátano fue modificado por entrecruzamiento-carboximetilación y se evaluó su efecto en las propiedades térmicas y estructurales del almidón modificado. El almidón entrecruzado carboximetilado (AMEC) presentó un grado de sustitución de grupos carboximetilos de 0.168%. El contenido de humedad y cenizas para el AMEC fue significativamente mayor (17.69% y 43.82%, respectivamente) comparado con el observado para el AN (8.42% y 0.09%, respectivamente), debido a la introducción de grupos carboximetilos ( $\text{CH}_2\text{COONa}$ ) que incrementan el carácter hidrofílico del almidón y al gran contenido de sales de sodio. El AN mostró un espectro de absorción de IR característico. Por otro lado en el espectro de absorción de IR del AMEC se observó una nueva señal a los  $1426\text{ cm}^{-1}$ , que corresponde a la presencia de grupos carboximetilos. La modificación fue corroborada por  $^{13}\text{CRMN}$ , los espectros presentaron picos a 100.7 ppm (entrecruzamientos) y 176.77 ppm (carboximetilación). El AN presentó un patrón de difracción tipo A, mientras que el AMEC presentó disminución en su cristalinidad, esto provocado principalmente por la introducción de grupos pendants voluminosos ( $\text{CH}_2\text{COONa}$ ). Las propiedades del AN fueron también afectadas con la modificación química, observándose un aumento en la  $T_p$  y valor de la  $\Delta H$ .

### **Introducción**

El almidón constituye una de las más importantes acumulaciones de materia seca en los sistemas de las plantas después de la celulosa y la quitina [1]. Se encuentra formado por una mezcla de dos homopolisacáridos de diferente estructura, la amilosa (polisacárido lineal) y amilopectina (polisacárido ramificado). Este biopolímero es comúnmente aislado de cereales (arroz, trigo o maíz), tubérculos (papa o camote) y leguminosas (frijol o chicharos) [2]. Sin embargo en México la producción de cereales no es suficiente, ya que es utilizado para alimentación animal y uso industrial, por esta razón estos granos tiene que ser importados para satisfacer la demanda en el país. Por lo que ha sido necesario buscar fuentes alternativas o no convencionales que sirvan como materia prima para el aislamiento del almidón. En

nuestra región (Tuxtepec, Oax.) el plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) representa una fuente con potencial para el aislamiento del almidón ya que en estado verde o inmaduro contiene aproximadamente 70% de almidón. Dentro de los métodos empleados para la modificación química de los almidones se han propuesto modificaciones químicas duales, las cuales, son combinaciones de sustituciones y entrecruzamientos, en donde ya se ha demostrado que proveen de estabilidad al almidón contra condiciones ácidas, degradación térmica, mejoran las propiedades mecánicas y retrasan el proceso de retrogradación durante el almacenamiento [3]. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la modificación química dual (entrecruzamiento y carboximetilación) del almidón de plátano con epíclorhidrina y cloroacetato de sodio en reacción continua, caracterizando químicamente el material obtenido y evaluando sus propiedades térmicas y estructurales.

## **Materiales y métodos**

El almidón nativo fue aislado a nivel planta piloto por el método propuesto por Flores-Gorosquera *et al.*, [4], con algunas modificaciones.

### **Entrecruzamiento del almidón con epíclorhidrina**

La modificación química dual se llevó a cabo por el método propuesto reportado por Wang *et al.*, [5].

### **Grado de sustitución (GS) del almidón entrecruzado-carboximetilado**

El grado de sustitución de grupos carboximetilos fueron evaluados por el método propuesto por Wang *et al.*, [5].

### **Composición química del almidón nativo y modificado**

El análisis químico proximal se realizó para determinar si la modificación provocaba algún cambio en de su composición original. La humedad se determinó por el método 14.004, proteína por el 2-057 y lípidos 7.056 de la AOAC, (1980). La determinación de cenizas se realizó por el método 32.10 de la AACC, (2000).

### **Análisis térmico mediante calorimetría diferencial de barrido (CDB)**

Las propiedades térmicas del AN y AMEC fueron estudiadas usando un calorímetro diferencial de barrido modelo 2010 (TA Instruments, Inc. New Castle, USA). Los datos fueron obtenidos directamente del análisis del software TA Instruments OS/2 versión 2.1.

### **Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)**

El análisis se realizó en un espectrómetro DYNASCAN modelo Spectrum 100, Perkin Elmer y utilizando un interferómetro de reflectancia total atenuada (ATR).

### **Difracción de rayos X (DRX)**

Las muestras de AN y AMEC fueron almacenados a una humedad relativa del 80% y posteriormente fueron analizados en un Difractómetro de Rayos X, modelo *D8 ADVANCE*, serie H-X-L4-102, con un generador de radiación de Cu-K $\alpha$  con filtro de Ni y rejilla de 2 mm, se corrieron en  $2\theta$  de 5 a 40° con una velocidad de barrido de 60 °/s y con una intensidad de 30 mA y un voltaje de 40 kV.

### **Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (<sup>13</sup>C-RMN)**

El análisis de resonancia magnética nuclear fue realizado en un equipo de RMN, modelo MR-400 MHz, serie 0191666413. Para realizar el análisis se pesaron 150 mg de muestra previamente tratada, con un pH 7 y se disolvieron en 1 mL de Dimetilsulfoxido deuterado (Dimetilsulfoxido-d6).

## **Resultados y discusiones**

### **Grado de sustitución (GS)**

El grado de sustitución de grupos carboxilos en el almidón AMEC fue de 0.168. Este valor es más alto para este tipo de modificación en almidón de plátano, comparado al reportado por Carmona-García et al., [6], quienes reportaron valores de 0.085 de

GS en almidón de plátano modificado dualmente. En este mismo sentido Wang *et al.*, [5], reportaron valores de GS que van del 0.43 al 0.59, al modificar dualmente almidón de maíz, entrecruzado con EPI y  $\text{ClCH}_2\text{COOHNa}$ , lo cual, demuestra el efecto tiene la fuente botánica en el proceso de modificación.

### Análisis químico

Los resultados del análisis químico se presentan en el cuadro 1. El AN presentó un contenido de humedad de 8.42%, mientras que el AMEC presentó un contenido de humedad superior al control con un valor de 17.69%, este aumento en el contenido de humedad se debe a la introducción de los grupos carboximetilos ( $\text{CH}_2\text{COONa}$ ) en la cadena del biopolímero, lo cual, genera desorganización en su estructura y facilita la incorporación de agua. El contenido de cenizas para AN fue del 0.09%, mientras que el AMEC presentó un contenido de cenizas mucho mayor que el almidón nativo con un valor de 43.82%. Este incremento se debe principalmente a la formación de complejos formados entre el almidón y las sales ( $\text{NaCl}$ ) que se forman durante la carboximetilación y la formación de di almidones glicerolés durante el entrecruzamiento.

**Cuadro 1.** Composición química (%) del almidón nativo y modificado químicamente. <sup>a</sup>

Almidón	Humedad	Cenizas <sup>b</sup>	Proteínas <sup>bc</sup>	Lípidos <sup>b</sup>
AN	8.42 ± 0.14	0.09 ± 0.00	0.90 ± 0.25	2.62 ± 0.28
AMEC	17.69 ± 0.60	43.82 ± 2.32	0.78 ± 0.23	1.42 ± 0.35

<sup>a</sup> Media de tres repeticiones ± error estándar

<sup>b</sup> Base seca

<sup>c</sup>  $\times 5.85$

AN = Almidón Nativo

AMEC = Almidón modificado entrecruzado-carboximetilado.

El contenido de proteínas en el almidón modificado fue de 0.78%, el cual es menor comparado con su contraparte nativa, quien presentó 0.90% de proteínas. Esto se debe al efecto que tiene la modificación, debido a que durante el proceso de reacción se rompen algunos enlaces entre las proteínas. Un comportamiento similar se observó en la determinación de lípidos, ya que el almidón modificado presentó un contenido de lípidos de 1.42%.

## Análisis térmico mediante calorimetría diferencial de barrido (CDB)

La temperatura de pico ( $T_p$ ) del AN (75.94 °C) fue más baja que la del AMEC (98.50 °C). Espinoza-Solís et al., [7], reportaron una  $T_p$  para almidón aislado de plátano de 75.10 °C la cual, es similar a la observada en AN de esta investigación (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Valores de temperatura y entalpia de gelatinización, para AN y AMEC.<sup>1</sup>

Almidón	$T_o$ (°C)	$T_p$ (°C)	$T_c$ (°C)	$\Delta H$ (J/g)
AN	71.47 ± 0.21a	75.94 ± 0.19 <sup>a</sup>	89.01 ± 0.8a	14.22 ± 0.29a
AMEC	88.86 ± 0.23b	98.50 ± 0.28b	109.14 ± 0.20b	18.61 ± 0.50b

<sup>1</sup>Promedio de tres repeticiones ± error estándar

$T_o$ : Temperatura inicial

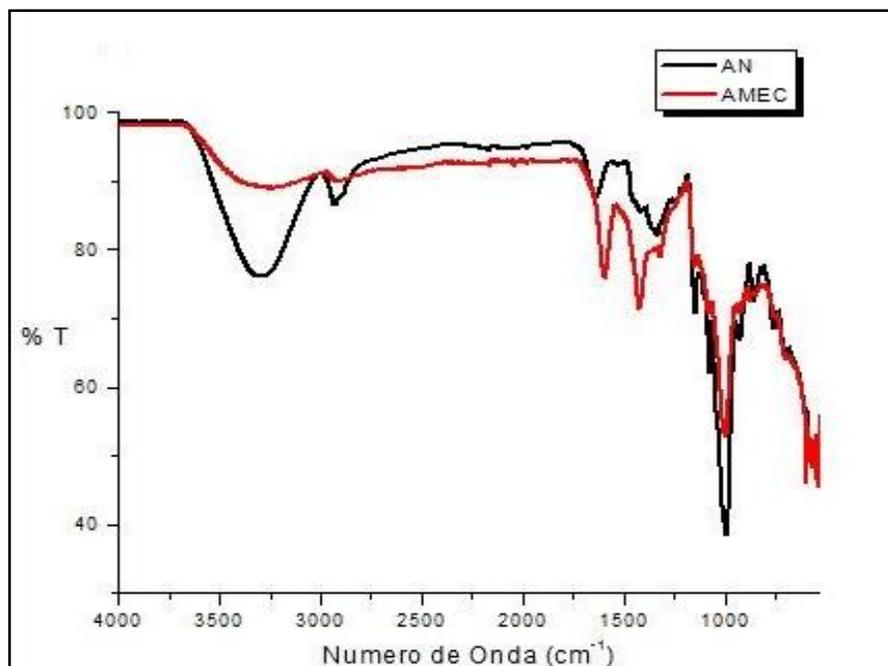
$T_p$ : Temperatura de pico

$T_c$ : Temperatura final

Dado que la  $T_p$  para el AMEC fue más alta en comparación con la del AN, el resultado puede ser atribuido a complejos de las sales de sodio, lo cual, provocando con esto la desorganización del material a una temperatura mayor. Este hecho fue confirmado con el valor de la entalpia de transición (Cuadro 2), debido a que la entalpía del AN presentó valores más bajos (14.22 J/g) comparados con el AMEC (18.61 J/g).

## Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)

Los espectros de absorción del almidón nativo (AN) y almidón modificado (AMEC) se presentan en la Figura 1. El AN presentó una banda entre 3600-3000  $\text{cm}^{-1}$  que corresponde a las vibraciones de los grupos hidroxilos (OH-), característica particular para los almidones [8]. El agua absorbida por el almidón se muestra en el espectro con una banda media característica de esta a 1640  $\text{cm}^{-1}$ [9].



**Figura 1.** Espectros de FTIR del almidón nativo (AN) y modificado (AMEC).

El AMEC mostró dos picos en  $1600\text{ cm}^{-1}$  y  $1426\text{ cm}^{-1}$ , los cuales prueban la formación de grupos carboximetilos, debido a que estas bandas son características para este tipo de grupos funcionales. Haciendo una comparación de los espectros, se observó también una disminución de las bandas en  $3600\text{-}3100\text{ cm}^{-1}$  y  $1650\text{ cm}^{-1}$  que corresponden a vibraciones generadas por el estiramiento y flexión de los grupos OH, esta disminución es indicativa de la formación de los grupos carboximetilos que sustituyen a los grupos OH del almidón [10]. El mismo comportamiento se observó (disminución de la intensidad del pico) en la señal de  $1018\text{ cm}^{-1}$  asociada con el estiramiento del enlace C-O-C en el anillo glucopiranososa y estiramiento del enlace C-OH.

### **Espectroscopía de resonancia magnética nuclear ( $^{13}\text{C}$ -RMN)**

El espectro de RMN para el almidón modificado (AMEC) se presenta en la Figura 2. A diferencia del AMEC, el AN presentó seis señales importantes en  $100.3\text{ ppm}$  para C-1,  $78.97\text{ ppm}$  para C-4,  $73.47\text{ ppm}$  para C-3,  $72.18\text{ ppm}$  para C-2,  $71.83\text{ ppm}$  para C-5 y por ultimo  $60.69\text{ ppm}$  para C-6, todas ellas correspondientes a la unidad

glucopiranososa. De acuerdo a la literatura se reportan señales en 78.97 y en 70.27 ppm correspondiente al C-4 involucrado en el enlace  $\alpha(1-4)$  y al C-4 de las unidades terminales no reductoras respectivamente [11].

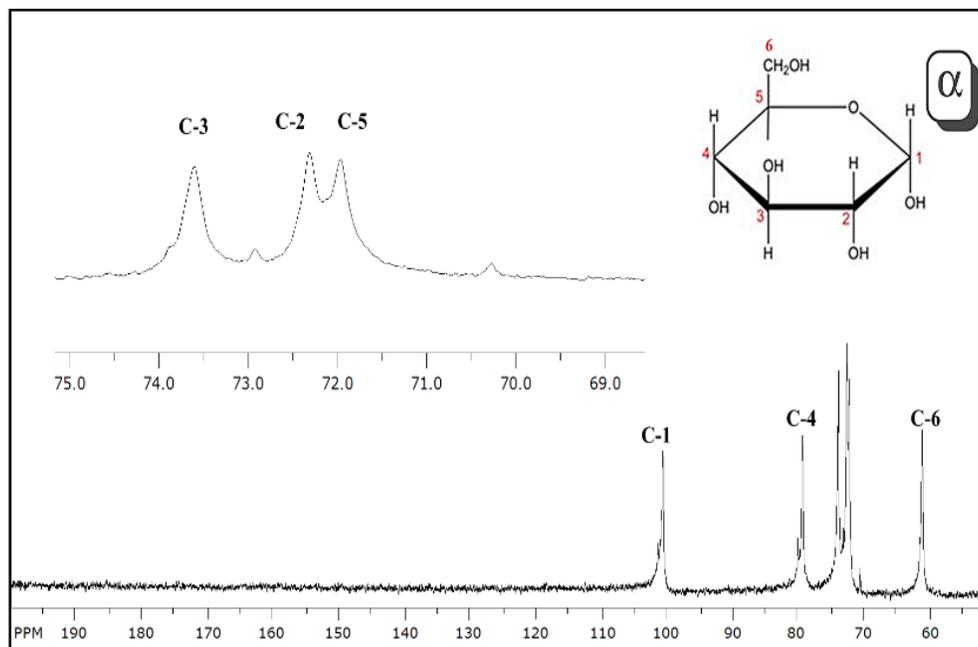


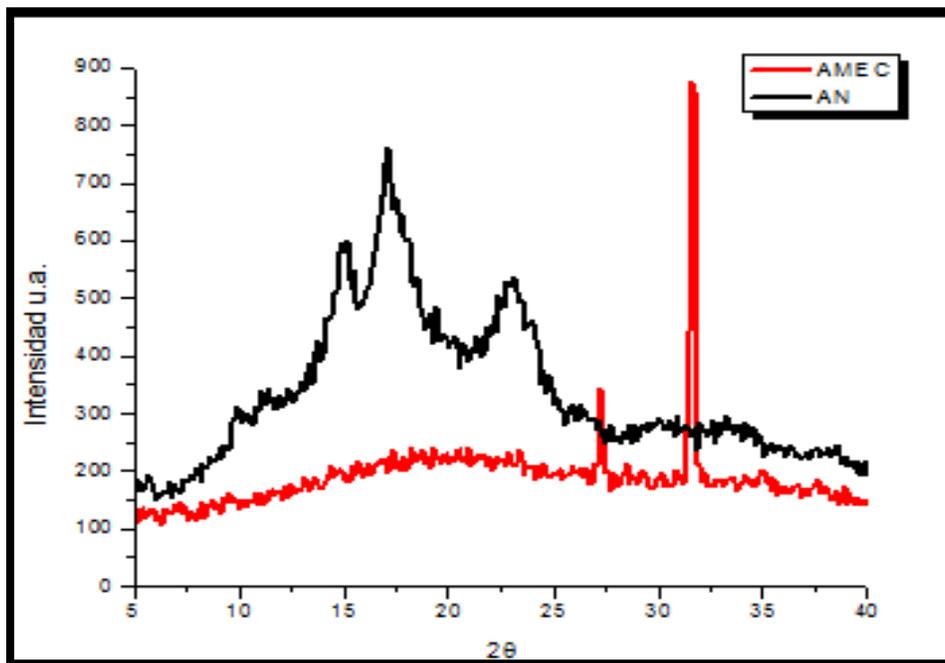
Figura 2. Espectro de  $^{13}\text{C}$ -RMN del almidón modificado (AMEC).

### Difracción de rayos X (DRX)

Los patrones de difracción de rayos X del AN y AMEC se presentan en la Figura 3. El AN presenta un patrón de difracción tipo "A" con picos característicos en  $2\theta$  igual a  $15^\circ$ ,  $17^\circ$  y  $23.2^\circ$  y un porcentaje de cristalinidad del 27%. Un patrón de tipo "A" es atribuido a los almidones que contienen amilopectina con alta proporción de cadenas cortas. Recientemente, Espinosa-Solís *et al.*, (2011), reportó un patrón de difracción de tipo "A" para almidones de plátano de la misma variedad (*Musa paradisiaca* L.).

El AMEC presentó un porcentaje de cristalinidad del 7%, lo que representa una disminución de la cristalinidad y pérdida de los picos característicos para ese tipo de patrón (tipo A). Comparado con el almidón nativo, la pérdida de cristalinidad es

debida al efecto de la modificación química (entrecruzamiento y carboximetilación), la cual provocó una desorganización parcial de los gránulos de almidón.



**Figura 3.** Patrones de difracción de rayos X del almidón nativo (AN) y el almidón modificado (AMEC).

## Conclusión

La modificación química de almidón de plátano por modificación dual continúa de entrecruzamiento-carboximetilación fue exitosa. Los resultados obtenidos en DSC, FTIR, DRX y RMN mostraron picos y señales características respectivamente de los grupos carboximetilos introducidos durante la modificación química dual. El almidón modificado mostró pérdida de cristalinidad, provocada por una destrucción parcial de los gránulos de almidón. El comportamiento térmico mostró un incremento en la temperatura de descomposición y menor degradación del AMEC comparada con el AN, debido a dos factores, el entrecruzamiento y la formación de sales generadas en la carboximetilación, estos resultados permitirán sugerir posibles aplicaciones para este tipo de material obtenido, debido a las características específicas que presentan.

## Bibliografía

- Carmona-García, R., Aguirre-Cruz, A., Yee-Madeira, H. and Bello-Pérez- L. A. Dual modification of banana: Partialcharacterization. *Starch/Stärke*. (2009). 61(11) 656-664.
- Delval, F., Crini, C., Bertini, S., Morin-Crini, N., Badot, P. M. Vebrel, J. and Torri, G. Characterization of crosslinked starch material with spectroscopic techniques. *Journal of Applied Polymer Science*. (2004). 93(6) 2650-2663.
- Espinosa-Solis, V., Jay-lin J. y Luis A. Bello-Perez, L. A. Physicochemical characteristics of starches from unripe fruits of mango and banana. *Starch/Stärke* (2009). 61(5), 291–299.
- Espinosa-Solis, V., Sanchez-Ambriz, S. L. Hamaker R. B. and Bello Pérez, L. A. Fine structural characteristics related to digestion properties of acid-treated fruit starches. *Starch/ Stärke*. (2011). 61(11) 717–727.
- Fang, J. M., P. A. Fowler, J. Tomkinson, and C. A. S. Hill. The preparation and characterization of a series of chemically modified potato starches. *Carbohydrate. Polymers*. (2002). 47(3) 245-252.
- Flores-Gorosquera, E., García-Suárez, F. J., Flores-Huicochea, E., Nuñez-Santiago, M. C., González-Soto, R. A. and Bello-Pérez, L. A. *Acta Científica Venezolana*. (2004). 55(1) 86-90.
- Guerra-DellaValle, D., Sanchez-Rivera, M. M., Zamudio-Flores, P. B., Mendez-Montevalvo, G., and Bello-Pérez, L. A. Effect of chemical modification type on physicochemical and rheological characteristics of banana starch. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. (2009). 8(2) 197-203.

- Jobling, S. Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology*. (2004). 7(2)210-218.
- Kacurakova M. and Wilson R. Developments in mid-infrared FT-IR spectroscopy of selected carbohydrates. *Carbohydrate Polymers*. (2001). 44(4) 291–303.
- Singh, J., Kaur, L., and McCarthy O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-review. *Food Hydrocolloids*. (2007). 21(1) 1-22.
- Tharanathan, R. N. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. (2005). 45(5) 371-384.
- Wang, T., Song, Y., Li, B. and Zhou, X. Chelating–Ultrafiltration Treatment of Some Heavy Metal Ions in Aqueous Solutions by Crosslinking Carboxymethyl Modified Cornstarch. *Water, Air and Soil Pollution*. (2011). 223(2) 679-686.

## **Tema 2.13. Calidad de cocción y evaluación sensorial de pastas adicionadas con diferentes leguminosas. Sergio Hernández Martínez, Victoria Aparicio González, Edith Rodríguez Neri, Raquel García Barrientos, Rocío Guadalupe Hernández Nava y María de la Luz Sánchez Mundo**

### **Resumen**

Las pastas ofrecen la ventaja de ser adicionadas con otros ingredientes para aumentar su valor nutrimental, mientras que las leguminosas son una fuente rica en proteínas a bajo costo, por lo que en este estudio se evaluó la adición de leguminosas como son frijol, haba y lenteja en diferentes concentraciones para aumentar el valor nutritivo de las pastas, sin embargo es primordial que un alimento aparte de ser nutritivo sea atractivo para el consumo, por lo que en este trabajo se evaluó la calidad de cocción y aceptación de los consumidores potenciales de estas pastas, observándose que la adición de leguminosas en algunos casos mejoro la calidad sensorial de las pastas.

### **Introducción**

La pasta alimenticia es un producto de consumo masivo, considerado además un alimento funcional por su bajo aporte de grasa y sodio y baja respuesta glicémica (Jenkins *et al.*, 1987).

El trigo es el cereal más adecuado para la elaboración de la pasta, sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como los lípidos, para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (gluten), que contribuyen al desarrollo de la masa y previenen la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente. De acuerdo a Antognelli (1980), la pasta de trigo es un alimento nutricionalmente no balanceado, debido a su escaso contenido de grasa y fibra dietética, y al bajo valor biológico de su proteína, originado por las deficiencias de lisina. Cuando se consume enriquecida con huevo o en combinación con carne, se incrementa su valor nutricional, pero también su costo. Sin embargo, se podría incrementar el valor nutricional de este alimento al mezclar la sémola de trigo con leguminosas como *Vigna sinensis*, comúnmente conocida como frijol, *Lens culinaris*, como lentejas y *Vicia faba*, como habas que son ricas en lisina. Los frijoles, las

habas y las lentejas al igual que otras leguminosas, son una excelente fuente de proteínas (20-40%), carbohidratos (50-60%) y otros nutrientes como tiamina, niacina, Ca y Fe. Así mismo, sus proteínas son ricas en ácidos glutámico y aspártico, y lisina. La metionina es el principal aminoácido limitante en las proteínas del frijol. El consumo de cereales y leguminosas en un solo alimento aumenta la calidad de la proteína consumida gracias a la complementación aminoacídica que se produce. Los cereales representan una importante fuente de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) y sus niveles son adecuados para compensar los bajos valores existentes en las leguminosas. Esta complementación no solo ocurre a nivel de proteína, sino también de vitaminas y minerales. En trabajos previos, se sustituyó la sémola de trigo hasta en un 30% por harina de germen desgrasado de maíz, auyama fresca y clara de huevo deshidratada, logrando incrementar en 4 veces el contenido de lisina, 3 veces el de fibra insoluble y 2 el de fibra soluble. Asimismo, el contenido de todos los minerales estudiados, (Ca, Fe, K, P, Zn, Mg, Cu) se incrementó de forma significativa. Adicionalmente, mezclas de cereales y leguminosas son empleadas en la formulación de alimentos infantiles (Bressani, 1983, Jirapa *et al.*, 2003) y en la producción de “snacks”.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de las materias primas**

Las diferentes leguminosas fueron adquiridas en el mercado local del Municipio de Las Choapas, Veracruz. La harina de sémola fue adquirida en la central de abastos de la Ciudad de México.

### **Proceso de elaboración de las harinas**

Las semillas de las diferentes leguminosas fueron seleccionadas eliminando las deterioradas y material extraño, luego se realizó un lavado para eliminar las impurezas. Posteriormente en una olla de presión se colocó 1 kg de lenteja en 4 L de

agua y que se hirvieron durante 30 minutos a 15 psi. Se empleó la misma técnica con los frijoles y habas.

Después del hervor las semillas se colocaron en un deshidratador durante 3 días a una temperatura de 45°C. Posteriormente se realizó la molienda de las semillas hervidas y deshidratadas hasta hacerlas harinas, después se llevó a cabo un tamizado en una malla #40 para obtener un tamaño de partícula homogéneo.

### **Proceso para la obtención de las diferentes concentraciones de leguminosas en las pastas**

Los espaguetis control se realizaron con 100% sémola y para las diferentes combinaciones, se sustituyó con 10, 20 y 30% de cada leguminosa.

### **Proceso para la elaboración de las pastas**

Los espaguetis se elaboraron en una maquina casera, donde se realizó el moldeado manual, cortado de la masa, corte en forma de cinta y corte final respectivamente. Después de la elaboración de los espaguetis se dejaron secar en una estufa durante 4 horas a 45°C. Después de secar los diferentes espaguetis se colocaron en bolsas de polipropileno hasta su uso.

### **Diámetros de los espaguetis**

Los diámetros de los espaguetis se determinaron en el laboratorio de usos múltiples del Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas siguiendo las técnicas propuestas por Patil y colaboradores en el 2007.

### **Índice de adsorción de agua**

Se hirvió 250 ml de agua y cuando está llegó al punto de ebullición se agregaron 12.5g de muestra de espagueti cortada en piezas de 5 cm de largo y se dejó cocinando durante 12 minutos en movimiento constante, al transcurrir los 12 minutos

se escurrieron los espaguetis, se enjuagaron en 70 ml de agua y se volvieron a escurrir durante 1 minuto, empleando el mismo procedimiento para todas las muestras Posteriormente se realizaron los cálculos.

### **Capacidad de retención de agua**

Para la determinación de la capacidad de retención de agua se utilizó la técnica propuesta por García 2003., en el cual se adicionaron 10 ml de agua destilada y un gramo de espagueti en un recipiente para posteriormente centrifugarlo a 3000 rpm durante 30 minutos, al final se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 ml.

### **Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de usos múltiples del Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, esta fue realizada por 30 jueces no entrenados, los cuales fueron vendados de los ojos para evitar controversias en sus decisiones respecto al color de las muestras, se utilizó una escala hedónica verbal de 5 puntos.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en las determinaciones, se utilizó un análisis de varianza de una vía, con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , cuando se encontraron diferencias significativas entre las muestras se utilizó el procedimiento de comparación múltiple de Tukey.

## **Resultados y discusión**

### **Diámetro**

Los espaguetis presentaron un diámetro, en un intervalo de 1.22 y 1.93 como se muestra en el cuadro 1, disminuyendo significativamente con la adición de las harinas de leguminosas en las diferentes concentraciones, siendo menos afectados los espaguetis adicionados con harina de frijol en sus diferentes concentraciones. La disminución en el diámetro de los espaguetis pudiera estar relacionada al efecto de adición de las diferentes leguminosas.

**Cuadro 1.** Diámetro de los espaguetis adicionados con diferentes concentraciones de leguminosas.

Tipo de espagueti	Diámetro (mm)
Control	1.93 ± 0.18 <sup>a</sup>
Haba 10%	1.66 ± 0.28 <sup>b,c</sup>
Haba 20%	1.43 ± 0.31 <sup>c,d</sup>
Haba 30%	1.22 ± 0.28 <sup>d</sup>
Frijol 10%	1.82 ± 0.20 <sup>a,b</sup>
Frijol 20%	1.84 ± 0.21 <sup>a,b</sup>
Frijol 30%	1.78 ± 0.26 <sup>a,b</sup>
Lenteja 10%	1.93 ± 0.08 <sup>a</sup>
Lenteja 20%	1.70 ± 0.31 <sup>a,b</sup>
Lenteja 30%	1.29 ± 0.19 <sup>d</sup>

\*Media de 20 repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

### Retención y absorción de agua

En el cuadro 2 se observa que los espaguetis que presentaron menor retención y absorción de agua fueron el espagueti control, mientras que los que presentaron mayor retención y absorción de agua fueron los adicionados con mayores concentraciones de lenteja y haba. Los espaguetis analizados captaron agua aproximadamente hasta un 200% de su peso cuando estos fueron cocinados, un comportamiento similar fue mostrado en espaguetis adicionados con harinas de salvado de trigo durum, amaranto o lupino (Rayas-Duarte *et al.*, 1996).

**Cuadro 2.** Retención y absorción de agua de los espaguetis adicionados con diferentes concentraciones de leguminosas.

Tipo de espagueti	Retención de agua (ml)	Absorción de agua (g)
Control	2.03±0.06 <sup>d</sup>	36.59±0.52 <sup>e</sup>
Haba 10%	2.23±0.58 <sup>c,d</sup>	41.98±0.40 <sup>d</sup>
Haba 20%	2.50±0.10 <sup>a,b</sup>	43.60±0.42 <sup>b,c,d</sup>
Haba 30%	2.60±0.10 <sup>a,b</sup>	44.96±0.09 <sup>b,c</sup>
Frijol 10%	2.20±0.10 <sup>c,d</sup>	42.06±0.64 <sup>d</sup>
Frijol 20%	2.23±0.06 <sup>c,d</sup>	43.13±2.50 <sup>b,c,d</sup>
Frijol 30%	2.57±0.58 <sup>a,b</sup>	48.13±0.55 <sup>a</sup>
Lenteja 10%	2.70±0.10 <sup>a</sup>	42.50±0.50 <sup>c,d</sup>
Lenteja 20%	2.63±0.06 <sup>a,b</sup>	44.19±0.84 <sup>b,c,d</sup>
Lenteja 30%	2.43±0.12 <sup>b,c</sup>	45.57±0.53 <sup>a,b</sup>

\*Media de 3 repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

### Evaluación sensorial

Como se observa en el cuadro 3, el espagueti que más agradó a los jueces fue el espagueti control y el adicionado con 30% de haba, entre las muestras del 10% y 20% no hubo diferencia estadísticamente significativa.

**Cuadro 3.** Aceptación total de los espaguetis adicionados con diferentes concentraciones de haba.

Tipo de espagueti	Aceptación total
Control	0.87±0.82 <sup>a</sup>
Haba 10%	0.07±0.98 <sup>b</sup>
Haba 20%	0.44±1.11 <sup>a,b</sup>
Haba 30%	0.70±0.88 <sup>a</sup>

\*Media de 30 repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

En la evaluación sensorial realizada en los espaguetis adicionados con frijol (tabla 4) se observa que las pastas que más agradaron a los jueces fueron las adicionadas de 30 %, 10 % de frijol y la muestra control.

**Cuadro 4.** Aceptación total de los espaguetis adicionados con diferentes concentraciones de frijol.

Tipo de espagueti	Aceptación total
Control	0.57±1.07 <sup>a,b</sup>
Frijol 10%	0.60±1.04 <sup>a,b</sup>
Frijol 20%	0.33±1.12 <sup>b</sup>
Frijol 30%	1.13±1.01 <sup>a</sup>

\*Media de 30 repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

Los espaguetis adicionados con lenteja no mostraron diferencias significativas entre los diferentes niveles de adición y el espagueti control, como se aprecia en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Aceptación total de los espaguetis adicionados con diferentes concentraciones de lenteja.

Tipo de espagueti	Aceptación total
Control	0.50±1.07 <sup>a</sup>
Lenteja 10%	1.07±1.23 <sup>a</sup>
Lenteja 20%	0.97±0.85 <sup>a</sup>
Lenteja 30%	0.87±0.78 <sup>a</sup>

\*Media de 30 repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

## Conclusión

La adición de leguminosas en los espaguetis se hizo principalmente para mejorar las características nutricionales de las pastas sin embargo, en éste estudio se observa que la adición de las leguminosas además mejora las características sensoriales de algunas pastas como es en el caso de las pastas adicionadas con 30% de frijol.

## Bibliografía

Abdel-Aal E, Huci P (2002) Aminoacid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their end products. J. Food Comp. Anal. 15: 737-748.

- Abdel-Gawad AS (1993) Effect of domestic processing on oligosaccharides content of some dry legume seeds. *Food Chem.* 46: 25- 31.
- Abecassis J, Faure J, Feillet P (1989) Improvement of cooking quality of maize pasta products by heat treatment. *Food Sci. Food Agric.* 47: 475-485.
- Albrecht JA, Asp EH, Buzzard IM (1986) Contents and retentions of sodium and other minerals in pasta cooked in unsalted or salted water. *Cereal Chem.* 59: 34-37.
- Allison AM (1965). Biological evaluation of protein. *Physiol. Rev.* 35: 644.
- Antognelli C (1980). The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: a review. *J. Food Technol.* 15: 121-145.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 16 ed. Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D.C. EEUU. 1298 pp. Araya H, Pak N, Vera G, Alviña M (2003) Digestion rate of legume carbohydrates and glycemic index of legume-based meals. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54: 119-126.
- Bahnassey YK, Kan K (1986) Fortification of spaghetti with edible legumes. II Rheological, processing and quality evaluation studies. *Cereal Chem.* 63: 216-219.
- Bergman C, Gualberto D, Weber C (1994) Development of high-temperature-dried soft wheat supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Cooking quality, colorand sensory evaluation. *Cereal Chem.* 71: 523-527.
- Bergman C, Gualberto D, Weber C (1996) Nutritional evaluation of a high-temperature dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Arch. Latinoam. Nutr.* 46: 146-153.

- Bressani R (1983) Guidelines for the development of processed and packaged weaning foods. Food Nutr. Bull. 5: 1-20.
- Bressani R (1991) Papel de los granos leguminosos comestibles tropicales en los alimentos y la nutrición en: *Canavalia ensiformis* (L.). Primer Seminario-Taller sobre *Canavalia ensiformis*. Maracay, Venezuela. pp. 21-41.
- Gallegos-Infante JA, Rocha-Guzmán NE, González-Laredo RF, Corzo N, Bello-Pérez LA, Medina-Torres L, Peralta-Álvarez LE. 2010. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour. Food Chem 119:1544-9.
- Jenkins DJA, Jenkins AL, Wolever TMS, Collier GR, Rao AV, Thompson LU (1987) Starchy foods and fiber: reduced rate of digestion and improved carbohydrate metabolism. Scand. J. Gastroenterol. 22: 131-141.
- Jirapa P, Normah H, Zamaliah M, Asmah R, Mohamad K (2003) Nutritional quality of germinated cowpea flour (*Vigna unguiculata*) and its application in home prepared powdered weaning foods. Plant Food Human Nutr. 56: 203-216.
- Lorenzana P, Mercado C (2002) Measuring household food security in poor Venezuelan households. Public Health Nutr. 5: 851-857.
- Lucisano E, Casiraghi EM, Barbieri R (1984) Use of defatted corn germ flour in pasta products. J. Food Sci. 49: 482-484.

## **Tema 2.14. Análisis químico proximal de la carne seca de la víbora de cascabel (*Crotalus durissus terrificus*). Selenia Carolina Reyes Vargas y Laura Fabiola Estrada Andrade. laura.estrada@ujat.mx**

### **Resumen**

Se llevó a cabo un estudio químico proximal en carne seca de víbora de Cascabel (*Crotalus durissus terrificus*), con un peso promedio de 1.67 kg, 1.22 m de longitud, predominando las hembras de 7.5 cm de diámetro. Para la obtención de la carne fresca se retiró cabeza, cascabel, piel y evisceración del animal. La carne fresca fue sometida a un proceso de salado y secado por exposición al sol durante 72 horas, y finalmente molida obteniendo en promedio 614 g de extracto seco de olor y color característico a la carne seca de pescado (bacalao). Se evaluaron parámetros químicos proximales de acuerdo a la A.O.A.C (2005). Para lo cual la muestra presentó porcentajes de humedad y materia seca (65.72% y 25.36%) por debajo del valor de referencia reportado para la carne de bacalao Noruego (*Gadus morhua*) (45.72% y 15.36%). El análisis de varianza reveló un elevado contenido de proteína de 73.59% y fibra cruda total de 46.01%, con un mínimo contenido lipídico (5.53%). El fósforo fue detectado en mayor proporción (261.03 mg). Se identificó la presencia de tirosina (1.63%) y de triptófano (0.963%). Por lo que se concluye que la carne seca de la víbora de cascabel es un alimento bajo en grasas, rico en fibra, proteínas y aminoácidos esenciales por lo que se propone dar continuidad con la caracterización específica de sus componentes químicos, lo cual podría contribuir de manera efectiva en una futura implementación como agente biológico en el tratamiento de enfermedades o en la cura contra el cáncer.

### **Introducción**

La víbora de cascabel (*Crotalus durissus terrificus*) ha tenido fama entre la empírica sabiduría ancestral de Centroamérica e la cura contra el cáncer. Los purépechas en el estado de Parícu Michoacán, aseguran que la carne debe ingerirse en forma seca, sin embargo, cocida coadyuva para la disminución de fuertes dolores tumorales, várices y problemas de circulación, además de disminuir los niveles de inflamación muscular. Sus innumerables atributos han sido difundidos ampliamente en el país por su supuesta actividad anti cancerígena [1]. En la nuestra y en otras culturas el consumo de la víbora de Cascabel, ha sido mundialmente aceptado como carne de caza exótica. En nuestro país, nace la inquietud de da a conocer y así

poder consumir la carne de víbora de cascabel por su elevado contenido en proteínas, lo cual representa una nueva y rica alternativa alimenticia, pudiéndose asemejar a la de otro tipo de carnes como el pollo y las carnes rojas. Es una carne blanca de gran textura, con un olor y sabor característico a la de pescado.

Son serpientes venenosas y endémicas, es reconocida como la serpiente más larga, del género de la subfamilia de las víboras de foseta dentro de la familia de los vipéridos, algunas especies pueden alcanzar hasta metro con cincuenta centímetros de longitud y un peso entre tres y cuatro kilogramos. El color de fondo de esta familia va de amarillento a verdoso, rojizo a pardo e incluso negro. Una fila de manchas oscuras de forma romboédrica pasa por la espalda y los laterales. Su piel con círculos amarillos, está marcada en el centro por colores negros (parecidos a diamantes) hace que este tipo de reptil sea el mejor adornado de todo Norteamérica. La cola suele tener anillos alternantes más claros y más oscuros. Viven en bosques arenosos, y en zonas costeras.

Las investigaciones realizadas a esta especie van en función al estudio de su fisiología; los cambios en la concentración de proteínas en sueros y su aplicación en enfermedades importantes que curan con estado de hipo proteinemia y hiper proteinemia y en la elaboración de nuevos productos biológicos [2].

En la actualidad, son pocos los estudios realizados sobre la composición química y nutricional de la carne de la víbora de cascabel (*Crotalus durissus terrificus*), a pesar de las múltiples aplicaciones médicas que se atribuyen a su consumo por tal motivo el presente estudio, llevará a cabo una investigación que denote la caracterización de compuestos (proteínas, carbohidratos y lípidos, vitaminas, minerales, etc.) presentes en la carne fresca y seca de la víbora de cascabel, de tal manera que sirvan como plataforma en futuras investigaciones como materia prima en el desarrollo de nuevos productos o formando parte del consumo de una dieta diaria.

## **Materiales y métodos**

Se estudiaron 12 muestras de víbora de Cascabel (*Crotalus durissus terrificus*), 8 de las muestras fueron provistas del rancho Las Carolinas y las otras 4 del rancho los Amates ubicados en los municipios de Balancán y Macuspana Tabasco respectivamente. Cabe destacar que el muestreo es pequeño debido a la dificultad en la obtención de la muestra. Éstas fueron capturadas entre los meses de abril y mayo, ya que en esta temporada los agricultores y ganaderos se llevan a cabo las quemadas en los pastizales, lo cual facilita su localización y su captura.

Posterior al sacrificio, el animal fue colocado en una tabla de madera para su análisis taxonómico, genérico y descriptivo (peso, longitud y talla). Se eliminó la cabeza y cascabel seguido de la piel, teniendo el cuidado de no tocar el músculo, así como la evisceración mediante un corte transversal, para finalmente realizar el picado y lavado de la carne. La muestra seca se depositó en bolsas de plástico selladas mismas que se guardaron en una nevera con hielo para su traslado al laboratorio (el periodo de traslado fue aproximadamente de 3 horas) y finalmente conservarse en refrigeración. Posteriormente se procedió a realizar el proceso de salado de la carne, para lo cual la carne se colocó en una caja plástica rectangular provista de sal de grano, cuidando que la sal cubriera la carne en su totalidad, ésta se tapó con un nylon y una tabla de madera, con la finalidad de prensarla y facilitar el intercambio de la sal con los líquidos de la carne, bajo éstas condiciones se mantuvo por un lapso de 72 horas. Culminado este proceso, la carne fue expuesta al sol para llevar a cabo el proceso de secado el cual fue por 72 horas. La muestra seca fue molida en un molino Braun Multipractic 370 hasta su completa pulverización, pesada y almacenada en frascos de vidrio estériles a temperatura ambiente.

Se efectuaron los análisis fisicoquímicos y organolépticos correspondientes: olor, color, sabor y pH. Para éste último, se pesaron por triplicado 3 g de muestra seca calentándose hasta ebullición en 200 ml de agua por 15 minutos. Las muestras se dejaron enfriar y se procedió a la medición del pH empleando un pHmetro Orion 3 Star previamente ajustado con las soluciones de calibración.

Los parámetros químicos proximales se evaluaron de acuerdo a los métodos oficiales de análisis de la A.O.A.C (2005) [3]. El contenido de humedad y materia seca se determinó por pérdida de peso a partir de 3 g de muestra, en un horno a 105°C por 24 h hasta alcanzar el peso constante. El análisis de cenizas se efectuó en una mufla Termolyne F47925 a 600°C durante 5 h. La cuantificación del contenido proteico se realizó por duplicado en un aparato Kjeldahl con digestor de 2 unidades modelo **DGK - 2800** para 1 g de muestra homogeneizada respectivamente, las cuales fueron sometidas a procesos de digestión con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> destilación y titulación con HCl 0.1N. La determinación de lípidos totales se realizó por el método Soxhlet, con 5.0 g de muestra homogeneizada a reflujo con una precisión de ± 1 mg. El porcentaje de fibra cruda se obtuvo por diferencia de peso a partir de la digestión de la muestra con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.128 M en caliente.

Los análisis de minerales se realizaron por duplicado, mediante la acidificación de las cenizas. Para la cuantificación de fósforo, se empleó el método colorimétrico del molibdo vanadato de amonio [4], en un espectrofotómetro UV-VIS marca Varian Ros Carg 300 Serie: UV0G04M025, calibrado previamente a 400 nm.

Finalmente la identificación y cuantificación de aminoácidos se llevaron a cabo mediante ensayos colorimétricos de Biuret y Folin-Ciocalteu, ésta última se determinó por espectroscopia UV visible previamente calibrado a 750 nm [5].

## **Resultados y discusión**

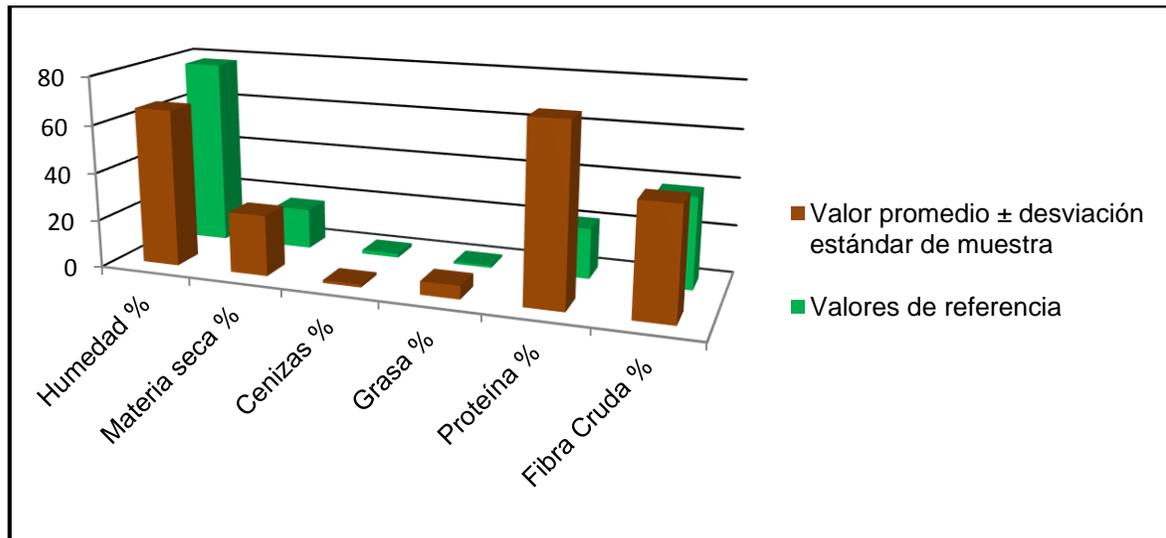
Se analizaron las características genéricas y descriptivas del animal una hora después de haber sido sacrificado. El peso promedio de las muestras analizadas osciló en 2.87 kg, 1.22 m de longitud, predominando las hembras de cuerpo de cuerpo grueso (7.5 cm de diámetro) de sección triangular. El promedio de peso obtenido en canal sin piel de las muestras fue de 1.67 kg y 614 g de muestra seca molida. Ésta presentó una coloración amarillo claro, de suave textura con olor y sabor similar a la de pescado seco (bacalao). El pH registrado fue de 6.7 con una

desviación estándar de  $\pm 0.12$ , la cual es similar al valor de referencia reportado para el Bacalao Noruego seco.

**Cuadro 1.** Medias mínimo-cuadráticas  $\pm$  error estándar para la composición proximal en carne seca de víbora de cascabel

Parámetro	Valor promedio $\pm$ desviación estándar de muestra	Valores de referencia*
Humedad %	65.72 $\pm$ 0.30	78
Materia seca %	25.36 $\pm$ 0.01	17
Cenizas %	1.18 $\pm$ 0.18	1.62
Grasa %	5.53 $\pm$ 0.20	0.9
Proteína %	73.59 $\pm$ 0.36	16
Fibra Cruda %	46.01 $\pm$ 0.12	38

\*Valores de referencia reportados en (100g) de Bacalao Noruego seco (*Gadus morhua*) [6]



**Gráfica 1.** Análisis químico proximal en carne seca de víbora de cascabel.

El cuadro 1, muestra los resultados obtenidos en el análisis de la composición proximal de la especie en estudio observando un porcentaje de humedad y materia seca menor (45.72 y 15.36%) con respecto al valor de referencia reportado (78 y 17%) respectivamente, esta diferencia podría deberse a una inadecuada conservación de la muestra, afectando su estabilidad. El contenido de cenizas obtenido se encuentra ligeramente por arriba del valor de referencia (1.18%). El análisis de varianza reveló que la carne seca de víbora de cascabel tuvo un elevado contenido de proteína (73.59%), el cual fue mayor al reportado para la carne de

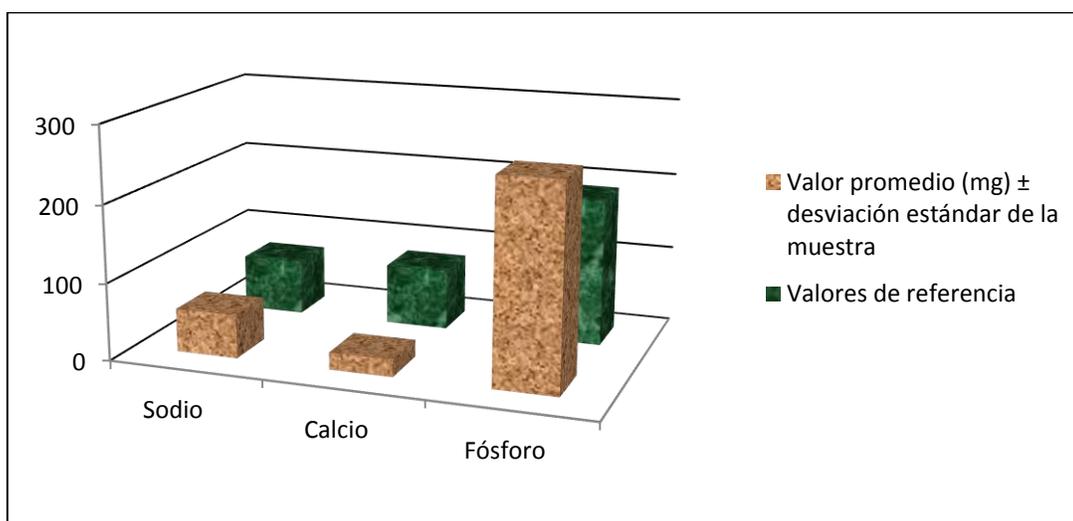
bacalao (16%), lo que confirma el elevado valor nutricional del alimento. Se mostró un nivel de fibra cruda total 12% superior al valor de referencia, valor resulta proporcional con la cantidad de proteínas presentes en el alimento lo cual corrobora un valor nutricional favorable.

El contenido de grasa en la carne de víbora de cascabel (5.53%), es bajo, sin embargo, no coincide con los valores de referencia reportados (0.9%), el cual está por debajo del 1%, esto podría atribuirse a que los lípidos no lograron remover la totalidad de los depósitos de grasa intermuscular, incorporándose de nueva cuenta durante la homogeneización de las muestras. Sin embargo, no se puede considerar a la carne de víbora de cascabel como un alimento graso.

**Cuadro 2.** Medias mínimo-cuadráticas  $\pm$  error estándar para el contenido de minerales en carne seca de víbora de cascabel.

Parámetro	Valor promedio $\pm$ desviación estándar	Valores de referencia *
Sodio mg	56.31 $\pm$ 2.60	72
Calcio mg	22.14 $\pm$ 0.40	79
Fósforo mg	261.03 $\pm$ 4.1	190

\*Valores de referencia reportados en (100g) de Bacalao Noruego seco (*Gadus morhua*) [idem.6]



\*Valores de referencia reportados en (100g) de Bacalao Noruego seco (*Gadus morhua*) [idem.,6]

**Gráfica 2.** Contenido de minerales en carne seca de víbora de cascabel

El cuadro 2, muestra al fósforo como el mineral contenido en mayor proporción en la carne de víbora de cascabel (261.03 mg) reportando una diferencia del 22% con respecto valor reportado para el bacalao (190 mg).

El ensayo de Biuret fue una prueba positiva, observando coloración violácea intensa característica de la presencia de enlaces peptídicos de las proteínas, hecho que confirma el valor obtenido (73.59%) en el análisis proximal para carne seca de víbora de cascabel. Se identificó la presencia de tirosina (1.63%) y de triptófano (0.963%) a 750 nm por la técnica de Folin-Ciocalteu siendo éstos aminoácidos esenciales indispensables en una dieta alimenticia.

## **Conclusiones**

La carne deshidratada de la víbora de cascabel es un alimento bajo en grasas, rico en fibra, proteínas y aminoácidos esenciales como la tirosina y el triptófano ya que como es bien sabido la presencia de triptófano en alimentos, coadyuva en el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

La ingestión de la carne fresca, cocida, seca o en polvo podría coadyuvar en la mejora de diversas enfermedades asintomáticas. Diversos tratamientos médicos de acné, alergias, anemia, anginas, asma, artritis, cálculos biliares, cálculos renales, cáncer, ciática, cirrosis, cistitis, colitis, conjuntivitis, diabetes, diarreas, enfermedades venéreas.

La caracterización específica de sus componentes químicos, podría contribuir de manera efectiva en una futura implementación como agente biológico en el tratamiento de diversas enfermedades, inclusive, emplearse en tratamientos para disminuir el umbral del dolor o en la cura contra el cáncer, por lo que se dará continuidad con las investigaciones sobre este alimento exótico.

## **Bibliografía**

AOAC (2005). Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis  
AOAC International (AOAC), 18 th. Ed. Maryland.

Cárdenas, J.; Pantigoso, C., Málaga, O. y Yarlequé, A. (2007). Contenido proteico y  
algunas actividades enzimáticas en tres venenos de serpientes mantenidas en  
cautiverio. Boletín de la Sociedad Química del Perú. 51 (3) 151-163.

Carrillo, N. and ICOCHEA, J. (2005). Lista taxonómica preliminar de los reptiles  
vivientes del Perú. Museo de historia natural UNMSM 49 1-27 p.

F.A.O. (2008). Fish feeds and feeding in developing countries - An interim report on  
the ADCP Feedo Development Programme. 83 (18) 97.

Osborne, D. R. and Voogt, P. (2008). The analysis of nutrients in foods. Academic  
Press, London, U.K: 240 p.

Reinhold, J.G., (2008). In: Trace Minerals in Foods, ed. Smith, New York: 54-59.

Sasson L.Y. (2009). Diccionario Enciclopédico de la Medicina Tradicional Mexicana.  
Ed. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana: 243-247 p.

## **Tema 2.15. Caracterización fisicoquímica de una botana elaborada a partir de malanga, avena y amaranto utilizando microondas.** Ana Guadalupe Martínez Muñoz, Rosa Isela Guzmán Gerónimo, Oscar García Barradasy RemediosMendoza López. una\_1516\_lupe@hotmail.com

### **Resumen**

Actualmente los consumidores demandan botanas saludables lo implica para la industria alimentaria emplear otras fuentes de cereales y tubérculos para su elaboración, así como explorar la aplicación de tecnologías como las microondas. El objetivo del presente trabajo de investigación fue caracterizar fisicoquímicamente una botana elaborada a partir de malanga, avena y amaranto utilizando microondas. La botana se elaboró con puré de malanga, harina de avena y amaranto, suero lácteo, aceite vegetal y sal. A partir de esta mezcla se obtuvo un disco de 6 cm de diámetro y 2 mm de espesor que se calentó en un horno de microondas a una potencia de 857 watts durante 1 min y 393 watts durante 10 min. En la botana se evaluó su composición proximal, perfil de ácidos grasos y contenido de acrilamida por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas. La composición proximal mostró que la botana tuvo un contenido de grasa de 5.4 %, proteína total de 11.5 % y carbohidratos del 74.4 %. El perfil de ácidos grasos mostró el contenido de ácidos grasos poliinsaturados fue de 82.38 %, siendo el ácido oleico de mayor proporción. Así mismo no se detectaron ácidos grasos *trans* ni acrilamida.

### **Introducción**

Las botanas son consumidas con el afán de mitigar un antojo más que una necesidad alimentaria con un valor anual de tres mil millones de dólares para el mercado mexicano en el año 2010. Sin embargo, estos alimentos se elaboran con materias primas ricas en almidones, harinas refinadas, grasas, azúcares, así como conservadores y colorantes artificiales siendo de aporte nutrimental muy bajo o nulo; además de tener efectos secundarios dañinos en el organismo humano; destacándose el sobrepeso y la desnutrición. En el año 2008, la PROFECO realizó un estudio a 30 frituras y botanas de harina y/o maíz de marcas comerciales, obteniendo que presentan de contenido de grasa fue desde los 14 hasta los 38 g/100g, además de presentar un elevado contenido de carbohidratos, grasas

*transvan* desde 0 hasta 0.9 g/100g de producto. Así mismo, diversos estudios reportan que las botanas elaboradas a partir de papa contienen acrilamida (PROFECO, 2008). Por lo que actualmente, el mercado de las botanas requiere que los productos sean reformulados con la finalidad de obtener productos que den satisfacción a la demanda de los consumidores en cuanto a productos saludables, lo cual implica evaluar el potencial de aplicación de otros cereales. Por otra parte, el freído es el método más empleado para la elaboración de botanas, sin embargo es necesario explorar el empleo de tecnologías que permitan el desarrollo de botanas bajas en grasas como las microondas que se caracteriza por aplicar alta temperatura en corto tiempo. Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo de investigación fue desarrollar una botana a partir de malanga, avena y amaranto utilizando microondas con bajo contenido de lípidos y acrilamida con características sensoriales agradables al consumidor.

## **Materiales y métodos**

### **Elaboración de la botana**

La malanga fue previamente cocida al vapor y se preparó un puré, el cual se mezcló con harina de amaranto, harina de avena, suero lácteo, sal y aceite vegetal. A partir de esta mezcla se obtuvo una hojuela de 6 cm de diámetro y 2 mm de espesor.

### **Tratamiento con microondas**

Las muestras se calentaron en un horno de microondas doméstico (Marca Panasonic, Modelo NN-6468, Secaucus NJ, USA.) operando a una frecuencia de 2450 MHz a una potencia de 857 watts durante un minuto y 393 watts durante 10 min. La potencia nominal del horno de microondas se determinó de acuerdo al método descrito previamente por Buffler (1993). Los tratamientos se elaboraron por triplicado.

### **Composición proximal**

El contenido de humedad (950.46), proteína total (981.10), extracto etéreo (960.39), y cenizas totales (938.08) se evaluó de acuerdo a la AOAC (1990). Los carbohidratos totales se calcularon por diferencia.

### **Perfil de ácidos grasos**

Los lípidos de la botana se extrajeron con hexano (1:5 p:v) utilizando un homogenizador ultrasónico, se concentraron en un rotavapor y se metilaron con boro trifluoruro 14% en metanol de acuerdo al método Ce 2-66 (A.O.C.S, 1994). Para separar los ácidos grasos metilados se utilizó un cromatógrafo de gases a un espectrómetro de masas equipado con una columna capilar DB-5 60 m x 0.25 mm x 0.25 m, siendo la fase móvil helio a una velocidad de flujo de 1 ml/min. Se empleó un programa de temperatura de 150 °C sostenido 5 minutos con un gradiente de 4 °C/minuto hasta 230 °C sostenido 5 min. Los ácidos grasos fueron identificados utilizando la biblioteca NIST.

### **Análisis de acrilamida**

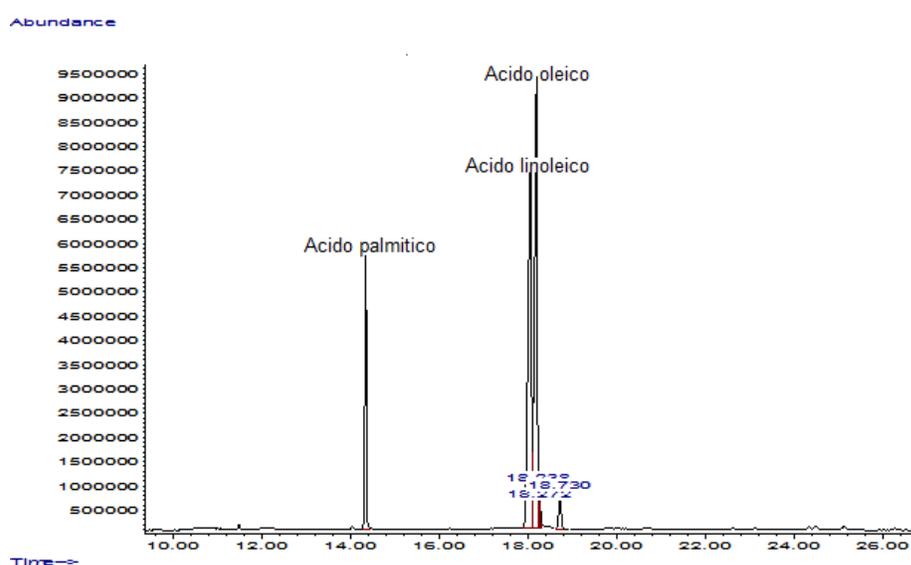
La acrilamida se extrajo utilizando isopropanol, el extracto se inyectó un cromatógrafo de gases acoplado a masas utilizando una columna carbowax marca VARIAN (30 m x 0.25 mm c 0.25 µm de espesor). El programa de temperatura consistió en una temperatura inicial de 80 °C con un tiempo inicial de 5 min y la temperatura final de 250 °C con un tiempo final de 15 min.

### **Resultados y discusión**

El análisis de la composición mostró que la botana elaborada a partir de malanga, amaranto y avena tuvo una humedad de 3.7 %, un contenido de grasa y de proteínas de 5.4 % y 11.5 %, respectivamente. Así mismo, se encontró un valor de 4.5 % para las cenizas totales y de 74.4 % para los carbohidratos. En un estudio realizado por la PROFECO (2008) sobre la calidad de papas fritas comerciales, reporta que el contenido de grasa fluctúa entre 23% y 40%. El producto elaborado

con microondas permitió formular un producto con menor contenido de grasa. En cuanto al contenido de proteínas, la investigación realizada por la PROFECO reportó que el contenido de proteína en papas fritas se encontró comprendido entre el 6% y 8%. Dicho contenido de proteínas en las botanas de malanga se atribuye al empleo de harina de amaranto en la formulación, cereal es rico en proteínas.

El perfil de ácidos grasos mostró que el ácido oleico se encuentra en mayor proporción (40.6%), seguido del ácido linoleico (39.1%) y el ácido palmítico (14.2%) (Figura 1). Los ácidos grasos saturados se encontraron a un nivel de 17.62%, mientras que los ácidos grasos insaturados tuvieron un valor de 82.38%. El contenido de ácidos grasos polinsaturados fue superior al reportado en botanas de papas fritas (Zamora *et al.*, 2010) de igual manera no se detectaron ácidos grasos *trans* (Khandro *et al.*, 2010).



**Figura 1.** Perfil de ácidos grasos de la botana.

Con respecto al contenido de acrilamida, el análisis de cromatografía de gases acoplada a masas no detectó la presencia de este compuesto, es decir la botana formulada a partir de malanga, amaranto y avena no contiene acrilamida.

## Conclusión

La botana elaborada a partir de malanga, avena y amaranto utilizando microondas fue baja en grasa, libre de ácidos grasos *trans* y acrilamida.

## Bibliografía

A.O.A.C. (1990). Official methods of analysis, 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

A.O.C.S. (1994). Official Methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society .

Buffler C. (1993). Microwave Cooking and Processing. Editorial AVI. New York, USA. pp. 157-159.

Kandhro A.A. Sherazi S. T. H., Mahesar S. A., Younis T. M., Latif Y. (2010). Variation in fatty acids composition including *trans* fat in different brands of potato chips by GC-MS. Pakistan Journal Analytical Environmental Chemistry.11(1) 36-41.

Zamorano R. M., Guzmán C. E., Ibáñez I. (2010). Estudio del consumo y aporte nutricional de bocadillos en escolares de la región metropolitana de Chile. Revista Chilena de Nutrición. 37(4) 439-445.

## **Tema 2.16. Modelación matemática de la deshidratación osmótica del jengibre.** Erasmo Herman Lara, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Roselis Carmona García, Juan Gabriel Torruco Uco, Marco Antonio Godínez Ruiz y José Alexis García Toledo. [erasmohl@ittux.edu.mx](mailto:erasmohl@ittux.edu.mx)

### **Resumen**

La deshidratación osmótica está ganando considerable atención como un método de procesamiento mínimo debido a ventajas tales como el ahorro de energía, uso de bajas temperaturas y solutos osmodeshidratantes económicos. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar las cinéticas de la deshidratación osmótica del jengibre y su modelación matemática. Las muestras frescas fueron cortadas en cubos de 1.5 cm y se realizaron cinéticas de pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) de las muestras frescas con sacarosa como solución osmodeshidratante utilizando dos concentraciones 35 y 65% a tres temperaturas 40, 55 y 70°C. La PA y GS experimentales se modelaron mediante la ecuación de Page. se obtuvieron resultados de 60.83% de PA y de 26.24% de GS durante la deshidratación osmótica. Se obtuvo un ajuste promedio de  $R^2=0.95$  entre los resultados experimentales y simulados obtenidos por el modelo de Page para ambas cinéticas. Las difusividades para agua y sólido se calcularon con la Ley de Fick alcanzando valores que fluctuaron entre  $1.12 \times 10^{-7}$ - $3.5235 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s y  $0.4449 \times 10^{-7}$ - $1.2481 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s respectivamente, ambos dentro del intervalo de frutas y tubérculos. Finalmente los mejores tratamientos fueron con 60% de concentración de sacarosa a 70°C.

### **Introducción**

La deshidratación osmótica (DO) es uno de los métodos de conservación de alimentos más rápidos y económicos. Es un proceso de eliminación parcial del agua, basado en la inmersión de frutas y otros productos en una solución hipertónica (Li & Ramaswamy, 2006). Además la deshidratación osmótica está ganando considerable atención como un método de procesamiento mínimo debido a ventajas tales como el ahorro de energía por uso de bajas temperaturas (Genina-Soto, 2001) y funciona como complemento al proceso de secado, para un mejor control de las pérdidas de sabor, color, daños en tejidos y mayor retención de los nutrimentos (Espinoza-Estaba *et al.*, 2006). El jengibre ha sido ampliamente utilizado como medicina tradicional en oriente. Los principales componentes bioactivos del jengibre son los gingeroles, que

poseen actividad antioxidante, anticancerígena, antiinflamatoria entre otros. Sin embargo, el alto contenido de humedad del jengibre lo hace susceptible a la contaminación microbiana, dando lugar a importantes pérdidas y deterioro de calidad del producto, por lo que es necesario su secado. En el presente trabajo se determinó la modelación matemática de las cinéticas de pérdida de agua y ganancia de sólidos de la deshidratación osmótica del jengibre (*Zingiber officinale* var. Gran Caimán).

## Materiales y métodos

Se utilizó jengibre fresco de la región de la Chinantla. Los rizomas fueron seleccionados por el nivel de coloración y que no estuvieran físicamente maltratados o contaminados. Posteriormente se lavaron y se cortaron en cubos de 1.5 cm. Se preparó la solución osmótica con sacarosa con una relación producto-solución 1:15 (p/p), se utilizaron concentraciones de 35 y 65% y tres temperaturas 40, 55 y 70 °C. Las muestras frescas se sumergieron en las soluciones contenidas en vasos de precipitados de 1.0 litro. La temperatura y la agitación de la solución fueron aplicadas a través de placas de calentamiento marca Cimarec. Las muestras de jengibre se retiraron a diferentes intervalos de tiempo hasta alcanzar el equilibrio. El contenido de humedad fue determinado por el método de la estufa (AOAC, 1999). Los resultados fueron utilizados en la determinación de las cinéticas de osmodeshidratación: pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) a través de las ecuaciones (1) y (2) obtenidas de Beristain *et al.* (1990):

$$PA = \frac{(M_0)(X_{a,0}) - (M_t)(X_{a,t})}{M_0} \times 100 \quad (1) \quad GS = \frac{(M_t)(1 - X_{s,t}) - (M_0)(1 - X_{s,0})}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

**Dónde:** **PA** es la pérdida de agua %, **GS** es la ganancia de sólidos en %, **M<sub>0</sub>** es el peso inicial de la muestra en g, **M<sub>t</sub>** es el peso de la muestra a un tiempo determinado en g, **X<sub>s,0</sub>** es la fracción másica de sólidos inicial en g sólidos/g alimento seco, **X<sub>s,t</sub>** es la fracción másica de sólidos a un tiempo determinado en g sólidos/g alimento seco, **X<sub>a,0</sub>** es la fracción másica de agua inicial en g agua/g alimento seco, **X<sub>a,t</sub>** es la fracción másica de agua a un tiempo determinado en g agua/g alimento seco.

Para la predicción de las cinéticas experimentales de PA y GS de jengibre se utilizó el modelo de Page (ecuación 3) por regresión no lineal utilizando el software Matlab

en su versión 10.0. Los datos experimentales y los valores predichos por la ecuación de Page se analizaron a través del coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

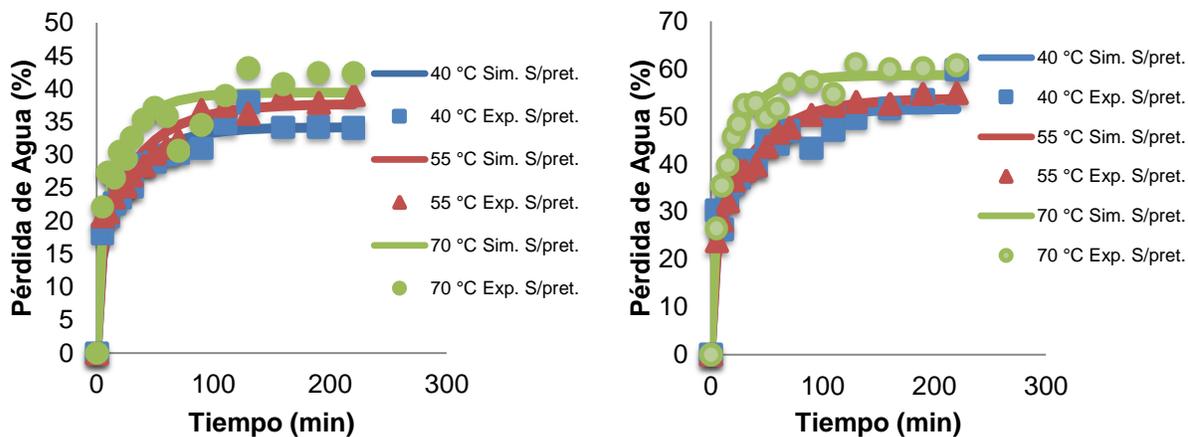
$$PA\acute{o}GS = e^{(-At^B)} \times 100 \quad (3)$$

**PA** o **GS** es la pérdida de agua o ganancia de sólidos en %, **A** y **B** son valores constantes de Page y **t** es el tiempo de proceso de DO en minutos.

Para la predicción de las difusividades efectivas del agua y de sólidos de jengibre se utilizó la ecuación de la 2da. Ley de Fick (Zogzaset *al.*, 1994) mediante regresión no lineal utilizando el software Matlab en su versión 10.0. Los valores predichos por la ecuación de Fick se analizaron a través de un análisis de varianza con una  $p < 0.05$ .

## Resultados y discusión

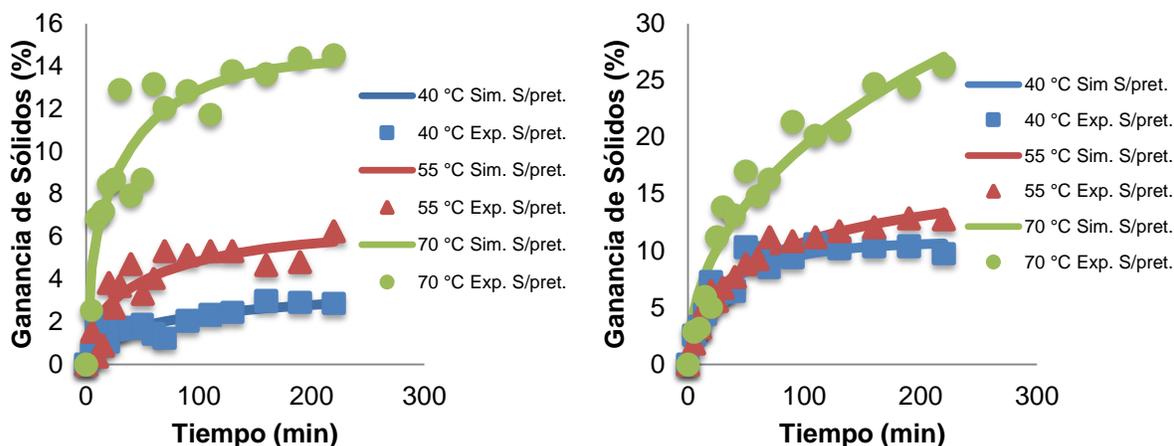
En las Figuras 1 y 2 se muestra la PA experimental y simulada por el modelo de Page de jengibre deshidratado osmóticamente con sacarosa al 35 y 65% (p/v) respectivamente a temperaturas de 40, 55 y 70°C. La concentración y la temperatura de la solución osmótica influyeron sobre la PA del jengibre deshidratado osmóticamente. A temperatura constante y al aumentar la concentración de la solución de sacarosa se favoreció la PA, teniendo el mismo efecto de manera inversa. Cabe mencionar que se consideró que el valor máximo de concentración de sacarosa fuera de 65% debido a que a una concentración mayor a ésta, es difícil disolver éste azúcar a una temperatura de 40 °C (Ferrari & Hubinger, 2008). El efecto en el aumento de PA en solución osmótica fue generado por el incremento de temperatura, ya que ésta produce cambios en la permeabilidad de la membrana celular y en la fluidez de la solución osmótica. Un incremento en la concentración de sacarosa produjo cambios en la presión osmótica del medio favoreciendo una mayor PA, de acuerdo a valores reportados por Giangiacomo *et al.*, (1987) en la deshidratación osmótica de kiwi.



**Figuras1 Y 2.** Cinéticas experimentales y simuladas de PA durante la DO de jengibre con sacarosa al 35 y 65% a diferentes temperaturas.

El grado de correlación promedio obtenido entre las cinéticas experimentales y simuladas fue de  $R^2 = 0.95$ , por lo que el modelo de Page predijo adecuadamente el comportamiento experimental de la PA en las cinéticas de DO en todas las condiciones de concentración de sacarosa y temperaturas empleadas. La mayor velocidad de PA ocurrió en general dentro de los primeros 50 min de proceso, alcanzando el equilibrio a 44 y 61 % de PA a temperaturas de 70 °C. En lo que se refiere a la GS las cinéticas experimentales y simuladas por el modelo Page, con concentraciones de sacarosa de 35 y 65% y temperaturas de 40, 55 y 70 °C se muestran en las Figuras 3 y 4 respectivamente. La concentración y la temperatura de la solución osmótica influyeron sobre la GS del jengibre deshidratado osmóticamente. A temperatura constante y al aumentar la concentración de la solución de sacarosa se favoreció la ganancia de sólidos, teniendo el mismo efecto de manera inversa. En las cinéticas de GS con sacarosa se tuvo un comportamiento similar a las cinéticas de PA, presentándose la mayor velocidad de ganancia de sólidos en los primeros 60 min de la cinética, sin embargo no se alcanza el equilibrio hasta tiempos prolongados (más de 200 min). Esto debido a que la velocidad de transferencia de sólidos fue menor que la velocidad de transferencia de agua debido a las diferencias de presiones que se establece por las soluciones hipertónicas como lo establecieron Chiralt & Talens (2005). Empleando soluciones de sacarosa a

diferentes concentraciones de 35 a 65% y temperaturas de 40 a 70 °C, se consiguieron ganancias de sólidos de 15 a 26% para el jengibre.



**Figuras 3 y 4.** Cinéticas experimentales y simuladas de GS durante la DO de jengibre con sacarosa al 35 y 65% a diferentes temperaturas.

El grado de correlación promedio obtenido entre las cinéticas experimentales y simuladas fue de  $R^2 = 0.91$ , por lo que el modelo de Page predijo adecuadamente el comportamiento experimental de la GS en las cinéticas de DO en todas las condiciones de concentración de sacarosa y temperaturas empleadas.

**Cuadro 1.** Difusividad efectiva del agua ( $De_a$ ) y sólidos ( $De_s$ ) en jengibre utilizando solución de sacarosa a diferentes concentraciones y temperaturas.

Sacarosa (%)	35			50			65		
	$De_a \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_a \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_a \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_s \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_s \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_s \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_a \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_a \times 10^7$ ( $m^2/s$ )	$De_a \times 10^7$ ( $m^2/s$ )
40	1.1188 <sup>a,A</sup>	1.9059 <sup>a,B</sup>	1.9902 <sup>a,C</sup>	0.4449 <sup>a,A</sup>	0.4955 <sup>a,B</sup>	0.4960 <sup>a,B</sup>			
55	2.1595 <sup>b,A</sup>	2.1718 <sup>b,B</sup>	2.4103 <sup>b,C</sup>	0.5691 <sup>b,A</sup>	0.7082 <sup>b,B</sup>	1.0162 <sup>b,C</sup>			
70	3.0615 <sup>c,A</sup>	3.0781 <sup>c,B</sup>	3.5235 <sup>c,C</sup>	1.0876 <sup>c,A</sup>	1.2367 <sup>c,B</sup>	1.2481 <sup>c,C</sup>			

\*Promedio de dos repeticiones, las literales minúsculas en columna (Temperatura) y mayúsculas en fila (Concentración) indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

El cuadro 1 muestra los valores de difusividad de agua y sólidos en el jengibre, calculados por la Ley de Fick. Encontrándose valores entre  $1.1188 \times 10^7$  a  $3.5235$

$\times 10^7 \text{m}^2/\text{s}$  para la  $De_a$  y valores entre  $0.4449 \times 10^7$  a  $1.2481 \times 10^7 \text{m}^2/\text{s}$  para la  $De_s$ , todos ellos dentro del valor establecido para frutas, verduras y tubérculos (Ferrari & Hubinger, 2008). En la mayoría de los resultados se presentaron diferencias significativas por concentración de sacarosa y temperatura.

## Conclusión

La PA y GS se incrementaron al aumentar la concentración y temperatura en la solución osmodeshidratante. Teniendo como mejor tratamiento 65% de sacarosa a  $70^\circ\text{C}$ . Las mayores velocidades y coeficientes de difusividad se presentaron para el agua. El modelo de Page predijo adecuadamente con un ajuste promedio de  $R^2$  de 0.95 las cinéticas de deshidratación osmótica de PA y GS.

## Bibliografía

- Beristain, C. I., Azuara, E., Cortés, R. & García, H. S. 1990. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science and Technology*. **25**: 576-582.
- Chiralt, A. & Talens, P. 2005. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plants tissues. *Journal of Food Engineering*. **67**: 167-177.
- Espinoza-Estaba, A., Landaeta-Coa, G., Méndez-Natera, J. R. & Núñez-Calcaño, A. 2006. Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en solución de sacarosa. *Revista UDO Agrícola* **6**: 121-127.
- Ferrari, C. C. & Hubinger, M. D. 2008. Evaluation of the mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. *Journal of Food Science and Technology*. **43**(11): 2065-2074.

- Genina-Soto, P. 2001. Deshidratación osmótica: alternativa para conservación de frutas tropicales. *Avance y Perspectiva*. **21**: 321-324.
- Giangiacomo, R., Torreggiani, D. &Abbo, E. 1987. Osmotic dehydration on fruits. Part I. Sugar. Editorial Wiley & Sons. EUA. Page: 125-127.
- Li, H. &Ramaswamy, H.S. 2006. Osmotic dehydration of apple cylinders: III. Continuous flow medium microwave heating conditions. *Drying Technology***24**: 643-651.
- Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B. &Marinos-Kouris, D. 1994. Moisture diffusivity methods of experimental determination a review. *Drying Technology***12**(3): 483-515.

## **Tema 2.17. Tecnología de producción y aprovechamiento del totemoxtle de maíz en México. César SánchezHernández, Miguel Ángel Sánchez Hernández y Áurea Judith Vicente Pinacho. esarsh79@hotmail.com**

### **Resumen**

El presente trabajo se realizó con la finalidad de conocer la situación actual de la producción de hoja (totomoxtle) de maíz en México la cual se utiliza como fibra, elaboración de tamales y artesanías. Los estados donde se aprovecha la hoja de maíz son Nayarit, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Zona norte de Puebla y Veracruz. Existe una gran demanda de hoja de maíz para tamal para abastecer el mercado nacional e internacional. A nivel nacional la forma de comercialización de la hoja de maíz es en dos presentaciones, en pacas de 30 kg de hoja sin blanquear y hojas en rollos atadas con rafia, empacadas dentro de costales que contienen 150 rollos con una baja calidad de las hojas. Para el mercado de exportación la hoja previamente se blanquea con anhídrido sulfúrico producto de la combustión de azufre industrial por un periodo de 24 horas, se deja reposar por 6 horas y se seleccionan las hojas en primera y segunda calidad; manejándose las presentaciones de concha y penca, las hojas de maíz se colocan en bolsas de plástico de 5, 8 y 16 oz., con 60, 100 y 200 hojas, respectivamente.

### **Introducción**

En México la comercialización de hoja de maíz se da en diferentes formas, se ha vuelto muy común adquirirlo en las tiendas de autoservicio en el mercado internacional, también se adquiere de forma directa de los productores a los mayoristas y detallistas que son los que se encargan de distribuir el producto en diferentes centros de comercialización. El aprovechamiento de la hoja de maíz a nivel comercial inició a principio de la década de 1990, siendo una actividad local o regional; sin embargo, el mercado ha evolucionado, de tal forma que ahora es un producto que tiene presencia en el mercado nacional e internacional. El producto se distribuye al mercado nacional e internacional es muy diversas calidades y presentaciones. En el mercado estadounidense la empresa Corona Real expende la hoja de maíz en bolsas de plástico en presentaciones de 5, 8 y 16 oz., con 60, 100 y 200 hojas respectivamente, con acabado en concha y en penca (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Presentaciones en Estados Unidos de la hoja de maíz para tamal.

Presentación	Peso (oz)	Peso (g)	Precio (US)	Precio (\$)	Precio/kg (\$/kg)
Concha	5	141.9	3.25	34.19	240.94
Penca	8	227	3.95	41.55	183.06
Penca	16	454	6.95	73.11	161.04

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.mexgrocer.com./14944.html>.

El producto destinado al mercado nacional, se comercializa en presentaciones muy diferentes, excepto las que se expenden en autoservicios y tiendas departamentales, donde se encuentran presentaciones muy similares a las de exportación. En la mayoría de los expendios se encuentran hojas en rollos atadas con rafia, empacadas dentro de costales que contienen 150 rollos. La producción de hoja de maíz se realiza desde hace más de diez años en los Estados de Jalisco, Nayarit, Guanajuato, San Luis Potosí, Zona Norte de Veracruz y en la Zona Norte del Estado de Puebla, ahí se producen miles de toneladas anuales tanto de hoja beneficiada de primera como de segunda calidad. La mayor parte de hoja de primera calidad es exportada por grandes acopiadores a los Estados Unidos, para usarla como fibra, elaboración de tamales y artesanías. Mientras que parte de la hoja de primera y segunda calidad se distribuye en las centrales de abasto de la ciudad de México, Guadalajara, Puebla y Monterrey, para ser utilizada en la elaboración de tamales y artesanías.

### **Tecnología de producción Beneficio de la hoja de maíz en la zona norte del Estado de Veracruz**

**Doblado:** el doblado de los tallos se realiza en mayo y noviembre, se realiza con el propósito de disminuir los daños ocasionados por los pájaros, el viento, la lluvia, ésta última provocaría la pudrición del grano y el manchado de la hoja demeritando su calidad.

**Cosecha:** la recolección se realiza de manera manual y se transporta del campo a donde lo almacena el productor en remolque jalado por tractor o en costales sobre caballos.

**Deshoje:** los productores utilizan un banco adaptado con un disco con filo para separar la hoja del olote.

**Prensado:** las hojas se van colocando en la prensa, y estas se van compactando con una misma orientación, y con el apoyo de una tabla se va presionando de tal forma que queden compactas hasta llenar la capacidad de la prensa.

**Recepción y pesado:** se realiza en la planta beneficiadora donde se pesan las pacas, posteriormente se procede a estibarlas en las bodegas de materia prima o directamente en las cámaras de azufrado para su blanqueo. Se revisa que la hoja recibida venga libre de picaduras, moho, así como el tamaño y la consistencia de la paca.

**Almacenamiento:** colocando las pacas en el sol para reducir su humedad se pueden almacenar hasta por dos meses.

**Humidificación:** consiste en incrementar el contenido de humedad de las pacas hasta un 15.5% en la tarima de la cámara de blanqueo para que se pueda llevar a cabo el proceso de combustión y formación de dióxido de azufre y se continúe la reacción química hasta formar el anhídrido sulfúrico que es el compuesto químico responsable del blanqueo de las hojas y que además sirve como agente inhibidor y conservador del producto durante su comercialización.

**Blanqueo:** se emplea azufre industrial en polvo que se coloca en una cavidad del piso en el pasillo y se enciende procurando que se queme uniformemente, se cierra la puerta durante 12 horas para que se efectúe el blanqueo de las hojas.

**Reposo:** consiste en abrir la puerta de la cámara de blanqueo dejando reposar las pacas de 4 a 6 horas, con la finalidad de eliminar el exceso de gas presente en la cámara y de esta manera facilitar las etapas posteriores.

**Despunte:** cuando se trata de hojas disquedas se les corta 1 o 2 cm de la punta, con lo que se consigue una mejor presentación puesto que se maltratan en las fases anteriores y no alcanzan a blanquearse completamente.

**Selección:** en las mesas de trabajo se colocan marcas que determinen las dimensiones mínimas establecidas con las que son comparadas cada una de las hojas para determinar si son utilizables o se desechan, así se van separando de acuerdo a la calidad en que se han clasificado.

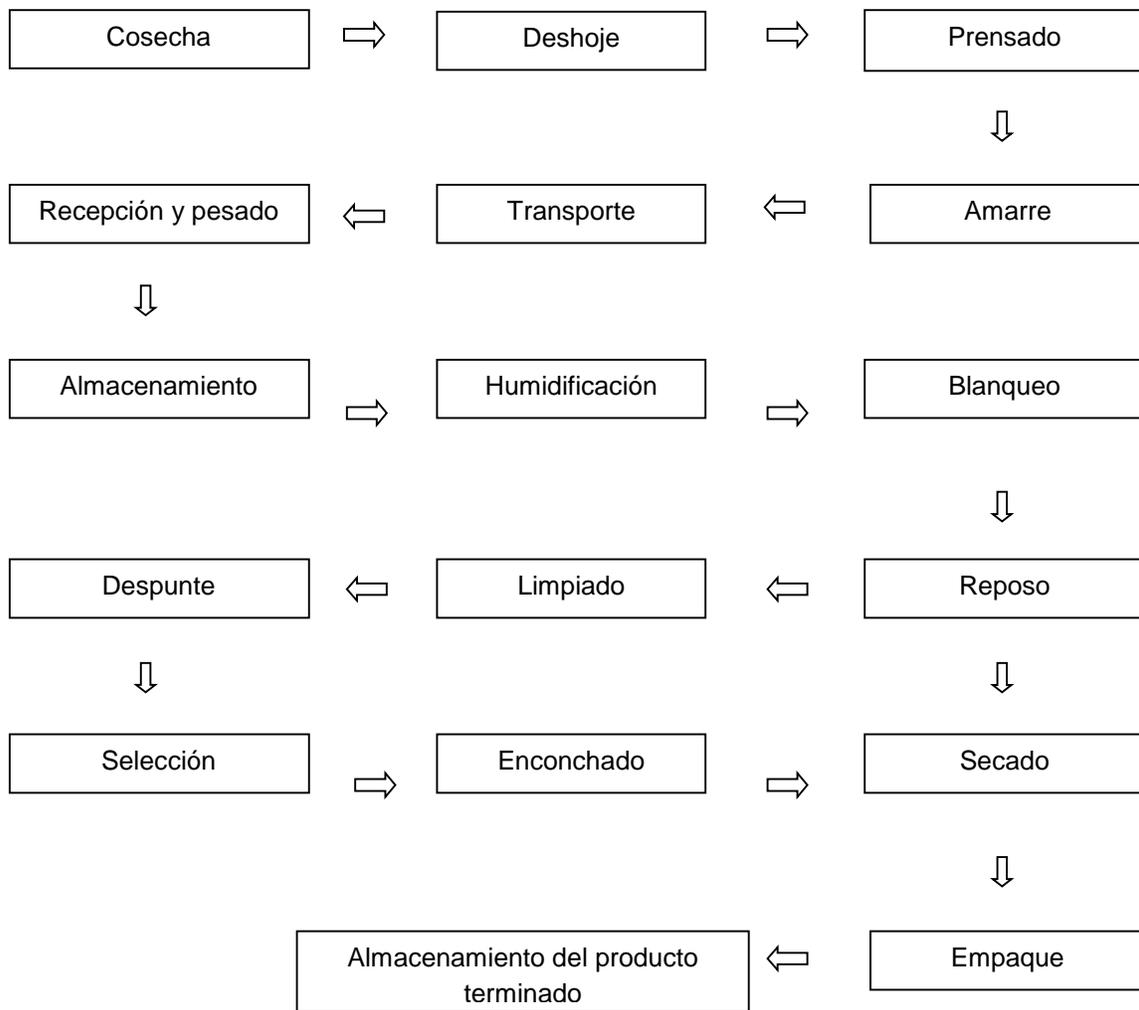
**Hojas disquedas de primera calidad:** son hojas que han sido cortadas con disco y que tienen una longitud mínima ya despuntada de 20 cm, una anchura mínima de 10 cm y que se encuentre libre de manchas, perforaciones de insectos y rasgaduras.

**Hojas disquedas de segunda calidad:** estas hojas cumplen con las dimensiones de primera calidad, sólo que presentan manchas moderadas y perforaciones de insectos que le disminuyen su calidad visual por lo que tienen menor valor comercial.

**Empaque:** su presentación es en pacas de hojas enconchadas de 15 kg dentro de arpillas o de acuerdo a los requerimientos y especificaciones del cliente.

**Etiquetado:** consiste en colocar en el interior de la arpilla o el plástico una etiqueta donde se especifica la calidad de la hoja, su peso al momento del empaque y la persona que realizó la selección y el empaque para llevar un control del producto.

**Almacenamiento:** el almacenamiento del producto terminado se da en un máximo de cinco días mientras se completa un viaje en camión, sin embargo, el producto terminado presenta una vida de anaquel de hasta dos años manteniéndose en bodegas completamente secas y con aireación suficiente.



**Figura 1.** Diagrama del beneficio de hoja de maíz



**Figura 2.** Aprovechamiento de la hoja de maíz. A) Mazorca almacenada, B) Deshoje, C) Deshoje, D) Disco, E) Hojas separadas del olote, F) Mazorca deshojada, G) Prensa, H) e I) Pacas de hojas de maíz.

## Conclusiones

El aprovechamiento de la hoja de maíz en la zona norte del Estado de Veracruz representa para los pequeños productores un ingreso adicional a la venta del grano. Se tienen dos ciclos de producción de maíz al año, en primavera-verano y otoño-invierno, con rendimientos promedio de 1000 kg de grano y 400 kg de hoja en una hectárea por ciclo agrícola. Las hojas se venden en pacas de 30 kg a los acopiadores de la región quienes tienen bodegas para el blanqueo y beneficio de la hoja, lo anterior es con la finalidad de darle un mayor valor agregado y poder exportar.

## Bibliografía

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales* 30(2):113-120.
- Malvar, RA; Revilla, P; Moreno, GJ; Butron, A; Sotelo, J; Ordás, A. 2008. White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science* 48:1373-1381.

## **Tema 2.18. Evaluación del color en la deshidratación osmótica con escaldado del jengibre (*Zingiber officinale*).**

**Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Roselis Carmona García, Juan Gabriel TorrucoUco, Rebeca Gloria Tejeda, José Alexis García Toledo y Erasmo Herman Lara. organica\_tux@yahoo.com.mx**

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el color del jengibre deshidratado osmóticamente. Las muestras frescas fueron cortadas en cubos de 1.5 cm por lado y se realizaron cinéticas de pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) de las muestras frescas con cloruro de sodio como solución osmodeshidratante utilizando concentraciones 5, 10 y 15% a tres temperaturas 40, 55 y 70 °C y escaldado como pre-tratamiento. El color fue determinado con un colorímetro Hunterlab. Las cinéticas experimentales con o sin escaldado obtuvieron respectivamente 19.42 y 38.57% para PA, y para GS de 17.40 y 18.95% a 70 °C a 15 % de NaCl. Los resultados de color mostraron que no hubo diferencias significativas a una  $p < 0.05$  con el testigo en los parámetros de Luminosidad ( $L^*$ ) y ángulo hue ( $^{\circ}h$ ) para los tratamientos con 40 y 55 °C a 5, 10 y 15% de sal sin escaldado, no así para el parámetro Chroma ( $C^*$ ). El único tratamiento con escaldado que no mostró diferencia significativa con el testigo en los tres parámetros de color fue con 10% de NaCl a 55 °C, considerándose éste como el mejor tratamiento para conservar el color del jengibre empleando DO.

### **Introducción**

La deshidratación osmótica (DO) es un proceso de eliminación parcial del agua, basado en la inmersión de frutas y otros productos en una solución hipertónica. La fuerza motriz proviene del agua y los gradientes de solutos a través de la actividad de la muestra y la solución de interface. La velocidad de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica depende de factores como el área específica de los trozos del alimento, temperatura, tiempo de tratamiento, concentración y composición del soluto, el contacto de las fases sólido-líquido, la presión y la relación producto-solución. La deshidratación osmótica logra un mejor control de las pérdidas de sabor y daños en los tejidos, aunado a una mejor retención del color y de nutrientes. Los azúcares y sales son los dos tipos de solutos más utilizados para la deshidratación osmótica, con relevancia para el cloruro de sodio y sacarosa (Jokićet

*al.*, 2007). Debido a estas ventajas, la DO se ha utilizado en diversos alimentos y puede ser utilizada en tubérculos como el jengibre. El cual contiene componentes bioactivos como los gingeroles y algunos pigmentos que poseen actividades: antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias entre otros que lo hacen valioso. Por lo que el presente trabajo tiene como finalidad evaluar el color del jengibre deshidratado osmóticamente con cloruro de sodio con y sin escaldado.

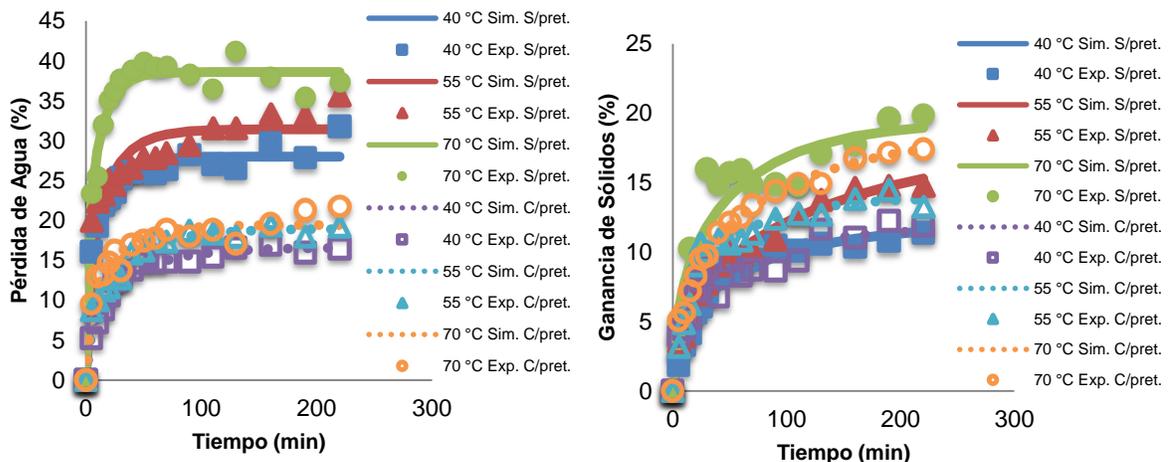
## **Materiales y métodos**

Se utilizó jengibre fresco de la región de la Chinantla. Los rizomas fueron seleccionados por el nivel de coloración y que no estuvieran físicamente maltratados o contaminados. Posteriormente se lavaron y cortaron en cubos de 1.5 cm de lado. El escaldado como pre-tratamiento de DO empleó una temperatura de 100 °C por un minuto. Se preparó la solución osmótica con NaCl con una relación producto-solución 1:15 (p/p), se utilizaron concentraciones de 5, 10 y 15% y tres temperaturas 40, 55 y 70 °C. La temperatura y la agitación de la solución fueron aplicadas a través de placas de calentamiento marca Cimarec. Las muestras de jengibre se retiraron a diferentes intervalos de tiempo: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 90, 110, 130, 160, 190 y 220 min hasta alcanzar el equilibrio entre la solución osmo-deshidratante y las muestras de jengibre (comportamiento asintótico). La humedad fue determinada por el método de la estufa (AOAC, 1999). Los resultados se utilizaron en la determinación de las cinéticas de pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) a través de las ecuaciones obtenidas por Beristain *et al.*, (1990). Las cinéticas simuladas fueron obtenidas por el modelo de Page (Ochoa-Martínez, 2007). Los cubos de jengibre fueron secados a 40 °C en una estufa convectiva marca Binder para eliminar el exceso de humedad por dos horas después de salir del proceso de DO y con el fin de no dañar los pigmentos naturales del jengibre para su análisis de color. Posteriormente se molieron en una licuadora marca Osterizer para obtener un polvo homogéneo con tamaño de partícula de 0.425 mm. La determinación de color se realizó a las muestras en polvo de los diferentes tratamientos por triplicado con el

Colorímetro UltraScan Vis HunterLab. La escala CIElab fue empleada para obtener los parámetros de Luminosidad ( $L^*$ ), Chroma ( $C^*$ ) y ángulo Hue ( $h^\circ$ ).

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra la PA experimental y simulada por el modelo de Page de jengibre con y sin escaldado en las cinéticas de DO empleando NaCl al 15% (p/v) a temperaturas de 40, 55 y 70°C. De esta forma se observó que en los intervalos de temperatura de 40 a 70 °C empleados en la solución osmótica, se tuvieron PA que variaron de 27.24 a 38.57% en jengibre sin escaldado y de 14.58 a 19.42% en jengibre escaldado. Conductas de cinética similares con valores diferentes de PA y GS se han reportado para otras hortalizas como el rábano (Herman-Lara *et al.*, 2013) durante DO con cloruro de sodio. El grado de correlación promedio obtenido entre las cinéticas experimentales y simuladas fue de  $R^2 = 0.97$ , por lo que el modelo de Page predijo adecuadamente el comportamiento experimental de la PA en las cinéticas de DO en todas las condiciones de trabajo empleadas.



**Figuras 1 y 2.** Cinéticas experimentales y simuladas de PA y GS respectivamente durante la DO de jengibre con y sin escaldado con NaCl al 15% a diferentes temperaturas.

En la Figura 2 se muestran la GS experimental y simulada de jengibre con y sin escaldado en las cinéticas de DO empleando NaCl al 15% respectivamente a

temperaturas de 40, 55 y 70°C. La concentración y la temperatura de la solución osmótica influyeron sobre la GS del jengibre deshidratado osmóticamente. Las cinéticas de GS tuvieron un comportamiento similar a las de PA, presentándose la mayor velocidad de ganancia de sólidos en los primeros 70 min de la cinética, sin embargo no se alcanzó el equilibrio hasta tiempos prolongados (mayores de 220 min) en la mayor parte de los tratamientos. Esto debido a que la velocidad de transferencia de sólidos es menor que la del agua debido a las diferencias de presiones que se establece por las soluciones hipertónicas (Castillo & Cornejo, 2007). Durante el intervalo de temperaturas de 40 a 70 °C se consiguieron ganancias de sólidos de 12.08 a 18.95% para jengibre sin escaldado y de 12.68 a 16.40% para jengibre escaldado ambos sometidos a DO. Se observó una mayor GS donde se utilizó jengibre sin escaldado, debido probablemente a que las bajas concentraciones de NaCl no tuvieron la suficiente presión osmótica para atravesar la barrera de almidones gelatinizados generada por el escaldado resultando poco efectivo este pre-tratamiento. Este fenómeno fue observado por otros autores (Mujica-Paz *et al.*, 2003). El grado de correlación promedio obtenido entre las cinéticas experimentales y simuladas fue de  $R^2 = 0.93$ . Conductas de cinéticas similares se han reportado para otros alimentos como cebolla en DO con sal (Sutar & Gupta, 2007).

En el cuadro 1 se presentan los resultados de  $L^*$ ,  $C^*$  y  $^{\circ}h$  en muestras de jengibre con y sin escaldado sometidas a las concentraciones de sal y temperaturas establecidas de trabajo. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas de  $^{\circ}h$  a una  $p < 0.05$  en los tratamientos No. 1, 2, 4, 5, 7 y 8 para muestras de jengibre con DO sin escaldado y para muestras escaldadas los tratamientos No. 5 y 7 con el testigo a un ángulo  $^{\circ}h$  de 80.69 ubicando el color en amarillo para el jengibre fresco. Debido a la alta temperatura en los tratamientos de 70 °C se afectaron los pigmentos naturales del jengibre, dando incluso una tonalidad amarillo-verdosa ( $^{\circ}h > 83$ ) en relación al jengibre fresco. El parámetro  $C^*$  presentó diferencia estadística a una  $p < 0.05$  con el testigo ( $C^* = 23.35$ ) en todos los tratamientos donde se deshidrató osmóticamente sin escaldado y en los tratamientos No. 6, 7, 8 y 9 con DO con escaldado, debido a que la DO con NaCl produjo en las muestras una capa

superficial de sólidos que cambió la saturación del color natural amarillo en uno menos saturado o intenso ( $C^* < 21$ ). Sin embargo, todos los tratamientos están dentro de los valores de materiales con saturaciones normales (Munsell, 2013). Del mismo modo para  $L^*$ , según los resultados obtenidos presentó diferencias estadísticamente significativas a una  $p < 0.05$  en los tratamientos No. 8 y 9 y en los tratamientos No. 3, 6 y 9 con jengibre deshidratado osmóticamente con y sin escaldado respectivamente. Dando valores de color amarillo más oscuros ( $L^* > 75$ ) que el jengibre natural ( $L^* = 70.63$ ). El tratamiento No. 5 con valores de  $L^* = 73.23$ ,  $C^* = 21.47$  y  $^{\circ}h = 79.97$  más cercanos al testigo fue con 10% de NaCl a 55 °C en jengibre escaldado y deshidratado osmóticamente.

**Cuadro 9.** Resultados experimentales de  $L^*$ ,  $C^*$  y  $^{\circ}h$  en jengibre sin y con escaldado y deshidratado osmóticamente con NaCl al 5, 10 y 15% y T de 40, 55 y 70 °C.

Tratamiento	Sin escaldado			Con escaldado		
	$L^*$	$C^*$	$^{\circ}h$	$L^*$	$C^*$	$^{\circ}h$
1. 5% 40 °C	74.37 ± 2.49 <sup>a</sup>	18.47 ± 0.67 <sup>b</sup>	78.99 ± 0.86 <sup>a</sup>	65.91 ± 3.38 <sup>a</sup>	21.52 ± 1.62 <sup>a</sup>	75.66 ± 1.58 <sup>b</sup>
2. 5% 55 °C	72.02 ± 5.41 <sup>a</sup>	19.36 ± 1.98 <sup>b</sup>	83.52 ± 0.24 <sup>a</sup>	68.13 ± 3.77 <sup>a</sup>	24.77 ± 1.97 <sup>a</sup>	76.74 ± 1.59 <sup>b</sup>
3. 5% 70 °C	77.49 ± 3.69 <sup>b</sup>	20.30 ± 0.15 <sup>b</sup>	84.06 ± 1.77 <sup>b</sup>	66.69 ± 5.79 <sup>a</sup>	21.24 ± 2.63 <sup>a</sup>	77.47 ± 1.13 <sup>b</sup>
4. 10% 40 °C	70.16 ± 1.75 <sup>a</sup>	20.98 ± 0.50 <sup>b</sup>	79.47 ± 0.63 <sup>a</sup>	66.89 ± 3.76 <sup>a</sup>	25.31 ± 1.78 <sup>a</sup>	77.64 ± 1.45 <sup>b</sup>
5. 10% 55 °C	71.29 ± 0.40 <sup>a</sup>	25.54 ± 0.48 <sup>b</sup>	78.47 ± 0.37 <sup>a</sup>	<b>73.23 ± 2.12<sup>a</sup></b>	<b>21.47 ± 0.51<sup>a</sup></b>	<b>79.97 ± 1.14<sup>a</sup></b>
6. 10% 70 °C	77.77 ± 0.37 <sup>b</sup>	18.55 ± 0.60 <sup>b</sup>	86.81 ± 0.57 <sup>b</sup>	74.33 ± 2.26 <sup>a</sup>	17.94 ± 0.10 <sup>b</sup>	83.33 ± 1.68 <sup>b</sup>
7. 15% 40 °C	72.02 ± 1.98 <sup>a</sup>	20.96 ± 0.37 <sup>b</sup>	80.65 ± 1.19 <sup>a</sup>	73.56 ± 3.34 <sup>a</sup>	18.78 ± 0.51 <sup>b</sup>	82.16 ± 1.26 <sup>a</sup>
8. 15% 55 °C	74.83 ± 1.13 <sup>a</sup>	20.82 ± 0.89 <sup>b</sup>	80.07 ± 3.07 <sup>a</sup>	77.91 ± 1.99 <sup>b</sup>	20.43 ± 0.34 <sup>b</sup>	83.74 ± 1.22 <sup>b</sup>
9. 15% 70 °C	75.26 ± 2.48 <sup>b</sup>	17.54 ± 0.96 <sup>b</sup>	86.53 ± 1.69 <sup>b</sup>	79.34 ± 2.14 <sup>b</sup>	19.20 ± 0.36 <sup>b</sup>	84.95 ± 0.42 <sup>b</sup>
<b>**Testigo</b>	70.63 ± 0.55 <sup>a</sup>	23.35 ± 0.20 <sup>a</sup>	80.69 ± 1.19 <sup>a</sup>	70.63 ± 0.55 <sup>a</sup>	23.35 ± 0.20 <sup>a</sup>	80.69 ± 1.19 <sup>a</sup>

\*Todos los resultados son el promedio de tres repeticiones. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). \*\*Testigo es la muestra de jengibre en fresco

## Conclusión

La PA y GS se incrementaron al aumentar la concentración y temperatura en la solución osmodeshidratante de cloruro de sodio, teniendo como mejor tratamiento 15% de NaCl en jengibre sin escaldado a 70 °C. Sin embargo, el tratamiento donde se utilizó jengibre con escaldado a 55 °C y concentración de 10% de cloruro de sodio presentó un color similar al del jengibre fresco en los parámetros de L\*, C\* y °h.

## Bibliografía

AOAC. (1999). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16<sup>th</sup> edition. AOAC International, Gaithersburg, MD. USA.

Beristain C. I., Azuara E., Cortés R. & García H. S. (1990). Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. International Journal of Food Science and Technology. **25**: 576-582.

Castillo M. & Cornejo F. (2007). Estudio del efecto del proceso de deshidratación osmótica en la obtención de trozos secos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Revista Tecnológica ESPOL. **20**: 183-188.

Chavarro L. M., Ochoa C. I. & Ayala A. (2006). Efecto de la madurez, geometría y presión sobre la cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya (*Carica papaya* L.). Ciencia y Tecnología de Alimentos. **26**: 596-603.

Herman E., Martínez C., Pacheco H., Carmona R., Ruiz H. & Ruiz I. (2013). Mass transfer modeling of equilibrium and dynamic periods during osmotic

dehydration of radish in NaCl solutions. *Food and Bioproducts Processing*. (91):216-224.

Jokić A., Gyura J., Lević L. &Zavargó Z. (2007). Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. *Journal of Food Engineering* 78:47-51.

Mujica-Paz H., Valdez-Fragoso A., López-Malo A., Palou E. &Walti-Chanes J. (2003). Impregnation of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*.56: 307-314.

Munsell. (2013). Reflectancia de materiales. Recuperado de <http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/>. Consultada Enero 24, 2013.

Ochoa-Martínez C.I., Ramaswamy H.S. & Ayala-Aponte A.A. (2007). A comparison of some mathematical models used for the prediction of mass transfer kinetics in osmotic dehydration of fruits. *Drying Technology*.25: 1613-1620.

Sutar, P.P. &Gupta, D.K. (2007). Mathematical modeling of mass transfer in osmotic dehydration of onion slices. *Journal of Food Engineering*.78: 90-97.

## **Tema 2.19. Calidad de mieles Tabasqueñas en relación al hidroximetilfurfural y características fisicoquímicas.**

Jhonatan Hernández Pérez, Eloísa López Hernández, Lilí Rodríguez Blanco, Antonio Valadez Villarreal, Edith Miranda Cruz y J. Isabel López Naranjo.  
eloisa73@hotmail.com

### **Resumen**

Se realizó un estudio en mieles procedentes de diversos municipios del estado de Tabasco. Se evaluó la composición fisicoquímica, en cenizas, pH, °Bx, azúcares reductores, acidez e hidroximetilfurfural. Las mieles estuvieron de acuerdo a los estándares de calidad; sin embargo, en cuanto al contenido de azúcares reductores, la mejor miel fue la de Huimanguillo con un valor de 79.33 % y la de menor valor fue una comercial con 63 %. Los valores máximos de hidroximetilfurfural estuvieron con un valor de 38.630 mg/kg de miel, los cuales no sobrepasaron la norma de calidad.

### **Introducción**

La miel es la sustancia dulce natural producida por las abejas a partir del néctar de las flores o de secreciones de otras partes vivas de la planta, que las abejas recogen, transforman, combinan con sustancias específicas propias y almacenan en panales; de los cuales se extrae el producto sin ninguna adición (NMX F-O36-1997). Al final de los procesos de transformación, el néctar es convertido en miel, la cual es una solución sobresaturada de azúcares, y una de las mezclas de carbohidratos más complejas producidas en la naturaleza. Contiene además pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos y compuestos volátiles (Moguel *et al.*, 2005).

La producción mexicana de miel se concentra en las entidades de Yucatán, Jalisco, Campeche, Quintana Roo, Chiapas y Veracruz. Tabasco no figura entre los estados con mayor producción de miel, sin embargo a nivel interno se tiene que en 2008 se cosecharon 142 toneladas y en 2009 157 toneladas, lo cual indica que ha habido un ligero incremento. Los fenómenos meteorológicos que se han presentado en el Estado, han influido en la baja producción (SAGARPA, 2010). Existen, en México,

aproximadamente 45,000 apicultores, que producen de 60,000 a 70,000 toneladas de miel al año. Además de la miel, se produce cera (1,326 toneladas/año), jalea real (7.5 toneladas/año), polen (13 toneladas/año) y propóleos (6,000 kilogramos/año) (Ángeles y Román, 2005).

La composición química de la miel depende principalmente de las fuentes vegetales, de las cuales se deriva pero también de la influencia de factores externos, como el clima, el método de extracción y almacenamiento (Aparna y Rajalakshmi, 1999). Un mal manejo de la miel puede reducir su calidad; los factores que más influyen en ello son las altas temperaturas, el tiempo de almacenamiento y contenido de humedad superior a 21%, los cuales ocasionan fermentaciones, formación de hidroximetilfurfural, pérdida de la actividad enzimática, cambio del sabor, obscurecimiento y crecimiento microbiano (Moguel *et al.*, 2005).

En la calidad de la miel de abejas existe un factor muy importante que ejerce su influencia y es aquel que deriva de la actuación acertada o no del apicultor durante la manipulación de ésta. La higiene, la manera de extraerla, la filtración y la maduración de la miel, contribuyen para obtener un producto inocuo y translúcido, brillante, sin aromas ni sabores extraños, de gran valor nutritivo y con buenas propiedades de conservación. Sin embargo, un producto sobrecalentado, recogido en sitios inadecuados, con impurezas de cualquier índole, cosechado antes de que haya concluido su proceso natural de fermentación y deshidratación, dará como resultado una miel de calidad inferior. Para establecer la calidad de la miel de abejas el analista puede valerse del estudio de las características químicas y físicas del producto (Suescún y Vit, 2008).

La calidad fisicoquímica de la miel, se evalúa, mediante la determinación del contenido de agua, azúcares reductores, sólidos insolubles, acidez, cenizas, enzimas, nitrógeno, hidroximetilfurfural, pH y grados brix. Los azúcares constituyen prácticamente 80% del peso seco de cualquier miel y por ello, determinan muchas de sus características como higroscopicidad, viscosidad y baja actividad de agua ( $a_w$ ), la acidez suele ser más elevada en mieles fermentadas, la acidez libre no debe

superar los 40 meq/kg, los valores promedio de pH normales para una miel se encuentran comprendidos entre 3.0 y 4.5 debido a la presencia de los ácidos orgánicos: ácido fórmico, ácido acético, ácido málico, cítrico, ácido succínico, ácido láctico, ácido tartárico, ácido oxálico y ácido butírico. Las cenizas expresan el contenido de sales minerales y suele ser proporcional a la intensidad de color de la miel, mieles más oscuras poseen un mayor contenido de minerales y viceversa. El contenido de compuestos nitrogenados como proteínas y aminoácidos en la miel es muy bajo y se asocia con la presencia de granos de polen, por lo que su detección se ha utilizado como indicador para detectar adulteraciones en mieles comerciales. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la calidad de la miel de abeja (*Apis mellifera L.*) en relación al contenido de hidroximetilfurfural y propiedades fisicoquímicas procedentes del estado de Tabasco.

## **Materiales y métodos**

Las muestras de miel fueron colectadas en cuatro municipios del Estado de Tabasco, basándose en datos del padrón geo-referenciado apícola de SAGARPA 2012; fueron colocadas en envases translúcidos, etiquetadas y trasladadas al Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los análisis de azúcares reductores, determinación de pH, cenizas, °Bx, acidez titulable, e Hidroximetilfurfural, se realizaron de acuerdo a la Norma Mexicana (NMX F-O36-1997).

Para determinar el tamaño de muestra, se aplicó previamente un muestreo probabilístico, considerando igual oportunidad de participar, a cada apiario de la población, según el esquema simple aleatorio, a partir de los municipios de Tacotalpa, Huimanguillo, Centro, Tenosique, Cunduacán, Comalcalco y Paraíso, los cuales aportan más del 80% de la producción de miel del estado de Tabasco. Después del muestreo probabilístico, resultaron seleccionados los municipios de Tacotalpa, Tenosique, Centro y Huimanguillo.

Para la determinación de Hidroximetilfurfural se basó en el método de Carrez de la norma mexicana (NMX F-O36-1997), se prepararon las muestras de miel con las soluciones de Carrez, y posteriormente se realizó la lectura de la absorbancia a 284 nm y 336 nm, utilizando un espectrofotómetro Genesys 2 con celdas de cuarzo de 1 cm de paso óptico.

Los datos fueron manejados realizando análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey con un  $\alpha=0.05$  utilizando el software SAS V.8. 2000 (Córdova, 2009). El contenido de azúcar reductor se realizó según la norma mexicana (NMX F-O36-1997). 25 g de la miel tratados con crema de alúmina se aforó en matraz volumétrico de 100 mL, se titularon las soluciones de Fehling (sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )) y (tartrato de potasio y sodio ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )) utilizando como indicador una solución acuosa de azul de metileno. En una placa de calentamiento y agitación marca CORNING Modelo PC-400. Así mismo la acidez, cenizas, pH y °Bx, se determinaron de acuerdo a las normas oficiales.

## Resultados y discusión

Los resultados se muestran en la Tabla 1 y fueron muy similares en el contenido de cenizas, encontrando diferencias con la muestra 18, 19 y 20 de Tenosique y Huimanguillo con 0.414, 0.089 y 0.0759 respectivamente, estos datos están acordes al *Codex alimentarius*, ya que se acepta como valor máximo 1.0 % en miel de mielada y miel de flores; Sâric, *et al.*, (2008) obtuvieron valores de cenizas en mieles florales y monoflorales, desde 0.016 % a poco más de 1.0%, y mencionan que se debe al origen botánico, condiciones climáticas y formas de extracción. En °Bx las mejores muestras fueron la 6 y 7, correspondiente a Villahermosa con 80.53 y 80.43 °Bx respectivamente, en azúcares reductores la mejor fue la muestra 19 de Huimanguillo con un valor de 79.33 %, los datos están acordes a la NOM 2000 y *Codex alimentarius*.

En cuanto a valores de hidroximetilfurfural (hmf), en general todas las muestras estuvieron en el rango de los valores permitidos que es de 40 mg/kg de miel, no obstante, la muestra 6 de tacotalpa, dio valores más altos con 38.63 mg/kg. El hmf es un compuesto que se forma por descomposición de la fructosa ante la existencia de ácidos, su presencia en la miel aumenta por exposición de ésta a temperaturas por encima de la temperatura ambiente media (30°C) por lo que se utiliza también como indicador de calentamiento y envejecimiento de la miel (Suescún y vit, 2008). Al mismo tiempo es un parámetro de la frescura de la miel y no porque sea un producto tóxico, el HMF es también un indicador del envejecimiento de la miel ya que una miel fresca, líquida recién cosechada no tiene HMF y con el transcurso del tiempo este se va acumulando, por eso, simplemente ante un mercado tan exigente, es un parámetro que garantiza la frescura del producto (Valega, 2008).

**Cuadro 1.** Composición fisicoquímica en mieles procedentes de Tabasco

No. De muestra	CENIZAS (%)	° Bx	pH	% AZÚCARES REDUCTORES	HIDROXIMETIL FURFURAL mg/kg de miel	Acidez (millequiv de ácido)
1	0.17772 <sup>BC</sup>	78.17 <sup>G</sup>	3.77 <sup>F</sup>	63.47 <sup>E</sup>	9.682 <sup>A</sup>	24.333 <sup>EF</sup>
2	0.14866 <sup>BC</sup>	78.17 <sup>G</sup>	3.76 <sup>FG</sup>	74.37 <sup>D</sup>	13.357 <sup>A</sup>	30 <sup>ED</sup>
3	0.15511 <sup>BC</sup>	78.57 <sup>EF</sup>	3.77 <sup>FG</sup>	75.7 <sup>FG</sup>	3.891 <sup>A</sup>	9 <sup>H</sup>
4	0.10451 <sup>BC</sup>	80.00 <sup>B</sup>	3.78 <sup>EF</sup>	73.03 <sup>FG</sup>	0.302 <sup>A</sup>	16.667 <sup>G</sup>
5	0.11278 <sup>BC</sup>	79.83 <sup>B</sup>	3.73 <sup>H</sup>	77.37 <sup>B</sup>	1.051 <sup>A</sup>	33.667 <sup>D</sup>
6	0.26934 <sup>BA</sup>	80.53 <sup>A</sup>	3.91 <sup>B</sup>	73.37 <sup>F</sup>	38.63 <sup>E</sup>	19 <sup>GF</sup>
7	0.17487 <sup>BC</sup>	80.43 <sup>A</sup>	3.78 <sup>EF</sup>	76.73 <sup>C</sup>	4.207 <sup>B</sup>	30.333 <sup>ED</sup>
8	0.16356 <sup>BC</sup>	79.57 <sup>C</sup>	3.8 <sup>DE</sup>	72.73 <sup>G</sup>	2.269 <sup>B</sup>	25 <sup>EF</sup>
9	0.16562 <sup>BC</sup>	79.97 <sup>B</sup>	3.81 <sup>D</sup>	71.77 <sup>H</sup>	1.512 <sup>B</sup>	28.667 <sup>ED</sup>
10	0.14367 <sup>BC</sup>	78.43 <sup>F</sup>	3.77 <sup>F</sup>	77.4 <sup>B</sup>	1.514 <sup>B</sup>	48.667 <sup>B</sup>
11	0.15336 <sup>BC</sup>	78.43 <sup>F</sup>	3.75 <sup>GH</sup>	71.83 <sup>H</sup>	19.44 <sup>D</sup>	57 <sup>A</sup>
12	0.19392 <sup>BC</sup>	78.03 <sup>G</sup>	3.92 <sup>B</sup>	76.63 <sup>C</sup>	4.825 <sup>C</sup>	16.66 <sup>G</sup>
16	0.15157 <sup>BC</sup>	79.37 <sup>D</sup>	3.89 <sup>C</sup>	71.5 <sup>I</sup>	0.393 <sup>A</sup>	40 <sup>C</sup>
17	0.17410 <sup>BC</sup>	78.50 <sup>F</sup>	3.93 <sup>B</sup>	74.17 <sup>E</sup>	3.44 <sup>B</sup>	48.5 <sup>B</sup>
18	0.41430 <sup>A</sup>	77.57 <sup>H</sup>	3.88 <sup>C</sup>	66.2 <sup>H</sup>	11.72 <sup>D</sup>	No
19	0.08932 <sup>C</sup>	78.73 <sup>E</sup>	3.97 <sup>A</sup>	73.43 <sup>F</sup>	8.682 <sup>C</sup>	No
20	0.07594 <sup>C</sup>	79.47 <sup>DC</sup>	3.77 <sup>GF</sup>	79.33 <sup>A</sup>	10.763 <sup>C</sup>	No

Límite de confianza  $\alpha = 0.05$  Muestras: (1-11) apiarios de Tacotalpa, (12) Tenosique, (16-19) Centro (20) Huimanguillo

## Conclusión

Las muestras de miel cumplieron con las normas oficiales mexicanas cuyos valores oscilan para cenizas máximo 0.6, azúcares reductores mínimo 63.8%, hidroximetilfurfural valores menores a 40 mg/kg de miel, pH entre 3.7-3.97 y °Bx con valores de 80.5.

## Bibliografía

Ángeles T. C. y Román de C. A. M., (2005). La producción apícola en México. Revista trimestral 1 (2): 1-15.

AOAC, (2000). Método oficial 932.14. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th Edition. Vol. II, Chapter, p.3.

Aparna A. R. y Rajalakshmi D. (1999). Honey its characteristics, sensory aspects, and applications, Food Reviews International, 15: 4, 455-471.

Córdova C. C. I., (2009). Determinación geográfica y botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) del Estado de Tabasco, México. Tesis de Maestría Colegio de Posgraduados. Campus Tabasco. Postgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico. 147: 5-8.

Moguel O. Y. B., Echazarreta G. C. y Mora E. R. (2005). Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante

diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Técnica Pecuaria en México*, 43 (3): 323-334.

NMX-F-036-1997. Alimentos-Miel-Especificaciones y métodos de prueba. NORMEX.

SAGARPA (2010). Situación actual y perspectivas de la apicultura en México. *Claridades Agropecuarias*. 199:13.

Sâric G.; Matkavié D.; Hruskar M.; Vahcié. (2008). Characterisation and classification of Croatian honey by physicochemical parameters. *Food Technol Biotechnol*. 46(4) 355-367.

Suescún L. y Vit P. (2008).Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. *Fuerza Farmacéutica* 1: 6-15.

Valega O. (2008). Frescura calidad y adulteraciones de la miel. *Apícola Don Guillermo*.

[www.apiservices.com/articulos/frescura\\_adulteraciones\\_miel.pdf](http://www.apiservices.com/articulos/frescura_adulteraciones_miel.pdf). Consultado en la red, el 15 de noviembre de 2012.

# CAPÍTULO III. ACUACULTURA Y PESQUERÍA



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**  
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
Centro Universitario de Petén

Investigaciones en Ciencias Biológicas

# INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), describe que la pesca y la acuicultura realizan contribuciones importantes al bienestar y la prosperidad mundiales, y en los últimos 50 años, el suministro mundial de productos pesqueros destinados al consumo humano ha superado el crecimiento de la población mundial. La acuicultura, es posiblemente el sector de producción de alimentos de crecimiento más acelerado, hoy representa casi el 50% de los productos pesqueros mundiales destinados a la alimentación.

Esta actividad seguirá siendo uno de los sectores de producción de alimentos de origen animal de más rápido crecimiento y, en el próximo decenio, la producción total de la pesca de captura y la acuicultura superará a la de carne de vacuno, porcino y aves de corral. Sin embargo, una población de cerca de 1000 millones de personas padece hambre; y son las poblaciones pobres, especialmente en las zonas rurales, las más vulnerables a la combinación de las amenazas mencionadas anteriormente. En muchas partes del mundo, el consumo de pescado por parte de esas poblaciones sigue siendo muy bajo y se benefician de las contribuciones cada vez mayores que realizan la pesca y la acuicultura, en cuanto a unos ingresos y una seguridad alimentaria sostenibles. Por ende, se requiere generar y aplicar conocimientos en el área de acuicultura con fines de producción y conservación.

En esta Capítulo se exponen cinco trabajos de investigación: 1) Ordenamiento acuícola de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, 2) Evaluación de dos ensilados químicos elaborados para la acuicultura, 3) Importancia del procesamiento-conservación-comercialización en la pesquería del ostión, 4) Aislamiento e identificación de *Aeromonas salmonicida* a partir de langostino prieto y 5) Crecimiento en machos y hembras del langostino *Macrobrachium tenellum* en estanques rústicos. Esperamos que la difusión de estas investigaciones, contribuya en el avance de la ciencia y tecnología de la acuicultura y pesquería.

## **Tema 3.1. Ordenamiento acuícola de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche.** Jesús T. Ponce Palafox, Alfredo Herrera Messina y Mario Alfredo Benítez Mandujano. [jesus.ponce@usa.net](mailto:jesus.ponce@usa.net)

### **Resumen**

La finalidad del presente trabajo es elaborar la propuesta del Programa de Ordenamiento Acuícola de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche que permita ubicar, regular y administrar la actividad acuícola, y que promueva el aprovechamiento sustentable de los recursos acuícolas para asegurar su producción óptima, la calidad ambiental y sanitaria, así como la disponibilidad y permanencia de las poblaciones naturales de las especies de interés actual y potencial para la acuicultura. Los estados que tienen más Unidades de Producción Acuícola son Yucatán, Campeche y Quintana Roo en orden descendente. Los problemas más importantes que se presentan en la zona para el desarrollo de la acuicultura son: altos costos de los insumos, dificultades para obtener resoluciones positivas en materia de impacto ambiental, recursos para la operación escasos o limitados, asesoría, capacitación técnica y administrativa insuficiente entre otros. La zona cuenta con 371,171 has de zonas con alta y muy alta aptitud potencial para la acuicultura con una mayor área en orden descendente para Campeche Yucatán y Quintana Roo. Se definieron 4 Unidades de Manejo Acuícola distribuidas en los tres estados.

### **Introducción**

Para la formulación y conducción de la Política Nacional de Pesca y Acuicultura Sustentables, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) instrumentó el Programa Nacional de Ordenamiento Acuícola (PNOA). El Programa Nacional de Ordenamiento Acuícola se enmarca, sustenta y motiva en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2006-2012 de la SAGARPA, y se constituye en el Programa Rector Nacional de Acuicultura y Pesca; este último con el objetivo de establecer las políticas que conlleven a reconocer a la acuicultura como una actividad con alto potencial de desarrollo mediante políticas que permitan un

desarrollo ordenado y sustentable y en la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.

La propuesta de Ordenamiento Acuícola comprende las etapas de caracterización, diagnóstico integrado y el modelo de Ordenamiento Acuícola. Estas fases o etapas son de gran importancia para caracterizar y hacer un diagnóstico integral de la actividad acuícola considerando componentes bióticos y abióticos; permite el análisis del estado actual del sector y de los recursos acuáticos, establece las estrategias para el aprovechamiento sustentable de los recursos acuáticos del Estado y por Unidad de Manejo Acuícola con sus respectivos Planes de Manejo Acuícola. Derivado del Ordenamiento Acuícola se obtiene una propuesta de regularización de las Unidades de Producción congruente con los atributos del entorno y con las condiciones de sustentabilidad y eco-eficiencia establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo.

La problemática que representa el crecimiento desordenado de la acuacultura, la dispersión y heterogeneidad en la información del estado del sector impone la urgente regulación de la actividad acuícola, para inducir su aprovechamiento sustentable basado en el conocimiento de los atributos del entorno, usos y potencialidades de desarrollo y de la capacidad acuícola para el territorio Estatal y la zona Federal adyacente, que permita, además proveer de información confiable y verificable sobre la superficie actual y potencial para el cultivo sustentable de las especies acuícolas en los diferentes sistemas acuáticos, involucrando aspectos biotecnológicos y socioeconómicos con el objetivo de que las autoridades realicen la administración y regulación acuícola mediante la expedición y seguimiento de permisos y concesiones de acuacultura y la integración de un sistema de información acuícola como una plataforma Nacional que soporte la planeación estratégica y la toma de decisiones sectorial.

La finalidad del presente trabajo es elaborar la propuesta del Programa de Ordenamiento Acuícola de los estados de Quintan Roo, Yucatán y Campeche que

permita ubicar, regular y administrar la actividad acuícola, y que promueva el aprovechamiento sustentable de los recursos acuícolas para asegurar su producción óptima, la calidad ambiental y sanitaria, así como la disponibilidad y permanencia de las poblaciones naturales de las especies de interés actual y potencial para la acuicultura.

## **Materiales y métodos**

Se presenta en una forma sintetizada la metodología seguida en este trabajo, para lo cual se inició con la elaboración de una base de datos respecto a las Unidades de Producción Acuícola (UPAs), su entorno crítico, y quienes participan en la actividad acuícola en el Estado, misma que sirvió para una base de datos nacional que construyó la CONAPESCA. Esta base fue construida con la aplicación de encuestas, recopilación de información existente y procesamiento directo, indirecto y/o remoto de plataformas geográficas y la documentación y georeferenciación de información de campo.

Se promovieron acciones específicas para la Regularización de las UPA que no cuenten con los permisos o resolutivos para su operación en materia de normatividad ambiental (SEMARNAT), uso de zonas federales (ZOFEMAT), productiva (CONAPESCA), del uso y descarga del agua (CNA), certificación de áreas de cultivo de moluscos bivalvos (COFEPRIS), de inversión extranjera (SE) y para no entorpecer la navegación (SCT), etc.

Se recopiló y analizó información digital o impresa existente de aspectos bióticos y abióticos relevantes para el ordenamiento acuícola de cada Estado.

Se integró un Sistema de Información Geográfica que facilitó la caracterización, diagnóstico integrado, el modelado, el planteamiento y ubicación de estrategias de manejo sustentable, el monitoreo, la gestión y administración de la acuicultura por entidad federativa.

Se desarrolló la caracterización y el diagnóstico por zonas de acuerdo a las condiciones de operación, resultados de carácter tecnológico, productivo, económico y social y análisis de la problemática del sector a efecto de determinar las políticas bajo las cuales esta actividad debe ser administrada.

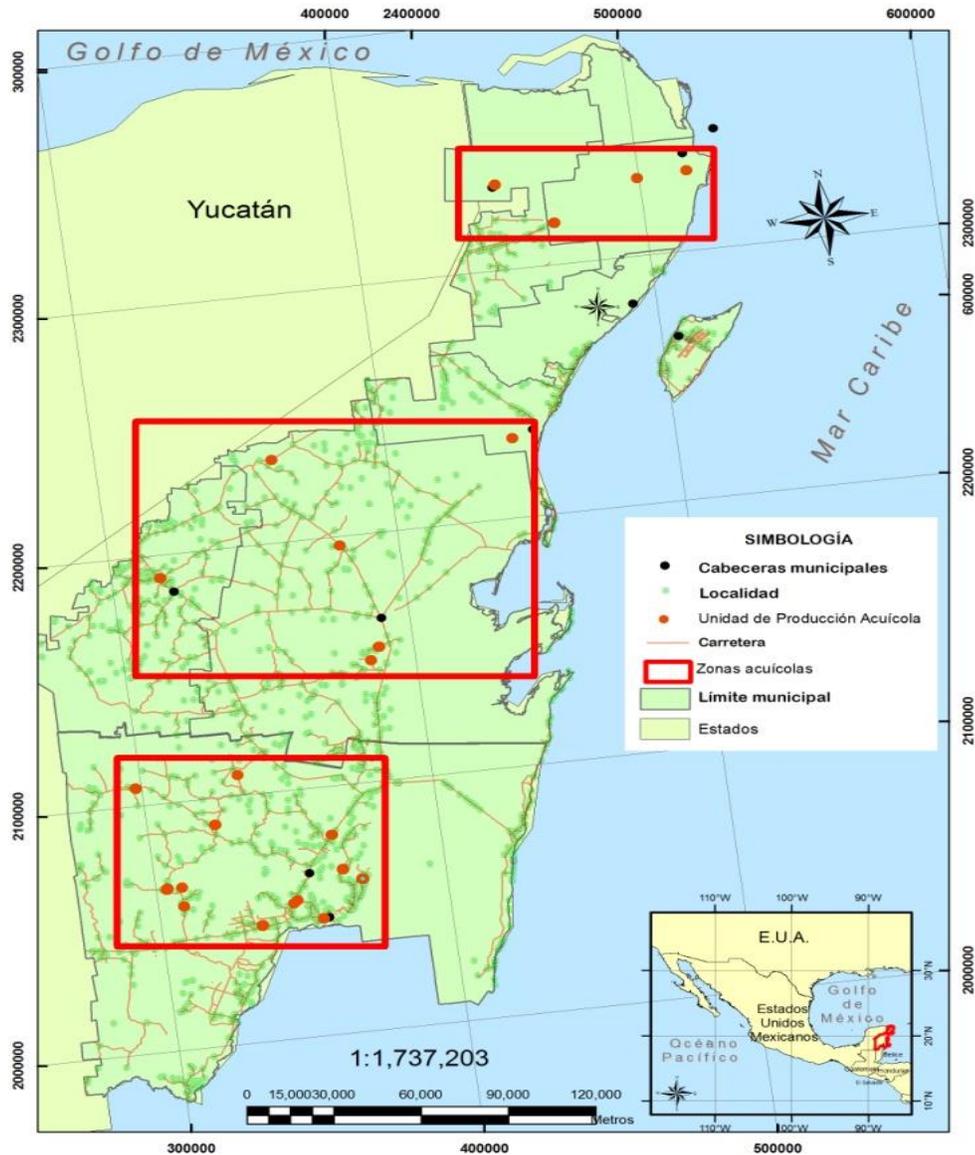
Se desarrollaron estrategias y lineamientos para la propuesta del Modelo de Ordenamiento Acuícola de los Estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche que permitieron conocer las áreas con potencial para el desarrollo sustentable de la acuicultura.

Finalmente, se elaboró la Caracterización, Diagnóstico Integrado, Propuesta de Modelo de Ordenamiento Acuícola, Aptitud Acuícola y la Propuesta de Unidades de Manejo Acuícolas (UMACs).

## **Resultados**

### **Estado de Quintana Roo**

Como resultado de la encuesta sectorial, se identificaron 25 Unidades de Producción Acuícola (UPAs) dedicadas al cultivo de mojarra tilapia (Fig. 1), mismas que han venido realizando sus operaciones sin ningún tipo de concesión o permiso de acuicultura.



**Figura 1.** Zonación de las Unidades de Producción Acuícola en el estado de Quintana Roo

Los principales problemas encontrados fueron alto costo y fallas en el suministro de energía eléctrica, no hay permisos para el cultivo de otras especies, dificultades para obtener resoluciones positivas en materia de impacto ambiental y recursos para la operación insuficientes o limitados entre otros (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Problemas identificados de la acuicultura por los productores del Estado de Quintana Roo

<b>Problema</b>	<b>Subsector afectado</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Mala calidad de la cría.</b>	Piscicultura.	8
<b>Alto costo y fallas en el suministro de energía eléctrica.</b>	Piscicultura.	15
<b>Asesoría y capacitación insuficiente.</b>	Piscicultura.	1
<b>No hay permisos para el cultivo de otras especies.</b>	Piscicultura.	13
<b>Dificultades para acceder a apoyos.</b>	Piscicultura.	8
<b>Desconocimiento de especies acuáticas con potencial y lugares con vocación para su cultivo.</b>	Piscicultura.	7
<b>Dificultades para obtener resoluciones positivas en materia de impacto ambiental.</b>	Piscicultura.	13
<b>No hay coordinación en el gobierno.</b>	Piscicultura.	12
<b>Marco legal complejo que no favorece el desarrollo de la actividad acuícola.</b>	Piscicultura.	5
<b>El municipio no autoriza cultivos de tilapia o de acuicultura en general.</b>	Piscicultura.	12
<b>Falta de actualización en aspectos técnicos del cultivo.</b>	Piscicultura.	13
<b>Insuficiencia de equipos.</b>	Piscicultura.	9
<b>Recursos para la operación insuficientes o limitados.</b>	Piscicultura.	14
<b>El alimento y las crías son bastante caros y deben traerse de lugares distantes.</b>	Piscicultura.	10

En la Figura 1 se muestra el mapa de aptitud general del Estado de Quintana Roo, donde se define una aptitud terrestre y una marina con cinco niveles cada una de nula hasta alta. Se encontró en términos generales que el Estado de Quintana Roo tiene una aptitud alta de 3, 685 has potenciales para realizar la acuicultura (Tabla 2).

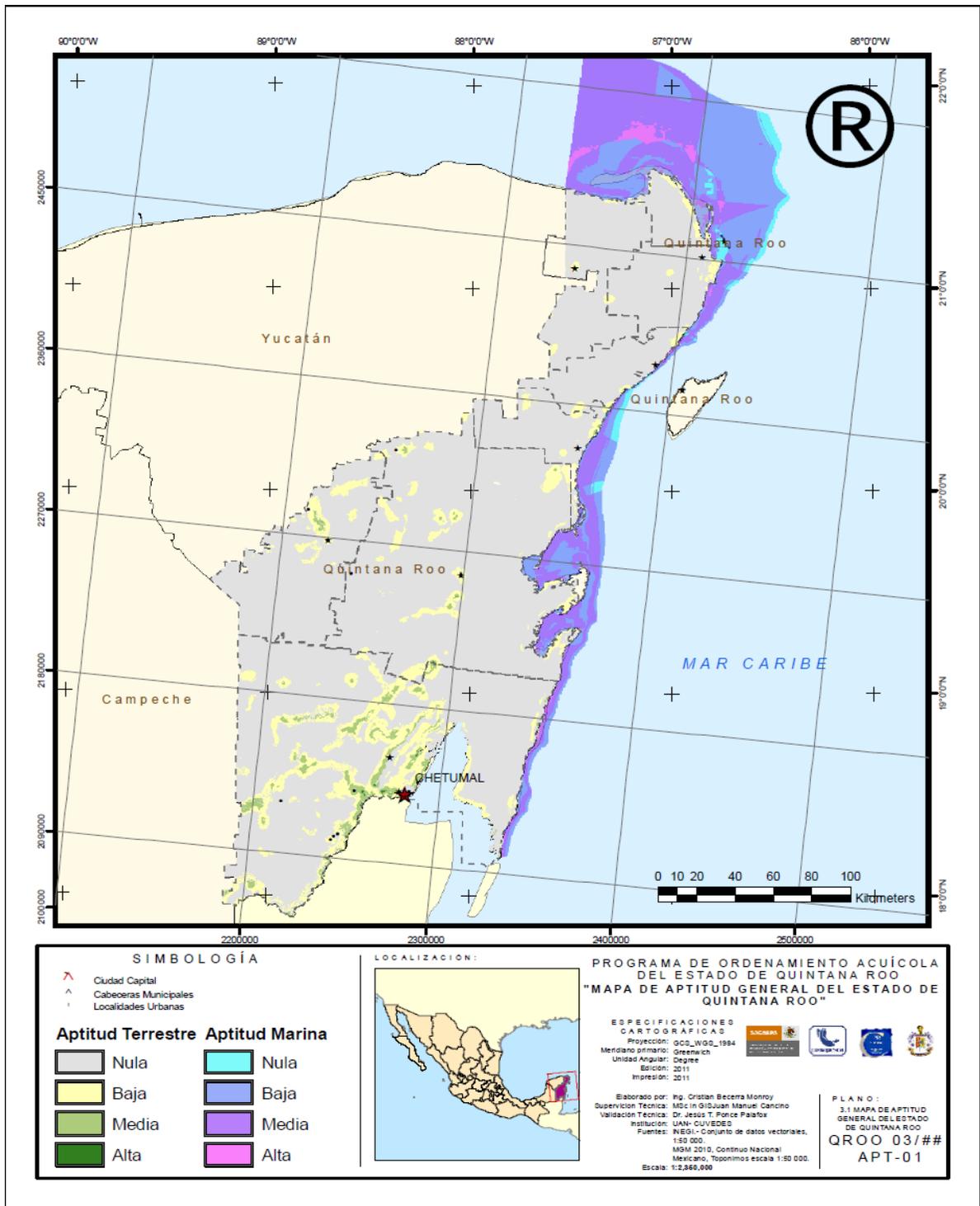


Figura 1. Mapa de aptitud general del Estado de Quintana Roo

**Cuadro 2.** Área y porcentaje Estatal de la Aptitud Acuícola del Estado de Quintana Roo

<b>Nivel de Aptitud</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>KM<sup>2</sup></b>	<b>% de la Aptitud</b>	<b>Superficie de la Región Km<sup>2</sup></b>
<b>Muy Baja</b>	1,796,446	17,964	42.7%	42,076
<b>Baja</b>	1,907,403	19,074	45.3%	
<b>Media</b>	420,584	4,206	10.0%	
<b>Alta</b>	79,509	795	1.9%	
<b>Muy Alta</b>	3,685	37	0.1%	

### **Modelo de Ordenamiento**

Para la generación de este modelo se estableció 1 Unidad de Manejo acuícola (UMAC), y 4 Áreas Potenciales de Manejo Acuícola Terrestre (APMACT), 1 Área Potencial de Manejo Acuícola Costero (APMACC) y 3 Áreas Potenciales de Manejo Acuícola Marino (APMAM) (Fig. 2) para el territorio del estado, con este modelo se define la estrategia de manejo acuícola que cada unidad tiene en la actualidad y el manejo que se le dará en el futuro, además de los criterios que establecen los requisitos, normas y modalidades que deberá tener cada unidad de manejo, criterios que deberán considerarse al implementar los programas y acciones para la instrumentación y seguimiento de este Programa de Ordenamiento Acuícola.

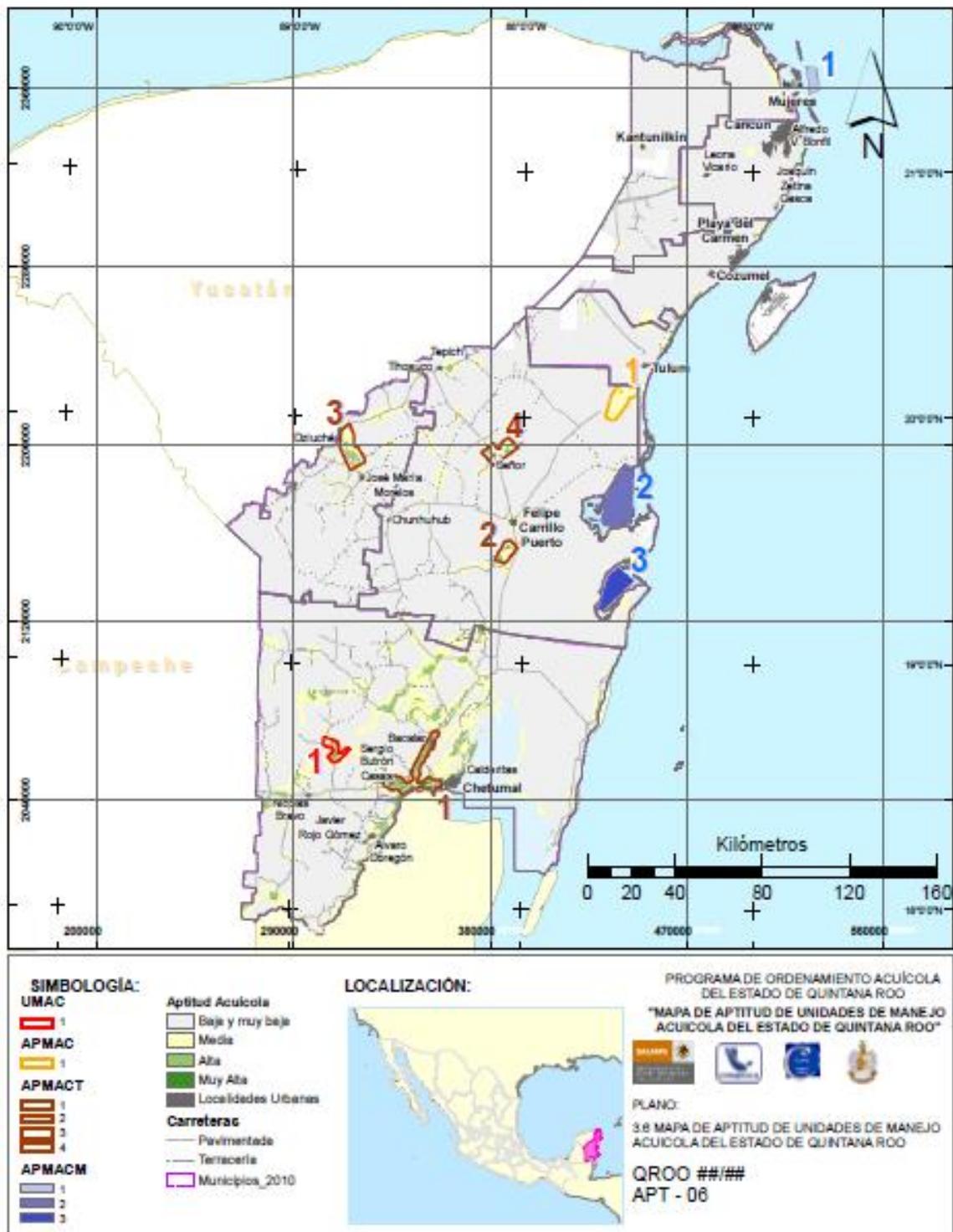


Figura 2. Mapa de aptitud general del Estado de Quintana Roo con las Unidades de Manejo Acuícola, APMAC, APMACT Y APMACM

## Estado de Yucatán

Como resultado de la encuesta sectorial, se identificaron 99 Unidades de Producción Acuícola (UPA's) con una superficie total de 1,632.582 hectáreas, de las cuales 1 dedicada al cultivo de alga *Spirulina*, 2 al cultivo de *Artemia salina*, 5 al cultivo de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), 1 al cultivo de camarón blanco del golfo (*Litopenaeus setiferus*), 87 dedicadas al cultivo de mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) y 3 al cultivo de peces de ornato.

Del total de 99 UPA's encuestadas, 5 manifestaron tener concesión acuícola, una dijo tener permiso de acuicultura comercial y 3 respondieron tener permiso de acuicultura comercial en trámite; el resto ha venido realizando sus operaciones sin ningún tipo de concesión o permiso de acuicultura.

Los principales problemas encontrados fueron altos costos de los insumos, falta de protección a mercados, altos costos de energía, asesoría y capacitación técnica y administrativa insuficiente entre otros (Tabla 3).

**Cuadro 3.** Problemas identificados por los productores acuícolas del Estado de Yucatán

Problema	Subsector afectado	Frecuencia
<b>Altos costos de insumos.</b>	Piscicultura.	20
<b>Falta de protección a mercados.</b>	Piscicultura.	17
<b>Altos costos de energía eléctrica.</b>	Piscicultura.	15
<b>Asesoría y capacitación técnica y administrativa insuficiente.</b>	Piscicultura.	15
<b>Dificultades para obtener permisos, concesiones y autorizaciones.</b>	Piscicultura.	14
<b>Mala calidad, alto costo, y abasto inoportuno de crías.</b>	Piscicultura.	13
<b>Dificultades para acceder a financiamientos.</b>	Piscicultura.	11
<b>Retraso en la recepción de apoyos y subsidios.</b>	Piscicultura.	11

En la figura 3 se muestra el mapa de aptitud general del Estado de Yucatán, donde se define una aptitud terrestre y una marina con cinco niveles cada una de nula hasta

alta. Se encontró en términos generales que el Estado de Yucatán tiene una aptitud alta de 276,352 has y muy alta de 6,943 has potenciales para realizar la acuicultura (Tabla 4).

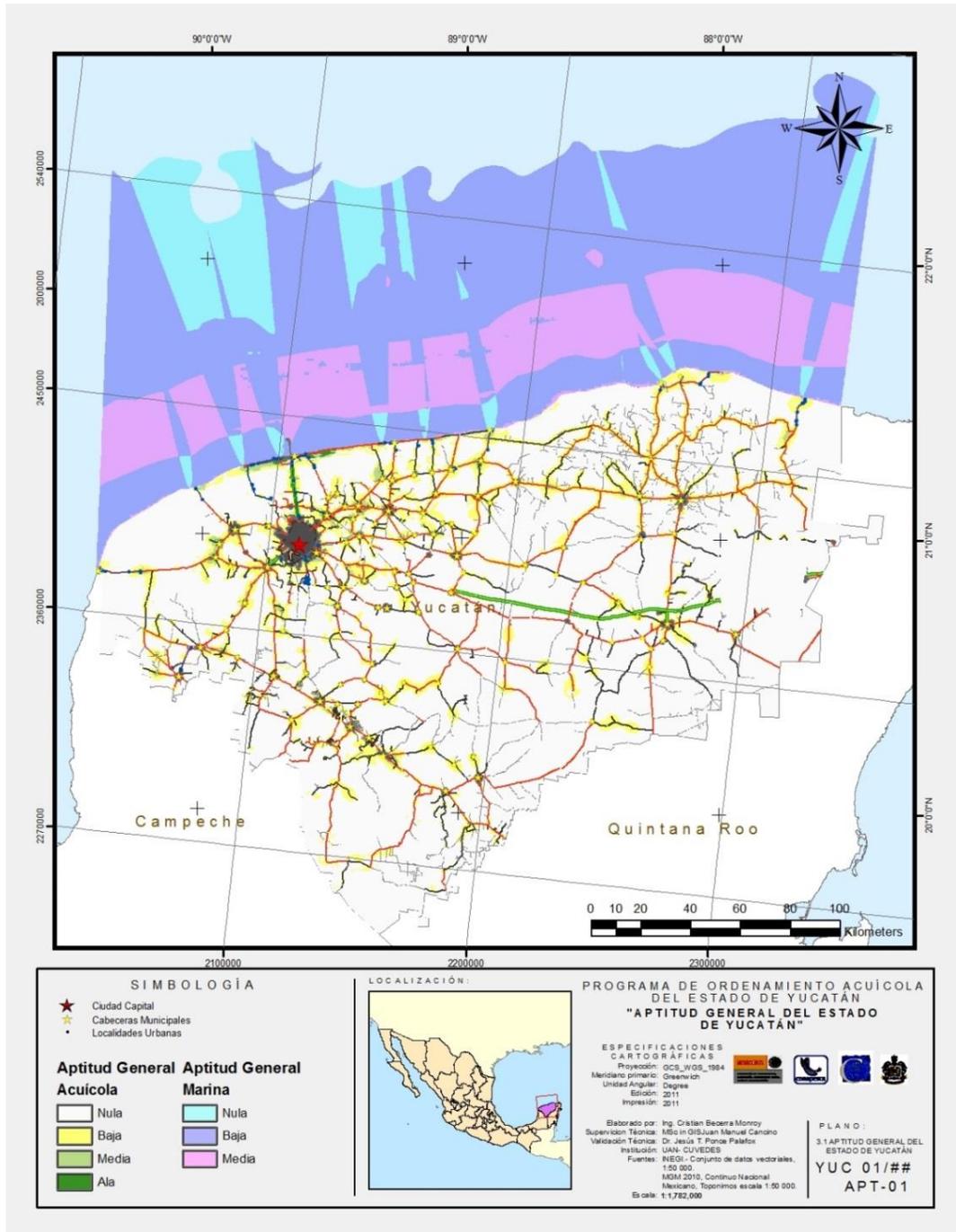


Figura 3. Mapa de aptitud general del Estado de Yucatán

**Cuadro 4.** Superficie en Hectáreas de Aptitud Acuícola por Región del Estado Yucatán

Región	Nula	Baja	Media	Alta	Total
<b>Yucatán (Has)</b>	3,250,396	550,782	75,781	7,658	3,988,812
<b>1 Litoral Oriente</b>	624,169	132,670	5,193	19	786,647
<b>2 Oriente</b>	611,921	41,667	1,590	396	658,436
<b>3 Litoral Centro</b>	192,228	82,325	18,256	1,106	293,999
<b>4 Centro</b>	223,390	32,035	4,362	34	259,822
<b>5 Centro Sur</b>	248,261	14,259	745	-	263,265
<b>6 Influencia Metropolitana</b>	255,983	97,262	28,834	5,104	421,453
<b>7 Litoral Poniente</b>	290,297	44,517	9,219	960	366,977
<b>8 Sur Poniente</b>	270,566	47,975	3,922	33	326,099
<b>9 Sur</b>	533,370	58,016	3,622	-	611,805

### Modelo de Ordenamiento

Para la generación de este modelo se estableció 1 Unidad de Manejo acuícola (UMAC), y 4 Áreas Potenciales de Manejo Acuícola Terrestre (APMACT), 1 Área Potencial de Manejo Acuícola Costero (APMACC) y 3 Áreas Potenciales de Manejo Acuícola Marino (APMAM) (Fig. 4) para el territorio del estado, con este modelo se define la estrategia de manejo acuícola que cada unidad tiene en la actualidad y el manejo que se le dará en el futuro, además de los criterios que establecen los requisitos, normas y modalidades que deberá tener cada unidad de manejo, criterios que deberán considerarse al implementar los programas y acciones para la instrumentación y seguimiento de este Programa de Ordenamiento Acuícola.

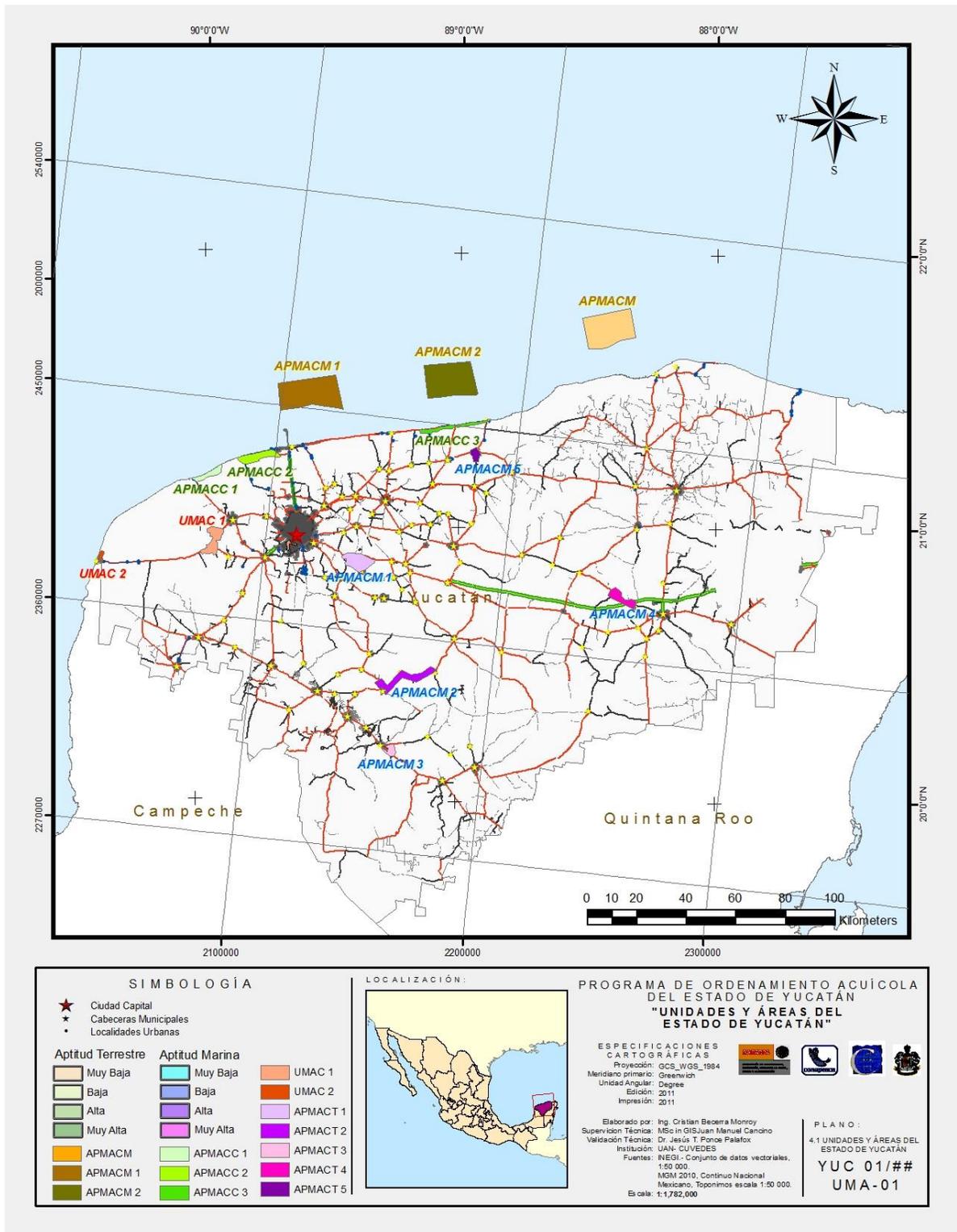


Figura 4. Mapa de las UMACs y Áreas Potenciales de Manejo Acuícola

## Estado de Campeche

Como resultado de la encuesta sectorial, se identificaron 86 Unidades de Producción Acuícola (UPA`s) con una superficie total de 766.06 hectáreas, de las cuales 2 dedicadas al cultivo de camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*), 1 al cultivo de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*), 4 al cultivo de corvina roja, 3 al cultivo de mojarra castarrica, 1 dedicada al cultivo de peje lagarto, 1 dedicada al cultivo de peces de ornato, 1 al cultivo de robalo común, 4 dedicadas al cultivo de tenhuayaca, tengajagua o mojarra dorada, 1 dedicada al cultivo de tilapia híbrido rojo, 67 dedicadas al cultivo de mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) y 1 al cultivo de tilapia nilótica, tenhuayaca, tenguajagu o mojarra dorada.

Del total de 86 UPA`s encuestadas, 4 manifestaron tener permiso de acuicultura de fomento; el resto ha venido realizando sus operaciones sin ningún tipo de concesión o permiso de acuicultura.

**Cuadro 5.** Problemas identificados por los productores

<b>Problema</b>	<b>SubSector afectado</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>No hay suficientes crías</b>	Piscicultura.	40
<b>Altos costos en el alimento</b>	Piscicultura.	40
<b>Pago de peaje</b>	Piscicultura.	40
<b>Falta de asesoría permanente</b>	Piscicultura.	40
<b>Falta de asesoría y acompañamiento postcosecha</b>	Piscicultura.	40
<b>Burocracia, lentitud y alto costo en trámites gubernamentales</b>	Piscicultura.	40
<b>Crías de mala calidad</b>	Piscicultura.	37
<b>Alto costo de energía eléctrica</b>	Piscicultura.	37
<b>Alto costo de combustible</b>	Piscicultura.	34

En la figura 5 se muestra el mapa de aptitud general del Estado de Campeche, donde se define una aptitud terrestre y una marina con cinco niveles cada una de nula hasta alta. Se encontró en términos generales que el Estado de Campeche tiene una aptitud alta de 15, 310 has potenciales para realizar la acuicultura (Tabla 6).

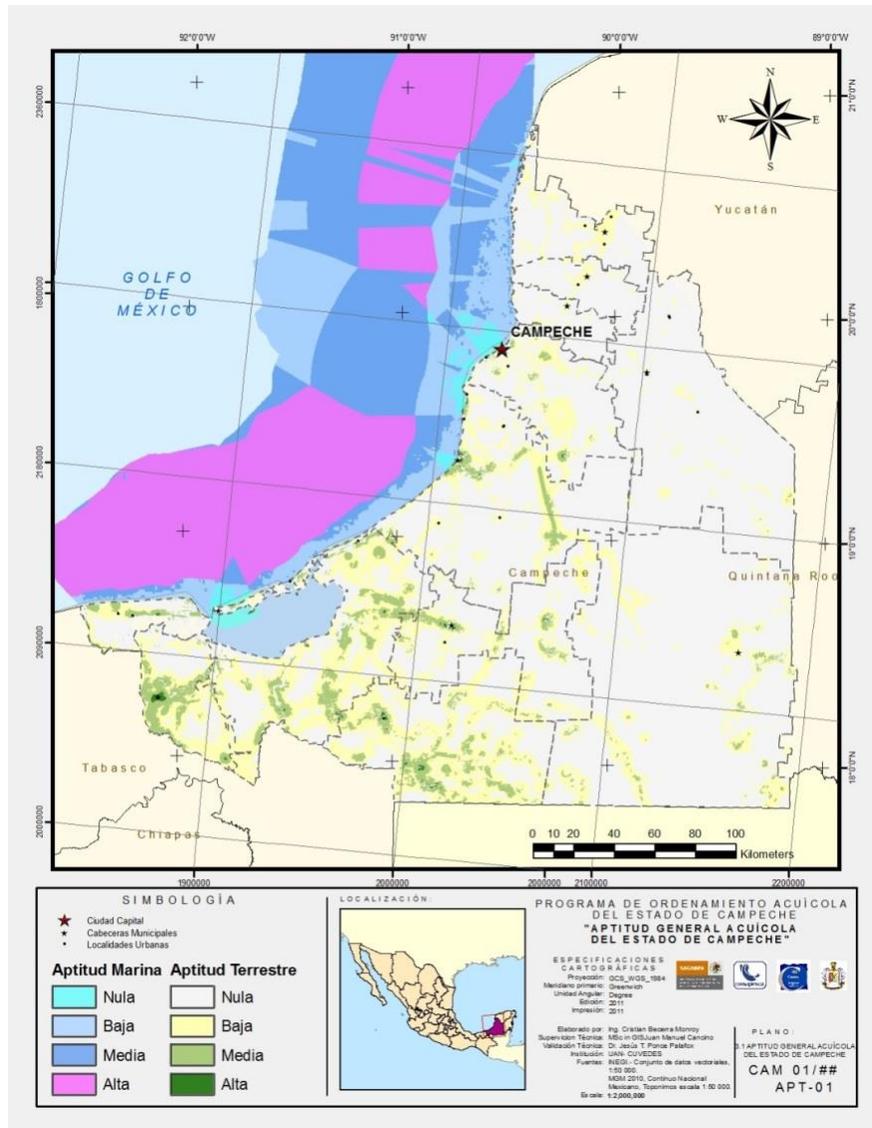


Figura 5. Mapa de aptitud general del Estado de Campeche

**Cuadro 6.** Área y porcentaje Estatal de la Aptitud Acuícola del Estado de Campeche

<b>Nivel de Aptitud</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>KM<sup>2</sup></b>	<b>% de la Aptitud</b>	<b>Superficie de la Región Km<sup>2</sup></b>
<b>Muy Baja</b>	1,670,513	16,705	30.11%	55,475.39
<b>Baja</b>	2,403,127	24,031	43.32%	
<b>Media</b>	1,190,604	11,906	21.46%	
<b>Alta</b>	276,352	2,764	4.98%	
<b>Muy Alta</b>	6,943	69	0.13%	

### **Modelo de Ordenamiento**

Para la generación de este modelo se establecieron 2 Unidad de Manejo acuícola (UMAC), y 2 Áreas Potenciales de Manejo Acuícola Terrestre (APMACT), 1 Área Potencial de Manejo Acuícola Costero (APMACC) y 1 Área Potencial de Manejo Acuícola Marino (APMAM) (Fig. 6) para el territorio del estado, con este modelo se define la estrategia de manejo acuícola que cada unidad tiene en la actualidad y el manejo que se le dará en el futuro, además de los criterios que establecen los requisitos, normas y modalidades que deberá tener cada unidad de manejo, criterios que deberán considerarse al implementar los programas y acciones para la instrumentación y seguimiento de este Programa de Ordenamiento Acuícola.

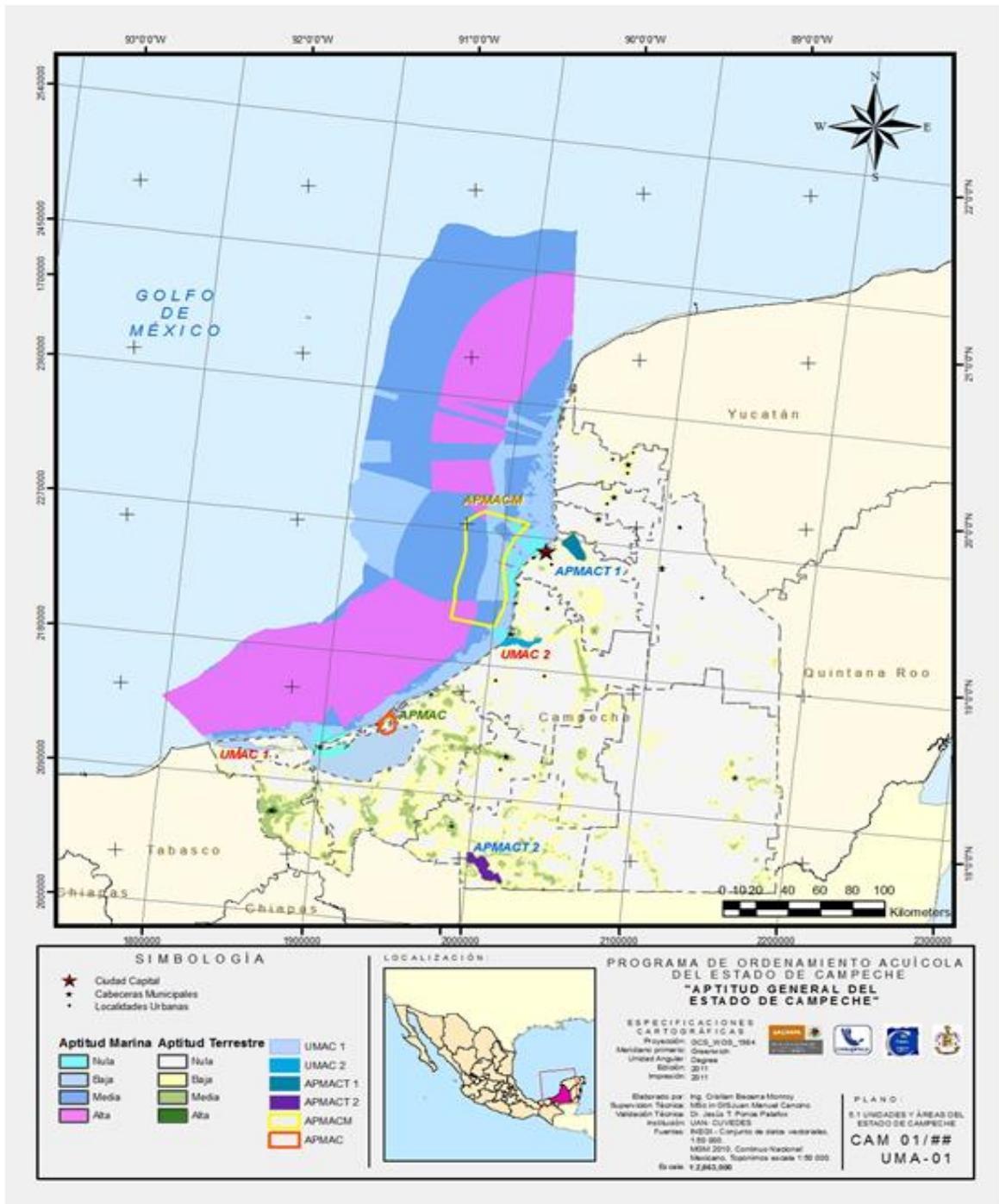


Figura 6. Mapa de las UMACs y Áreas Potenciales de Manejo Acuícola

## **Conclusiones**

Los estados que tienen más Unidades de Producción Acuícola son Yucatán, Campeche y Quintana Roo en orden descendente.

Los problemas más importantes que se presentan en la zona para el desarrollo de la acuicultura son: altos costos de los insumos, dificultades para obtener resoluciones positivas en materia de impacto ambiental, recursos para la operación escasos o limitados, asesoría, capacitación técnica y administrativa insuficiente entre otros.

La zona cuenta con 371,171 has de zonas con alta y muy alta aptitud potencial para la acuicultura con una mayor área en orden descendente para Campeche Yucatán y Quintana Roo.

Se definieron 4 Unidades de Manejo Acuícola distribuidas en los tres estados.

## **Agradecimientos**

A la CONAPESCA por el financiamiento recibido para los Ordenamientos Acuícolas y a las subdelegaciones estatales y gobiernos de los Estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche por el apoyo logístico y la información proporcionada.

## **Bibliografía**

Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic Data [AVISO]. 2010. Dinamic Topographic. <ftp://ftp.aviso.oceanobs.com/pub/>

Arellano, R. 2004. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) en: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT). Instituto de Geografía de la UNAM. pp 161,163-164.

CONAPESCA. 2003. Otras formas de organización social registradas por tipo, según litoral y entidad federativa. CONAPESCA, Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. 5 p.

CONAPO. 2006. La situación demográfica de México 2006. Consejo Nacional de Población. Primera edición: diciembre de 2006. ISBN: 970-628-844-9. México D.F. 262 pp.

Comisión Nacional del Agua (CNA).1998. "Cuencas Hidrológicas". Escala 1:250000. México.

CONABIO. 2008. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>

CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2010. <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. 2010. Promedio mensual de la Temperatura Superficial del Mar Nocturna (NSST). Tlalpan, Distrito Federal, México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. 2010b. Promedio mensual (ENE-2009) de la Concentración de Clorofila-a. Tlalpan, Distrito Federal, México.

Diario Oficial de la Federación. 2004. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial. México 15 de marzo de 2004. 541 p.

D.O.F. 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. 6 marzo 2002, México D.F.

FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 2da. Edición, México, D.F.

García, E. – CONABIO.1998. "Isotermas Medias Anuales". Escala 1:1000000, México.

INEGI. 2000. Marco Geoestadístico Municipal 2000. México. D.F.

Instituto Nacional de Ecología (INE) 2000. La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. Disco Compacto. México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (México). 2009. Guía para la interpretación de información cartográfica impresa y digital de Uso de suelo y vegetación.

Maderey-R, L. E. y Torres-Ruata, C. (1990), 'Hidrografía'. Extraído de Hidrografía e hidrometría, IV.6.1 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

SAGRAPA.2001. Anuario estadístico de Pesca. SAGARPA-CONAPESCA. México, D.F. 265 p.

SAGRAPA.2002. Anuario estadístico de Pesca. SAGARPA-CONAPESCA. México, D.F. 265 p.

SAGRAPA.2003. Anuario estadístico de Pesca. SAGARPA-CONAPESCA. México, D.F. 249 p.

SAGRAPA.2004. Anuario estadístico de Pesca. SAGARPA-CONAPESCA. México, D.F. 218 p.

SAGRAPA.2005. Anuario estadístico de Pesca. SAGARPA-CONAPESCA. México, D.F. 219 p.

## **Tema 3.2. Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp para la acuicultura.** Jorge Víctor Hugo Mendiola Campuzano, María Concepción de la Cruz Leyva, Martha Esther May Gutiérrez y Alejandro Alpuche Palma. [jorge.mendiola@ujat.mx](mailto:jorge.mendiola@ujat.mx).

### **Resumen**

La industria acuícola ha incrementado la demanda de productos de calidad y bajo costo. En el presente trabajo se elaboraron dos ensilados químicos con *Pterygoplichthys* spp (T<sub>1</sub>) y *Oreochromis niloticus* (T<sub>2</sub>) para evaluarlos nutrimental y microbiológicamente para su posible inclusión en la alimentación acuícola. Se obtuvieron dos productos semi-húmedos, con apariencia pastosa uniforme y de coloración café, sin olor perceptible. T<sub>1</sub> presentó un contenido de 62.13% de materia seca, 13.76% de proteína cruda, 10.50% de extracto etéreo, 30.29% de cenizas totales y 7.58% de ELN. Por su parte, T<sub>2</sub> tuvo un contenido proteico de 15.92%, 8.52% de extracto etéreo, 24.14% de cenizas totales y 4% de ELN y 52.58% de materia seca. En ambos tratamientos, los porcentajes de cenizas solubles confirmaron que los minerales pueden ser asimilados por la presencia de agua y ácido clorhídrico en los sistemas digestivos y una mínima porción no es solubilizada (2.31% de T<sub>1</sub> y 1.99% de T<sub>2</sub>). Al realizar los análisis de Salmonella, coliformes totales y hongos y levaduras, se pudo constatar que ambos ensilados tienen una óptima inocuidad, por lo que se concluyó que es factible su empleo en la alimentación acuícola, ya que cuentan con una calidad nutrimental e inocuidad aceptable.

### **Introducción**

La acuicultura es una actividad de gran relevancia, ya que contribuye con beneficios sociales y económicos (Álvarez *et al.*, 1998). Uno de los principales retos es el costo de los alimentos y la descarga de nutrientes provenientes del mismo; por ello, la búsqueda de ingredientes alternativos que proporcionen nutrientes esenciales digeribles para los organismos acuáticos, puede contribuir a disminuir esta problemática (Toledo *et al.*, 2001; Rivas *et al.*, 2010). Las fuentes proteicas (principalmente harina de pescado y subproductos) enriquecen la palatabilidad del alimento y son excelente fuente de aminoácidos esenciales, ácidos grasos, vitaminas y minerales (Hardy, 2006). Lawrence (1996) y Moncada (1998) indican que las proteínas son el principal nutrimento en los organismos acuáticos, debido a que se

emplean como fuente energética y para el crecimiento, siendo el componente más caro en términos económicos y ambientales. No obstante, debido a la disminución mundial de estos productos, son cada vez más escasos y costosos (Wu *et al.*, 2004; Abdelghany 2003).

La acuicultura latinoamericana presenta problemas relacionados a la alimentación y nutrición de las especies cultivadas, esto se debe principalmente por la ausencia de metodologías correctas en las estrategias de alimentación y el déficit de alimentos artificiales de calidad a bajo costo, que satisfagan las necesidades nutrimentales de los organismos cultivados (Toledo y García, 2000). Botello *et al.*, (2005) mencionan que hay gran interés en la búsqueda de fuentes proteicas, siendo los ensilados de pescado una alternativa viable.

Hernández (2008) comenta que debido a las características biológicas y su amplia adaptación ambiental en las aguas nacionales de México, *Pterygoplichthys* spp es considerado un problema de alto impacto en la actividad pesquera. A su vez, Fitzsimmons (2008) indica que la producción de tilapia es un rubro importante en la economía de muchos países tropicales, ya que ocupa el segundo lugar de peces de escama más producidos a partir del 2006 (2 millones de TM). Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo elaborar dos ensilados químicos a partir de *Pterygoplichthys* spp y *Oreochromis niloticus*, con la finalidad de evaluar sus propiedades nutrimentales y microbiológicas para su empleo en la alimentación de organismos acuáticos y crear una alternativa de aprovechamiento de estos recursos.

## **Materiales y métodos**

El presente trabajo se realizó en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (DAMR) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Los ejemplares de *Pterygoplichthys* spp (50 organismos en total) se recolectaron en el poblado de Pino Suárez, empleando una malla de tres puntas como arte de pesca y como método de captura el arrastre y fueron seleccionados de acuerdo a su peso total ( $250 \pm 5.0$  g en

promedio). Luego fueron trasladados a la Unidad de Producción de Acuicultura de la DAMR-UJAT y se procedió a mantenerlos durante 30 días en una pileta de 2 m X 2 m X 1.20 (4.80 m<sup>3</sup> de volumen de agua) para ir depurando su sistema digestivo y las cargas bacterianas presentes en el cuerpo de los organismos; para ello, se realizaron recambios de agua diariamente a una proporción del 30% del volumen total disponible. Pasado este tiempo, se sometieron a un ayuno por 48 h para el vaciado del sistema digestivo y se sacrificaron los organismos mediante la aplicación de un doble shock térmico (40°C y 4°C, respectivamente). Se obtuvieron 50 tilapias de la Unidad de Producción de la DAMR-UJAT, las cuales fueron seleccionadas manualmente para homogenizar las muestras, siendo elegidas aquellas que tuvieran un peso promedio de 250±5.0 g de peso total. De igual forma, fueron sometidas a un ayuno de 48 h y se sacrificaron con shock térmico simple a 4°C durante 15 min.

Una vez sacrificados los organismos fueron lavados por separado con abundante agua, se trocearon con un cuchillo tipo hachuela de acero inoxidable y se introdujeron en un molieron cárnico eléctrico Toro Rey® con el fin de obtener los productos con una consistencia en forma de pasta. Luego, se separaron 3 porciones de 350 g de *Pterygoplichthys* spp (T<sub>1</sub>) y *Oreochromis niloticus* (T<sub>2</sub>), respectivamente y se colocaron en contenedores plásticos con tapa con capacidad de 500 g y se agregó en cada uno de ellos un mezclado de ácido sulfúrico al 2% más ácido cítrico al 4% v/p, de acuerdo con lo recomendado por Hernández *et al.* (2011). Las muestras se mezclaron manualmente con una cuchara de madera para homogenizar cada uno de los tratamientos con sus repeticiones. Se midió y ajustó el pH a 4 con un potenciómetro Hanna®; durante los primeros cinco días, se monitoreó el pH cada 4 h para mantener estable el pH inicial; pasado este tiempo, la lectura del pH se realizó dos veces al día debido a que se mantiene más estable durante este periodo.

A los 30 días de haber sido elaborados, se obtuvieron los ensilados químicos de *Pterygoplichthys* spp (T<sub>1</sub>) y *Oreochromis niloticus* (T<sub>2</sub>) con tres repeticiones en cada uno de ellos, se procedió a realizar los análisis proximales básicos (humedad total, cenizas totales, extracto etéreo, proteína cruda y ELN), de acuerdo con la AOAC

(1990); además, se realizaron los análisis de cenizas solubles en agua y en ácido clorhídrico para determinar su posible asimilación al ser empleado los ensilados como ingrediente en la alimentación animal. Se aplicó en los análisis proximales una comparación de medias *t* de *student* ( $\alpha$  0.05) para ver si existían diferencias estadísticas significativas. Además, para determinar la inocuidad de los productos elaborados, se hicieron los análisis microbiológicos de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de Salmonella (NOM-114-SSA1-1994), hongos y levaduras (NOM 111-SSA1-1994) y coliformes totales en placa (NOM-117-SSA1-1994). Los resultados fueron reportados en una tabla para observar su inocuidad alimenticia.

## Resultados y discusión

Se obtuvieron en ambos ensilados productos semi-húmedos, de apariencia en forma de puré, presentando ambos un color café uniforme; cabe señalar, que el ensilado de *Pterygoplichthys* spp tuvo una consistencia más firme en comparación con el de *Oreochromis niloticus*. La composición nutrimental obtenida en cada uno de los ensilados se muestra en el cuadro No. 1.

**Cuadro No. 1.** Contenido nutrimental de los ensilados evaluados (n=6) con sus desviaciones estándares. Cada uno fue realizado por triplicado y con duplicidad experimental. Los superíndices muestran las diferencias estadísticas que se presentaron con la comparación de medias *t* de *student* a un  $\alpha$  de 0.5.

ANÁLISIS	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
HUMEDAD TOTAL	37.87±0.04 <sup>b</sup>	47.42±0.06 <sup>a</sup>
MATERIA SECA	62.13±0.24 <sup>a</sup>	52.58±0.48 <sup>b</sup>
CENIZAS TOTALES	30.29±0.03 <sup>a</sup>	24.14±0.07 <sup>b</sup>
De las cuales:		
◆ Cenizas solubles en H <sub>2</sub> O	1.60±0.36 <sup>b</sup>	3.68±0.51 <sup>a</sup>
◆ Cenizas solubles en HCl	26.37±0.62 <sup>a</sup>	18.47±0.92 <sup>b</sup>
◆ Cenizas insolubles	2.31±0.84 <sup>a</sup>	1.99±0.76 <sup>b</sup>
PROTEÍNA CRUDA	13.76±0.27 <sup>b</sup>	15.92±0.46 <sup>a</sup>
EXTRACTO ETÉREO	10.50±0.16 <sup>a</sup>	8.52±0.05 <sup>b</sup>
ELN	7.58±0.39 <sup>a</sup>	4.00±0.56 <sup>b</sup>

Ambos tratamientos presentaron una óptima inocuidad microbiológica de acuerdo con las NOM, por lo que su empleo garantiza la salud y seguridad alimenticia en los organismos acuáticos.

**Cuadro No. 2.** Resultados obtenidos en los análisis microbiológicos realizados en el presente trabajo

ANÁLISIS	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
SALMONELLA	AUSENTE	AUSENTE
MOHOS Y LEVADURAS	15 UFC g <sup>-1</sup>	11 UFC g <sup>-1</sup>
COLIFORMES TOTALES	AUSENTE	AUSENTE

En base a los resultados obtenidos se puede discutir que:

Éstas especies (*Pterygoplichthys* spp y *Oreochromis niloticus*) fueron utilizadas para la elaboración de ensilados por su abundancia local y de acuerdo con el trabajo realizado, se considera que estas especies pueden ser empleadas como ingredientes para la elaboración de alimentos destinados a diversas especies acuícolas. Anadón *et al.*, (2001) han comentado que uno de los retos actuales en la elaboración de alimentos es obtener productos de calidad, con altos valores nutrimentales, los cuales deben de ser incluidos en los alimentos y que puedan ser conservados a bajo costo; en ambos ensilados, se obtuvo una aceptable calidad nutrimental y además se mantuvieron conservados a temperatura ambiente, por lo que no es necesario realizar un gasto económico para ello. Por otra parte, su empleo en la alimentación acuícola es una alternativa para disminuir la problemática que presenta *Pterygoplichthys* spp, ya que Hernández (2008) ha señalado que esta especie impacta de forma negativa las actividades pesqueras tradicionales de la Región de los Ríos, Tabasco, donde es considerada una especie nociva. Así mismo, la abundancia de *Oreochromis niloticus* la hace una especie económicamente accesible; sin embargo, González *et al.*, (2007) señalan que debido a la apertura comercial, la incapacidad de los productores nacionales de producir la cantidad y calidad de tilapia que demanda el mercado, ha incrementado la importación de este pescado, sobre todo el proveniente de Asia, lo cual se ve reflejado en el desplazamiento de la producción nacional; por ello, es necesario crear alternativas de aprovechamiento que permitan a los productores no solo no ser desplazados,

sino diversificar e incrementar su producción para la venta al mercado local o nacional, por lo que la elaboración de ensilado de tilapia puede representar una alternativa para diversificar su producción y mercadeo.

Los ensilados químicos son una alternativa que han mostrado su eficacia para ser empleado en la industria acuícola. En el presente estudio, T<sub>1</sub> presentó mayor contenido de materia seca (62.13%) lo cual fue reflejado en su contenido de proteína cruda (13.76%), extracto etéreo (10.50%), cenizas totales (30.29%) y extracto libre de nitrógeno (7.58%). No obstante, T<sub>2</sub> obtuvo un contenido proteico de 15.92%, 8.52% de extracto etéreo, 24.14% de cenizas totales y 4% de ELN, siendo un total de 52.58% de materia seca. En ambos tratamientos, los porcentajes de cenizas solubles confirmaron que a pesar de tener altos contenidos en cenizas totales, pueden ser fácilmente asimilados los minerales presentes por la presencia de agua y ácido clorhídrico en el sistema digestivo de los organismos y solamente 2.31% del total en *Pterygoplichthys* spp y 1.99% de *Oreochromis niloticus* no se solubilizaron. Bello (1994) elaboró un ensilado con la fauna acompañante de camarón, empleando 3.5% de una mezcla de 1:4 ácido sulfúrico-ácido fórmico, con resultados satisfactorios.

López y Viana (1995) y Viana *et al.*, (1996) ensilaron pez macarela (*Scomberomorus sierra*) y vísceras de abulones (*Haliotis* spp), aplicando una mezcla de 2.6% de ácido fosfórico más 2.6% de ácido cítrico y lo evaluaron en la alimentación de juveniles de abulón con resultados satisfactorios en su empleo. A su vez, Miranda *et al.*, (2001) emplearon ácido sulfúrico comercial con una densidad de 1.82 g cm<sup>-1</sup> con una concentración al 96%, y determinaron que existe una amplia potencialidad para emplear los principales subproductos de la pesca ya que se obtienen buenos resultados en la alimentación de especies acuícolas. Por otra parte, Murrillo y Verardino (2000) y Vidotti *et al.*, (2002) ensilaron residuos de tilapias y otros peces marinos y de agua dulce empleando 2% ácido sulfúrico más 2% ácido fórmico, con buenos resultados en la alimentación de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y rana toro (*Rana catesbiana*), respectivamente. Llanes *et al.*, (2006) utilizaron desechos frescos de filetes de tilapia y adicionaron ácido sulfúrico al 50% para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) y observaron un buen

crecimiento en los organismos en estudio. Asimismo, Copes *et al.* (2007) acidificaron un ensilado de pescado agregando 2.8% de ácido fórmico, mezclaron y conservaron a temperatura ambiente, controlando el pH a un valor de 4.40, al adicionar una mezcla de ácido sulfúrico al 20% en forma gradual hasta estabilizar el pH a 4 y señalaron que este ensilado puede ser una alternativa para su empleo en comunidades rurales. Toledo *et al.*, (2009) adicionaron 3.5% de ácido fórmico al 98% con 2% de ácido sulfúrico al 98%, 2% de ácido fórmico al 98% con 2.6% de ácido fosfórico al 96% y 2.6% de ácido cítrico con 0.1% de benzoato de sodio como antioxidante en carne molida de *Pterygoplichthys* spp, teniendo los mejores resultados con la mezcla de ácido sulfúrico al 2% con ácido fórmico al 3.5%, obteniendo un producto estable con consistencia pastosa, de color blanquecino brillante con pequeños grumos y una capa superficial de grasa con olor poco perceptible, sin alteración aparente. Los resultados de los análisis proximales son similares a los reportados por Escalera *et al.*, (2008) para *Pterygoplichthys* spp ya que obtuvieron un contenido de 13.08% de proteína cruda, 12.13% de extracto etéreo y 34.70% de cenizas, 13.08%, datos que concuerdan con lo observado por Toledo *et al.*, (2007) que obtuvieron 13.27% de proteína cruda, 11.12% de extracto etéreo y 33.86% de cenizas totales. De igual forma, Wicki *et al.*, (2002) obtuvieron ensilados químicos de vísceras de pescado con un 12.8% de proteína cruda.

Ambos productos obtuvieron aceptable inocuidad microbiológica, ya que en ambos no se observó la presencia de *Salmonella* y coliformes totales y la presencia reportada de hongos y levaduras en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> (15 y 11 UFC g<sup>-1</sup>, respectivamente), no son significativas. Se han reportado resultados similares por Copes *et al.*, (2007) quienes obtuvieron ausencia de *Salmonella* spp y en hongos fue menor a 10 UFC g<sup>-1</sup>; a su vez, Fernández *et al.*, (2008) reportó 10<sup>-2</sup> UFC g<sup>-1</sup> de hongos y levaduras y ausencia de *Salmonella*. Mientras que Toledo *et al.*, (2007) reportó que no hubo crecimiento de *Salmonella*, coliformes totales y mohos y levaduras; por su parte, Hernández *et al.*, (2011) al realizar análisis de *Salmonella* y hongos y levaduras en tres ensilados químicos elaborados con *Pterygoplichthys* spp y diversos medios ácidos, reportaron la ausencia de microorganismos en los productos obtenidos.

## Conclusión

Los ensilados elaborados con pez diablo y tilapia gris pueden ser una buena opción en la elaboración de alimentos destinados en la acuicultura, ya que ambos presentan un aceptable valor nutrimental e inocuidad microbiológica, por lo que es posible su inclusión en dietas artificiales para evaluar el crecimiento y desarrollo de las especies alimentadas con estos productos. Sin embargo, es necesaria la adición de otros productos para obtener alimentos balanceados que cubran las altas demandas proteicas que requieren los organismos acuáticos.

## Bibliografía

- Abdelghany A.E. (2003). Partial and complete replacement of fishmeal with gambusia meal in diets of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O.mossambicus*). *Aquaculture Nutrition*.9:145-151.
- Álvarez T.P., Soto F., Avilés Q.S., Díaz L.E., Treviño C.L.M. (1998). Panorama de la Investigación y su repercusión sobre la producción acuícola en México. *Memorias del III Encuentro de Avances en Nutrición Acuícola*. Monterrey, Nuevo León; México. P. 3-20.
- Anadón A., Díaz P., Martínez L.M.R. (2000). Contaminación de materias primas destinadas a la alimentación animal y sus consecuencias en la salud del consumidor. *Nuestra Cabaña*. (Noviembre/Diciembre). Madrid, España. 303:34-46.
- Botello A., Toledo J., García T., Llanes J., Cisneros M.V., López Y. y Castillo Y. (2005). Utilización de los ensilados químicos en la alimentación de los peces. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. Habana, Cuba. 14:14-19.

- Copes J., Pellicer K., Del Hoyo G., García R.N. (2007). Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. *Tesis de Maestría*. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de la Plata. La Plata Argentina. 1-8 pp.
- Escalera G.C., Arroyo D.M., Zuno F.F., Moncayo E.R. (2008). Physicochemical characterization of the invasive species *Hypostomus plecostomus* and alternatives for its use in Mexico. CIIDIR-Instituto Politécnico Nacional-Unidad Michoacán, Jiquilpan, Michoacán, México. Baylor University, Waco, Texas, USA. 2-11 pp.
- Fernández H.A., Vittone M., Massa A., Manca E. (2008). Obtención caracterización microbiológica y fisicoquímica de ensilado química de merluza (*Merluccius hubbsi*). INIDEP 044:11.
- Fitzsimmons K. (2008). Abstract: Global update 2008 tilapia production, innovations and markets. World Aquaculture Society. University of Arizona, USA. 2 pp.
- González S.R.F., Urcelay G.E. y Sigler Ch.Y. (2007). Programa Maestro del Comité Sistema Producto Tilapia del Estado de Colima. Publicado por la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca y la Universidad de Colima. Colima, Colima; México. 32-39 pp.
- Hardy R. (2006). Producción mundial de harina de pescado y el uso de proteínas alternativas en la acuicultura. *Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. Nuevo León, México. P. 410-419.

- Hernández O.M., Urrieta S.J.M y Mendiola C.J.V.H. (2011). "Evaluación de tres ensilados químicos elaborados con pez diablo (*Plecostomus* spp) para su empleo en acuicultura. *Memorias del 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*. P. 95-101.
- Hernández S.M.E. (2008). Aspectos reproductivos de Loricariidos *Pterygoplichthys pardis* (Castelnau, 1855); en la laguna de las Ilusiones, Tabasco; México. *Tesis de Licenciatura*. División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco; México. 1-8 pp.
- Lawrence A.L. (1996). Feed quality and feed management standards for environmentally sound aquaculture. Paper presented at the 27th Annual Conference of the World Aquaculture Society. Bangkok, Thailand. 2:1-3.
- Llanes I.J.E., Toledo J., Lazo de la Vega J.M. (2006). Producción de alimento húmedo a partir de ensilado de pescado para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Revista AquaTIC*. Zaragoza España. 25:16-21.
- López M.L., Viana M.T. (1995). Determinación de la calidad del alimento elaborado con ensilajes de pescado crudo y cocido para abulones juveniles de *Halilobes fulgens*. *Ciencias Marinas*, Baja California, México. 21(003):331-342.
- Miranda O., Otero M., Cisneros M. (2001). Potencialidad de los principales subproductos de la pesca en Granma: composición química. *Revista Producción Animal*. 13(1):41-43.
- Moncada P.L.F. (1998). Puntos de control en la fabricación de alimentos balanceados para acuicultura. *Memorias del III Encuentro de Avances en*

*Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México. P. 543-555.

Murrillo E.S., Verardino M.S. (2000). Substituição da farinha de peixe pela silagem de peixe na alimentação de girinos de ra-touro (*Rana catesbiana*). *Ciencia Rural*. Brasília, Brasil. 32(3):505-508.

Rivas V.M.E., Miranda B.A. y Sandoval M.M.I. (2010). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Memorias del X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. ISBN 978-607-433-546-0. P. 467-484.

Toledo P.J., Botello L.A., Llanes I.J.E. (2007). Evaluación del ensilado químico de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *REJET*. La Habana, Cuba. (8):9.

Toledo P.J., Botello L.A., Llanes I.J.E.(2009). Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) *Revista Cubana de investigación pesquera*. Bayamo, Cuba. (26):1.

Toledo P.J., Llanes J.E. y Lazo J.M.V. (2001). Efecto de una dieta no convencional en la alimentación de *Clarias gariespinus*. *Acuacuba C.P.A.M*. La Habana, Cuba. 1(3):32-37.

Toledo P.S.J. y García C.M.C. (2000). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur, México. P. 83-137.

- Viana M.F., López L.M., García E.Z, Méndez E. (1996). The use of silage mad from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. *Aquaculture*. 140:87-98.
- Vidotti R.M., Carneiro D.J., Macedo V.E.M. (2002). Acid an fermented silage characterization and determination of crude protein for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 1(33):57-62.
- Wicki G., Wiltchiensky E., Luchini L. (2002). Ensilado de vísceras de pescado de rio como fuente de proteína y formulas alimentarias a base de harina de soja o algodón o de pluma; como sustituto total o parcial de harina de pescado en el engorde final de Pacú al noroeste argentino. Editado por SAGPyA. Buenos Aires, Argentina. 2-13 pp.
- Wu G.S., Chung Y.M., Lin W. Y., Chen S.Y. and Chen H.H. (2004). Effect of substituting de-hulled or fermented soybean meal for fishmeal in diets on growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O.aureus*. *Journal Fisheries Society*. Taiwan.30:291-297.

### **Tema 3.3. Importancia del procesamiento-conservación-comercialización en la pesquería del ostión *Crassostrea virginica* en la laguna mecoacán de Tabasco.** Arturo Garrido Mora, Yessenia Sánchez Alcudia, Francisco Javier Félix Torres, Leonardo Acosta Díaz, José Luis Ramos Palma, Andrés Arturo Granados Berber, Violeta Ruiz Carrera. Arturo.garrido@ujat.mx

#### **Resumen**

La actividad ostrícola en el Estado de Tabasco representa una importante actividad económica para las familias ubicadas a los alrededores de los ecosistemas de agua salobre ubicados paralelamente a lo largo de la costa del estado de Tabasco. ha estado sustentada en la extracción del ostión del Golfo (*Crassostrea virginica*), y los bancos ostioneros se localizan en las lagunas costeras Carmen-Pajonal-Machona, Tupilco-Redonda y Mecoacán, localizadas las primeras en el municipio de Cárdenas, y las dos últimas en el municipio de Paraíso. Sin embargo aunque el recurso ostrícola es el más importante para el estado de Tabasco no constituye una garantía de buenos ingresos económicos para quien se dedica a esta actividad. Por tal motivo se planteó determinar los factores que afectan la rentabilidad de la pesquería del ostión *Crassostrea virginica* en la laguna Mecoacán. Se utilizó la metodología de Kesteven, (1973), la cual permite conocer el funcionamiento integral de la pesquería. Se determinó que los factores que afectan los rendimientos económicos son la falta de higiene del producto durante el procesamiento, conservación y comercialización aunado a la falta de certificación sanitaria del ecosistema Mecoacán.

#### **Introducción**

La pesquería del ostión se inició en forma comercial a partir de 1941 en la Laguna Mecoacán con la creación de la Sociedad Cooperativa “Andrés García”; por aquellos tiempos la captura del ostión se hacía por buceo o por medio de rastrillos y se comercializaba en arpillas o costales con 35 kg de ostión en concha. En esa misma década de los 40’s, se formaron las Cooperativas “Laguna Machona” (1944) en la Villa de Sánchez Magallanes, para explotar el ostión en las lagunas Carmen-Pajonal-Machona y la Cooperativa “Chiltepec Ejido Banco” (1948) en el municipio de Paraíso para explotar el recurso en la Laguna Mecoacán, (Iracheta, 1977).

Las principales zonas de producción ostrícola en Tabasco son los sistemas lagunares costeros Carmen-Pajonal-Machona y Mecoacán; en ambos sistemas se encuentran poblaciones ostrícolas en bancos naturales con una superficie de 477 Has, representando un recurso de gran importancia para muchas comunidades asentadas en los márgenes de dichas lagunas (Anónimo, 1982).

Aunque ha habido épocas donde el ostión ha sido abundante los rendimientos económicos no han sido buenos, (Solano, 1995) situación que a últimas fechas se ha agudizado al grado de ser uno de los estados que más barato vende este recurso. Por tal motivo se planteó realizar el presente trabajo con el objetivo de determinar los factores que afectan la rentabilidad de la pesquería del ostión.

## **Materiales y métodos**

Para llevar a cabo el presente trabajo se utilizó la metodología de Kesteven, (1973), la cual permite conocer el funcionamiento integral de la pesquería, sobre todo aquellas con características artesanales. La metodología está estructurada en cinco grupos, en función del tipo de información que contienen los diferentes aspectos de la pesquería, a fin de facilitar la identificación de los elementos utilizados para el diagnóstico. El primero comprende la recopilación e información con respecto al recurso biótico y a la etapa de extracción del mismo, aportando los datos necesarios para una evaluación primaria de la capacidad potencial del recurso y de los factores productivos. En el segundo grupo se describió el tratamiento que en la industria tiene el recurso, así como el equipo e instalaciones que constituyen las plantas industriales. El tercer grupo se integró con la información sobre la distribución y mercado del ostión, se mencionan a las organizaciones y medios de la distribución se analizaran en general la oferta y la demanda de la pesquería, así como sus precios de comercialización.

## Resultados y discusión

De acuerdo a la información obtenida, las áreas de captura del ostión *C. virginica* en la laguna Mecoacán están conformadas por 16 bancos ostrícolas, que en conjunto conforman un área de 224.44 hectáreas (Fig. 1).



**Figura 1.** Áreas de captura del ostión *Crassostrea virginica* en la laguna Mecoacán

Temporada. El ostión es un recurso que se captura en la laguna Mecoacán durante todo el año y solamente se suspende esta actividad durante los periodos de veda, como medida de conservación y recuperación. Las vedas oficiales en el Golfo de México para *C. virginica* se encuentran ubicadas del 15 de Mayo al 31 de Julio y del 15 de Septiembre al 31 de Noviembre (SEMARNAT, 2000).

Operaciones diarias por embarcación. Normalmente se realiza un viaje por día, iniciándose las actividades entre 5:00 – 7:00 AM; dependiendo del tipo de

embarcación (cayuco de madera, lancha de madera, cayuco de fibra de vidrio, lancha de fibra, con o sin motor) el número de tripulantes varía de 2 a 3 por embarcación, salen de distintos puntos de la laguna y se trasladan a los bancos de ostión donde comienzan a extraerlos; ya que reúnen cierta cantidad que varía de 3 a 6 millares, lo seleccionan (con un criterio muy superficial) para quedarse supuestamente con los más grandes y así asegurarse que poseen la talla comercial (6 cm); terminada esta actividad se dirigen a los desconchaderos de las Cooperativas o traspatios de sus casas para desconchar el ostión y colocarlo en bolsas de plástico. El tiempo promedio que dura la operación varía de 6 a 8 horas, dependiendo de las condiciones ambientales, distancia del banco ostrícola y densidad poblacional de ostión en el banco.

Captura por unidad de esfuerzo (embarcación) y precios. Por día una embarcación realiza un viaje (de 6 a 8 horas) extrayendo un promedio de cinco millares de ostión. El millar expendido al público tiene un costo aproximado de \$ 200.00 por lo que se obtiene un rendimiento de \$ 1000.00 (aproximadamente 1300 dólares americanos). La inversión realizada para el avituallamiento (insumos/viaje) es de aproximadamente \$ 180.00 de combustibles (gasolina y aceite), quedando una utilidad de \$ 820.00. Cabe señalar que las cooperativas tienen reglamentado una rotación de pescadores en base a una cuota de extracción que la CONAPESCA ha establecido, de tal manera que a cada socio le viene tocando pescar si bien le va una vez por semana.

Después de capturado el ostión se somete a una selección somera con la finalidad de quedarse con los más grandes (mayores de 6 cm), posteriormente son lavados para eliminar rastros de suciedad; después la mayoría del ostión (aproximadamente el 85 %) son desconchados, y finalmente son contados y colocados en bolsas de plástico con agua en presentaciones de un millar de pulpas de ostión, siendo ésta la presentación más común para su comercialización; el restante 15 % se comercializa con concha, en pequeños sacos de aproximadamente 40 Kg (equivalente a 300 ostiones adultos) denominados “arpillas”, las cuales se expenden a un costo aproximado de \$ 120.00. La forma de conservarse es rústica, básicamente mediante

el enfriamiento con hielo en cámaras de congelación en las Cooperativas, y para su transporte se utilizan vehículos de 1 a 3 toneladas enfriando el producto con capas de hielo molido y cubriéndolo con lonas para protegerlo del sol.

En términos generales la producción de ostión *Crassostrea virginica* en el Estado de Tabasco (oferta) satisface plenamente la demanda y queda un gran excedente, el cual es canalizado a otras ciudades del país; el principal destino es la ciudad de México en donde se vende la mayoría del producto; otros destinos importantes lo son las ciudades de Puebla, Cuernavaca, Xalapa, Veracruz y Alvarado. El precio del ostión en pulpa es de \$ 200.00 el millar a nivel local (en la zona de la laguna), después de ser transportado el precio aumenta alcanzando a nivel nacional precios de hasta \$ 250.00, el ostión en concha “arpilla” (sacos de aproximadamente 40 Kg) se expende a nivel local en \$ 120.00 y a nivel nacional se comercializa hasta \$ 200.00.

En Tabasco, la captura del ostión del Golfo (*C. virginica*) ha representado hasta el 60 % del volumen total de captura pesquera de la entidad; sin embargo, durante los últimos años se ha observado una disminución significativa, la cual según Utrera (1989), es consecuencia del incremento de pescadores y a las prácticas inadecuadas de manejo del recurso en las lagunas costeras. Se detectaron durante el desarrollo del trabajo serios problemas de higiene posteriores a la captura (desconchado, embolsado y su conservación para distribuirlo.) lo cual se debe a formas y practicas ancestrales que el pescador ha desarrollado y le parecen normales pero que distan mucho de satisfacer las exigencias de los mercados actuales, repercutiendo en el precio que finalmente obtienen por su producto. Se estima que es una consecuencia de las condiciones socioculturales y ambientales de la zona, en donde la mayoría de las viviendas de los pescadores presentan serias deficiencias en cuanto al abastecimiento de agua así como lo relativo a la canalización de las aguas de desecho, siendo bajo estas condiciones en donde realizan todas sus actividades de su vida cotidiana e igualmente, es en este lugar en donde muchas veces desconchan, contabilizan y embolsan el ostión para ponerlo a la venta. El producto

obtenido bajo estas condiciones y ofertado finalmente para la venta no cumple las normas mínimas de calidad que le permita incursionar en mercados con exigencias de control de calidad y repercute directamente en el precio, lo que impide que el pescador obtenga mejores rendimientos económicos.

A través de los años esta situación ha desprestigiado al ostión de Tabasco al grado de generar cierto prejuicio en el mercado quien lo tienen etiquetado como un producto sin calidad sanitaria. Aunado a esta situación cabe señalar que actualmente la CONAPESCA se ha dado a la tarea de promover la certificación de zonas donde se extraen moluscos bivalvos, dadas sus características filtrantes y sus altas posibilidades de acumular bacterias no aptas para ser consumidas por los seres humanos, sin embargo aunque ya en muchos ecosistemas del país esta certificación ya se ha establecido en los ecosistemas de Tabasco este proyecto aún no se logra.

## **Conclusiones**

El ostión del ecosistema Mecoacán en Tabasco se procesa en términos generales de manera insalubre, siendo manejado igualmente para su conservación y distribución, constituyendo una limitante para acceder a mejores mercados.

Los problemas sanitarios son de dos tipos: el primero se debe a las condiciones de procesamiento por parte de los propios pescadores y el segundo a los problemas sanitarios debido a los aportes de distinta naturaleza de los asentamientos humanos establecidos alrededor de la laguna Mecoacán.

La falta de estudios para certificar las zonas de extracción influye y genera mal prestigio al ostión el cual se expende por esta razón a bajo precio.

## Bibliografía

Anónimo, (1982): Manual para el desarrollo de la ostricultura en las lagunas litorales del Estado de Tabasco, México. Latinoamericana de Acuicultura. SELA, No. 12, Suplemento. 16 pp.

Iracheta. M.J.F. (1977): Ostricultura en el estado de Tabasco. Tesis profesional Facultad de ciencias U.N.A.M. México 205 pp.

Kesteven, G.L., 1973 Manual de ciencias pesqueras, parte I: Introducción a la ciencia pesquera. Doc. Tec. FAO pesca (188): 1-,45 pp.

SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2000): Tabasco. SAGARPA. Estadísticas de producción y valor de los productos pesqueros. <http://beta.semarnap.gop.Mx> consultado el 27/05/ 2000.

## **Tema 3.4. Aislamiento e identificación de *Aeromonas salmonicida* a partir de langostino prieto (*Macrobrachium acanthurus*). Laura Fabiola Estrada Andrade, Luz María Ojeda Mollinedo y Sofía Córdova Sánchez.**

### **Resumen**

Se estudiaron 100 muestras frescas de Langostino prieto (*Macrobrachium acanthurus*) provenientes de diferentes expendios del mercado José María Pino Suárez en Villahermosa Tabasco. El análisis se efectuó empleando dos medios de enriquecimiento, caldo soya tripticaseína y agua peptonada alcalina y agar almidón con 100 µl de ampicilina, agar base para *Aeromonas* con 100 µl y finalmente agar Mc. Conkey. Se identificó la presencia de *Aeromonas salmonicida* en 9% de las muestras. Los medios de enriquecimiento y selectivos que presentaron mayor oportunidad de aislamiento fueron caldo soya tripticaseína y agar almidón ampicilina respectivamente. El análisis de calidad higiénica para bacterias mesófilas aerobias mostró que el 62% de las muestras presentó valores superiores a  $10^5$  UFC/g, por arriba de los límites permisibles establecidos en la NOM-092-SSA1-1994. El 71% de las muestras presentó desarrollo de coliformes totales por arriba de los límites permisibles (230 UFC/g) de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994. Concluyendo que el Langostino prieto es un alimento de origen marino altamente contaminado lo cual implica un riesgo en la salud pública, por lo que es necesario dar continuidad con los estudios sobre esta bacteria la cual es considerada ya como agente patógeno de primera importancia.

### **Introducción**

La pesquería mexicana del langostino de río se basa actualmente en la explotación de cuatro especies principales: tres especies de la región del Golfo de México y una de la región del Pacífico. Los langostinos de río adultos del grupo de los *Macrobrachium* se encuentran en casi todos los tipos de aguas dulces y salobres, en áreas tropicales y semitropicales. Se desarrollan hasta alcanzar gran tamaño; en México se han reportado machos de aproximadamente 450 g y hembras de aproximadamente 225 g. Se han registrado, en la región del Golfo de México, langostinos de río aún más grandes, capturándose individuos de hasta de 1,200 g de la especie *M. carcinus* (Asturiano, 2006).

Las enfermedades infecciosas son uno de los principales problemas a los que se enfrentan los países en vías de desarrollo. En México, la población rebasa más de 120 millones de habitantes y las condiciones socioeconómicas del país favorecen que las enfermedades gastrointestinales sean un gran problema de salud pública. Las enfermedades diarreicas, muestran una variación estacional con un incremento en el número de casos en el periodo primavera-verano, reportándose desde 2010 por la Secretaría de Salud (SSA) cada año y hasta la fecha más de 10,500,000 casos anuales (Orozco, 2013). En nuestro país, las bacterias más frecuentemente involucradas en las diarreas son: *Salmonella*, *Shigella*, algunos serotipos de *Escherichia coli*, el género *Aeromonas*. La prevalencia de las especies de *Aeromonas* en el ambiente, especialmente en el medio acuático y el incremento del espectro y el número de infecciones asociadas a este género en las últimas décadas ha generado un interés creciente para establecer el riesgo que representa para la salud pública. Por lo que el presente estudio tiene como objetivo observar la frecuencia de aislamiento de *A. salmonicida* a partir de alimentos comúnmente involucrados y determinar si es necesario profundizar en el mejoramiento de las técnicas que permitan su aislamiento e identificación, para utilizarla dentro del control microbiológico de los mismos.

El género *Aeromonas* está clasificado en el Manual de Bacteriología Determinativa de Bergey como miembro de la familia *Vibrionaceae* (Garrity, 2009). *Aeromonas salmonicida*, objeto del presente estudio, son bacilos cortos 0.3-1.0 x 1.0-3.5  $\mu\text{m}$ , Gram negativos, no móviles aerobios facultativos, oxidasa y catalasa positivos. Su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 22 a 25°C. El carácter psicrófilico de estos microorganismos les permite permanecer durante largos períodos de tiempo a las temperaturas de refrigeración (4-7°C). Tienen la característica de reducir nitrato a nitrito y fermentan la D-glucosa como fuente principal de carbono y energía.

## Materiales y métodos

El muestreo se realizó en 100 muestras frescas de Langostino prieto (*Macrobrachium acanthurus*) provenientes de diferentes expendios del mercado José María Pino Suárez en Villahermosa Tabasco.

Se trabajó con una cepa tipo de *A. salmonicida* (perteneciente a la familia *Vibrionaceae*) y *Shigella dysenteriae* (correspondiente a la familia *Enterobacteriaceae*) provistas del cepario del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Villahermosa Tabasco, a las cuales se le realizaron pruebas morfológicas microscópicas y coloniales para confirmar su identidad. Para las pruebas microscópicas se tomó una muestra de cada cepa tipo contenidas en agar BHI y se les realizó la tinción de Gram correspondiente para observar su morfología y agrupación. La morfología colonial, se llevó a cabo en los medios selectivos previamente seleccionados por su efectividad en el aislamiento de *A. salmonicida* según datos bibliográficos (Castro, 2002), agar base para *Aeromonas* con 100 µg de ampicilina por 500 ml de medio (A.B.A.A.), agar almidón con 100 µg de ampicilina por 500 ml de medio (A.A.A.) y agar Mc. Conkey. Se sembró por estría cruzada una muestra de la cepa tipo en los medios seleccionados incubándose a 37° C durante 24 horas, con el objeto de analizar el comportamiento de la bacteria frente a los medios selectivos.

Se llevó a cabo la calidad higiénica de las muestras de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994 (5) para bacterias mesofílicas aerobias (BMA) y la NOM-113-SSA1-1994 (6) para coliformes totales (CT) por el método en placa. En ambas determinaciones se efectuaron diluciones hasta  $10^{-5}$  en 90 ml de solución buffer fosfatos a pH 7.2 y 10 g de muestra.

Para el aislamiento de *A. salmonicida* se licuaron por separado en un vaso estéril, 10 g de muestra con 90 ml de los medios de enriquecimiento: caldo soya tripticaseína (C.S.T.) y agua peptonada alcalina (A.P.A.) respectivamente, incubándose por 24

horas a 37° C. Posteriormente se tomó 0.5 ml de cada frasco y sembraron por duplicado en los medios selectivos. Colonias con morfología colonial sospechosa en cada uno de los medios se les realizó la prueba de oxidasa. Aquellas colonias oxidasa positiva, se resembraron por estría cruzada en agar Mc Conkey, incubándose a 37° C por 24 horas, con el objeto de confirmar la presencia de *A. salmonicida*. Colonias con morfología microscópica característica, se les realizó la tinción de gram y el patrón bioquímico correspondiente (movilidad, producción de H<sub>2</sub>S, Producción de gas en glucosa a 37° C, reducción de nitratos a nitritos, Voges-Proskauer e hidrólisis de almidón (Castro, 2002).

## Resultados y discusión

Se analizó el comportamiento en los medios selectivos de las cepas tipo de *A. salmonicida* y *S. dysenteria*, los resultados se muestran en el cuadro 1. Como podemos observar únicamente *A. salmonicida* se desarrolló de manera óptima en todos los medios selectivos empleados, *S. dysenteria*, resultó negativa a la prueba de oxidasa y únicamente presentó crecimiento en agar Mc. Conkey, con lo que podemos corroborar la efectividad de los medios selectivos y la pureza de la bacterias.

Los resultados obtenidos en el análisis morfológico y colonial de las bacterias se reportan en el cuadro No. 1.

**Cuadro No. 1** Morfología colonial y microscópica de cepas tipo.

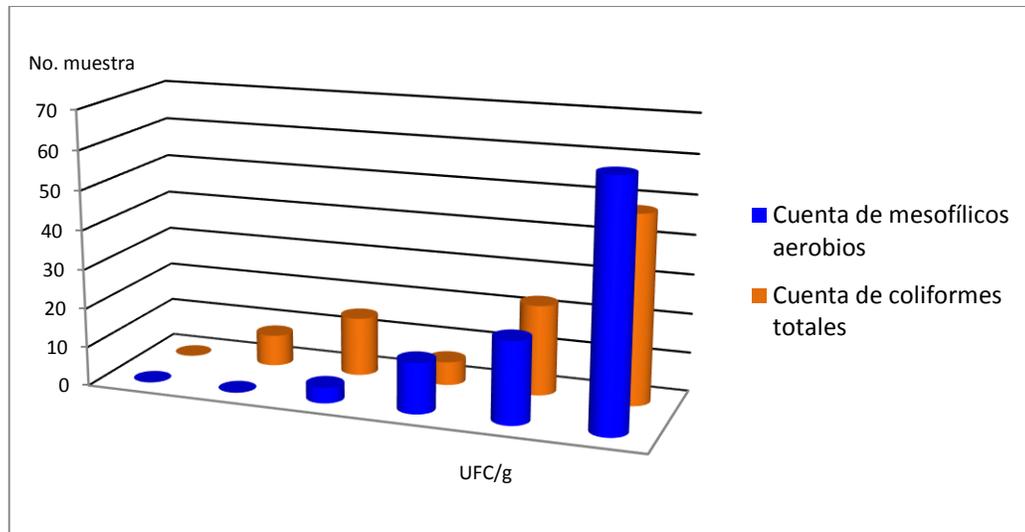
Bacteria	Tinción de Gram	Crecimiento en medios selectivos		
		A.A.A.	A.B.A.A.	Mc. Conkey
<i>A. salmonicida</i>	Gram negativa	Colonias circulares de 2-3 mm color miel, húmedas	Colonias circulares de 2-3 mm color amarillas	Colonias color gris opacas convexas de 3-5 mm
<i>S. dysenteria</i>	Gram negativa	Sin desarrollo	Sin desarrollo	Colonias circulares de 2-3 mm color miel

Se observa que ambos géneros son bacterias Gram negativas y su desarrollo fue óptimo en agar Mc. Conkey, sin embargo la morfología colonial analizada fue diferente en cada caso, lo cual nos permite una adecuada diferenciación en el análisis.

Para el análisis de calidad higiénica se consideraron los conteos en cajas con las diluciones de  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$ , observando que para (BMA) 62% de las muestras presentó valores superiores a  $10^5$  UFC/g, por arriba de los límites permisibles (290,000 UFC/g), establecidos en la NOM-092-SSA1-1994. El 71% de las muestras presentó desarrollo de (CT) por arriba de los límites permisibles (230 UFC/g) de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994. El 21% osciló en un rango de 148 UFC/g y el 8% se determinaron valores por debajo de 100 UFC/g. Los resultados obtenidos muestran una elevada contaminación en las muestras, lo cual podría deberse a la contaminación del agua o a un mal manejo de la muestra desde su captura hasta su distribución. Otro factor que resulta relevante es la situación geográfica, ya que debido a las altas temperaturas que prevalecen en el trópico, se ve favorecido el crecimiento de diversos microorganismos patógenos en el alimento, siendo un riesgo de la salud pública.

**Cuadro No. 2** Calidad higiénica del langostino prieto (*M.acanthurus*)

	Cuenta de mesofílicos aerobios	Cuenta de coliformes totales
UFC/g	% muestras	% muestras
Menor a 1000	0	8
1000 a $10^3$	4	15
$10^3$ a $10^4$	13	6
$10^4$ a $10^5$	21	23
$10^5$ a $10^6$	62	48



**Gráfica 1.** Calidad higiénica del langostino prieto (*M. acanthurus*)

Se identificó la presencia de *A. salmonicida* en 9% de las muestras. Cabe destacar que la NOM 029-SSA1-1993, únicamente marca valores de referencia para *Staphylococcus aureus* (UFC/g 1 000), *Salmonella spp* (en 25 g Ausente) y *Vibrio cholerae* (en 50 g Ausente). El medio de enriquecimiento que presentó mayor oportunidad de aislamiento de la bacteria fue el (CST) debido a que el caldo le proporciona a la bacteria los nutrientes necesarios para su desarrollo a diferencia de la peptona que únicamente es una proteína globular. Así mismo el A.A.A. resultó un medio selectivo excelente para su desarrollo, ya que tanto el almidón como la ampicilina funcionan como agentes diferenciales y selectivos en los medios de cultivo.

## Conclusiones

En el presente estudio se logró optimizar el aislamiento de *Aeromonas salmonicida* a partir de Langostino prieto (*Macrobrachium acanthurus*) mediante una metodología práctica y medios de cultivo adecuados que permitieron su rápida diferenciación, cubriendo aspectos morfológicos, coloniales e higiénicos propios de la bacteria, lo cual permitió confirmar su presencia en 9% de las muestras analizadas.

Se observó una deficiente calidad higiénica en 82% de las muestras de acuerdo a los valores establecidos en la NOM-092-SSA1-1994 y la NOM-113-SSA1-1994, por lo que se infiere un mal manejo en el alimento desde su captura hasta su distribución. No debe descartarse la idea de que exista su presencia de *Aeromonas salmonicida* en una gama más amplia de alimentos, por lo que se debe continuar los estudios sobre esta bacteria, la cual es considerada como un patógeno de primera importancia causante de severas enfermedades, por lo que se recomienda que las autoridades sanitarias del estado de Tabasco lleven un control minucioso y estricto en este tipo de establecimientos.

## **Bibliografía**

Asturiano J.F. (2006). Patologías comunes en acuicultura. "Segundas Jornadas Teórico-Prácticas de Acuicultura: Patología y Biotecnología de la Reproducción". Edit. Universidad Cardenal Herrera-CEU 15-25 p.

Castro E. G., Aguilera A.G (2002). El género *Aeromonas*. ¿Un patógeno importante en México?. Enfermedades infecciosas y microbiología. 22 (4) 206-214.

Garrity M.G. (2009). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd edit. British Library 1450 p.

NOM 029-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Crustáceos frescos refrigerados y congelados.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. 1994.

Norma oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de organismos coliformes totales en placa.

Reporte de enfermedades diarreicas agudas. Recuperado de  
[http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/infoepid/vig\\_epid\\_manuales/](http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/infoepid/vig_epid_manuales/)  
Consultado el 20 de enero de 2013

## **Tema 3.5. Crecimiento en machos y hembras del langostino *Macrobrachium tenellum* en estanques rústicos en el estado de Nayarit, México.** Mario Alfredo Benítez Mandujano, Jesús T. Ponce Palafox, López Uriostegui Fermín, González Cortes Nicolás y Arias Rodríguez Lenin. [mario.benitez@ujat.mx](mailto:mario.benitez@ujat.mx)

### **Resumen**

*Macrobrachium tenellum* es considerado como candidato para cultivo acuícola ya que se ha encontrado en altas densidades en condiciones naturales. La finalidad del presente estudio fue determinar el crecimiento de hembras y machos en estanques rústicos y reportar los parámetros de producción y crecimiento en condiciones de cautiverio para determinar estrategias de manejo a nivel comercial. Para el cultivo se utilizaron tres estanques rústicos de 1 300 ± 50.0 m<sup>2</sup> y una profundidad promedio de 85.4 cm. Se colocaron comedores de barro y tubos de media caña para proporcionales refugios. Se introdujeron 18,300 juveniles por estanque, para tener una densidad de 14 org/m<sup>2</sup>. Se proporcionó alimento balanceado con 25% de proteína, 3% del peso total corporal. Por las curvas de crecimiento registradas en este trabajo se concluye que el cultivo comercial de *M. tenellum* debe basarse principalmente en el cultivo de machos. Con el objeto de lograr mejores rendimientos la cosecha debe ser selectiva. Se recomienda sembrar juveniles grandes (1.5 a 2 g) para optimizar la supervivencia y mejorar el tiempo de crecimiento. Finalmente se encontró que los machos crecen a 1.35 g/semana y las hembras a 0.58 g/semana, en el intervalo de tallas de 2.7 a 12.5 cm de longitud total.

### **Introducción**

Existen dos especies de langostinos de importancia en las pesquerías del género *Macrobrachium* en las costas tropicales y subtropicales del Pacífico Americano *M. americanum* (Bate) y *M. tenellum* (Smith). *M. tenellum* ha sido considerado como un buen candidato para ser cultivado, ya que se ha encontrado en altas densidades en condiciones naturales; no es caníbal ni agresivo; puede tolerar un amplio y fluctuante intervalo de temperaturas, salinidades y concentraciones de oxígeno (Ponce-Palafox et al., 2002). Además posee tenazas débiles incapaces de lesionar al que los manipula y presenta aparente incapacidad de desplazarse fuera del agua por sus pereiópodos débiles en comparación con el peso de su cuerpo. En relación a experiencias en el crecimiento de esta especie en condiciones controladas Sánchez

(1976) realizó experimentos de cultivo de *M. tenellum* en pozas de arcilla y concreto a partir de juveniles colectados en el río San Antonio, en el Salvador.

En México se llevó acabo el semicultivo en estanques y micropresas en la década de los 80's. Martínez *et al.*, (1980) reportan avances del semi-cultivo de *M. tenellum* en estanques de concreto a partir de juveniles capturados en su ambiente, calculando un rendimiento de 1, 434 kg/ha/año.

A pesar de los escasos trabajos que existen sobre el cultivo de postlarvas y juveniles de *M. tenellum* se han realizado algunos ensayos tanto en sistemas de monocultivo (Sánchez 1976, Guzmán & Kensler 1977, Guzmán 1987, Ponce-Palafox *et al.*, 2005), como de policultivo (Martínez *et al.*, 1980, Ponce-Palafox & Cabanillas 1996, Vega-Villasante *et al.*, 2011) utilizando estanques de concreto y rústicos a escala experimental.

En cuanto a enfermedades y parásitos se han detectado en la población sujeta a cultivo la presencia del isópodo *P. pandalicola* con una mayor incidencia en organismos de 6 y 7 cm en los meses de julio y agosto en una proporción de 1 a 3% de la población, así como la presencia de bacterias quitinolíticas en todo el organismo (telson, abdomen y cefalotórax) (Ponce-Palafox 1990, Ponce-Palafox *et al.*, 2005).

La mayoría de los trabajos reportados para esta especie son en condiciones experimentales, por lo que la finalidad del presente estudio fue determinar el crecimiento de machos y hembras de *M. tenellum* en estanques rústicos de una granja comercial de tilapia-langostino y reportar los parámetros de producción de esta especie en condiciones de cautiverio.

## Material y métodos

El presente trabajo se realizó en la unidad comercial de producción acuícola “Real de Acuitapilco”, Santa María del Oro, Nayarit, Mex. (21°20′35.02” N, 104°31′19.09”W) con una altitud de 771 m.s.n.m., la zona presenta una vegetación de tipo selva mediana caducifolia, con un suelo de tipo castaño zem (INEGI, 2011). Para el cultivo se utilizaron tres estanque rústico de 1 300 ± 50.0 m y una profundidad promedio de 85.4 cm. En el fondo, se colocaron invertidos comedores de barro como tubos de media caña para proporciona refugio a los langostinos. Se introdujeron 18,300 juveniles por estanque, para tener una densidad de 14 org/m<sup>2</sup>.

Se les proporcionó alimento balanceado con 25% de proteína, razón de 3% del peso total corporal. Se suministró cada fin de semana pescado seco y picado del poecílido *Poecilia sphenops*. Cada mes se realizaron muestreos biométricos, determinando la longitud total (rostrum-telson) con un vernier y regla graduada en milímetro, y el peso total del cuerpo con una balanza de 200 g de capacidad, marca Yamamoto.

La temperatura del agua, el pH, la profundidad de visión del disco de Secchi, la profundidad máxima y la concentración de oxígeno del agua se determinó de acuerdo a Arredondo-Figueroa y Ponce-Palafox (1998). Se midieron al final del cultivo la tasa de crecimiento (g/semana), producción (kg/Ha), rendimiento (kg/Ha/año) y la supervivencia (%). Así como, la tasa de crecimiento específico (TCE) y factor de conversión del alimento (FCA) mediante las siguientes fórmulas (Adegboye 1983):

$$TCE = (\ln W_f - \ln W_i) \times 100 / T \quad (1)$$

$$FCA = AC(g) / GW(g) \quad (2)$$

Dónde:  $W_f$  es peso final.  $W_i$  -peso inicial,  $T$  -tiempo de ensayo,  $GW$  -ganancia de peso y  $AC$  -alimento consumido.

Para determinar las diferencias entre el crecimiento de machos y hembras se utilizó la prueba de *T-Student* ( $p < 0.05$ ) para dos muestras de una misma población de acuerdo a Montgomery (1997).

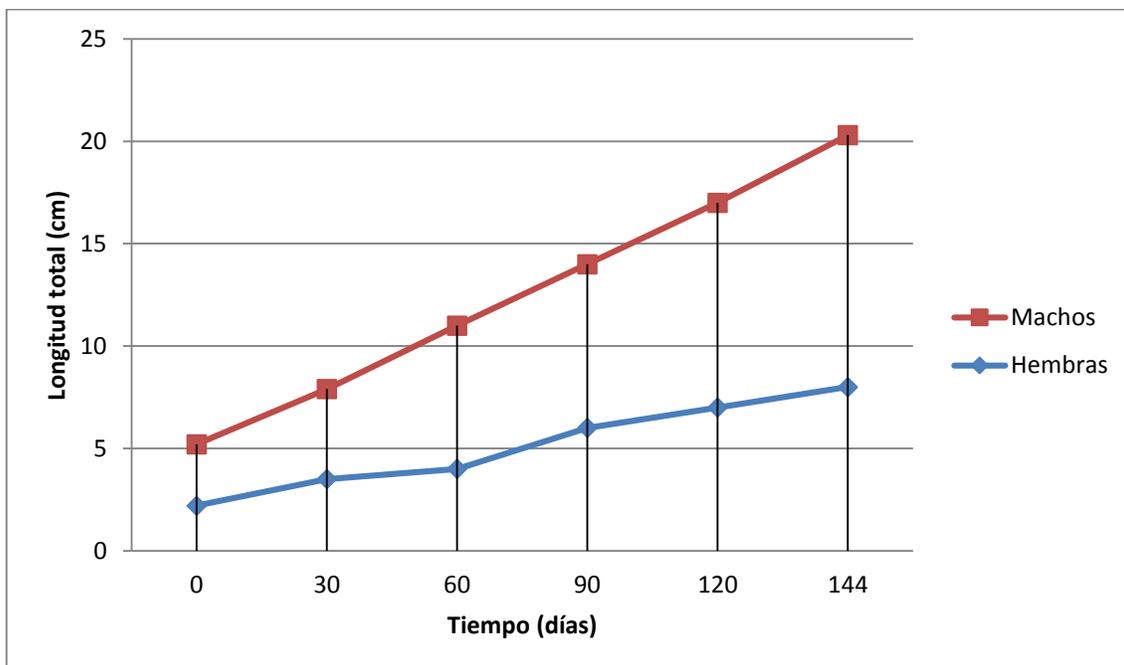
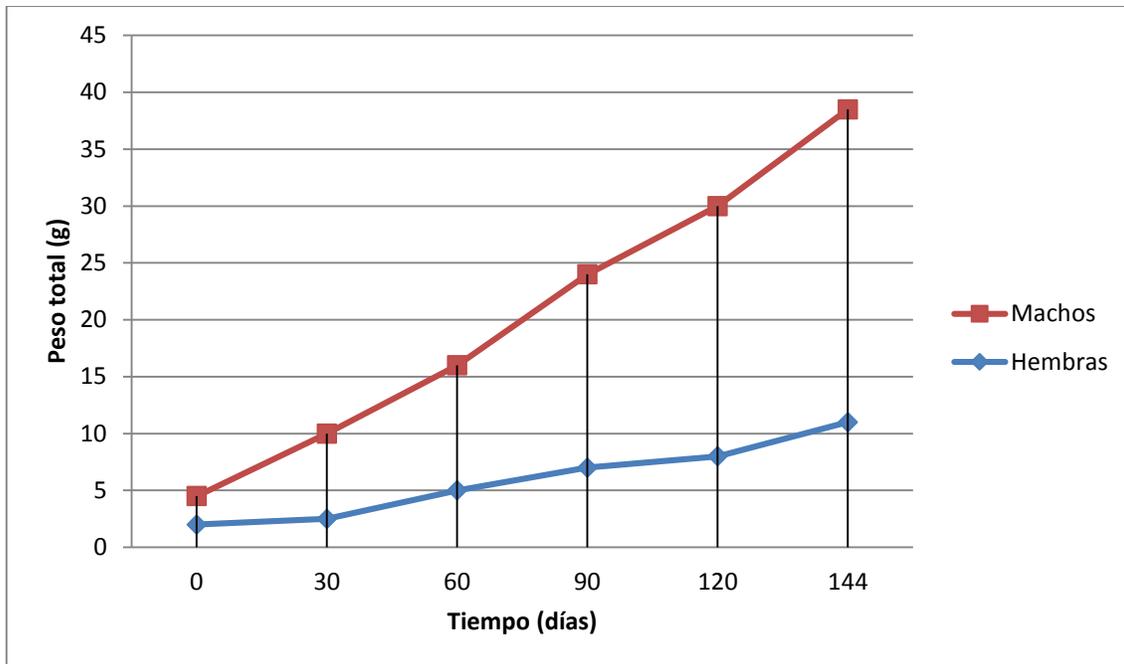
## Resultados y discusión

**Análisis físico-químico del agua del estanque:** La temperatura superficial media del agua se mantuvo durante el cultivo de 28°C a 32°C. Se determinó que dentro del intervalo de 44 a 144 días de crecimiento se presentaron valores de temperatura de 28°C a 29°C. En relación al pH se considera que éste presentó valores medios de 6.5 a 7.1 que permitieron el desarrollo adecuado de este camarón de agua dulce.

La profundidad de visión del disco de Secchi se registró de 15.7 a 27.0 cm, presentando las condiciones más críticas en el mes de Julio con 15.7 cm. La profundidad de los estanques vario de 84.5 cm a 88.6 cm con una media de 85.4 cm. La concentración media del oxígeno disuelto del agua en los estanques vario de 5.5 a 6.5 mg/L.

**Crecimiento:** el crecimiento en longitud de machos y hembras en un cultivo en estanques rústicos se muestran en la Tabla 1. El crecimiento en longitud total después de 144 días de cultivo es 27% mayor en machos que en hembras y se registra en el periodo de crecimiento una longitud promedio máxima de 12.5 y 9.1 cm respectivamente.

El crecimiento en peso para machos y hembras se muestra en la Figura. 2. La ganancia en el peso final fue de 55.6% mayor para machos que para hembras. El peso final promedio en las hembras fue de 11.6 g y para los machos fue de 27.0 g. Al final del experimento, se encontraron 6 organismos con pesos extremos de 45 a 60 g que no se contabilizaron para calcular la media de la población.



Figuras 1 y 2. Peso total (TW) y Longitud total (LT). Crecimiento en machos y hembras de *M. tenellum* en estanques de rústicos

**Producción:** Se encontró que la tasa de crecimiento por semana, la tasa de específica de crecimiento y la producción fueron diferentes significativamente ( $p < 0.05$ ) para hembras y machos (Tabla 1). Los machos presentaron el mayor peso,

tasa de crecimiento específica, tasa de crecimiento por semana y producción que las hembras 27.0 g y 11.6 g, 1.53 y 1.42, 0.58 (g/semana) y 1.35 (g/semana), 481(kg/Ha) y 1,121.54 (kg/Ha) respectivamente. Sin embargo las hembras tuvieron una mayor supervivencia (65.0%) significativamente ( $p<0.05$ ) que los machos (50.0%). El FCA y el rendimiento en kg/Ha/año se calcularon para toda la población y se encontraron los valores de 1.5 y 2,004.3 respectivamente.

**Cuadro 1.** Crecimiento del langostino *M. tenellum* en estanques rústicos

Indicador	Hembras	Machos	DMF	Total
Días de cultivo				144
Densidad org/m <sup>2</sup>				14
Longitud inicial (cm)	2.9±0.3 <sup>a</sup>	3.2±0.4 <sup>a</sup>	0.5	
Longitud final (cm)	9.1±	1.5 <sup>a</sup>	3.4	
Peso Total inicial (g)	1.9±0.5 <sup>a</sup>	2.5±0.7 <sup>a</sup>	1.5	
Peso total final (g)	11.6±3.3 <sup>a</sup>	27.0±6.8 <sup>b</sup>	15.4	
Tasa específica de crecimiento (%)	1.42±0.1 <sup>a</sup>	1.53±0.3 <sup>b</sup>	0.11	
Tasa de crecimiento semanal g/sem <sup>-1</sup>	0.58±0.09 <sup>a</sup>	1.35±0.25 <sup>b</sup>	0.77	
Tasa de conversión del alimento	1.5	1.7		
Rendimiento (kg/ha <sup>1</sup> )	481.53±10.9 <sup>a</sup>	1,121.54±50.9 <sup>b</sup>	640	
Supervivencia (%)	65.0±2.6 <sup>a</sup>	50.0±3.0 <sup>b</sup>	15.0	

Letras con diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias ( $p<0.05$ ). DMF= Diferencias de medias entre machos y hembras

La temperatura del agua se encontró dentro del intervalo reportado para las aguas de las lagunas costeras del Pacífico Mexicano donde se encuentra *M. tenellum* (Guzmán *et al.*, 1982). Se observó una relación con la temperatura, que conforme aumenta se presenta un incremento de hembras ovígeras, lo que se relaciona con los valores modales de maduración encontrados en los meses de julio y agosto (Guzmán *et al.*, 1982). En relación con los machos, el incremento periódico absoluto aumenta a partir de los 31°C (en el mes de junio) hasta el final del cultivo.

El intervalo de temperatura de 28°C a 29°C se presentó del día 44 hasta el día 144 de crecimiento en los estanques rústicos, el cual correspondía donde los organismos crecieron adecuadamente de acuerdo a lo encontrado por Cabrera *et al.*, (1979) bajo condiciones controladas.

Los resultados obtenidos por Cheng & Jiann-Chu (2004) para *M. rosenbergii* bajo diferentes salinidades, demostraron una mayor tasa de crecimiento para el langostino en agua dulce o en agua de muy baja salinidad con pH neutro, por lo que no tuvo efecto sobre el crecimiento del langostino.

La profundidad del disco de Secchi se mantuvo alrededor de 25 cm valor aceptado tradicionalmente para estanques rústicos donde se cultivan peces y crustáceos. (Arredondo-Figueroa & Ponce-Palafox, 1998).

El crecimiento en longitud total después de 144 días de cultivo es 27% mayor en machos que en hembras y se registra en el periodo de crecimiento una longitud promedio máxima de 12.5 y 9.1 cm respectivamente. Esto está de acuerdo con lo encontrado por Román-Contreras (1979) para langostinos silvestres en los cuales se han registrado organismos de 6 a 13 cm de longitud total para machos y de 6 a 9 cm para hembras.

El registro de langostinos de 45 a 60 g fue muy importante porque nos muestra el potencial de la especie para este parámetro de crecimiento. Por lo que se requiere seleccionar organismos de *M. tenellum* que tengan un potencial alto de crecimiento, y dependiendo del mercado hacer cultivos monosexuales, ya sea seleccionando solo machos o llevar a cabo la reversión sexual para poder iniciar un programa de cultivo de esta especie a nivel comercial. Sin embargo, en comparación con los datos obtenidos en cultivos comerciales en México de *M. rosenbergii* (Ponce-Palafox, 1997) encontramos que *M. tenellum* creció un 50% menor en el mismo periodo.

Los datos de producción se muestran en el Tabla 1, entre los aspectos más importantes tenemos. La supervivencia de 50% obtenida en este trabajo puede ser mejorada y nos muestra que esta especie puede ser rentable desde el punto de vista

económico para cultivo. Existe diferencia en la tasa específica de crecimiento entre machos y hembras por lo que se recomienda seguir las estrategias señaladas anteriormente. El rendimiento de esta especie se encuentra alrededor de 2 Ton/año considerando un ciclo y medio anual de crecimiento. Además, se ha encontrado que puede sustituirse en la dieta desde un 80% hasta 100% de harina de pescado por harina de soya sin presentar efectos en el crecimiento y supervivencia (García-Ulloa *et al.*, 2007), lo que hace más atractivo su cultivo.

## Conclusión

Entre los factores de mayor importancia que se deben considerar para la producción de esta especie y llevarla a tamaño comercial se encuentran:

- Baja productividad por lesiones del caparazón suave, en el proceso de muda bajo condiciones de alta densidad de población.
- Por las curvas de crecimiento registradas en este trabajo el cultivo comercial de *M. tenellum* debe basarse principalmente en el cultivo de machos.
- Con objeto de lograr mejores rendimientos la cosecha debe ser selectiva.
- Se debe sembrar en estanques rústicos juveniles de 1.5 a 2 g para optimizar la supervivencia y el tiempo de crecimiento en la engorda.
- *M. tenellum* resiste intensidades de manejo más rústicos que *M. rosenbergii* tanto en altitudes del presente trabajo (900 msnm) como en la época de invierno-primavera.

## Bibliografía

Adegboye, D. 1983. The “crayfish condition factor” a tool in crayfish research, 154-172. In C.R. Goldman (ed.) Freshwater crayfish. Connecticut: V. AVI. Publishing Company, 254.

- Arredondo-Figueroa, J.L. & J.T. Ponce-Palafox. 1998. La calidad del agua en acuicultura: Conceptos y Aplicaciones. AGT Editor. S.A., México D.F.
- Cabrera, J., C. Chávez & C. Martínez 1979. Fecundidad y cultivo de *Macrobrachium tenellum* (Smith) en el laboratorio. *Anales del Instituto de Biología* 50(1):127-52.
- Cheng, W. & C. Jiann-Chu. 2004. Effects of Environmental Factors on the Immune Responses of Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* and Other Decapod Crustaceans. *J. Fish. Soc. Taiwan*. 29(1):1-9.
- García-Ulloa, M.G., L.A. López-Aceves, J.T. Ponce-Palafox, H. Rodríguez-González & J.L. Arredondo-Figueroa. 2007. Growth of Fresh-Water Prawn *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) Juveniles Fed Isoproteic Diets Substituting Fish Meal by Soya Bean Meal. *Braz. arch. biol. technol.* 51(1):57-65.
- Guzmán, M. & Kensler C. 1977. Posibilidades del cultivo de langostino *Macrobrachium*, en el área de Ciudad Lázaro Cárdenas, Mich. y zona de influencia. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*. 19 pp.
- Guzmán, M. 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1971), en las lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de Ph.D., Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Colegio de Ciencias y Humanidades. México, D.F.
- Guzmán-Arroyo M, S.L. Rojas-Galaviz & L.D. González-González. 1982. Ciclo Anual de maduración y reproducción del "Chacal" *Macrobrachium tenellum* y su

relación con factores ambientales en las lagunas costeras de Mitla y Tres Palos, Guerrero, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnología*. 9(1):67-80.

INEGI. 2011. Síntesis de información geográfica del Estado de Nayarit. INEGI. México.D.F. 140 pp.

Martínez-Palacios, C.A., Chávez M.C. & Palomo G.C. 1980. Avances sobre el semicultivo del langostino *Macrobrachium tenellum*. En: *Memorias del II Simposio Latinoamericano de Acuicultura*. México, Departamento de Pesca, tomo 1:641–62.

Montgomery, D. C. 1997. Design and analysis of experiment. New York: Wiley.

Ponce-Palafox, J.T, F. Arana-Magallón, H. Cabanillas-Beltrán & H. Esparza Leal.2002. Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico Americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1968). En: De Blas I. (ED), *Memorias del I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. CIVA 2002*. 2002:534-46. (También disponible en línea: <http://www.civa2002.org>)

Ponce-Palafox, J.T, R. González-Salas, O. Romero-Cruz, I. Febrero-Toussaint, J.L. Arredondo-Figueroa & Esparza-Leal H. 2005. Enfermedades del camarón de agua dulce *Macrobrachium tenellum* y *M. rosenbergii* durante el cultivo comercial en estanques rústicos, en empresas rurales. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 2005: VI(12). Disponible en URL: [http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n12\\_1205/.html](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n12_1205/.html)

Ponce-Palafox, J.T. & H.B. Cabanillas. 1996. La investigación en el cultivo de langostino en México al término de 1995. En: *Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales*. Patzcuaro, Michoacán. Instituto Nacional de Pesca: 103-111.

- Ponce-Palafox, J.T. 1990. Enfermedades del langostino durante el cultivo en estanques rústicos, en el estado de Morelos. *Revista de Acuavisión. FONDEPESCA. México.* 5(21):25-29.
- Ponce-Palafox, J.T. 1997. Current and future trend in freshwater prawn culture in Mexico. *Island Aquaculture and Tropical Aquaculture, Les Trois Islets (Martinique)*, 4-9 May 1997. (World Meeting Number 972 5004).
- Román-Contreras R. 1979. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *M. tenellum* (Smith) (Crustácea: Decapoda: Palemonidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnología.* 12:137-160.
- Sánchez C. 1976. Desarrollo larval de *M. tenellum* en el Salvador. En: Pilay J, eds. Conferencia Técnica de la FAO sobre Acuicultura, Kyoto, Japón. Roma: FAO, 311 pp.
- Vega-Villasante F., E. A Martínez-López, L.D. Espinosa-Chaurand, M. C. Cortés-Lara H. Nolasco-Soria. 2011. Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico Mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2): 581-588.

# CAPÍTULO IV. RECURSOS NATURALES



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**  
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
Centro Universitario de Petén

# INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales –la tierra, el agua y el material genético– son esenciales en la producción de alimentos, el desarrollo rural y los medios de subsistencia sostenibles. Desafortunadamente, en muchas regiones podrían aumentar los conflictos –presentes desde hace mucho tiempo en la historia humana– por el acceso a estos recursos, debido al aumento de la demanda de alimentos, fibras y energía, así como a la pérdida y degradación de las tierras productivas. La transformación de las condiciones agrícolas, una escasez mayor de agua, la pérdida de biodiversidad, los acontecimientos meteorológicos extremos y otros efectos del cambio climático intensificarán los conflictos. Para salvaguardar la agricultura productiva habrá que afrontar estos desafíos.

En este capítulo, se exponen los resultados de 12 trabajos de investigación en el área de conservación, preservación, desarrollo rural, ordenamiento de la tierra, biorremediación y cuidado del agua. Los autores aportan resultados de manera significativa en cuestiones sobre tenencia de la tierra, cómo los es el caso de la Reserva de la Biosfera Maya: Pasado, Presente y Futuro, los Huertos, la agricultura de tumba y quema (milpas): sistemas sustentables de producción de alimentos en Petén, Guatemala. La aportación sobre el manejo de las Unidades de Vida Silvestre cómo el caso de éxito del centro ecoturístico “Quinta Camila” de Chiapa de Corzo, y el aprovechamiento etnobotánico de los grupos indígenas de la ruta Yocot’an de Nacajuca, Tabasco, México, la biotecnología de reproducción de *Pontoscolex corethrurus* (oligochaeta) mediante una dieta con *Arachis pintoi* (fabaceae) en mesocosmos, asimismo se afrontan con metodologías exitosas de bioremediación en términos de disminución de la concentración de ácido sulfhídrico contenido en el biogás, mediante una solución alcalina y la valuación de la eficiencia coagulante del sulfato de aluminio en aguas superficiales obtenido a partir de un residuo petrolero. Para finalizar este capítulo se proponen estrategias comunitarias de las mujeres rurales para adaptarse a efectos del cambio climático.

# **Tema 4.1. La reserva de la biosfera maya: pasado, presente y futuro. Bayron Milian. bamilian@hotmail.com**

## **Resumen**

La Reserva de la Biosfera Maya (RBM) es la mayor y más importante área de conservación en Guatemala, abarcando más de 21.000 km<sup>2</sup>. Esta reserva fue creada sobre la base de la antigua reserva forestal del FYDEP. Debido a que la Reserva es el hogar de más de 118,000 personas, la estabilización del medio ambiente es profundamente dependiente del uso de la tierra por parte de esta población residente. Esfuerzos gubernamentales iniciales para reducir la migración y la deforestación incluyeron el diseño de regímenes de tenencia de la tierra, tales como tierras privadas, concesiones forestales y concesiones comunales en diferentes zonas de la Biosfera. Aunque la reserva se ha mantenido relativamente integra en su parte Este, la parte Oeste, ha sufrido un serio deterioro relacionado con el crecimiento poblacional, la pobreza, falta de oportunidades de trabajo y debilidad institucional entre otras. Las amenazas más importantes para la Reserva lo constituyen actualmente, la expansión ganadera extensiva, los incendios de ecosistemas naturales, la exploración y explotación petrolera, cacería y sobrepesca, captura y tráfico de fauna, y especies exóticas invasoras. El futuro de la reserva depende de su capacidad para desarrollar fuentes de trabajo y bienestar para la creciente poblacional que la habita, y restaurar la gobernabilidad en la zona. Palabras clave: Reserva de Biósfera, Área Protegida, Ganadería extensiva, catastro, gobernabilidad

## **Introducción**

La RBM se ubica en el extremo norte de Guatemala y es el complejo de áreas protegidas continuo más grande de Centroamérica con una superficie equivalente al tamaño de países como El Salvador, Israel o Eslovenia. Junto a áreas colindantes en Belice y México es también el bloque más grande de áreas silvestres de toda Mesoamérica (Figura 1) y actúa efectivamente como puente entre los parches de bosque y otros hábitats en Río Bravo, Belice y Calakmul en México (WCS 2013).

En el contexto nacional, la RBM representa el 19.14% del territorio de Guatemala, más del 60% de todas las áreas protegidas declaradas del país y cerca del 60% del área total del departamento de Petén. Dentro de la RBM se mantiene más del 70%

de todos los bosques dentro de áreas protegidas y cerca del 40% de todo el bosque de Guatemala. Además dentro de sus límites se ubica el 13% del total de espejos de agua dulce del país y contiene el complejo de humedales más extenso de Centroamérica (WCS 2013).

La RBM posee una extensión de 2,16 millones hectáreas y consta de tres zonas principales: Zona de amortiguamiento (497,440 ha), Zona de Usos Múltiples (848,440 ha) y Zonas Intangibles (814,324 ha) también conocidas como Zonas núcleo (Castro y Secaira 1999, TNC 2004). La Zona Núcleo (ZN) cubre el 36% de la reserva y consiste en cinco Parques Nacionales y cuatro Biotopos Protegidos, estando reservadas exclusivamente para investigación científica y turismo de bajo impacto (ej.: Parque Nacional Tikal, PN Yaxhá-Nakum-Naranjo, PN Sierra del Lacandón, Biotopo Protegido El Zotz). La Zona de Usos Múltiples (ZUM) cubre 40% de la reserva y es la zona que conecta a todos los parques nacionales y biotopos; esta zona es una “reserva extractiva” de 848,440 ha, en la cual se permiten únicamente actividades sostenibles y prácticas de uso de los suelos de bajo impacto (CONAP 1996). La Zona de Amortiguamiento (ZAM) cubre 24% de la reserva y es una franja de quince kilómetros de ancho a lo largo de su límite sur (CONAP 1992 y 2001).



pérdidas por cambio de uso del suelo y degradación por incendios principalmente y que los niveles de amenaza actuales se mantienen altos y es probable que se incrementen en el corto y mediano plazo (WCS 2013).

La RBM ha controlado, hasta cierto punto, la expansión de caminos y asentamientos que determinan en gran medida el incremento de la deforestación. Muy probablemente el paisaje sin declaratoria sería muy diferente al actual y la amenaza de incendios se habría tal vez expandido a prácticamente todo el paisaje (WCS 2013).

La RBM es una importante fuente de bienes y servicios ecosistémicos que repercuten en el bienestar de la sociedad guatemalteca. Uno de las contribuciones más importantes de la RBM es la estabilización parcial del clima local y mitigación de impactos de cambio climático (CONAP-Zootropic 2011). La pérdida de cobertura forestal está estrechamente relacionada al cambio climático regional, por lo que la protección de ésta representa una medida de estabilización (Ver Figura 2). Además, la masa forestal contribuye al secuestro de carbono de la atmósfera.



recopilación de documentación relevante, elaboración de cartografía actualizada, integración de encuestas y estudios realizados en 2011-2013 en la zona, evaluación de planes maestros anteriores, así como entrevistas con líderes comunitarios, funcionarios de gobierno, ONG's, y funcionarios responsables de las diferentes parques y áreas dentro de la Reserva.

## **Resultados y discusión**

Aunque no existe mucha información o evidencias directas de los primeros pobladores de la RBM, hay rastros de ocupación humana en el norte de Yucatán de entre 10,000-8,000 a.c. (Velázquez-Valdéz 1980, citado por Folan *et al.* 2000). Estos primeros pobladores fueron cazadores recolectores que convivieron y cazaron a los grandes mamíferos del Pleistoceno, incluyendo mastodontes, bisontes, y caballos entre otras especies, ahora extintas. Las primeras evidencias regionales de la domesticación de plantas datan de alrededor de 3,400 a.C. y se manifiestan a través de signos del cultivo de maíz y yuca encontradas en el norte de Belice (Pohl *et al.*, 1996). Dentro de la RBM se reportan señales de modificación agraria incipiente entre 2,700 y 1,450 a.C. obtenidos de análisis de polen en núcleos de sedimentos extraídos de la Laguna Puerto Arturo (Wahl *et al.*, 2005).

Procesos evolutivos relacionados con el incremento de la complejidad de los asentamientos humanos culminaron con la aparición de los primeros sitios con rasgos de sistemas de organización, gobierno y religión estables durante el Preclásico Medio entre 1000-600 a.C. en sitios como Nakbé y Guiro dentro de la RBM (Hansen 1992). Así, poblaciones significativas, en el rango de quizá cientos de miles de personas, ocuparon de manera más o menos estable parte de lo que hoy es la RBM con algunas variaciones temporales y espaciales durante al menos dos milenios.

El punto más alto de la historia demográfica de la RBM puede situarse en el apogeo del periodo Clásico de la antigua civilización maya, alrededor de entre 700 y 800 d.C., cuando se estima pueden haber vivido en ella hasta 2 millones de personas (Turner II 1990). Esta cifra es, sin embargo una estimación general y valores tan altos como 14 millones (Morley 1946, citado por Turner II 1990) y tan bajos como 1 millón (Thompson 1954, citado por Turner II 1990) han sido propuestos para *toda* la región Maya.

Casi enseguida de haber alcanzado este valor máximo de habitantes ocurrió lo que es conocido comúnmente como el “Colapso Maya”. El colapso se caracterizó por el cese de la construcción de edificios y monumentos y el posterior abandono de ciudades anteriormente florecientes, entre las que se contaba Tikal y otras más, notables en la RBM. Múltiples factores han sido considerados para explicar el colapso, incluyendo la influencia de factores relacionados con el clima, el incremento de conflictos y guerras y la sobreexplotación de los recursos naturales (Webster, 2002). Estas explicaciones parecen estar, todas, soportadas por evidencias que por ejemplo han encontrado indicios de la ausencia de bosques, la ocurrencia de una sequía prolongada (Hodell *et al.*, 1995), incrementos en medidas de previsión para la guerra como muros defensivos (Demarest *et al.*, 1997) y la reducción en la talla de los adultos encontrados en tumbas interpretada como un efecto de la desnutrición (Haviland 1967), todo ello, coincidiendo temporalmente con la etapa previa al colapso.

Hacia finales del Postclásico y de manera hasta el día de hoy muy poco entendida, la población se redujo de manera continua y recibió un golpe adicional al establecer contacto con los españoles que trajeron enfermedades como la viruela para la que las poblaciones nativas no tenían resistencia natural y que causaron la casi extinción de la poblaciones nativas aún antes del fin de la conquista (Schwartz 1990). Hacia 1697, y después de casi 170 años de intentos previos, los españoles finalizaron la conquista de todos los territorios americanos bajo su dominio al capturar Tayasal y otras ciudades estado en la zona central de los lagos y lagunas de Petén. Durante

casi tres siglos, desde el principio del dominio español y hasta mediados de 1960 la población en la RBM fue más o menos estable, fluctuando desde unos pocos miles, hasta quizá alrededor de 9,000 habitantes en 1964<sup>1</sup> (Schwartz 1990).

A fines de la década de los 60's y principios de los 70's un incremento exponencial en la cantidad de población de la RBM se dio como consecuencia de la política de colonización del Petén, definida para el FYDEP, que creado en 1959 promovió la emigración de colonos del sur de Guatemala hacia el departamento. La población pasó de haber permanecido estable durante siglos a multiplicarse por diez en la RBM en menos de 50 años (Schwartz 1990; Ramos *et al.*, 2001). Este crecimiento demográfico ha sido caracterizado por una alta tasa de migración, una las más altas Tasas Globales de Fecundidad -TGF- de Guatemala (MSPAS *et al.*, 2009) que a su vez tiene la TGF más alta de America Latina (CEPAL 2010).

Hacia 2000, el 65% de la población de la RBM había nacido en un sitio diferente al de su residencia de ese momento, es decir, había migrado desde otro lugar para establecerse dentro de la RBM. Hasta una tercera parte de esos migrantes vinieron de otros sitios en Petén, donde hicieron escalas intermedias antes de llegar a la RBM y una proporción cercana a la mitad del total vino de departamentos del Nororiente, Suroriente o las Verapaces<sup>2</sup> haciendo en conjunto, cerca del 90% del total de pobladores de la RBM con condición de no nativos (Ramos *et al.*, 2001).

Con base en datos de 2000 (Ramos *et al.*, 2001) y proyecciones de población, se estima que la población actual de la RBM es de 118,000 habitantes. De estos habitantes cerca de 15,000 se encuentran en la cabecera municipal de Melchor de Mencos, que puede considerarse como urbana, por lo que los restantes 103,000 habitantes se encuentran en áreas rurales, una proporción de población de 13% y 87% para áreas urbanas y rurales respectivamente. La población de la RBM se

---

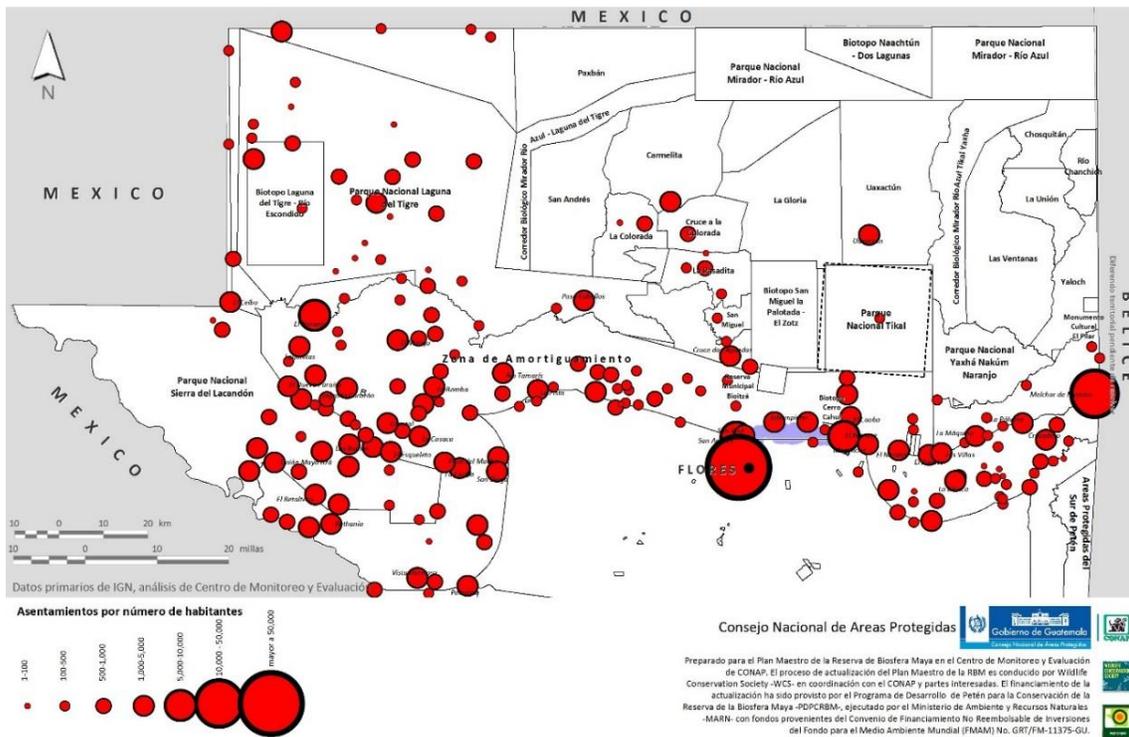
<sup>1</sup>Estimado usando 33% derivado de datos del censo 1950 que sitúa en ese porcentaje la población de la RBM con respecto a la de Petén

<sup>2</sup>Los departamentos del Nororiente incluyen a Zacapa, El Progreso, Izabal y Chiquimula, los del Suroriente a Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa y las Verapaces son Alta Verapaz y Baja Verapaz.

encuentra asentada en un estimado de 192 comunidades (se excluye a Melchor de Mencos) que tienen en promedio cerca de 500 habitantes cada una, aunque se registran valores de rango de entre cerca de 4,000 habitantes (El Naranjo, Libertad) hasta menos de 10 habitantes. La Figura 3 muestra la población estimada en cada una de las comunidades de la ZUM y ZZNN en el 2012. En las ZZNN y la ZUM, las comunidades con más habitantes, según las estimaciones del 2012, en orden de importancia son: Cruce a Dos Aguadas (3,724), El Retalteco (2,321), Paso Caballos (2,052), Las Ruinas (1,705), La Quetzal - UMI (1,419).

El 74.6% de los habitantes de la RBM viven en la ZAM, el 10.6% en la ZUM y el 14.8% en alguna de las zonas núcleo, aunque esto solo se refiere al sitio donde el asentamiento está ubicado y no necesariamente a su área de influencia. Muy frecuentemente pobladores de asentamientos en una de las zonas o unidades de manejo de la RBM tienen intereses o unidades productivas en otras zonas colindantes o en algunos casos bastante lejos de su lugar de asentamiento. La figura 4 muestra las proporciones de población de la RBM por unidad de manejo donde se encuentran asentadas así como por la existencia o no de acuerdos suscritos con el CONAP.

Figura 4. Población estimada (5.5 habitantes por hogar) para 2012



Proyecciones hechas en 2000 usando datos promedio de migración y de valor de TGF encontraron que hacia el 2020 la RBM tendría una población de 170,000 solamente en comunidades rurales. Sin embargo la RBM con una densidad poblacional actual estimada en 5.9 habitantes/km<sup>2</sup> es el área con la menor densidad poblacional de Guatemala que tiene un valor promedio actual estimado de 128 habitantes/km<sup>2</sup> (INE 2006). Destaca mencionar que el crecimiento demográfico reciente no ha sido similar en todas partes de la RBM y ha sido dinámico a través del tiempo. Por ejemplo, el crecimiento de la población en algunas comunidades de Parque Nacional Laguna del Tigre ha sido muy alto, mientras que otras comunidades se mantuvieron estables. Se experimentó un crecimiento acelerado entre 2006 - 2009, pero el crecimiento disminuyó entre 2010 - 2012.

Figura 5. Población de la RBM por zona y por fecha estimada de asentamiento y por existencia de acuerdos con el CONAP

Fecha de asentamiento, acuerdos	Zona núcleo	Zona de uso múltiple	Zona de amortiguamiento	TOTAL
En asentamientos establecidos antes de 1990, sin acuerdos suscritos con CONAP				96,000
En asentamientos establecidos antes de 1990, con acuerdos suscritos con CONAP				9,000
En asentamientos establecidos después de 1990, sin acuerdos suscritos con CONAP				11,000
En asentamientos establecidos después de 1990, con acuerdos suscritos con CONAP				2,000
<b>TOTAL</b>	<b>17,500</b>	<b>12,500</b>	<b>88,000</b>	<b>118,000</b>

 = 10,000 habitantes     
  = 1,000 habitantes

## Condiciones de vida y socioeconomía

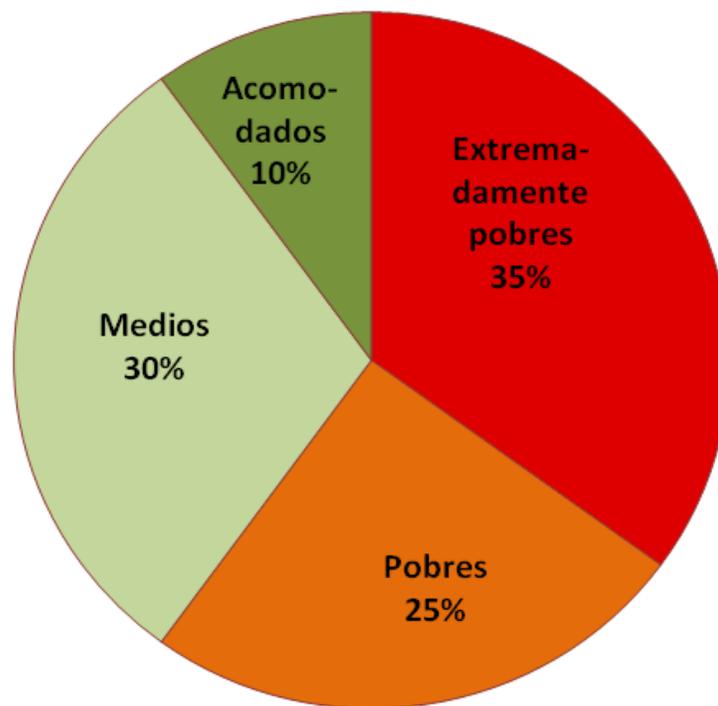
Inmediatamente después de la conquista y hasta la década de 1960's la RBM fue un área aislada, escasamente poblada y con un reducido intercambio comercial interno o dirigido hacia otras regiones (Schwartz 1990). La economía dependió durante ese periodo mayormente de los cultivos de subsistencia y en alguna medida del trabajo remunerado temporal. Hacia 1860 y hasta alrededor de 1900 algunas explotaciones madereras y un breve periodo de demanda de la resina de hule crearon algunas fuentes alternativas de ingresos. Entre 1890 y 1970 una nueva actividad extractiva, la explotación de la resina del chicle ocupó el lugar principal de la economía de Petén y de la RBM por extensión y contribuyó de manera importante a la economía de Guatemala, llegando en algún momento a representar hasta el 8% de las exportaciones del país. El chicle proveyó fuentes de trabajo que aunque estacionales, fueron más o menos estables durante 80 años hasta el declive de la importancia económica de la extracción del recurso que ocurrió alrededor de 1970.

A mediados de la década de los 1960's el incremento de las migraciones, la política de colonización del FYDEP y la apertura masiva de nuevas áreas dedicadas a la agricultura y la ganadería produjo un cambio sustancial en las actividades

económicas en el Petén y a la RBM por asociación. El incremento de la importancia de la producción de maíz, frijol y otros cultivos anuales, la crianza de ganado, la extracción de madera, la colecta de nuevos productos no maderables del bosque (xate y pimienta) y el turismo configuraron un panorama socioeconómico parecido al que actualmente prevalece en la RBM.

En la actualidad se estima que hasta el 60% de los habitantes de la RBM son pobres o extremadamente pobres y que los extremadamente pobres son el 35% del total. Solo un 10% de los pobladores de la RBM se consideran acomodados (MFEWS 2009). Estos datos son mostrados en la Figura 5.

Figura 6. Nivel de pobreza en la RBM (MFEWS 2009).



En cuanto a educación, se estima que el 18% de la población es analfabeta (17% hombres y 19% mujeres), lo que es prácticamente el mismo valor que la media nacional. La tasa de cobertura de educación primaria se estima en 92%, por debajo del promedio nacional de 95%, con una tasa de aprobación estimada en 84%, también por debajo de la tasa nacional del 87%. La educación secundaria tiene una tasa de cobertura de 58%, por debajo de la tasa nacional promedio de 62% y las

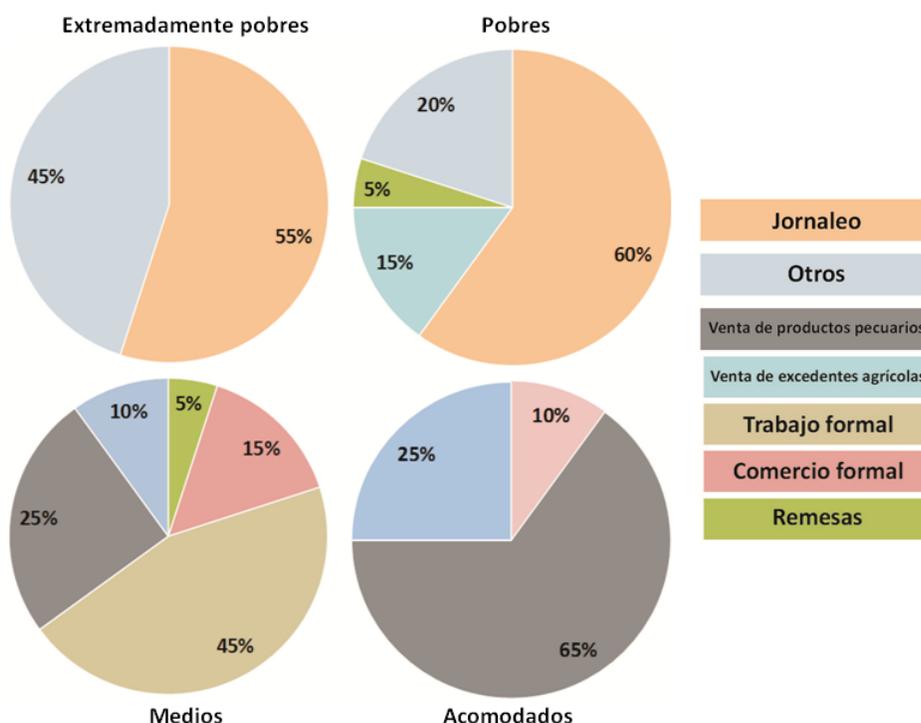
tasas de aprobación son del 72% y 67% respectivamente, lo que significa que el valor de la RBM es ligeramente más alto que el promedio nacional. Finalmente en cuanto al nivel diversificado, la tasa de cobertura en la RBM se estima en 26%, por debajo del promedio nacional que se sitúa en 33%. Todas estas estadísticas, sin embargo están agregadas a nivel de municipio por lo que se incluyen dentro de ellas las áreas urbanas de Flores-Santa Elena y La Libertad, por lo que probablemente los valores estrictamente de la RBM pueden ser diferentes. En cuanto a infraestructura educativa, se estima que existen establecimientos parvularios en 107 comunidades, primarios en 180 comunidades, básicos en 51 y diversificados en únicamente 4. La oferta de educación universitaria está concentrada en el Área Central de Petén, fuera de la RBM.

El empleo formal está limitado en la RBM a una proporción muy pequeña de la población. Aunque no se tienen datos recientes al respecto, en 2000-2001 se estimó que únicamente el 10% de la población tenía un empleo formal estable y se estima que esa cifra no debe haber cambiado mucho, dado que no se han producido expansiones de la oferta de empleo de relevancia, en particular dentro de los límites de la RBM.

La distribución de la fuente de ingresos en la RBM ubica en primer lugar al jornaleo agrícola con un estimado del 34% de la población dependiente de él. En segundo lugar las actividades pecuarias proveen de ingresos al 14% de la población y el trabajo formal o asalariado provee de ingresos a hasta el 13% de la población. Un grupo de varias actividades económicas, no segregado claramente y definido para este documento como “otros” provee de ingresos al 26.25% de la población. Dentro de este grupo se encuentran actividades como la colecta de productos del bosque, la pesca y la manufactura de artesanías. Con porcentajes menores al 10% se encuentran también ingresos derivados del comercio formal, la venta de excedentes de producción agropecuaria de subsistencia y las remesas del exterior (MFEWS 2009).

La diferenciación entre las proporciones de fuentes de ingresos y el nivel económico muestra claramente que la separación entre los extremadamente pobres y pobres con los otros dos grupos. En ambos casos está ausente como fuente de ingresos la venta de productos pecuarios y el trabajo formal así como el jornaleo representa más de la mitad de los ingresos. La Figura 6 muestra estas proporciones.

**Figura 7.** Proporción de fuentes de ingresos por nivel económico



## Producción agropecuaria

La producción agropecuaria en la RBM es hasta la fecha poco diversificada y limitada mayormente a la producción de maíz mayormente para el autoconsumo y la ganadería extensiva de bovinos. De acuerdo al Censo Agropecuario Nacional (INE-MAGA 2004) que colectó datos en 2003, había más de 50,000 hectáreas cultivadas con maíz blanco, un estimado de cerca del 80% del total de superficie dedicada a la agricultura en la RBM. Esta proporción puede en realidad ser más alta, dado que los

dos cultivos que ocupan el segundo lugar en proporción (el frijol negro y la pepitoria) son regularmente sembrados en asocio con el maíz.

En cuanto a la ganadería, se estima la presencia de cerca de 125,000 cabezas de ganado bovino en la RBM (INE-MAGA 2004), prácticamente un valor por encima de una cabeza de ganado per cápita y un valor muy por encima de las cerca de 10,000 cabezas de ganado menor (cerdos, cabras y ovinos) reportadas por la misma fuente. Si se asume que en promedio cada cabeza de ganado bovino usa alrededor de 1 hectárea, la superficies sumadas de cultivos de maíz y crianza de bovinos ronda las 175,000 hectáreas, de un total estimado por el Censo Agropecuario de 190,000 hectáreas, es decir el 92%. Según los datos obtenidos de un análisis para 2013, el Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT), es el que presenta la mayor cobertura de ganadería, con más de 70milhectáreas de cobertura de potreros, sin embargo, Ruta a Melchor de Mencos es el área que porcentualmente tiene más área con cobertura de pastos, cubriendo más del 30% del área. Entre la fecha del censo y la actualidad muy probablemente el balance se haya inclinado más todavía hacia la ampliación de áreas ganaderas, aunque algunos cultivos alternativos, muy reducidos en cuanto a área dedicada, pero importantes por ser destinados a la exportación (papaya) han ganado alguna importancia.

## **Producción forestal maderable**

En cuanto a la producción forestal maderable, un total de 163,000 mt<sup>3</sup> de maderas primarias (caoba y cedro) y secundarias (varias especies comerciales) han sido aprovechados entre 2003 y 2010, con un promedio anual de alrededor de 20,000 mt<sup>3</sup> anuales. Estos volúmenes están distribuidos principalmente entre concesiones forestales industriales y comunitarias. Sin la menor duda, la RBM es la fuente más importante de maderas tropicales finas de Guatemala y en buena parte esta producción es exportada a mercados externos, aunque también la demanda interna es significativa. El cuadro 1 muestra los valores específicos por grupo de especie y por concesión.

Aunque la comunidad local de árboles es relativamente diversa, solo dos especies de madera dura valiosa, la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*), representaron casi toda la madera vendida comercialmente por varios años. Más recientemente, también se han comercializado especies menos conocidas tales como *Calophyllum brasiliense*, *Bucida burseras*, *Vatairea lundellii*, *Aspidosperma stegomeris*, *Lonchocarpus castilloi*, *Metopium brownei*, y *Astronium graveolens* en volúmenes cada vez mayores. A pesar de la diversificación de las especies comercializadas, la intensidad de extracción selectiva entre 1,2–3 m<sup>3</sup>/ha en la RBM se encuentra entre las más bajas del trópico húmedo. Todas las concesiones consiguieron la certificación del Consejo de Administración Forestal (FSC por sus siglas en inglés). En 2003 se creó la empresa de segundo nivel, FORESCOM, con el fin de procesar y comercializar en forma colectiva la madera y los productos terminados con el fin de negociar mejores precios y condiciones contractuales.

El ingreso estimado por venta de madera anual en la RBM es de más de \$13,000,000 dólares norteamericanos por la madera certificada (CONAP 2011<sup>a</sup>, Radachowsky y Ramos, *en prep.*, FRAME 2006, Rosales 2010). Se dice que las actividades de extracción y manejo de la madera y PFMN generarán más de 3,000 empleos al año, lo que representaría más de 300,000 días/persona (Gustavo Pinelo, *com pers.*). En 2003, Chemonics International estimó que el ingreso promedio anual por miembro de concesión fue de \$1,140, incluidos los dividendos y salarios. Esto equivale aproximadamente a 6 meses de ingresos promedio en el Petén rural, y corresponde a un promedio de solo 39 días de trabajo (sin considerar el tiempo empleado en reuniones de organización). Los beneficios se distribuyen más ampliamente en las comunidades, incluyendo a los no miembros, a través de los jornaleros. Para las operaciones de la madera solamente, en el año 2003 se pagaron un total de 51,309 días/persona de trabajo, por un valor aproximado de \$360,000 (Chemonics International, 2003). La mayor parte del empleo fue de los aserraderos (55%), seguido por la cosecha de madera (29%), y por las actividades previas a la cosecha (16%). La actividad de manejo forestal descrita involucra a un estimado de

alrededor de 1400 socios de concesiones comunitarias y un número de beneficiarios alrededor de 7600 personas, es decir el 6.4% de la población de la RBM aproximadamente.

**Cuadro 1.** Volumen de madera aprovechado en concesiones período 2003-20

CONCESIONES	Volumen (mt3) aprovechado 2003-2010	
	maderas primarias	maderas secundarias
Industriales	34921	37649
Comunitarios	53931	36791
TOTAL	88852	74440

## Producción forestal no maderable

Los bosques de la RBM contienen una densidad relativamente alta de productos forestales no maderables de valor comercial, incluyendo las hojas de la palma de xate, el chicle y la pimienta gorda. Xate es el nombre local de varias especies de palmas del sotobosque del género *Chamaedorea*. Las hojas son recogidas, clasificadas y enviadas a Europa y Estados Unidos, donde se utilizan en arreglos florales. El recurso es prácticamente de acceso libre y constituye una fuente importante de ingresos alternativos para muchas personas en la RBM, principalmente situadas en los niveles económicos más bajos. La actividad está segmentada claramente en una cadena productiva que involucra a colectores, transportistas, procesadores y comercializadores. Se estima que los niveles de aprovechamiento han alcanzado hasta 4.4 millones de gruesas<sup>3</sup> anuales y que la actividad beneficia directamente a cerca de 1500 personas, entre colectores, contratistas y personal con otras tareas. Con un número cercano a 250,000 jornales anuales, la actividad puede dar empleo a tiempo completo a aproximadamente 1000 personas con remuneraciones que en promedio superan el salario mínimo.

El chicle es el látex procesado del árbol de *Manilkara zapota*. Los cosechadores de chicle hacen cortes diagonales en la corteza de los árboles que sirven de conducto al látex que aflora y gotea a una bolsa, y luego concentran el líquido sobre el fuego en

<sup>3</sup>Una gruesa tiene 80 hojas

su campamento (Reining *et al.* 1992). El chicle ha decrecido en relevancia a partir de la sustitución de la resina natural por compuestos sintéticos en la elaboración de la goma de mascar. La pimienta gorda es el fruto de un árbol nativo (*Pimenta dioica*) que tiene aceites altamente aromáticos. Los frutos frescos se retiran de las ramas cortadas, o a veces de los árboles caídos, y luego se secan. La pimienta se exporta principalmente a Europa y Estados Unidos. Durante el tiempo que han existido las concesiones, las ventas de xate han aumentado o se han mantenido estables, mientras que el chicle y la pimienta han experimentado una reducción en su comercialización debido a las fluctuaciones del mercado y a la degradación de estos recursos. Otros productos que se venden en los mercados nacionales son: las semillas del árbol *Brosimum alicastrum*, que se utilizan en comestibles, las palmeras trepadoras del género *Desmoncus* y las raíces aéreas de la epífitas del género *Monstera* utilizadas para tejer muebles, las hojas de la palma *Sabal mauritiiformis*, que se utilizan tradicionalmente para techos de paja, las fibras de la bromelia terrestre *Aechmea magdalenae*, utilizadas por artesanos, así como decenas de plantas medicinales. Muchos productos forestales no maderables no proporcionan ingresos directos, pero reducen significativamente el costo de vida al sustituir los productos comerciales.

Los ingresos generados por la extracción de productos forestales no maderables en la RBM son sustanciales, con estimaciones de \$5,700,000 dólares anuales provenientes solamente del xate (CONAP 2011b). Mollinedo (2002) estimó que la cosecha de productos forestales no maderables en la comunidad de Carmelita genera más de \$ 2300 dólares por familia al año. En la comunidad de Uaxactún, la cosecha de xate representa actualmente el 32% de todos los ingresos conocidos, sin incluir los ingresos derivados de la clasificación y el procesado. Lo que es más importante para la economía local, el xate está disponible durante todo el año como una fuente de ingresos alternativa cuando no se dispone de opciones de empleos relacionados con la madera u otros. Además, muchos productos ajenos al mercado como la leña, palmas para techos, plantas medicinales y carne de monte se utilizan localmente, reduciendo así los gastos de la familia.

## **Turismo y otras actividades económicas**

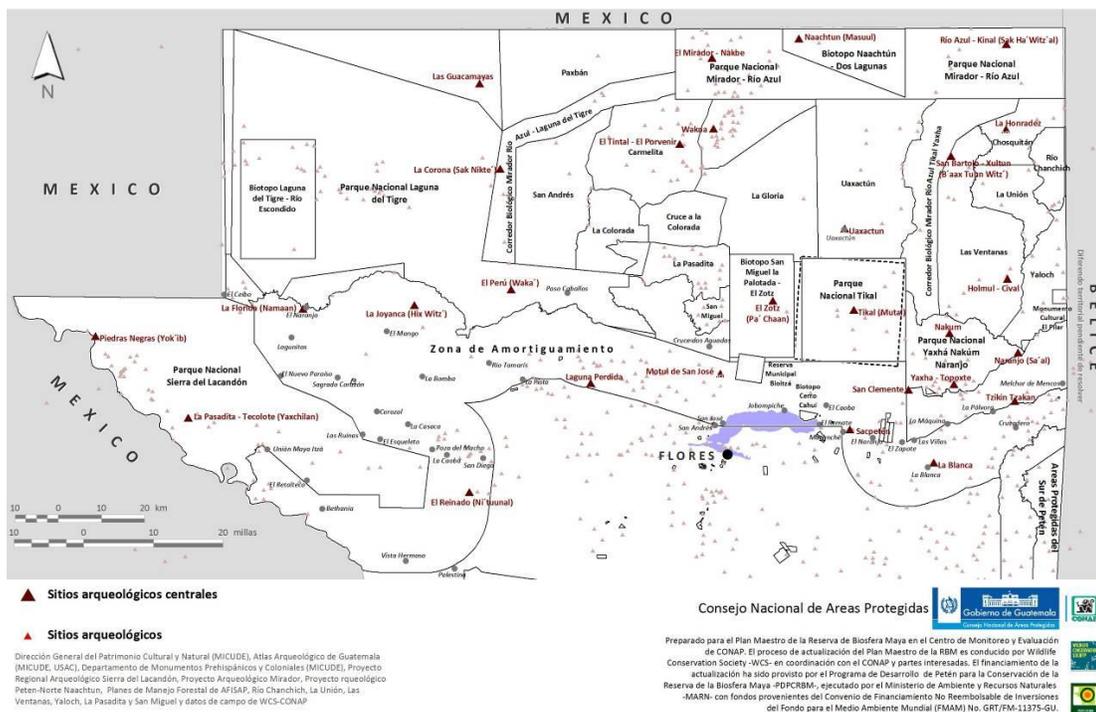
La Reserva de la Biósfera Maya cuenta con sitios arqueológicos y otros elementos tangibles e intangibles de gran importancia cultural para la región de Petén, los cuales también constituyen un valioso acervo dentro del desarrollo de la cultura Maya de las Tierras Bajas. Los principales elementos de importancia cultural lo constituyen los sitios arqueológicos que por su tamaño, importancia histórica y ubicación estratégica, han sido denominados “sitios arqueológicos centrales”. Dentro de la Reserva de la Biósfera Maya se han identificado 28 sitios o concentraciones de sitios que constituyen áreas o zonas arqueológicas de importancia para el plan maestro.

El turismo es la principal actividad generadora de divisas para el país, y puede representar la mayor oportunidad de crecimiento económico de la RBM. Los principales destinos turísticos dentro de la RBM son el Parque Nacional Tikal, Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo, El Mirador, El Perú-Waka, y El Zotz y los visitantes tienen como principales intereses la arqueología, aventura y naturaleza. Sin embargo, aunque el turismo es una actividad localmente importante, el impacto directo sobre la población de la RBM parece ser limitado. Esto sucede dado que las actividades relacionadas (hospedaje, prestación de servicios) tienen vínculo con la infraestructura turística que se concentra fuera de la RBM en el Área Central de Petén <sup>4</sup> y los visitantes, aunque con muchas selecciones de sitios a visitar disponibles, son mayormente atraídos por el Parque Nacional Tikal. (Ver figura 7)

---

<sup>4</sup>Flores, Santa Elena y San Benito

Figura 8. Sitios arqueológicos principales de la RBM



Expectativas sobre el crecimiento de la actividad han existido desde hace algunos años con la apertura y promoción de sitios como Yaxhá dentro de la RBM y otros fuera de ella. Sin embargo el incremento esperado en el número de visitantes ha sido más lento de lo esperado<sup>5</sup> y algunos planes de desarrollo turístico a gran escala, especialmente del sitio El Mirador, han originado conflictos. El desarrollo de comisiones comunitarias de turismo y la capacitación de guías locales son actividades que recientemente se han iniciado para promover que los beneficios derivados del turismo sean más locales.

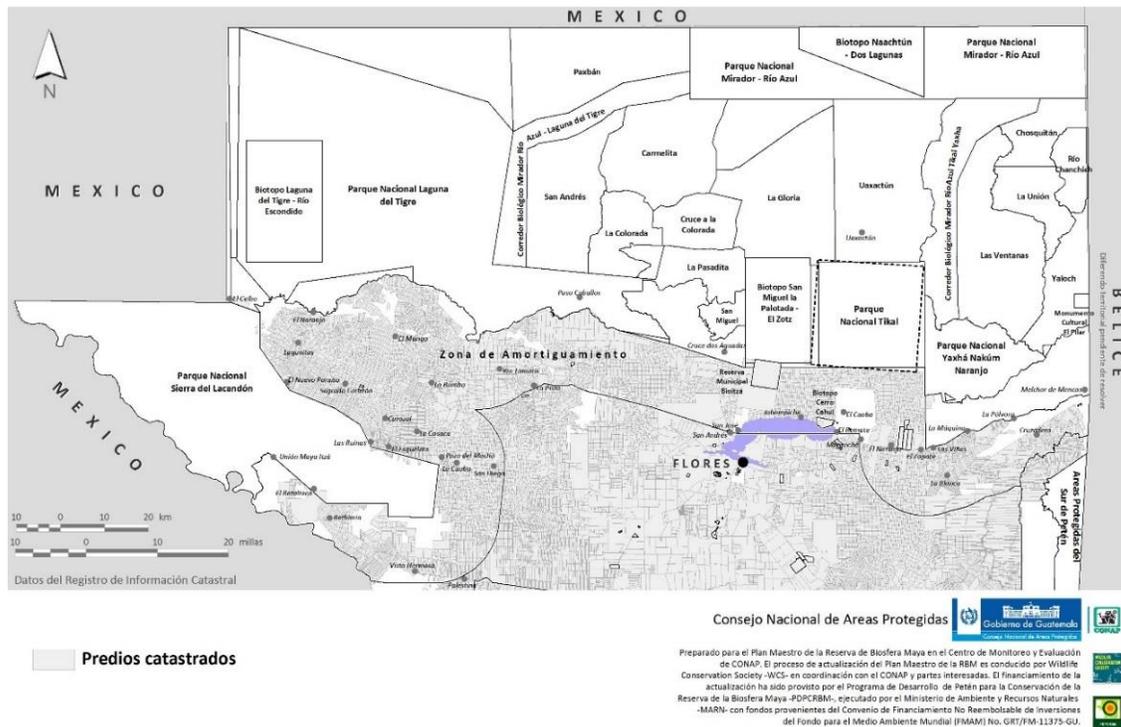
### Tenencia de la tierra

En la RBM 20 unidades de manejo de un total de 37 se encuentran manejadas bajo algún arreglo de coadministración. Esos arreglos incluyen áreas por ley bajo administración del CECON, áreas concedidas en concesión a comunidades y empresas privadas, áreas bajo administración del IDAEH, áreas protegidas

<sup>5</sup>De hecho, en una noticia relacionada, el Parque Nacional Tikal, la principal atracción turística de Peten reportó una disminución significativa en el número de visitantes, 16% menos en 2010, con respecto a 2009 (ver [http://www.prensalibre.com/noticias/Disminuye-ingreso-turistas-parque-Tikal\\_0\\_433156710.html](http://www.prensalibre.com/noticias/Disminuye-ingreso-turistas-parque-Tikal_0_433156710.html))

municipales y un único caso en el que un arreglo explícitamente denominado de coadministración otorga la responsabilidad del Parque Nacional Laguna del Tigre a Defensores de la Naturaleza. En la Zona de Amortiguamiento de la RBM, se han levantado 6,870 parcelas rurales (RIC 2013) (Ver figura 8). Aunque estos predios han sido levantados físicamente en el campo, no se conocen estadísticas precisas del estatus de legalización de todos ellos, aunque se asume que la mayoría ya han sido escriturados en propiedad privada. Además de los predios mostrados, se conoce la existencia de propiedades privadas registradas en varias zonas de la RBM incluyendo zonas núcleo, pero las regulaciones impuestas por la legislación de Áreas Protegidas han impedido que se realicen ejercicios de regularización en estos sitios.

**Figura 9.** Predios catastrados por municipio en la ZAM



## Conclusiones

La RBM se encuentra actualmente en un período trascendental para su futuro, ya que existen muchas amenazas a su integridad. Dentro de las principales amenazas históricas que se han identificado están: ganadería extensiva, incendios de

ecosistemas naturales, exploración y explotación petrolera, cacería y sobrepesca, captura y tráfico de fauna y especies exóticas invasoras. A estas amenazas se agregan fuerzas políticas y económicas asociadas a dinámicas divergentes con los objetivos de conservación y protección de la RBM, particularmente aquellas interesadas en: (i) el impulso de un turismo masivo que no toma en cuenta las capacidades de carga de los sitios arqueológicos y los elementos de conservación, ni las capacidades institucionales tanto del gobierno central como de los gobiernos municipales para mitigar los impactos de dicha afluencia masiva; (ii) las fuerzas que empujan un nuevo proceso de concentración de la propiedad agraria, lanzando a nuevos contingentes de familias campesinas en busca de su subsistencia en áreas protegidas; (iii y iv) las fuerzas interesadas en la explotación petrolera y la ampliación de los flujos comerciales por la región; y, finalmente, (v) las fuerzas involucradas en diversas actividades ilícitas, entre ellas el narcotráfico, que buscan consolidar corredores territoriales sin presencia institucional.

Los mayores riesgos se ciernen sobre la profundización de la ingobernabilidad en el área y la fragmentación de su territorio, diferenciando claramente los corredores funcionales a los ejes de crecimiento económico legales, de aquellos funcionales a las actividades ilícitas y de los espacios de asentamiento de la población marginada del pretendido “desarrollo regional”. Por el contrario, las mayores potencialidades para la integridad ecológica y viabilidad a largo plazo de la RBM descansan en la creciente participación social local. Frente a esta situación, expresiones organizadas de la sociedad petenera y de las comunidades directamente beneficiarias de la RBM han jugado y siguen jugando un papel de primer orden en la defensa del modelo de conservación y manejo sostenible bajo la cual fue creada la RBM. La promoción del manejo integrado del patrimonio natural y cultural bajo esquemas de concertación de los distintos sectores involucrados e insertos en una visión de Nación, ofrece las mejores posibilidades de viabilidad en el largo plazo de la RBM. Las acciones positivas desde los espacios institucionales particulares, deberían orientarse en tres líneas que aparecen como prioritarias y estratégicas: el fortalecimiento de la gobernabilidad del área por parte del Estado la ampliación, profundización y

fortalecimiento de la participación social de su ciudadanía y el mejoramiento de las condiciones de vida de la creciente población rural.

## **Bibliografía**

Alonso Fradejas, A. 2006. *Poblaciones vulnerables en territorios de oportunidades: La encrucijada de la nueva ruralidad en Guatemala*. Ciudad de Guatemala: CONGCOOP.

Alonso Fradejas, A., F. Alonzo, et al. 2008. *Caña de azúcar y palma africana: Combustibles para un nuevo ciclo de acumulación y dominio en Guatemala*. Guatemala City: CONGCOOP y Magna Terra Editores.

Alonso Fradejas, A., J.L. Caal Hub, et al. 2011. *Plantaciones agroindustriales, dominación y despojo indígena-campesino en la Guatemala del siglo xxi*. Mixco, Guatemala: IDEAR/CONGCOOP.

Casasola, O. 1968. Grandezas y miserias del Petén.

Clark, C. 2000. Land tenure delegitimation and social mobility in tropical Peten, Guatemala. *Human Organization*, 59 (4), 419-27.

CONAP. 2011. Fortalecimiento de las capacidades institucionales para abordar las amenazas provocadas por la introducción de especies exóticas en Guatemala. Guatemala. Documento técnico No. (79-2010). 132pp.

CONAP/Alianza Kanteel/WCS. 2006. Plan maestro del Parque Nacional Laguna del Tigre y Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido 2007-2011. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala, Alianza Kanteel y Wildlife Conservation Society. Guatemala. 169pp.

- CONAP/MICUDE/CECON. 2009. Plan Maestro Parque Nacional Mirador- Río Azul y Biotopo Protegido Naachtun-Dos Lagunas 2009-2013. TNC/DOI/BALAM, 158pp.
- CONAP/ZOOTROPIC. 2011. El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas: Base fundamental para el bienestar de la sociedad guatemalteca, Documento Técnico No. 95 (01-2011). Ariano, D. y L. Alvarado (Eds.). CONAP/Zootropic. 360pp.
- CONAP/ZOOTROPIC/CECON. 2011. Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala. Documento técnico NO. 99 (01-2011). Ariano, D. y E. Secaira (Eds.). CONAP/ZOOTROPIC/CECON/TNC, Guatemala. 76pp.
- Gould, K. 2009. Marking land, producing markets: The making of a Guatemalan rural land market, Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver.
- Gould, K.A., D.R. Carter, et al. 2006. Extra-legal land market dynamics on a Guatemalan agricultural frontier: Implications for neoliberal land policies. *Land Use Policy*, 23 (4), 408-420.
- Grandia, L. 2006. Unsettling: Land dispossession and enduring inequity for the Q'eqchi' Maya in the Guatemalan and Belizean frontier colonization process. Ph.D., Department of Anthropology, University of California, Berkeley.
- Grandia, L. 2009. *Tz'aptz'ooqeb': El despojo recurrente al pueblo Q'eqchi'*. Guatemala City: AVANCSO (Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales en Guatemala with Siglo XXI Editores) with Oxfam-Great Britain.

- Grandia, L. 2012. *Enclosed: Conservation, cattle, and commerce among the Q'eqchi' Maya lowlanders*. Seattle: University of Washington Press.
- Grünberg, G., L. Grandia, et al. 2012. *Tierra e igualdad: Desafíos para la administración de tierras en Petén, Guatemala*. Guatemala City: World Bank.
- Hurtado, L. 2008. Plantations for agro fuels and loss of lands for the production of food in Guatemala. Guatemala City: Action Aid.
- Kaimowitz, D. 1995. Land tenure, land markets, and natural resource management by large landowners in the Petén and the northern transversal of Guatemala.
- Paper read at Latin American Studies Association, September 28-30, at The Sheraton Washington, Washington, D.C.
- MFEWS 2009. Mesoamerica Famine Early Warning System. USAID.
- Primack, R.B., D. Bray, et al. 1998. *Timber, tourists, and temples: Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala, and Mexico*. Washington, DC: Island Press.
- Radachowsky, J., V. Ramos, R. McNab, E. Baur y N. Kazakov. 2011. Forest concessions in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala: A decade later. *Forest Ecol. Manage. En prensa*.
- RIC, and Gobierno de Guatemala. 2007. Informe de cierre: Proyecto de administración de tierras (BIRF 4415-GU), Guatemala City.
- Schwartz, N.B. 1987. Colonization of northern Guatemala: The Petén. *Journal of Anthropological Research*, 43,163-83.

- Schwartz, N.B. 1990. *Forest society: A social history of Petén, Guatemala*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Schwartz, N.B. 1995a. Colonization, development, and deforestation in Petén, northern Guatemala. In *The social causes of environmental deforestation in Latin America*, eds. M. Painter and W. Durham, 101-30. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Schwartz, N.B. 1995b. Reprivatización y privación: Sistemas tradicional y contemporáneo de tenencia de la tierra en el Petén, Guatemala. *Mesoamérica*, 29 (junio) ,215-232.
- SEGEPLAN, Secretaria General del Consejo Nacional de Planificación Económica 1993. Plan de desarrollo integrado de Petén, volumen i, diagnostico general de Petén. Primera edición corregida, ed. AGRAR-UND HYDROTECHNIK (AHT), GMBH y APESA. AGRAR-UND HYDROTECHNIK (AHT). Guatemala.
- Shriar, A.J. 2009. Roads to poverty: Exploring the impacts of economic integration on socioeconomic conditions and land use in northern Guatemala. *Journal of Planning Education and Research*, 28,456-59.
- WCS. 2003. Monitoreo de la integridad ecológica de las concesiones forestales de la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala: Informe de avances componente madera. WCS/CONAP/USAID/FIPA, Guatemala. 38pp.
- WCS. 2013. Estado de la Reserva de Biósfera Maya. *En prensa*.
- World Bank. 1998. Project appraisal document on a proposed loan in the amount of US\$31 million to Guatemala for a Land Administration Project. In *Report No. 18550-GU*. Environmentally and Socially Sustainable Development, Central

America Department, Latin America and Caribbean Regional Office: World Bank.

Ybarra, M. 2010. Living on scorched earth: The political ecology of land ownership in Guatemala's northern lowlands. Dissertation, Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley.

Ybarra, M., O. Obando Samos, et al. 2012. *Tierra, migración y vida en Petén: 1999-2009*. Guatemala City: CONGCOOP/IDEAR.

Zander, M., and J. Dürr. 2011. Dynamics in land tenure, local power, and the peasantry economy: The case of Petén Guatemala. Paper read at Global Land Grabbing, at University of Sussex.

## **Tema 4.2. Huertos y agricultura de tumba y quema (milpas): sistemas sustentables de producción de alimentos en Petén, Guatemala. Norman B. Schwartz. nbschwartz1@yahoo.com**

### **Resumen**

Para 1970 los académicos habían rechazado la idea de que los antiguos mayas de las tierras bajas se habían alimentado gracias al cultivo de tumba y quema. En su lugar, se creía que para el Período Clásico la milpa de barbecho no podía cubrir las necesidades de una población creciente. Los mayas empezaron a utilizar sistemas más eficientes e intensivos de producción alimentaria, pero también talaron más bosques para la milpa de barbecho, reduciendo la fertilidad del suelo y eventualmente la producción de alimentos. El mal manejo ambiental alimentó un complejo juego de factores que interactuaron entre sí conduciendo el “colapso de la civilización maya de las tierras bajas.” Para finales de los 1990s varios académicos empezaron a dudar del modelo posterior a 1970. Había dudas sobre las estimaciones de densidades poblacionales mayas; dimensiones espaciales y temporales del “colapso”; inconsistencias entre las dietas paleo-nutricionales y lo que se esperaría; cuánta deforestación habría ocurrido; y sobre la capacidad de carga de la milpa. Aquí, sugerimos que la milpa petenera (unida a los huertos domésticos) es lo suficientemente productiva como para mantener poblaciones más densas y para períodos más largos de lo que se había pensado antes, sin reducir los recursos forestales.

### **Introducción**

A finales de 1960, mayistas rechazaron el "mito" de que itinerante de barbecho largo podría haber provisionado la creciente población antigua Clásico Medio maya en las tierras bajas mayas del sur en Petén (más o menos contemporáneo, Guatemala, las tierras bajas de Chiapas, México, Belice y más al sur de Yucatán, México). Los arqueólogos y otros descubrieron que para aumentar la producción de alimentos para una población creciente, las desplegadas técnicas de intensificación agrícola maya como laderas en terrazas, camellones-humedales, irrigación, jardinería y barbechos cortos. Uso itinerante y quizás excesivo corto descanso de árboles para producir cal para fines arquitectónicos llevaron a la deforestación y reducción de la fertilidad del suelo y ha contribuido a una compleja cascada de eventos

antropogénicos y no antropogénicos que condujeron al "colapso" de la civilización maya en las tierras bajas del sur (Aimers 2007; Dunning *et al.*, 2011; Marcus 2003).

Estudios más recientes han cuestionado lo que podríamos llamar el modelo estándar de la "caída" desde varios ángulos. Por ejemplo, el tiempo y / o el alcance de la deforestación durante el Clásico Medio y el pasado mes de mayo han sido groseramente exagerada por una generación que rechaza el "mito" de la milpa (Ford y Nigh 2009; McNeil *et al.*, 2009), contrariamente a lo esperado, los niveles nutricionales no estaban deprimidos (Emery y Thornton 2008), y una serie de fracasos socio-políticos, entre ellos la mala gestión por parte de las gobernantes pueden haber provocado la mala gestión del medio ambiente en lugar de al revés (Aimers, 2007). O los cambios climáticos antropogénicos no pueden haber desencadenado los acontecimientos implicados en el "colapso" (Folan *et al.*, 2007).

En este contexto, se discute el manejo, la productividad, la sostenibilidad y la capacidad de carga del sistema de milpa nativo petenero tradicional. Esto tiene implicaciones para comprender el pasado debido a que el sistema de Petén es tan similar a las prácticas Maya de milpa en tierras bajas del siglo XVI (Teran y Rasmussen, 1995) y quizás incluso a principios de los sistemas de Maya (Atran *et al.*, 2002). El trabajo también tiene implicaciones para los problemas actuales que enfrenta Guatemala.

El gobierno de Guatemala abrió Petén a la colonización y el desarrollo en 1959. Desde entonces, ha habido un enorme crecimiento demográfico y económico en Petén. Cada vez más la tierra en Petén se ha dedicado a la ganadería, la plantación comercial y la tala comercial, y la tierra ha controlado cada vez menos personas. Para sobrevivir, los campesinos in-migratorias han practicado el monocultivo. Todo esto se ha traducido en la disminución de la fertilidad del suelo, la reducción en las tierras de campesinos pequeños y el aumento de la pobreza rural (Ybarra *et al.* 2011). Los últimos programas de titulación de tierras han acelerado el ritmo de las explotaciones campesinas que venden a los latifundistas (Grünberg *et al.*, 2012).

Hoy, los campesinos tienen dificultades para alimentarse. En este sentido, la hipótesis de que el sistema de milpa tradicional - en combinación con huertos tradicionales altamente productivos que producen una amplia diversidad de alimentos (Corzo y Schwartz 2008) - puede ayudar a los campesinos a satisfacer sus necesidades nutricionales.

### **Descripción general de Petén**

Petén (35.854 km<sup>2</sup>) se encuentra en las tierras bajas del norte de Guatemala en una zona subtropical húmedo, con bosques latí foliados semidecíduos en la mayor parte de la región. La región es principalmente una meseta de piedra caliza con pliegues y crestas que van de este a oeste. La mitad norte de Petén es la prolongación hacia el sur de la península de Yucatán. En general, las precipitaciones aumentan de norte a sur, con precipitación media anual de alrededor de 1,600-2,000 mm en el centro de Petén y 3.500 mm en el suroeste. La estación seca (enero-mayo) es más marcado en el norte que en el sur. La temperatura media anual varía de 22 a 28 °C, pero puede ir a 40 °C en el centro de Petén.

El tercio norte de Petén es una meseta cárstica con semi-perennes crestas boscosas 100-300 msnm (metros sobre nivel del mar). Muchos de estos bosques mésicos están encima de suelos Rędzina. Petén central está marcado por una serie de lagunas endorreicas encadenan a lo largo de una línea de falla de este a oeste. La capital antigua y moderna de Petén, Flores, se encuentra en la más grande de los lagos. Sur-central de Petén es una gran sabana con suelos ácidos que no se adapta bien a la milpa en comparación con el resto de Petén.

Sur de Petén consiste en cantos y las tierras bajas que se extienden hasta las montañas de Alta Verapaz, Guatemala y las Montañas Mayas de Belice (en parte). La mayoría de los árboles son árboles de hoja perenne tropicales sobre suelos fértiles Rędzina.

En términos generales, los suelos calcáreos del norte son poco profundos, bien drenados y relativamente fértiles. Los suelos calcáreos del sur son más profundas, pero mal drenados. Muchos de los suelos de sabana son hydromorphicos ricos en arcilla. Hay ricos suelos aluviales adyacentes a los principales ríos de Petén, como el Usumacinta (que forma la frontera con México), los ríos la Pasión, Mopán y San Pedro.

Aunque existen descripciones generales válidas de ambiente natural de Petén, hay que destacar que hay un sinfín de micro-variación ambiental también. Desde el punto de vista de la agricultura comercial moderna, ambientales micro-variaciones son sin importancia o, más bien, son los obstáculos que se suavizó por la moderna maquinaria que ahorra trabajo. Pero, desde la perspectiva de la pequeña escala, es decir, el milpero con baja tecnología, un amplio conocimiento del micro-variación es fundamental para una gestión exitosa de su milpa y su huerta.

### **Gestión de la milpa**

No hay espacio suficiente para describir la gestión milpa petenero nativa en detalles, pero en general, observamos que nuestras observaciones coinciden con los de Atran (1993) y Lara Ponce (2010). Atran y Lara Ponce trabajaron principalmente con el Itzá Maya de San José y San Andrés, Petén. Nuestro trabajo ha sido principalmente con los agricultores de San Andrés cuyas explotaciones se encuentran en las tierras altas (bosques mesic), y los agricultores de San Francisco, San Juan de Dios y La Libertad cuyas milpas se encuentran principalmente en las sabanas, al sur de Flores, Petén.

Aunque gran parte del trabajo agrícola cae a los hombres y sus hijos, la agricultura es un asunto de familia. Por lo general, la familia nuclear independiente gestiona su propia milpa. Los hermanos adultos cuyas milpas son adyacentes entre sí por lo general mantienen una línea de varios metros de árboles para marcar las fronteras entre sus milpas individuales. El área de un agricultor siembra depende de muchas variables, pero peteneros comúnmente reportan que no tienen que recortar más de

más de 0,7 hectáreas para alimentar a las familias de 5-6 miembros, y quizás tener algunos cultivos menores (tubérculos, hortalizas, condimentos) cultivadas dentro y alrededor de la milpa para vender. Los agricultores que tienen la intención de vender el maíz se siembra hasta 3,0 hectáreas.

En el sistema tradicional, un agricultor hace una temporada de milpa húmeda (**milpa de fuego**) y una segunda temporada de milpa seca (**segunda**), que frecuentemente es de la mitad del mismo tamaño que la milpa de fuego. Por lo tanto, una parcela de 0.7 hectárea se utiliza dos veces en aproximadamente 12 meses. Peteneros prefieren cultivar maíz en tierras ligeramente inclinada u ondulada, con suelos friables Rędzina húmedos. (En general, el esquema de clasificación del suelo se asemeja a una matriz con columnas definidas por el color del suelo, pendiente o drenaje, friabilidad, y filas definidas por el tipo de cultivo.) Peteneros no talan árboles en los terrenos más elevados adyacentes a la milpa y también mantienen un cierto número de árboles dentro y alrededor de las milpas. Dentro de la milpa, hay pequeños parches que dedican a plantas especiales (y árboles también).

Para preparar la milpa de fuego, los Peteneros talan árboles y arbustos (enero a marzo), pero algunos árboles se quedan de pie. La quema ocurre generalmente en mayo o abril. Los cortafuegos (la ronda) de 3 a 10 metros se construyen alrededor de las milpas para evitar que el fuego se extienda más allá de la milpa. Los tocones y raíces que quedan en un campo quemado probablemente facilitan la regeneración vegetativa. El maíz y la calabaza se plantan juntos. La calabaza sirve como alimento y también para controlar el crecimiento de malas hierbas.

Frijoles pueden ser sembrados con maíz, pero algunos agricultores prefieren sembrar frijol, a los pies de los tallos de maíz cuando los tallos del maíz se doblan. Además de diversas variedades de maíz, frijol y cucúrbitas, milperos siembran otros cultivos en los bordes de la milpa o entre la milpa. Por lo tanto, el sistema de milpa petenero es bastante similar al sistema maya yucateco. Aunque no hay dos agricultores que toman decisiones idénticas, por lo general hay una lista grande de

siembra y se han identificado hasta 72 plantas (incluyendo un buen número de árboles frutales) en milpas tradicionales, aunque en los últimos años, el robo ha llevado a una reducción en el número de plantas. En breve, la milpa tradicional se asemeja a un gran jardín o huerta dominada por maíz, frijoles y calabazas. (Para obtener una lista de los árboles que quedan en pie en las milpas lectores pueden escribir al [nbschwartz1@yahoo.com](mailto:nbschwartz1@yahoo.com)).

Los agricultores cortan las malas yerbas dentro de la milpa por lo menos una vez, y lo más tradicionales dos veces. Sin embargo, los milperos, sus hijos y mujeres hacen una buena cantidad de desmalezado en sus viajes de inspección a la milpa. De hecho, los agricultores tradicionales usan una buena cantidad de tiempo de la inspección de la milpa. Tal vez porque hacen mucho policultivo o porque los árboles alrededor de las milpas atraen a las aves y otros animales que sin los árboles, habrían atacado los cultivos de la milpa. En fin, peteneros nativos no sufren tanto daño de insectos, aves o mamíferos. Además, los agricultores dicen que la siembra con una luna llena o menguante ayuda el maíz desarrollar raíces fuertes.

Las pérdidas post-cosecha en el almacenamiento son relativamente pequeños, tal vez porque peteneros tienen tanto cuidado en la selección del maíz que van a almacenar. Además, la troja (silo o granero tradicional) del maíz tradicional se asemeja muchos silos rústicos avanzadas recomendadas por los científicos. Nuestra propia toma de muestras en el campo y en las milpas, así como el trabajo de Canek Castellanos (2000) sugiere que lo peteneros consideran maíz almacenado correctamente (incluyendo la toma de las fases de la luna en consideración) da como resultado pérdida de alrededor de un 5-10% en 12 a 24 meses.

La cosecha: ciclo de barbecho tiene un buen número de variaciones, pero aquí hablaremos de dos de los más comunes. [i] Después de la cosecha de la milpa de fuego, el agricultor puede decidir dejar el campo "descansar" (barbecho) durante varios años. [ii] O bien, puede optar por plantar una segunda cosecha de maíz de alrededor de noviembre (llamada segunda o yaxkin, similar a tornamil en Yucatán),

en todo el área donde sembró milpa de fuego en una parte del este. Sin embargo, los agricultores no queman el campo de segunda. En su lugar, recortan el rastrojo de la milpa de fuego (tallos de maíz cosechados) y dejan que se pudra, lo que proporciona una capa vegetal para segunda (ver Johnston 2003). En el pasado, algunos agricultores también siembran en marzo una tercera milpa, en la estación seca (payapak) en tierras bajas. El cultivo típico: relación de barbecho es a partir de 1-2 años de cultivo seguido de 2 a 10 años de "descanso" (basado en nuestros estudios del campo y ocho estudios encontrados en la literatura sobre el Petén, referencias disponibles de los autores).

Los puntos a destacar aquí son [i] que la rotación 1:6 años puede ser o es una estimación conservadora, así como un ciclo común; [ii] que los ciclos de años 1:4 y 1:6 fueron practicados por décadas antes de el gran pos-1965 crecimiento de la población, es decir, cuando había menos de 15.000 personas repartidas en 35.854 km<sup>2</sup> y [iii] que en un período de 12 a 13 meses, un petenero cosecha el maíz (y otros cultivos) del mismo campo (de la misma tierra) dos veces (milpa de fuego y segunda) y, a continuación, por lo general, permiten que el campo "descanse" durante seis años. [1]

Los componentes del sistema tradicional aparentemente interactúan de una manera que hace que todo el ciclo más sostenible. Estos componentes podrían incluir prácticas como hacer relativamente pequeñas parcelas de milpa; escarda poco después de la siembra y después de unos 30 días más tarde, complementadas por ocasionales desmalezados manuales; cuidado de los árboles en los alrededores de los campos de milpa (incluyendo árboles leguminosos) y nunca la tala de árboles en la colina, control de incendios en la preparación de la milpa temporada húmeda; haciendo extensivos inter- o poli-cultivos; malezas y rastrojos de maíz que permiten descomponerse en el campo para convertirse en abono para la segunda, la siembra de diversas variedades de frijol que fijan el nitrógeno que utilizan el tallo de maíz para apoyo; y crear un mosaico de parcelas cultivadas -- las parcelas de barbecho, la vegetación sucesional y bosques secundarios en todas las etapas de rebrote para

proporcionar nichos para los animales que dispersan semillas. Estas y otras prácticas aparentemente ayudan a mantener la humedad del suelo y la fertilidad. Por supuesto, todos los tipos de explotación eventualmente se filtran algunos nutrientes de la tierra y mucho más se necesita saber sobre el fósforo disponible en el contexto de la agricultura tradicional petenero. Sin embargo, las prácticas tradicionales no afecta gravemente a los recursos del suelo. De hecho, las prácticas arriba citados y otros aún por descubrir pueden mantener e incluso enriquecer los suelos (Atran 1993; Ferguson 2001; cf Diemont y Martin 2009; Naciones y Nigh 1980).

### **Milpa productividad y el consumo de maíz**

Incluso si aceptamos que la milpa como se practica en Petén se puede sostener durante largos períodos de tiempo, ¿Puede también mantener a los peteneros? Desde la diversidad de los alimentos producidos en huertas pequeñas cerca de la casa ,cultivos producidos en los huertos de árboles frutales y siembras vegetales dentro de las milpas puede producir una dieta equilibrada, aquí nos concentramos en la producción de maíz, ya que es y por lo visto ha sido el principal proveedor de calorías para las personas. Nuestros comentarios de productividad de maíz se basan en 21 estudios de áreas separadas en Petén, incluyendo nuestras propias notas de campo que datan desde 1960 hasta 2012, así como 3 estudios a nivel regional (el cuadro y todas las referencias bibliográficas son demasiado largos para incluir en un documento corto, pero ambos están disponibles a petición de los autores).

Hay varios factores que complican informes y estimaciones relativas a la producción de maíz. Como ocurre con todos los sistemas agrícolas, los conocimientos individuales de los agricultores, las habilidades, necesidades, herramientas y mano de obra de la familia, así como micro-medio ambiente y las condiciones micro-climáticas afectar la producción. La producción de maíz varía a través del tiempo, de la zona, los agricultores, las prácticas agrícolas y las demandas del mercado. Como Peteneros dicen: "La milpa es muy eventual" (arriesgada).

La cuestión se complica aún más debido a los métodos de recopilación de datos varían, aunque la mayoría de los investigadores utilizan métodos de encuesta en lugar de los etnográficos. Al parecer, casi todos los estudios hablan de la milpa de fuego. Esto se relaciona con el hecho de que los investigadores puedan creer milpa de fuego y segunda se realizan en diferentes parcelas de tierra, cuando, de hecho, por lo general se realizan en la misma parcela. No reconocer esto puede llevar a subestimar la producción total de la parcela. Del mismo modo, muchas encuestas preguntan acerca de la producción "maíz", pero no preguntan sobre "mulco" o "mulcate" - es decir, el maíz que tiene que ser consumido inmediatamente después de la cosecha, ya que no cumple con los estándares para semilla o para el almacenamiento en graneros (trojas). Debido a que mulco es comúnmente 25% de la producción total, la no inclusión de mulco puede conducir a considerable subestimaciones de producción total (Atran 1993; Palma 2000; Schwartz, 1985). Por último, hay una cierta confusión acerca de las medidas estándar utilizadas en los documentos oficiales. Algunas agencias del gobierno dicen que la hectárea es equivalente a 22.7 cuerdas o mecates (medidas locales). Sin embargo, en el sistema de Petenero nativa, hay 25,0 mecates a la hectárea. El nativo petenero mecate mide 20 metros en un lado o 400 metros cuadrados y es idéntico a la antigua Maya ka'an. Por lo tanto hay 25 mecates por hectárea. [2]

Con estas precauciones en mente, ofrecemos las siguientes afirmaciones sobre la producción de maíz en Petén. La producción tiende a ser mayor en los parches discontinuos de suelos aluviales que se encuentran junto a los ríos Usumacinta y Pasión en Petén occidental y otros ríos. La producción suele ser menor en las sabanas del centro de Petén. Hay suelos fértiles en el norte y centro-norte de Petén, pero que se ven afectados por la falta de drenaje y las sequías periódicas que afectan la producción. La producción promedio en base a los 21 estudios individuales antes mencionadas es de 146 libras / mecate (o 65,7 kg / mecate). El promedio de los 3 estudios regionales es de 129 libras/ mecate (58,0 kg). El promedio de 9 estudios individuales basado en la etnográfica, así como algunos estudios de

investigación y que estamos seguros no implican el uso de herbicidas o cualquier otro moderno agroquímicos es de 121 libras / mecate (54,5 kg.)

Es interesante comparar las medias por encima de las expectativas normativas del Petenero nativo. A pesar de ser muy “eventual,” peteneros esperan que una milpa de fuego normalmente producirá 100 libras (45 kilogramos) de maíz seca sin cáscara y cerca de 25 libras de mulco (11 kg), para un total de 125 libras (unos 50 kg) o 1,250 kgs/ha. Por lo tanto, sus expectativas normativas están cerca de los promedios antes expuestos, y muy cerca de los 9 estudios inclinados más etnográficamente. A esto hay que añadir el maíz de la segunda milpa. Hasta hace unos 5-10 años, peteneros nativos tienden a hacer segunda en aproximadamente la mitad de la parcela de milpa de fuego. La producción es aproximadamente la misma que la milpa de fuego por mecate, pero el total es menor debido que segunda cubre un área más pequeña que la milpa de fuego, es decir, segunda produce alrededor de 625 kg. Por lo tanto, la producción total de la parcela es de 1,250 plus kg 625 kg o 1.875 kg/ha. Para tener en cuenta las pérdidas de animales y demás, y para mantener una posición conservadora, hemos colocado la producción total de la parcela a 1.700 kg / ha. Sin embargo, cabe señalar que si segunda se siembra en toda la milpa, el rendimiento será de 2,269 kg/ha de maíz seco en grano.

Los peteneros nativos insisten en que para proveer a una familia de seis personas con suficiente maíz (y frijol y otros cultivos menores) durante un año, no hacen falta más que 16 cuerdas y no más de 0.64 hectáreas.. Nótese que las 16 cuerdas de milpa de fuego suelen producir no menos de 16 + quintales de maíz, y la segunda, aún si se siembra en la mitad de la parcela, producirá otros 8 + quintales, para un mínimo total de 2,400 libras (24 quintales) o 1,089 kg/0.64 ha. (1,071 kg/ha para la parcela; este es de 150 libras o 68,3 kg / cuerda o 0,04 ha.). Esto es menos que la producción reportada en las encuestas, pero, repetimos, preferimos errar por el lado conservador. En lo que resta asumiremos que un milpero sembrará su milpa de fuego y su segunda en la misma parcela durante un período de 12-13 meses y luego dejará “descansar” la parcela durante seis años.

La segunda cuestión es: ¿Puede el sistema tradicional de milpa satisfacer las necesidades nutricionales de la población? [i] La cantidad de calorías que una persona necesita varían según su altura, peso, salud, nivel de actividad física y capacidad de metabolizar alimentos. Parece, no obstante, haber consenso entre los nutricionistas sobre que un adulto normalmente activo debe consumir entre 2100 y 2200 calorías por día. Sin embargo, Wheeler (2008) en un estudio comparativo dice que 1,600 calorías/persona/día se acerca al mínimo necesario para satisfacer los requerimientos nutricionales. Para ser consistentes con nuestro acercamiento conservador asumiremos que la cantidad diaria recomendada es de 2,200 calorías por día. Como han hecho otros, hemos asumido que los mayas modernos consumen más o menos la misma cantidad de maíz que los antiguos mayas. (Johnston, 2003).

[ii] ¿Cuánto maíz consumen los peteneros? Nuestros apuntes del campo a través de los años indican que los peteneros consumen menos de una libra de maíz por día (antes de nixtamal). Sobre la base de los estudios, el consumo de maíz podría promediar las 301 libras (137 kg)/persona/año) de maíz en grano seco. Para seguir del lado conservador, asumimos que el consumo promedio es de 0.8 libras/persona/día o 292 libras/132 kg/persona/año.(Recuérdese que el requerimiento calórico es de 2,200 calorías por día.).

[iii] ¿Qué porcentaje de las necesidades calóricas de los peteneros es cubierto a través del consumo del maíz? En la Mesoamérica moderna, el porcentaje de calorías que proviene del maíz es un tanto variable. Pero parece que el consenso de los autores es 60-66% de los requerimientos calóricos anuales. **[3]** Desde nuestra perspectiva, el punto que debe ser subrayado es que una libra de maíz en grano brinda alrededor de 1,618 calorías (un kg brinda en promedio 3,500 calorías). Así, usando la cifra de 0.8 libras (o 0.36 kg) de maíz seco producirá unas 1,350 calorías, o el 62% de ingesta calórica recomendada.

En promedio, una cuerda (mecate) produce por lo menos 150 libras o 68 kilogramos de maíz seca en grano (milpa de fuego más segunda) Para derivar el 62% de la ingesta calórica a partir del maíz, habría que cosechar 308 libras o 140 kg. de maíz. De esta forma, el maíz de 2.0 cuerdas de milpa satisfaría el 62% de la ingesta calórica recomendada (para un adulto). Puesto que el ciclo cosecha: barbecho promedio ha sido durante generaciones de 1:6 años, 14.0 cuerdas (2.0 cuerdas x 7 años) serían suficiente para cubrir la mayor parte de las necesidades nutricionales de un individuo. En otras palabras, 5,600 metros cuadrados o 0.56 hectáreas serían suficientes para sustentar a un individuo durante un período indefinido de tiempo.

### **Capacidad de carga**

Lo que las cifras arriba reportadas significan para los residentes del Petén que dependen de pequeñas milpas para sobrevivir, así como también para entender a los antiguos mayas, depende en parte de qué porcentaje de la masa terrestre del Petén (35,854 km<sup>2</sup>) es apta para la siembra de barbecho regada por lluvia. También aquí hay una gama de opiniones de expertos, pero el consenso apunta a que se trata de entre el 50 y 60% de la región. Los peteneros nativos tienen puntos de vista un tanto diferentes. Dicen que casi todos los suelos son lo suficientemente fértiles para el cultivo de milpa, excepto ciertas arcillas pesadas blanco-grisáceas. También hay pantanos grandes, depresiones inundables en temporadas de lluvia, y otras áreas similares conforman alrededor del 40% del Petén, aunque en algunos de ellos, si se puede sacar una cosechas. Pero para mantener nuestra postura conservadora, sugerimos que al menos el 60% (21,512 km cuadrados) del Petén podrían ser o han sido en algún punto sujetos a manejo de barbecho. En resumen, hay razones para creer que aún según estimados conservadores, la milpa tradicional puede cumplir con las necesidades de maíz de aproximadamente 3,585,400 personas durante un período indefinido de tiempo.

El menor relajamiento en nuestros cálculos conservadores altera la situación considerablemente. Por ejemplo, es muy razonable suponer que el consumo del

maíz podría ser de 0.6 libras/persona/día, que la segunda suele plantarse en una porción de la parcela usada para la milpa de fuego, y que el 60%+ del Petén (puesto que algunos bajos son sembrados) está sometido a manejo de barbecho. Podrían dedicarse más esfuerzos al desyerbado a mano, lo cual aumentaría la producción de maíz, y pequeñas cantidades de maíz, frijol y tubérculos pueden ser sembrados (y lo son) en huertos domésticos hoy en día como lo fueron en el pasado remoto. De esta forma, si relajamos un tanto nuestras suposiciones, aun manteniéndolas dentro de los límites de nuestras observaciones y reportes locales, la cifra poblacional aumenta. Así, 19,20-21,515 km cuadrados, es nuestra hipótesis, pueden sustentar y podrían haber sustentado en el pasado a entre 3,944,000 y 4,302,400 personas durante un período de tiempo indefinido pero prolongado. Además, sabemos que las milpas de hoy en día son manejadas en buena medida en los mismos lugares en los que se sembraron entre los siglos dieciséis y dieciocho, cuando los españoles empezaron a llegar y eventualmente conquistaron el Petén. Más aun, la evidencia sugiere que también los antiguos mayas sembraban milpas en las mismas áreas donde ahora lo hace la población moderna (Webb y Schwarcz, 2012) Esto fortalece aún más el argumento de la sostenibilidad del sistema.

Quizás más importante que la densidad poblacional que implican alrededor de 3.5-4 millones o más de personas es el hecho de que hoy en día una familia campesina fácilmente puede arreglárselas para sembrar y cosechar cualquier cantidad de terreno entre 35 y 52 cuerdas (1.4-2.1 hectáreas). Según nuestro conteo, una familia de cinco necesita alrededor de 10 cuerdas (0.4 hectáreas) para aprovisionarse por un año. Los peteneros dicen, y algunos insisten, que no necesitan más que 16 cuerdas (0.64 hectáreas) para aprovisionar a una familia de seis. Usar la cifra conservadora de 0.64 ha significa que una familia campesina puede aprovisionar a una o dos familias adicionales con maíz para todo el año. Esto plantea la posibilidad de que el sistema tradicional puede y/o podría haber mantenido áreas urbanas con densidad poblacional relativamente alta, mezcladas con zonas rurales menos pobladas.

¿Qué tan bien se corresponden las cifras poblacionales de arriba con las estimaciones arqueológicas de la antigua población maya, en especial durante el período clásico? La respuesta sigue siendo un tanto elusiva y los estimados poblacionales, al menos para la parte central de las tierras bajas mayas del sur, varían bastante. Parte de las variaciones puede deberse a supuestos metodológicos. Por ejemplo, luego de tomar en cuenta la ocupación no-contemporánea y las estructuras no residenciales, uno de los estudios citados con mayor frecuencia asume que las estructuras residenciales mayas albergaban un promedio de cinco personas. Esto podría ser cierto hoy en día, pero quizás no fuera el caso en el pasado. Luego está el problema de la doble residencia.

Los estimados poblacionales para el Clásico Tardío en las tierras bajas mayas del sur varían de 3 a 13 o 14 millones de personas sin embargo que hay cierto acuerdo general sobre que la población del Clásico Tardío rondaba los 3 millones de personas. Hemos argumentado que aun usando estimaciones decididamente conservadoras, el sistema de milpa tradicional podría sustentar y podría haber provisionado más de tres millones de personas durante un período indefinido de tiempo con un impacto ambiental limitado (todo sistema agrícola causa cierta erosión del suelo). Cuando uno toma en cuenta los huertos domésticos (y el forrajeo, que no se discute aquí) y relaja levemente nuestros estimados altamente conservadores, es razonable llegar a la conclusión de que el sistema horticultura adaptativo tradicional (milpa más huertos) en una economía pre-mercado moderno y con el apoyo moral de los gobernantes podía haber apoyado cuatro millones de personas y tal vez más durante siglos. Aunque esto no varía mucho de los estudios de densidad poblacional, un punto importante a recordar es que una sola familia campesina podría haber sustentado a dos o tres familias urbanas adicionales.

## Discusión

A principios de los años 1970s los arqueólogos rechazaron el “mito de la milpa”, i.e., que la milpa sustentó a la población de las tierras bajas del sur durante el Período Clásico. A pesar de la intensificación agrícola, los antiguos mayas continuaron limpiando selva para sembrar milpa y acortar el barbecho a fin de cubrir las necesidades alimenticias de una población creciente. Eventualmente, la tumba y quema de barbecho reducido, la deforestación y los cambios en el clima llevaron a una reducción natural en los recursos. Por varias razones, en esta narrativa los antiguos mayas manejaron mal sus recursos naturales, lo cual disparó el famoso “colapso” de las polis y de toda la civilización maya. Investigaciones recientes plantean dudas sobre esta narrativa. Hay, por ejemplo, cada vez más evidencia sobre si realmente había una deforestación que abarcara toda la región en el Petén en las últimas etapas del período Clásico. La evidencia de la deforestación como tal ha sido cuestionada. Los estudios paleo-nutricionales no son compatibles con lo que uno esperaría si la dotación de alimentos estuviera bajo grave estrés. Tampoco hay una correlación significativa entre las variaciones demográficas a lo largo del tiempo y la erosión del suelo. En general, hay poca o ninguna correlación espacial entre los sistemas de intensificación agrícola y los sitios de alta densidad poblacional. Todo esto sugiere que necesitamos reexaminar el papel de la milpa en el pasado y el presente.

Parece haber un acuerdo general sobre que si la expansión de la milpa de los antiguos mayas condujo a un talado relativamente extendido de bosques densos, este no habría sido más que un ingrediente en una muy compleja serie de eventos formando círculos concéntricos que se autoalimentaban fortuitamente. La milpa interactuó con eventos ideológicos, socio-políticos, económicos, demográficos, técnicos (ejemplo, problemas y soluciones hidrológicos) e internacionales (ejemplo, el impacto de los disturbios en la meseta central de México sobre las tierras bajas). Adicionalmente a esto, hubo variables climáticas no antropogénicas (ejemplo,

sequías prolongadas) cuyos efectos podrían haber sido amplificadas por las técnicas adaptativos (deficientes) de los mayas (como la milpa), las instituciones socio-políticas mayas, incluyendo la guerra, y la acción maya, basada en la ideología (Aimers 2007; Dunning *et al.*, 2011; Johnston 2003; Marcus 2003, entre otros).

Al describir la milpa tradicional en Petén, esperamos contribuir a la discusión sobre el “nuevo modelo de ecología tropical.” Reconocemos que la milpa, como cualquier otro sistema agrícola, puede causar cierta erosión y pérdida en la fertilidad del suelo a lo largo del tiempo. Sin embargo, esto no excluye la posibilidad de que ciertos tipos de tumba y quema puedan sustentar a poblaciones relativamente grandes a lo largo de períodos de tiempo prolongados en los trópicos, incluyendo las tierras bajas mayas del sur. Y, algunos tipos de tumba y quema podrían ser compatibles con un mantenimiento de recursos naturales a largo plazo. Además, notamos que nuestro postulado sobre la capacidad de carga de la milpa es consistente con algunas (aunque en absoluto con todas) las cifras poblacionales derivadas de estudios arqueológicos (ver Johnston 2003; Wheeler 2008).

Dentro del marco del “nuevo modelo”, sostenemos que la evidencia sugiere que la milpa petenera de policultivo no produce tanto estrés en el ambiente como se pensaba anteriormente, a pesar de lo que algunos consideran como un barbecho relativamente cortó (6 años). El sistema petenero involucra la tumba y quema (para la primera milpa) y un tipo de tumba y mantillo (para la segunda milpa). Johnston (2003) indica que la tumba y mantillo puede ayudar a extender la expectativa de vida de la tumba y quema en tierras bajas tropicales hasta por 100 años o más, aunque eventualmente la milpa de barbecho cortó reduce los recursos del suelo. En el caso del Petén, tenemos razones para sugerir que el sistema puede ser sustentado durante períodos de tiempo mucho más largos. Sin embargo, dadas todas las complejidades que hemos indicado, queremos presentar varias de nuestras conclusiones como tentativas, y sujetas a afirmaciones o refutaciones en investigaciones futuras.

Sugerimos que los descubrimientos tienen implicaciones para los residentes contemporáneos del Petén, en particular los muchos campesinos atrapados en la trampa de la pobreza. A fin de producir para el mercado y cubrir sus necesidades de ingresos monetarios, la mayoría de ellos practican algún tipo de monocultivo de semillas de maíz, frijol y/o calabaza. Para encarar el alto costo de vivir en el Petén (porque la mayoría de bienes de consumo deben ser enviados desde Ciudad de Guatemala) así como para mejorar sus estándares de vida, los campesinos luchan por mejorar su producción usando semillas de maíz híbrido e insumos químicos. Algunos también usan abonos orgánicos; sin embargo, el uso de abonos, especialmente de *Mucuna* spp., ha dado problemas. El uso de herbicidas refuerza el monocultivo porque el herbicida mata o debilita todas las plantas que no sean maíz, frijol y calabaza, pero el monocultivo combinado con un barbecho corto (e insumos químicos) reduce la fertilidad del suelo y disminuye la productividad. Así, el uso de insumos químicos en una temporada, demanda la compra y el uso de cada vez más cantidades de insumos químicos en temporadas subsiguientes, así como de continuas reducciones del barbecho. Para financiar estas operaciones, que son más costosas, los campesinos a menudo buscan mercados de crédito informal. Aunque siembran y esperan recuperar los costos y conseguir una ganancia, los tipos de maíz híbrido que se cultivan en el Petén no resisten bien el almacenamiento, por lo que los campesinos deben vender sus cultivos poco después de la cosecha. Esto los pone en riesgo cuando los precios de los bienes fluctúan y/o cuando demasiados campesinos ponen su maíz o su frijol en el mercado al mismo tiempo (el mercado de las semillas de calabaza parece ser más estable). Si los precios del mercado caen poco después de la cosecha, los campesinos tendrán problemas para pagar a sus acreedores, cubrir sus costos de subsistencia y encarar emergencias médicas y de otro tipo. En resumen, andan en círculos sin ser capaces de salir de la pobreza (Grünberg *et al.*, 2012).

Un resultado de la trampa de la pobreza es que un número cada vez mayor de campesinos están vendiendo, o viéndose obligados a vender sus tierras. Aunque algunos se las venden a otros campesinos, la mayoría le vende sus parcelas a

entidades supra locales como grandes fincas que producen biocombustibles, plantaciones de árboles madereros comerciales y ganaderos o especuladores de tierra con buen financiamiento. Quienes han perdido sus tierras deben enfrentarse a una economía regional con demasiadas pocas oportunidades laborales en los comercios urbanos, y prácticamente ningún empleo en el sector industrial. Y las oportunidades laborales que sí están disponibles exigen un nivel educativo superior al de la mayoría de campesinos, y los salarios son bajos en relación con el costo de vida (parcialmente porque el Petén está lejos de los centros de comercio).

La tierra está escaseando en el Petén para los campesinos pobres, y las propiedades de los campesinos se vuelven cada vez más pequeñas. La concentración de tierras está aumentando con rapidez en el sur y el oeste del Petén, donde el 35-45% de los campesinos han vendido sus propiedades total o parcialmente y deben rentar tierras para mantenerse, y se está acelerando la formación de grandes latifundios y la concentración de tierras. El tamaño de los sembradíos se está reduciendo debido al crecimiento poblacional, y la pobreza rural se está haciendo mayor. Los campesinos que no son capaces de salir por sí mismos de la extrema pobreza a menudo enfrentan escasez de alimentos durante parte del año.

Sugerimos que las familias rurales que practiquen o adopten el complejo tradicional petenero de huerto-milpa serán capaces de encarar lo que en caso contrario podría traducirse en escasez de alimentos. No decimos que adoptar el complejo petenero tradicional de huerto-milpa sacará a los campesinos de la pobreza. Nuestra hipótesis es que tras-cinco hectáreas administradas a la manera petenera tradicional podrán proporcionar a una familia de campesinos una dieta abundante y diversa y al menos algún ingreso adicional de la venta de frutas y condimentos excedentes. Aún más, quienes viven cerca de los crecientes centros urbanos del Petén y/o tienen acceso a parcelas mayores encontrarán mercados para sus productos. No es en absoluto nuestra intención pasar por alto la necesidad de profundos cambios estructurales en la economía política regional y nacional, pero eso será tema de otro ensayo.

## Conclusiones

[1] El sistema petenero moderno de milpa (y huerto) es similar a las prácticas mayas del siglo dieciséis (aunque el contexto sociopolítico es disímil), y quizás incluso a prácticas más antiguas, y hacen milpa hoy en día en aproximadamente los mismos lugares. Aunque los peteneros posteriores a la conquista han incorporado nuevas especies vegetales a sus milpas y huertos (particularmente árboles cítricos y musae), el complejo petenero moderno de milpa-jardín es casi idéntico al complejo precolombino.

[2] **El sistema es productivo.** El sistema de milpa tradicional de policultivo de hoy en día se ve acompañado casi invariablemente de un huerto doméstico, y podemos suponer que este era el caso en el pasado, cuando el complejo de milpa-huerto era uno de los sistemas principales (o quizás “el” principal) de producción alimentaria en el Petén. El complejo petenero de milpa-huerto (complementado por la pesca y el forrajeo que esperamos describir en una publicación futura) es capaz aparentemente de mantener a poblaciones relativamente grandes durante siglos. Así fue en el pasado y puede serlo en el futuro, si el sistema sociopolítico en el que está inmerso así lo permite.

[3] Nuestra hipótesis es que en el pasado este sistema productivo pudo haber provisionado cerca de 3.0 o 3.5 hasta 4.0+ millones de personas, ello utilizando el 60% del Petén. Estimar si había mucha más gente que eso viviendo en el Petén durante el Período Clásico resulta ser problemático. Tampoco podemos hablar con seguridad sobre cuánta gente se necesita para construir y mantener una civilización compuesta por ciudades-estado de alta complejidad como la de los antiguos mayas. Aunque los arqueólogos han reportado centros de alta densidad poblacional, sus descubrimientos no implican necesariamente que dichas densidades se repitieran a lo largo de todo el territorio petenero. Desde nuestra perspectiva, es igualmente importante el hecho de que sobre la base de información disponible, y aun usando

cifras conservadoras, hoy en día (y también en el pasado, es nuestra hipótesis) una familia rural puede aprovisionarse a sí misma y a dos o tres familias urbanas (y de hecho así es).

[4] El sistema tradicional de milpa-huerto es compatible con la conservación de los recursos naturales. Aunque sembrar una milpa involucra talar bosques, un gran número de árboles y especies de árboles son mantenidas dentro y alrededor de las milpas, así como en los huertos domésticos. Más aún, la composición de los árboles y plantas en milpas y huertos es similar a la composición de las plantas en un bosque secundario alto o en clímax (Ford y Nigh, 2009). Las milpas y jardines probablemente actúan como bodegas genéticas y podrían incluso promover la biodiversidad. El número y variedad de árboles en milpas y huertos también actúa como refugio para aves y muchos mamíferos, incluyendo monos araña y aulladores, que en otras condiciones estarían en peligro de extinción. El complejo de milpa-huerto es compatible en varias maneras con las estrategias contemporáneas de conservación, las cuales complementa.

Algunos peteneros son explícitos sobre la necesidad de mantener la fertilidad del suelo y conservar los recursos forestales. En algunos casos, las estrategias de conservación o algo parecido a ellas forman parte de su lenguaje (ejemplo., los Itzá-hablantes) y de su modo de entender la selva. Este modo de conocimiento es la base de un comportamiento prudente (Atran y Medin, 2008). Otros peteneros, quizás la mayoría, se basan en el ensayo y error y en el conocimiento íntimo de micro-ambientes dentro de los cuales tienden a actuar de formas que tienden a conservar los recursos naturales. Y otros más ni saben ni se preocupan por esos asuntos y están más ansiosos por trasladarse de sus ocupaciones rurales a otras urbanas, o tratar de que sus hijos lo hagan.

[5] El complejo de milpa-jardín (huerta) **ha durado siglos**, aparentemente sin degradar de forma irreversible el ambiente natural. Aunque muchos estudios indican que este no debería ser el caso, especialmente si el barbecho es de menos de 10-20

años, la durabilidad del sistema sugiere que los científicos y otros observadores del complejo tienen mucho que aprender sobre la forma en la que opera. Los habitantes locales que conocen sus micro-nichos han encontrado formas de mantener la fertilidad del suelo y la biodiversidad que los científicos todavía deben descubrir, o están en proceso de hacerlo. Por ejemplo, los lacandones tienen varias tácticas para conservar la fertilidad del suelo, como el uso de los árboles de balsa (*Ochroma pyramidale*) para enriquecer el suelo (Diemont y Martin, 2009). Los campesinos peteneros tienen impresionantes cantidades de conocimiento, del que aún se puede aprender mucho.

[6] El complejo de milpa-huerto es un asunto familiar. Podría ayudar a las familias pobres del área rural sin acceso a grandes cantidades de tierra o a empleos bien pagados no agrícolas con sus problemas de seguridad y soberanía alimentarias. El complejo tradicional de milpa de policultivos altamente productiva a pequeña escala y huerto doméstico podría no ser suficiente para sacar a la gente de la pobreza y llevarla a un estatus de clase media-baja, pero puede satisfacer sus necesidades calóricas y nutricionales, así como brindarles beneficios socioeconómicos adicionales. Uno de los obstáculos que los campesinos enfrentan no es la falta de conocimiento sino la falta de apoyo por parte de sus poderosos competidores regionales, nacionales e internacionales por la tierra en el Petén (Grünberg *et al.*, 2012). Ciertamente, la diferencia principal y básica entre el sistema de milpa-huerto precolombino y contemporáneo es que están incrustados en relaciones sociales de producción diferentes, y confrontan a distintos tipos de élite (Teran y Rasmussen, 1995).

## Notas

[1] Milperos de San José (gente Itzá) dicen que el ciclo 1:6 años puede durar hasta 50 años y después la tierra debe ser en “descanso” por 10 o mucho más años. Sin embargo, los milperos más experimentado en San Andrés dicen que el ciclo 1:6 ciclo puede continuar por siglos. El ciclo may largue que hemos identifico con certeza

comenzó en 1930 (o un poco más antes) hasta hoy en día (2013). Es importante señalar aquí que los sanandreseños y sanjoseños estaban haciendo milpa más o menos en los mismos lugares por siglos tras siglos (ver por ejemplo Taran 1993; Web y H. P. Schwarcz, 2012).

[2] Reconocemos que los estudios basados en cuestionarios pueden producir datos estadísticos fiables, pero la precisión y validez es otro asunto. Creemos que la realización de visitas en-situ a las milpas y acompañando a los agricultores cuando están llevando a cabo sus tareas puede proporcionar datos más precisos y válidos que los cuestionarios. Por supuesto, aquí el problema es que las visitas en-situ llevan tiempo y no se pueden incluir tantos agricultores como una encuesta hace. Este tipo de dilema es común en las ciencias sociales (por ejemplo, véase Jagger *et al.*, 2012).

[3] Una vez más, por falta de espacio no podemos enumerar todas las referencias, pero con gusto les suministraré a los lectores interesados.

## Bibliografía

Aimers, J. J. (2007) What Maya collapse? Terminal Classic variation in the Maya lowlands. *Journal of Archaeological Research* 15:329-377.

Atran, S. (1993) Itza Maya tropical agro-forestry. *Current Anthropology* 34(5):633-700.

Atran, S., D. Medin, N. Ross, E. Lynch, V. Vapnarsky, E. Ucan Ek', J. Coley, C. Timura and M. Baran (2002) Folk ecology, cultural epidemiology, and the spirit of the commons. *Current Anthropology* 43 (3):421-450.

Canek Castellanos, A. A. (2000) Evaluación del efecto del fertilizante orgánico y químico, aplicado en el cultivo de maíz (Zea Mays) sobre las plagas del

almacenamiento, en tres localidades del municipio de La Libertad, Petén. Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala – Centro Universitario de Petén- (CUDEP). Santa Elena, Petén. 37 p.

Corzo, A. y N. B. Schwartz. (2008) “Los Cercos”: Huertos de traspatio del Petén tradicional, estrategia de adaptación etnobotánica que apoya la conservación de los recursos naturales. Guatemala: Heifer International and Fundación ProPetén.

Diemont, S. A. W. and J. F. Martin. (2009). Lacandon Maya ecosystem management: sustainable design for subsistence and environmental restoration. *Ecological Applications* 19:254–266.

Dunning, N. P., T. P. Beach and S. Luzzadder-Beach (2011) Kax and kol: Collapse and resilience in lowland Maya civilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (10):3652-3657.

Emery, K. F. and E. Kennedy Thorton (2008) Zooarchaeological habitat analysis of ancient Maya landscape changes. *Journal of Ethnobiology* 28 (2):154-178.

Ferguson, B. G.(2001) Post-agricultural tropical forest succession: Patterns, processes and implications for conservation and restoration. Tesis de doctorado. University of Michigan. Ann Arbor, Michigan. 205 p.

Folan, Wm. J., B. Faust, W. Lutz and J. D. Gunn (2000) Social and environmental factors in the Classic Maya collapse. En Lutz, Wolfgang, Leonel Prieto and Warren Sanderson, editors. *Population, development, and environment on the Yucatán Peninsula: From Ancient Maya to 2030* (2-32). Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

Ford, A. and R. Nigh (2009) Origins of the Maya forest garden: Maya resource management. *Journal of Ethnobiology* 29:55-78.

- Grünberg, J., L. Grandia, B. Milian y equipo (2012) Tierra e igualdad desafíos para la administración de tierras en Petén, Guatemala. Guatemala: Fondo Fiduciario para el Desarrollo Ambiental y Socialmente Sostenible (TFESSD) de los Gobiernos de Noruega y Finlandia con el Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural para América Latina y el Caribe (LCSAR)
- Jagger, P., M. K. Luckert, A. Banana and J. Bahati (2012) Asking questions to understand rural livelihoods: Comparing disaggregated vs. aggregated approaches to household livelihood questionnaires. *World Development* 40 (9):1810–1823.
- Johnston, K. (2003) The intensification of pre-industrial cereal agriculture in the tropics: Boserup, cultivation lengthening, and the Classic Maya. *Journal of Anthropological Archaeology* 22:126-161.
- Lara Ponce, E. (2010) Sistemas agrícolas y aprovechamiento de los recursos naturales entre los Itzaes de San Andrés y San José, Petén, Guatemala. Tesis de doctorado. Puebla, Colegio de Postgraduados. México. 248 p.
- Marcus, J.(2003) Recent advances in Maya archaeology. *Journal of Archaeological Research* 11 (2):71-148.
- McNeil, C. L., D. A. Burney and L. Pigott Burney (2009) Evidence disputing deforestation as the cause of the collapse of the ancient Maya polity of Copan, Honduras.[www.pnas.org/cgi/content/full/0904760107/DCSupplemental](http://www.pnas.org/cgi/content/full/0904760107/DCSupplemental). Consultado 15 de diciembre de 2009.
- Nations J. D and R. B. Nigh (1980) The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained yield tropical forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36:1–30.

Palma Espina, E. R. (2000). Como vivir mejor de nuestras parcelas (permacultura petenera). CARE-Cooperación de Austriaca para el Desarrollo. Guatemala.

Schwartz, N. B. (1985). A note on "weights, measures" and swidden. *Culture and Agriculture* 27:9-12.

Teran, S. and C. H. Rasmussen (1995). Genetic diversity and agricultural strategy in 6<sup>th</sup> century and present-day Yucatecan milpa agriculture. *Biodiversity Conservation* 4:363-381.

Webb, E. A. and H. P. Schwarcz (2012). Stable carbon isotope evidence of ancient maize cultivation on the soils of Motul de San José. En Foias, E. and Kitty F. Emery, eds. *Motul de San José: Politics, history, and economy in a Classic Maya polity (386-400)*. University of Florida Press. Gainesville, Florida.

Wheeler, Dean H. III (2008). The organization of agricultural production on the southwestern periphery of the Maya lowlands: A settlement patterns study in the Upper Greave Basin, Chiapas, Mexico. Tesis de doctorado. University of Pittsburgh: Pittsburgh, Pennsylvania. 345 p.

Ybarra, M., O. Obando Samos, L. Grandia and N. B. Schwartz (2012). *Tierra, migración, vida en Petén, 1999-2009*. Coordinación de OGN y Cooperativas CONGCOOP. Guatemala.

## **Tema 4.3. Determinación de clorofila y temperatura por sensores remotos y su validación en la costa de Yucatán.**

Luis Alfonso Rodríguez Gil, Carlos Francisco Reyes Sosa, Sara Luz Nahuat Dzib, José Luis Giorgana Figueroa y Monica Ilsy Jimenez Rojas. luis\_rdzgil@hotmail.com

### **Resumen**

El propósito de este trabajo está enfocado en la validación de la información obtenida mediante la tecnología satelital disponible para detectar la variación de la concentración de clorofila y de la temperatura utilizando métodos analíticos que nos permitan corroborar la información que nos ofrecen distintas páginas web por medio de imágenes satelitales, enfocadas en distintos parámetros que son significativos para predecir el evento de marea roja, esto de una manera muy sencilla y bajo costo ya que lo que se requiere para realizar este monitoreo es una computadora con conexión a Internet para ingresar a la páginas web y pueda acceder a estos datos para el monitoreo de dicho evento. El presente trabajo se llegó a la conclusión que el monitoreo de la concentración de Clorofila usando: Satélite MODIS y Sensores AQUA yTERRA y para la Temperatura el Satélite AVHRR y el Sensores NOAA-15 y METOP-2, Satélites y sensores de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), los rangos que nos arroja las imágenes satelitales para el monitoreo de la concentración de clorofila y Temperatura y las pruebas realizadas en el laboratorio ratifican la validación, pues caen en el rango que nos indican las imágenes.

### **Introducción**

La percepción remota es una herramienta tecnológica que se utiliza en el análisis de imágenes para producir datos que pueden aplicarse en diversas disciplinas de la ciencia, como ejemplos puede ser en la predicción de eventos de mareas rojas, y en medir una amplia gama de parámetros ambientales (SEMARNAT, 1997).

La utilización efectiva de los datos provenientes de la percepción remota depende de la habilidad del usuario para interpretar, correctamente y consistentemente, las fotografías, imágenes, gráficos o estadísticas que se derivan de las fuentes de percepción remota. (SEMARNAT, 1997; IPacuicultura, 2012).

Por lo que el propósito de este trabajo está enfocado en la validación de la información obtenida mediante la tecnología satelital disponible para detectar la

variación de la concentración de clorofila y de la temperatura utilizando métodos analíticos en el laboratorio e *in situ* que nos permitan corroborar la información que nos ofrecen.

## **Material y métodos**

### **Área de muestreo**

El área de muestreo de este estudio fue la costa de la Península de Yucatán, específicamente en tres sitios los cuales son: Puerto Progreso, Celestún y Dzilam de Bravo. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012).

### **Monitoreo e Interpretación de las imágenes satelitales de la concentración de clorofila y la temperatura**

Estas se realizaron por la consulta diariamente en la dirección de internet: <http://coastwatch.noaa.gov/>, siguiendo los siguientes pasos: en esta página en su sección de registro de datos se ubicó al Golfo de México. Luego se seleccionó el producto que fue la Clorofila de la agencia espacial (NASA) con su respectivo satélites: MODIS y sensores: AQUA y TERRA y para la Temperatura el satélite: AVHRR y sensores: NOAA-15 y METOP-2; de la (NASA): Para ambas consultas se señalaron la fecha o fechas de interés; para luego realizar la búsqueda y obtener de la base de datos de las imágenes que corresponden. Por último se eligieron las mejores imágenes que nos proporcionaron la información más clara y precisa.

Una vez realizado el monitoreo de la concentración de clorofila y la temperatura se prosiguió a analizar cada una de las imágenes correspondientes, ubicando en la imagen los tres sitios de muestreo, para posteriormente interpretar la concentración de clorofila y la temperatura superficial del mar, dependiendo de los colores del sitio de muestreo y comparando los colores con la escala cromática de rango de concentración de clorofila o de la Temperatura, ya establecido por la misma página web (NOAA Coast Watch, 1987).

El muestreo de agua de mar para determinar la Concentración de Clorofila en el laboratorio se efectuó basado en un “Método Espectrofotométrico” (Federación Ambiental del Agua, 1992).

La temperatura se determinó *in-situ* en cada sitio de muestreo con un termómetro.

## Resultados y discusión

### Variaciones de Concentración de Clorofila

**Interpretación:** Analizando la imagen satelital con fecha 24 de octubre de 2012, en el sitio del Puerto de Progreso con coordenadas Latitud 21°16'58"N y Longitud 89°39'49"W, como se puede ver en la Figura 1, se puede percibir que en esa zona se presenta una coloración rojiza, y esa tonalidad representan un rango de concentración de clorofila entre 20-40 mg/m<sup>3</sup> en la escala cromática.

**Validación:** La concentración de clorofila promedio de las tres muestras analizadas en el laboratorio fue de 23.3mg/m<sup>3</sup> (Tabla 1), con la interpretación que se tuvo de la imagen satelital de la concentración de clorofila con el satélite MODIS y sensores AQUA y TERRA resultó en un rango entre 20-40 mg/m<sup>3</sup>, lo que confirma que el resultado en el laboratorio valida la información del rango de concentración por la imagen satelital

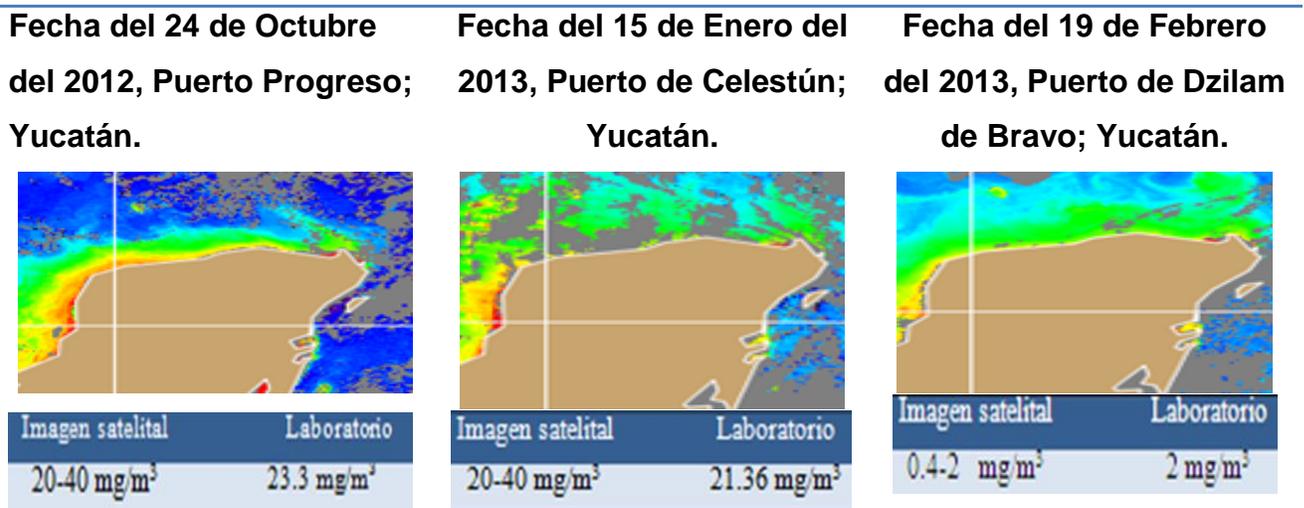
**Interpretación:** Analizando la imagen satelital con fecha 15 d enero del 2012 en el Puerto de Celestún con coordenadas de Latitud 20°51'33"N y Longitud 90°24'00" W (Fig. 1) se puede percibir que en esa zona presenta coloración rojiza y esa tonalidad representan un rango de concentración de clorofila de 20-40 mg/m<sup>3</sup>.

**Validación:** La concentración de clorofila promedio de las tres muestras determinadas en el laboratorio fue de 21.36mg/m<sup>3</sup>, y se encuentra dentro del rango de concentración de clorofila de 20-40 mg/m<sup>3</sup> que se tuvo de la imagen satelital de la concentración de clorofila con el satélite MODIS y sensores AQUA y TERRA. Por lo

que, el resultado en el laboratorio valida la información del rango de concentración proporcionada por la imagen satelital.

**Interpretación:** Analizando la imagen satelital con fecha 19 de febrero de 2012 en el Puerto de Dzilam de Bravo con coordenadas de Latitud 21°23'33" N y Longitud 88°53'29" W, (Fig.1), se puede percibir que en esa zona presenta coloración verde con tonalidades que representan un rango de concentración de clorofila entre 0.4-2 mg/m<sup>3</sup>.

**Validación:** La concentración de clorofila promedio de las tres muestras determinadas en el laboratorio fue de 2.2 mg/m<sup>3</sup>, y se encuentra dentro del rango de concentración de clorofila de 0.4-2 mg/m<sup>3</sup> que se tuvo de la imagen satelital de la concentración de clorofila con el satélite MODIS y sensores AQUA y TERRA



**Figura 1.** Variación de la concentración de clorofila en mg/m<sup>3</sup> en espacio y en tiempo en los tres sitios de muestreo de: Celestún, Progreso y Dzilam de Bravo en las costas del Estado de Yucatán.

### Variaciones de la Temperatura Superficial del Mar

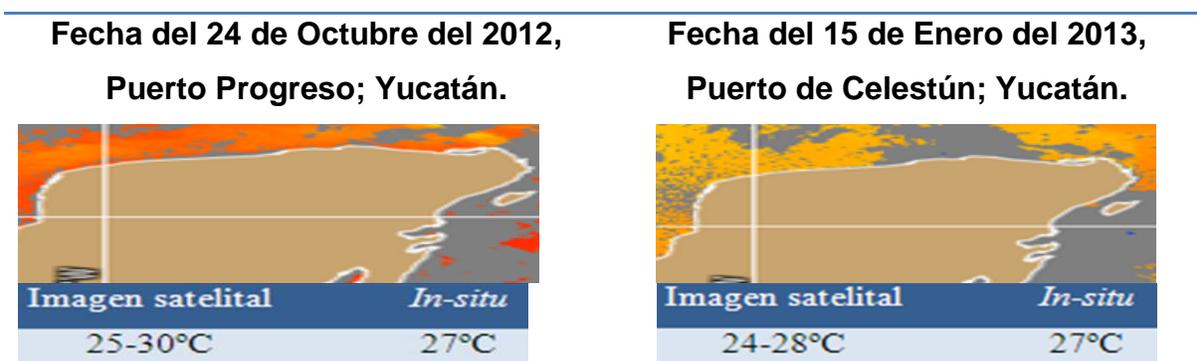
**Interpretación:** Analizando la imagen satelital con fecha 24 de octubre de 2012 en el Puerto de Progreso con coordenadas Latitud 21°16'58"N y Longitud 89°39'49"W, donde se tomó la muestra se presentó coloraciones entre anaranjadas y rojizas, y

tomando en cuenta la escala cromática que nos presenta la imagen satelital el rango temperatura fue entre 25-30°C.

**Validación:** La temperatura superficial del agua de Mar se midió de manera *in-situ* en sitio de muestreo del Puerto de Progreso y fue de 27°C, comparando los resultados obtenidos con la imagen satelital y la toma de temperatura de manera *in-situ* dejan ver que hay una mínima diferencia de 0.2 grados centígrados, por lo cual podemos decir que la imagen que nos muestra tanto el satélite METOP-2 son confiable para poder determinar la temperatura superficial del mar.

**Interpretación:** Analizando la imagen satelital con fecha 15 de enero de 2013 en el Puerto de Celestún, con coordenadas Latitud 20°51'33" N y Longitud 90°24'00" W, donde se tomó la muestra presenta coloración amarilla con tonalidades, y tomando en cuenta la escala cromática que nos presenta la imagen se encuentra en un rango de temperatura de 24-28°C.

**Validación:** La temperatura superficial del agua de Marse midió de manera *in-situ* y fue de 27°C, comparando los resultados obtenidos con la imagen satelital y la toma de temperatura de manera *in-situ* dejan ver que coinciden, por lo cual podemos decir que la imagen que nos muestra tanto el satélite NOAA-15 son confiable para poder determinar la temperatura superficial del mar.



**Figura 2.** Variación de la concentración de Temperatura en espacio y en tiempo en los tres sitios de muestreo de: Celestún, Progreso y Dzilam de Bravo en las costas del Estado de Yucatán.

En la Tabla 1 Se observa que en los años 2012 y 2013 en las fechas en las que se realizaron los muestreos para la determinación de la concentración y validación de clorofila y temperatura superficial de agua de mar, no tuvo presencia el evento de la marea roja. Se observa también que en los años 2001, 2003, 2008 y 2011 se tuvo presencia de marea roja y donde además las determinaciones de concentración de clorofila y la temperatura superficial del mar tuvieron un significativo aumento comparado con este estudio; por lo cual dichos resultados antes mencionados son de suma importancia y tienen relación cuando hay un aumento en la Concentración de clorofila y un aumento en la temperatura, lo cual es más probable que existan los florecimientos algales nocivos (Marea Roja). Por lo que, es importante tener el seguimiento del monitoreo de la concentración de clorofila y la temperatura superficial del mar, para predecir de manera temprana el evento de manera roja.

**Tabla 1.** Variación de la concentración de clorofila y Temperatura en presencia o ausencia de marea roja en las costas del Estado de Yucatán.

Año.	Periodo.	Sitio.	Concentración de Clorofila (Mg/m <sup>3</sup> ).	Temperatura superficial de mar (°C).	Marea Roja (Presencia o Ausencia)	Duración.
2013	Febrero	Dzilam de Bravo	2	20	Ausencia	--
2013	Enero	Celestún	21.36	27	Ausencia	--
2012	Octubre	Progreso	23.3	27	Ausencia	--
2011	Agosto-Septiembre	Teichac	60	37	Presencia	34 días
2008	Junio - Julio	Progreso	58	36	Presencia	31 días
2003	Agosto	Dzilam de Bravo	63	38	Presencia	15 días
2001	Agosto	Dzilam de Bravo	55	35	Presencia	15 días

## Conclusión

En el presente trabajo se llegó a la conclusión que el monitoreo de la Concentración de Clorofila usando: Satélite MODIS, Sensores AQUA y TERRA de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y el monitoreo de la temperatura superficial del mar usando: Satélite AVHRR, y sensores NOAA-15y METOP-2 de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), con las pruebas realizadas de Concentración de clorofila en el laboratorio y de la Temperatura de manera *in-situ*

se validan, los resultados obtenidos de Concentración de clorofila y temperatura que nos proporcionan las imágenes satelitales.

## **Bibliografía**

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (1992). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2012). Recuperado el 3 de Febrero de 2013, de [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

IPacuicultura.(15 de Junio de 2012). IPac. Recuperado el 30 de Enero de 2013, del Pac: [http://www.ipacuicultura.com/edicion\\_impresa/323/68/mejillon/22770/en\\_marcha\\_un\\_proyecto\\_nacional\\_para\\_lograr\\_predecir\\_mareas\\_rojas-p2.html](http://www.ipacuicultura.com/edicion_impresa/323/68/mejillon/22770/en_marcha_un_proyecto_nacional_para_lograr_predecir_mareas_rojas-p2.html)

NOAA Coast Watch (1987). Satellite Oceanography y Climatology Division. Recuperado el 29 de 01 de 2013, de Satellite Oceanography y Climatology Division: <http://coastwatch.noaa.gov/cwn/search/interface.html>

SEMARNAT (1997). "Guía de implementación para los maestros: Detección por Sensores Remotos". GLOBE, 12-15.

## **Tema 4.4. Difusión de la UMA mediante sitio web caso: centro ecoturístico “Quinta Camila” de Chiapa de Corzo.**

**Sandra López Reyes, Carolina Gómez Hinojosa, Rodolfo Mundo Velásquez, Eduardo Alberto Gutiérrez Medinañ. sanlore61\_52@hotmail.com**

### **Resumen**

Los centro ecoturísticos son espacios que permiten la apreciación de la naturaleza de la flora y fauna que se encuentran inmersas en su contexto de biodiversidad; estos lugares también son propicios para tener la licencia de la ubicación de una Unidad de Manejo Ambiental (UMA), que tiene como finalidad la conservación y preservación de la Fauna. Esta ponencia plantea la necesidad de dar difusión a la Unidad de Manejo para la conservación de la Vida Silvestre (UMA) caso: centro ecoturístico “Quinta Camila” ubicado en el municipio de Chiapa de Corzo, a través de un Sitio Web, esta herramienta tecnológica está estructurada con la información adecuada, conteniendo sub menús: Historia, galería de fotos , descripción de actividades y recorridos turísticos que se realizan ,así como también el correo para la comunicación entre los propietarios y los visitantes. La premisa esta que con la consulta al sitio web, los beneficios esperados es la afluencia turística, generación de empleos, mayor desarrollo económico, la expansión gradual de la UMA para la preservación de más especies de la región, en relación al centro ecoturístico las áreas recreativas que lo conforman sedé más la promoción al turismo sustentable.

### **Introducción**

Esta investigación responde a la importancia que tiene la unidad de manejo ambiental para la conservación de la vida silvestre, las UMA buscan promover esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, a través del uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales renovables en ellas contenidos, así como el espacio ecológico destinado a la conservación de las especies nativas de la región.

El Ecoturismo es una modalidad de turismo que se basa en la observación y apreciación de la naturaleza o de las culturas tradicionales que habitan en los ambientes naturales. Incluye elementos educativos y de interpretación, buscando crear conciencia sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales y en los habitantes de la zona como en los visitantes.

En este horizonte se ubica este trabajo, cuyo propósito es dar difusión a través del uso de la herramienta tecnológica de un sitio web a la unidad de manejo ambiental, (UMA), que contempla la preservación del cuidado de la fauna que protege, se encuentra ubicada en el centro ecoturístico “Quinta Camila”, así como a los atractivos turísticos con que cuenta este lugar de recreación natural, localizada en el municipio de Chiapa de Corzo.

Los alcances de resultados obtenidos de este proceso da la viabilidad para desarrollar el sitio Web, permitiendo ser el medio para cubrir la necesidad detectada como problemática. El uso de acceso a esta página redituará en la difusión de proporcionar información relacionada con la UMA y el centro ecoturístico y la sustentabilidad de los recursos naturales.

## **Materiales y métodos**

La estructura metodológica que se emplea en esta investigación está conformada a través de los estudios descriptivo, y explicativo, con enfoque cuantitativo. Es descriptivo por indicar la fundamentación de las características y actividades que aplica una UMA, la operatividad que maneja “Quinta Camila”, así como análisis de estudio y el proceso tecnológico a desarrollar para la propuesta del portal Web.

Se aplica el estudio explicativo por que se enfoca en dar a conocer la preservación y conservación de la fauna y la sustentabilidad a través de la UMA, esta unidad se relaciona por las condiciones naturales con que cuenta el centro ecoturístico “Quinta Camila”.

Para esta investigación se utiliza como instrumento la técnica de encuesta basada en su aplicación se obtuvieron los resultados sirviendo de base para el diseño y elaboración del Sitio Web, integrando la información que proporcionará, a los usuarios que la consulten la importancia de la UMA y los atractivos turísticos del centro ecoturístico. En relación a la muestra y la aplicación del cuestionario la

Información obtenida de 101 personas corresponde el 52% afirma que no conocen nada respecto al tema.

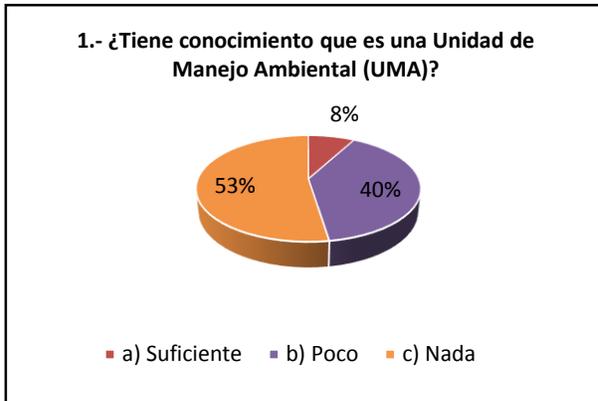


Figura 1.

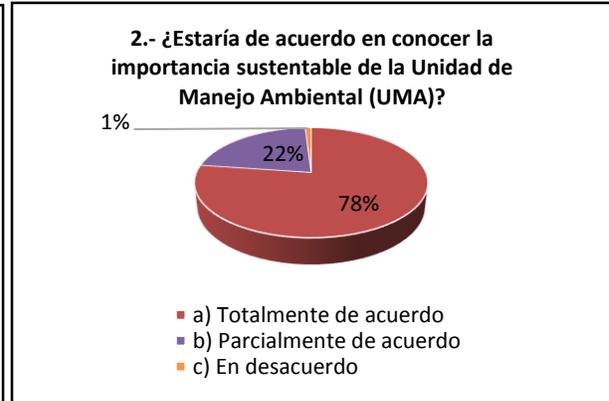


Figura 2.

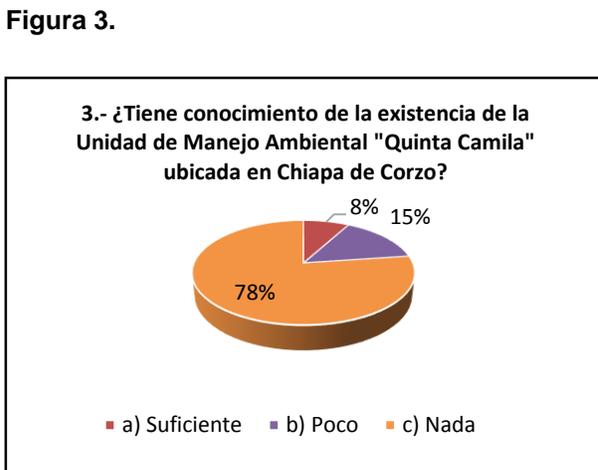


Figura 3.

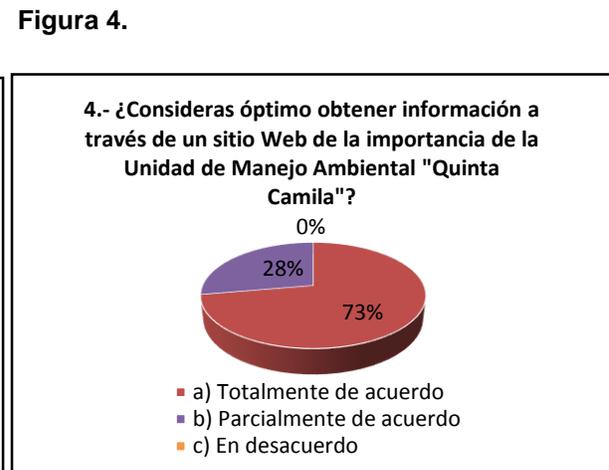


Figura 4.

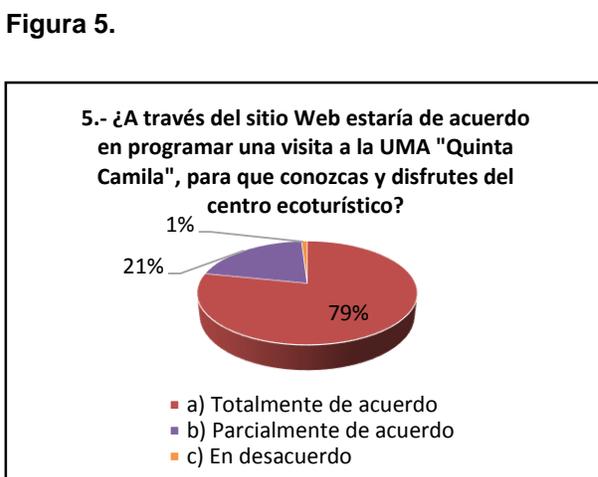


Figura 5.

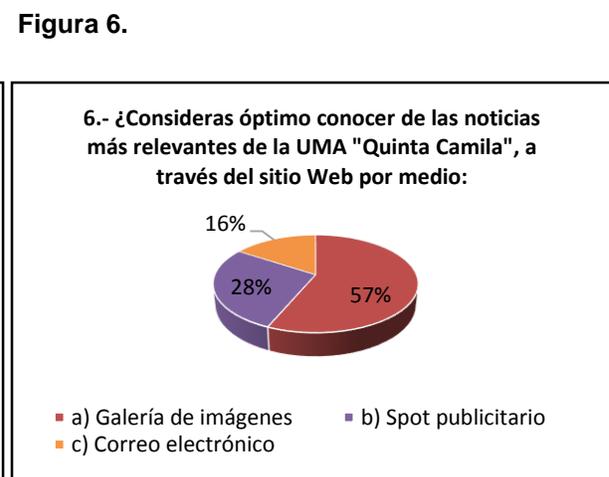


Figura 6.

Figura 7.

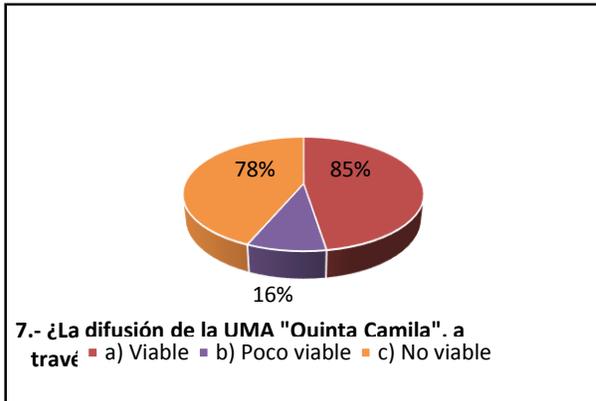


Figura 8.

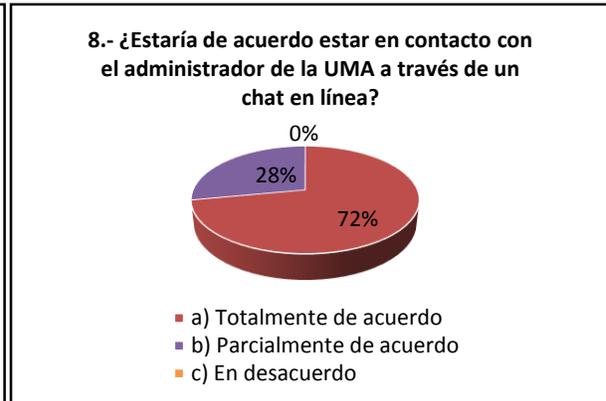
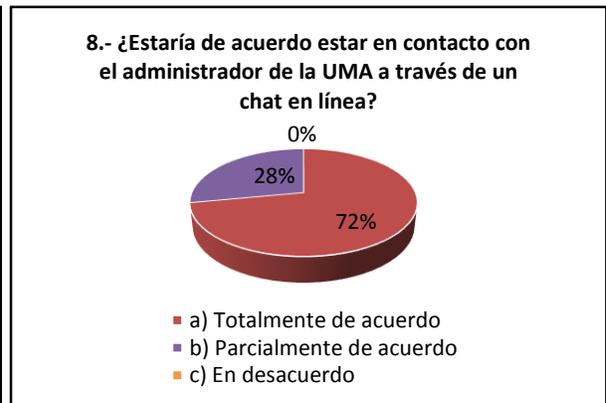
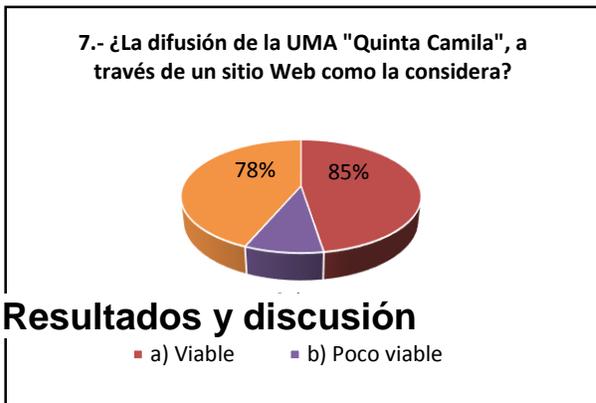
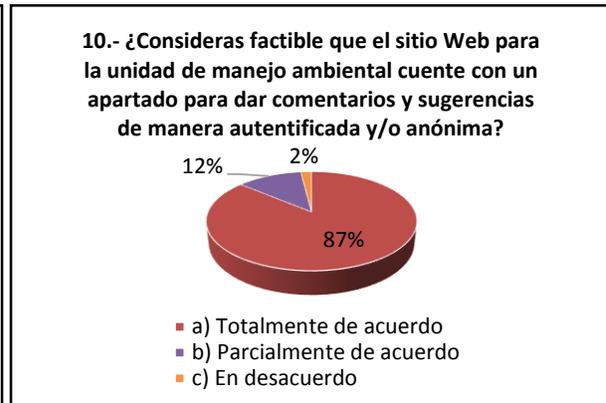


Figura 9.



Figura 10.



Conforme a los resultado obtenidos de las encuestas aplicadas de acuerdo a nuestra muestra se considere que el 78% desean conocer que una Unida de Manejo Ambiental y el 79% indican que desean tener información a través de un sitio Web, y el 78% de los encuestados indican que no tienen conocimiento del centro eco turístico Quinta Camila, por lo tanto se considera viable la difusión de este centro eco turístico donde se encuentra ubicada la UMA a través de este sitio Web.

### Producto Final: Página de inicio o Principal del Sitio Web:

1. Barra de menú.
2. Slider de imágenes y promociones de lo más relevante en la UMA
3. Una sección de lo más nuevo acontecido en la UMA.
4. Una sección de las últimas noticias
5. Un panel de registro de Usuarios.
6. Pie de página con enlace a redes sociales e información de contacto



## Conclusión

El desarrollo de esta investigación ha permitido ser eficaz en la descripción de la importancia de la unidad de manejo ambiental y la sustentabilidad en los fines de preservación de la fauna. La relación del cuidado de los recursos naturales y la apreciación de la naturaleza que se da en los centros ecoturístico.-Los resultados demuestran elaborar el diseño del sitio web. Como herramienta para la difusión de la UMA y la fauna que preserva, así como también al centro ecoturístico “Quinta Camila” con las áreas que tiene disponible para disfrutar del ambiente natural como atractivos turísticos El turismo que visite este centro turístico es una alternativa de desarrollo económico y de cultura ambiental.

## Bibliografía

Bringas R., Nora L. y Lina Ojeda R. (2000, Enero-Junio), “El ecoturismo: ¿una nueva modalidad del turismo de masas?”. Economía, Sociedad y Territorio, 373-403.

CHAVEZ, D. J (2008). Diversidad cultural y ecoturismo. Editorial Trillas. México D.F.

Hernández R., Fernández C. y Baptista p. (2010). Metodología de la investigación (5ta. Edición). México: McGraw-Hill/interamericana Editores.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 TEXTO VIGENTE Última reforma publicada DOF 04-06-2012.

Morales, M. (2010). Analítica Web para empresas. Arte, ingenio anticipación. (1era. Edición.) Barcelona: Editorial UOC.

Pérez de las Heras, Mónica. Guía del Ecoturismo O cómo Conservar la Naturaleza a través del Turismo. 2ª Edición, Mundi-Prensa, Madrid; España, 2003. 285 p.

Quesada Palomo, V y García Pérez, A. (1988). Lecciones de cálculo de probabilidades. España, Madrid: Díaz de Santos 52.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL. Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000 TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 26-04-2012.

## **Tema 4.5. Disminución de la concentración de ácido sulfhídrico contenido en el biogás, mediante una solución alcalina.** José Aurelio Sosa Olivier, José Ramón Laines Canepa y Anabel González Días. [ing-jaso@hotmail.es](mailto:ing-jaso@hotmail.es)

### **Resumen**

El biogás es un combustible que se genera de manera natural, en un proceso bioquímico de degradación de la materia orgánica, bajo condiciones anaerobias. El metano ( $\text{CH}_4$ ) es el compuesto de mayor interés dentro del biogás, entre mayor sea la concentración de este, mayor es su calidad. El  $\text{H}_2\text{S}$  es corrosivo a ciertos materiales (hierro, cobre, cemento etc.) así como dañino a los cultivos y a la vegetación en general (Morgan *et al.*, 2001). Dependiendo de la composición del material orgánico fermentado el contenido de  $\text{H}_2\text{S}$  del biogás puede variar, alcanzando concentraciones de hasta 10,000 ppm, su toxicidad lo hace indeseable en los procesos de recuperación de energía por la combustión, ya que se genera dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) altamente corrosivo, insalubre y peligroso ambientalmente. El objetivo de la presente investigación, es disminuir la concentración del  $\text{H}_2\text{S}$  contenido en el biogás, a través de una solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , obteniendo como resultado, la disminución de un 98% en los primeros 42 l de biogás a una concentración  $>500$  ppm. Los rendimientos detectados en este proceso es de 1.5 g  $\text{CaO}$  / g  $\text{H}_2\text{S}$ . Los costos de adquisición del reactivo son muy económicos, haciendo atractivo el proceso.

### **Introducción**

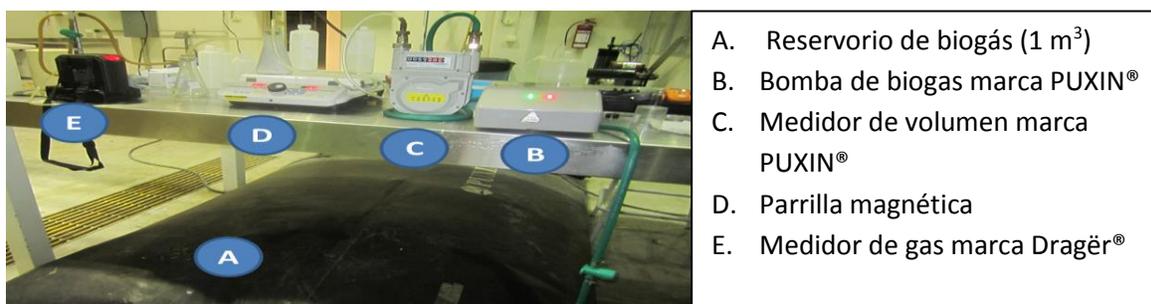
El biogás es un combustible que se genera de manera natural, en un proceso bioquímico de degradación de la materia orgánica, bajo condiciones anaerobias. El biogás es una mezcla de gases y dentro de él se encuentran compuestos en diferentes proporciones de volúmenes como:  $\text{CH}_4$  en un 60 - 70%,  $\text{CO}_2$  en un 30 - 40%, (Aguilar y Botero, 2006). Para realizar el aprovechamiento del biogás como energía calorífica y/o eléctrica, se debe tomar en cuenta que dentro de esta mezcla, existe un compuesto tóxico, inflamable y venenoso perceptible en el aire a concentraciones de 0.02 - 0.13 ppm, este gas es el  $\text{H}_2\text{S}$  (Budavari, 1996). El  $\text{H}_2\text{S}$  es corrosivo a ciertos materiales (hierro, cobre, cemento etc.) así como dañino a los cultivos y a la vegetación en general (Morgan *et al.*, 2001). Dependiendo de la

composición del material orgánico fermentado el contenido de H<sub>2</sub>S del biogás puede variar, alcanzando concentraciones de hasta 10,000 ppm (en algunos casos), y por sus características de mal olor, corrosión y toxicidad lo hace indeseable en los procesos de recuperación de energía por la combustión, ya que se genera dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) altamente corrosivo, insalubre y peligroso ambientalmente, por ello la necesidad de eliminarlo para cualquier posible aprovechamiento de biogás (Abatzoglou y Boivin, 2009). Los motores de combustión interna pueden trabajar con un biogás que contenga hasta 50 % de CH<sub>4</sub> o más; pero si se pueden aumentar las concentraciones del CH<sub>4</sub> en el biogás, se propiciaría una mayor eficiencia del motor y su generador (FAO, 1986). No es recomendable que se elimine por completo el CO<sub>2</sub> y el CO del biogás, ya que estos compuestos impiden que el biogás detone cuando se somete a compresión (Coto *et al.*, 2007). Pero a la vez, si existe una cantidad excesiva (>45 % por volumen) provoca una pérdida en fuerza de los motores (FAO, 1986). El ácido sulfhídrico se debe mantener en 10 ppm o menos para así poder alargar la vida útil de las bujías del motor y evitar la corrosión interna de las piezas metálicas del motor (FAO, 1986). El objetivo del presente trabajo es, disminuir la concentración de H<sub>2</sub>S, determinando la eficiencia de remoción, bajo costo de adquisición y fácil mantenimiento.

## **Materiales y métodos**

**Biogás.** Se utilizó el biogás generado en el biodigestor anaerobio de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT, el cual fue alimentado con contenido gástrico ruminal vacuno (CGRV). Se tomaban muestras de gas a través de una válvula de salida de biogás conectada a una trampa de agua, un medidor de volumen y bomba de biogás marca PUXIN®, finalmente se almacena en reservorios de 1 m<sup>3</sup> de capacidad, con ayuda de una bomba de aire y un deshumidificador. El biogás es caracterizado con un equipo marca Dragër® modelo xam-7000, se medía la concentración de H<sub>2</sub>S en ppm y el porcentaje en volumen del CO<sub>2</sub>.

**Sistema de purificación.** En matraces kitazato de 250 ml, se prepararon soluciones a una concentración 1M, con 14.02 g de CaO. Una vez lista la solución se montaba un sistema de tratamiento que iniciaba con el reservorio de biogás, el cual era extraído por una bomba de biogás marca PUXIN®, se cuantificaba en un medidor de volumen marca PUXIN®, el biogás se ingresaba por la parte superior del matraz kitazato, a través de un tapón de goma, debidamente ranurado. La manguera de conducción, llegaba hasta una altura no mayor de 1 cm del fondo del matraz.



**Figura 3.** Sistema de purificación de biogás

En el matraz se ingresaba un agitador magnético y se colocó sobre una parrilla magnética, para realizar la agitación de la solución a 150 rpm. Esto con el fin de saturar toda la solución, al evitar la sedimentación del reactivo. El biogás tenía contacto con la solución por burbujeo.



**Figura 4.** Matraz kitazato, con solución de Ca(OH)<sub>2</sub> a 1M

**Monitoreo.** La operación del sistema de purificación consiste en hacer fluir el biogás a una velocidad de 1 l/m. cada 3 litros de biogás, se monitoreaba pH, Conductividad eléctrica (CE/mS), potencial oxido reducción (ORP/mV) y sólidos suspendidos totales (SST/ppt). Con dos equipos marca HANNA® modelos 98312 y 9125. A la salida del biogás se instaló un equipo marca Dräger® xam-7000. Para monitorear la concentración del H<sub>2</sub>S y el %CO<sub>2</sub> a la salida del sistema. Posteriormente el biogás era quemado.



**Figura 5.** Medidor de gas Dräger®

## Resultados y discusión

La concentración de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> contenido en el biogás se describe en la siguiente cuadro.

**Cuadro 1.** Caracterización de biogás

Volumen de muestra de biogás	H <sub>2</sub> S (ppm)	CO <sub>2</sub> (%)
------------------------------	------------------------	---------------------

1 m <sup>3</sup>	>500	27-30
------------------	------	-------

Las características de la solución de hidróxido de calcio a 1M, son las siguientes:

**Cuadro 2.** Caracterización de la solución

Solución	pH	CE (mS)	ORP (mV)	SST (ppt)
<b>Ca(OH)<sub>2</sub> a 1M</b>	12.34±0.22	7.78±0.56	-321.30±0.28	3.91±0.28

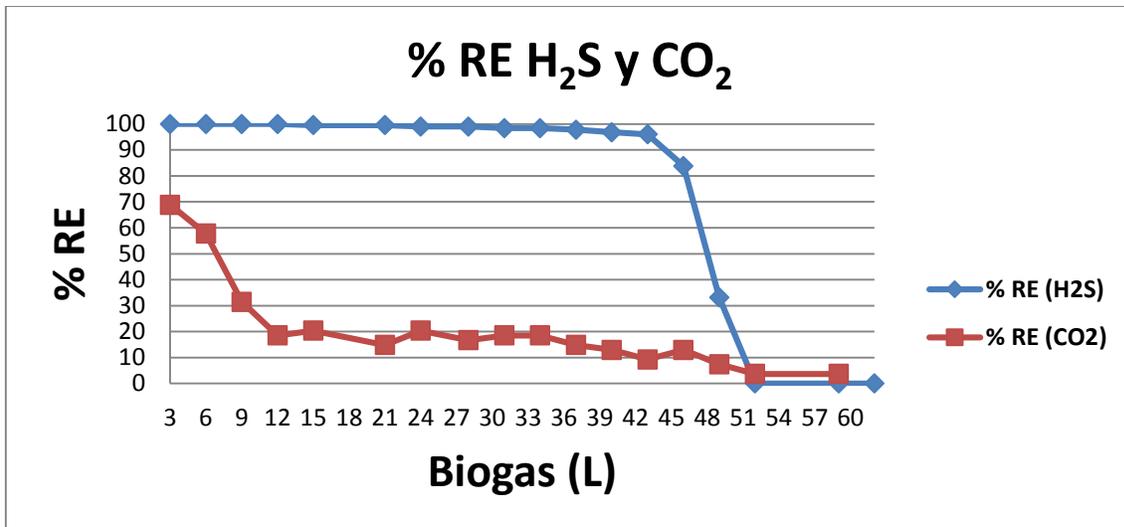
A partir de los resultados obtenidos generados en el proceso de purificación del biogás, se determinó la eficiencia de remoción (RE) propuestas por Moreno y Moral (2007):

$$\%RE = \frac{(C_E - C_S)}{C_E} \cdot 100$$

**Dónde:**

%RE: Eficiencia de remoción  
 CE: Concentración de entrada  
 CS: Concentración de salida

En la Figura 6 se muestra los porcentajes de remoción, dentro de los primeros 42 litros de biogás, para el H<sub>2</sub>S es de 98% RE y para el CO<sub>2</sub>, en los primeros 12 litros de biogás, se reduce hasta en un 56% la RE y a partir de este volumen solo se mantiene por el resto del proceso un 29% de RE.



**Figura 6.** %RE de la concentración de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>

Los valores de monitoreo, como el pH se observó la disminución del pH, desde un estado alcalino de  $12.34 \pm 0.22$ , hasta valores resultantes de  $7.14 \pm 0.76$ , con un decaimiento cercano al 58%. La disminución de los SST, cuyos inicialmente estaban en el orden de  $3.91 \pm 0.28$  ppt, para el término de la prueba se ubicaban en  $0.78 \pm 0.28$  ppt (80%). Cabe señalar que durante la operación del sistema, al aproximarse a los 30 l de biogás, purificado, la solución toma un tono grisáceo que le permanece hasta finalizada su operación. En la Figura 9 (de izquierda a derecha) se muestra una solución de un tono blanco, conforme avanza la fluidez del biogás, se notan pequeños cambios en la tonalidad, de blanco a gris, y a partir (en general) de los 30 litros de biogás, la solución toma un tono grisáceo.



**Figura 9.** Cambios de color por posible reacción

La búsqueda de alternativas económicas en los procesos de purificación de biogás, es necesaria. Para las características del biogás que se utilizó con 500 ppm en 42 l de biogás al 98% de RE, teóricamente estarían contenidos cerca de 21 g H<sub>2</sub>S y analizando los rendimientos con el reactivo (CaO), se llega a una relación de 1.5 g CaO / g H<sub>2</sub>S, de mejor rendimiento con respecto al uso de óxido de hierro con una relación de 1.66 g Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / g H<sub>2</sub>S (Davydov *et al.*, 1998 ). En cuestión de costos, el kg del reactivo varía de 6 a 9 pesos / kg. por lo tanto en base a la relación anterior, se puede considerar un costo (únicamente por el reactivo) de \$0.01125 por g H<sub>2</sub>S.

## **Bibliografía**

Abatzoglou N. and Boivin S. A review of biogas purification processes. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 3:42–71 (2009).

Aguilar F. y Botero R. (2006). "Los beneficios económicos totales de la producción de biogás utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo." *Tierra Tropical* 2 (1): Pp. 15-25.

Budavari, S. (1996).The Merck Index: An Encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals (12th ed.). New York: Merck & Co.

Devinny J., Medina V., Webster T. Biofiltration for air pollution control: Lewis publishers (1999).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL). 1986. Curso de capacitación de “Reciclaje de materias orgánicas y biogás”: Una experiencia en China. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago de Chile, CL. 392 p.

Morgan-Sagastume J.M., Revah S. y Noyola A. (1999) “Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos” Ingeniería y Ciencias Ambientales, año 10, No. 41, marzo-abril, federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales S.C. (FEMISCA).

## **Tema 4.6. Evaluación de la eficiencia coagulante del sulfato de aluminio en aguas superficiales obtenido a partir de un residuo petrolero.** Rudy Solís Silvan, José Ramón Laines Canepa, Israel Azamar Barrios, José AntonioÁvila Lázaro. rudy.solisilvan@gmail.com.mx

### **Resumen**

El sulfato de aluminio es ampliamente utilizado en la industria. Un uso importante se da en el tratamiento de aguas para remover turbiedad y color. El Complejo Procesador de Gas la Venta, Huimanguillo, Tabasco, genera 80 toneladas cada dos años de un residuo conocido como alúmina agotada ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). La disposición final que se le da a este residuo es la incineración y muchas veces se utiliza como relleno en terraplenes. En este estudio se utilizó dicho residuo (alúmina agotada) para transformarlo en sulfato de aluminio y así, provecharlo en el tratamiento de aguas. Se hizo reaccionar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con agua destilada y ácido. Se comparó la remoción de turbiedad y color del sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo contra los sulfatos comerciales grado reactivo y grado técnico. Los resultados estadísticos (ANOVA de 1 vía) mostraron que el sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo tiene igual eficiencia en la remoción de turbiedad (NTU) y color (C.U) que los productos comerciales grado técnico y grado reactivo. Las dosis óptimas utilizadas para los productos comerciales (sulfato de aluminio grado técnico y reactivo) y el sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo fueron las mismas (35 mg/L). Los resultados obtenidos en el presente trabajo lograron comprobar que el sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo de alúmina agotada es factible como un coagulante en el tratamiento de aguas.

### **Introducción**

Los residuos sólidos (RS) son todos aquellos que provienen de las actividades humanas y animales y que se desechan como inútiles o no requeridos (Tchobanoglous *et al.*, 1994). Los residuos se clasifican como: residuos Peligrosos (RP), Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Manejo Especial (RME). Los RME son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de RSU (más de 10 toneladas de residuos al año), (SEMARNAT, 2003). La generación y el mal manejo de los RME están afectando la administración de los RSU. En casi todas las

ciudades, los RME se manejan autorizada o clandestinamente en forma conjunta con los RSU y se disponen en vertederos controlados, rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto. Una parte de estos RME, cuya proporción es difícil de estimar, es manejada por los propios generadores y arrojada en cualquier lugar (Acurio *et al.*, 1997). En México, a pesar de los múltiples esfuerzos realizados para frenar la generación, valorizar y promover el manejo ambientalmente adecuado de los residuos, su volumen sigue creciendo a una velocidad que rebasa la capacidad de los servicios de limpia y de la infraestructura instalada para su aprovechamiento, tratamiento y disposición final, lo cual se traduce en problemas de contaminación severos provocados por su eliminación inadecuada (Zepeda, 1995). El Complejo Procesador de Gas (CPG) denominado la Venta, está ubicado en Villa la Venta, del municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco, México. En este complejo se utiliza óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) para remover la humedad al gas dulce, producto comercial conocido como alúmina activada. Terminada la vida útil de este material, se generan 88 toneladas cada dos años, tiempo considerado para su remoción. Debido a esta generación, la LGPGIR lo tipifica como un RME por los grandes volúmenes generados, al no ser un residuo peligroso y por provenir de un proceso productivo. Este residuo es conocido como alúmina agotada ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Su disposición final algunas veces ha sido como material de relleno en construcciones o terraplenes y otras veces ha sido incinerado en hornos de cementeras. La disposición final que se le da a este residuo es inadecuada debido a que cuando se incinera, se generan gases que contaminan el aire y cuando son utilizados como material de relleno pueden contaminar el suelo, subsuelo, mantos freáticos, acuíferos y cuerpos superficiales de agua.

En el presente estudio, se realizó la transformación de la alúmina agotada en sulfato de aluminio [ $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ], y utilizarlo en el tratamiento de agua para la remoción de turbiedad y color. Se comparó la capacidad de remoción de turbiedad y color del sulfato de aluminio obtenido del residuo contra dos sulfatos de aluminio comerciales (grado técnico y grado reactivo).

## Materiales y métodos

**Obtención del sulfato de aluminio a partir de alúmina agotada.** La obtención del sulfato de aluminio a partir del residuo, se llevó a escala laboratorio. Se obtuvo una muestra de alúmina agotada de los secadores de gas dulce del proceso criogénico del CPG La Venta, Huimanguillo. Se pulverizó con un triturador manual marca Robot cuope<sup>MR</sup> de acero inoxidable. Se tamizó pasándolo por dos tamices de pruebas físicas de acero inoxidable del No.30 (abertura en mm de 0.95) y No.20 (abertura de en mm 0.841) respectivamente para obtener un tamaño promedio de partículas. Se hizo reaccionar la alúmina agotada pulverizada en una solución de agua y ácido sulfúrico concentrado con un 80 y 90 % con respecto a la cantidad estequiometría de la reacción, a una temperatura promedio entre 90 y 100 °C a 700 rpm (Momade y Sraku 2010). Ayala *et al.*, (2010) menciona que la digestión de residuos que contienen alúmina con ácido sulfúrico es una reacción que depende de la temperatura y de la concentración del ácido. Específicamente indica que la alúmina hidratada es relativamente bien disuelta en ácido sulfúrico a 90 °C. Momade (1996) indica que en muchos procesos hidrometalúrgicos, el ácido sulfúrico ha sido elegido como el más eficaz lixiviante. Las reacciones fueron llevadas a cabo en cuatro vasos de precipitado de 1 L (cada vaso contenía 40 g de alúmina agotada), acondicionados en la parte de afuera con fibra de vidrio para minimizar las pérdidas de calor. Los vasos de precipitados fueron tapados con vidrio de reloj para minimizar la evaporación. La evaporación se compensaba con agua destilada. El calentamiento y las revoluciones por minutos se llevaron a cabo en una parrilla magnética marca Felisa<sup>MR</sup>. Finalmente mediante estos procesos mencionados se obtiene sulfato de aluminio a partir del residuo de alúmina agotada.

**Agua cruda utilizada.** Se utilizó agua cruda proveniente del río Usumacinta, que atraviesa la ciudad de Villahermosa, Centro, Tabasco, México. Los valores iniciales de turbiedad, color y color fueron 45 NTU, 87 C.U y 7.66 pH respectivamente.

**Dosificación del sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo (80 % y 90% de ácido) y los sulfatos de aluminio comerciales.** Una vez obtenida el agua cruda, se probó en ellas la capacidad de remoción del sulfato de aluminio obtenido del residuo y los sulfatos de aluminio comerciales. La dosificación de estos coagulante se llevó a cabo en un equipo de prueba de jarras marca Phippsbird y BirdMR. El mezclado de los coagulantes con el agua cruda se llevó a cabo siguiendo la técnica de mezclado propuesta por Letterman y Villegas (1976), 200 rpm durante 15 s, 25 rpm durante 25 min y un tiempo de reposo de 30 min. Para medir la turbiedad se empleó un turbidímetro marca LaMotteMR con precisión 0.01 NTU-turbiedad (método EPA 180.1, TC-300e; ISO7027, TC-3000<sub>i</sub>). El color fue medido con el mismo equipo con una precisión 0.1 C.U-color aparente (método estándar 2120B). El pH y temperatura se analizaron con un medidor versátil marca HannaMR con precisión 0.01 pH y 0.1°C de temperatura.

## **Resultados y discusión**

**Dosis óptima con sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo de alúmina agotada.** Después de realizar la prueba de jarras con el sulfato de aluminio obtenido del residuo, la dosis óptima que tuvo la mejor de remoción de turbiedad y color fue de: 35 mg/L. Se utilizó la misma dosis para los sulfatos de aluminio grado técnico y grado reactivo.

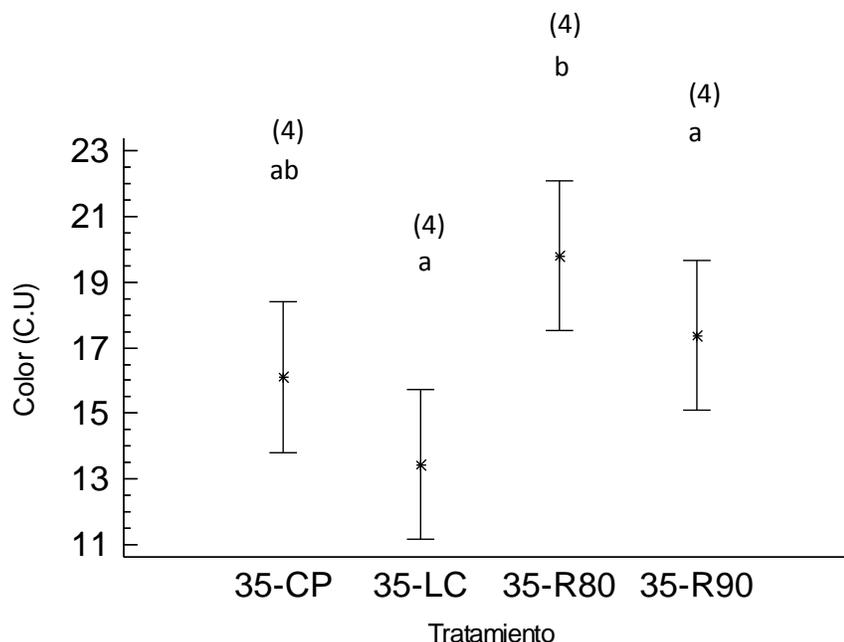
Resultados de la remoción de turbiedad, color y pH del sulfato de aluminio tratado con el 80 y 90% (35-R80 y 35-R90 respectivamente) de ácido contra los productos comerciales grado reactivo (35-LC) y grado técnico (35-CP).

**Turbiedad.** El análisis de varianza de una vía muestra que no existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre los valores medios de la variable turbiedad de los cuatro tratamientos de sulfato de aluminio evaluados (35-CP = 3.70 NTU, 35-CL = 3.86 NTU, 35-R80 = 4.61 NTU y 35-R90 = 4.55 NTU) con un 95% de confianza. Andía (2000) menciona que las sales de aluminio tienen una mejor eficiencia de

coagulación en un rango de pH de 6.5 a 8.0. En el presente trabajo se observaron pH casi similares (por encima de pH 7.0) lo cual explica que hayan tenido la misma remoción de turbiedad.

**Color.** El análisis de varianza de una vía muestra que existen diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.001$ ) entre los valores medios de color de los cuatro tratamientos de sulfato de aluminio evaluados (35-CP, 35-CL, 35-R80 y 35-90) con un 95% de confianza. El tratamiento 35-LC presentó la mayor remoción de color ( $13.44 \pm 1.039$ ), seguida de los tratamientos 35-CP y 35-R90 ( $16.1 \pm 0.85$ ,  $17.37 \pm 0.81$  respectivamente). El valor más alto de color se observó en el tratamiento 35-R80 ( $19.8 \pm 1.49$ ) (Figura 19). El contraste múltiple de rango de Tukey muestra que los tratamientos (35-CP, 35-R90 y 35-CL) y (35-CP, 35-R80 y 35-R90) son iguales (Figura 1).

**pH.** El análisis de varianza de una vía muestra que no existen diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) entre los valores medios la variable pH de los cuatro tratamientos de sulfato de aluminio evaluados (35-CP = 7.25, 35-CL = 7.262, 35-R80 = 7.265 y 35-R90 = 7.312) con un 95% de confianza.



**Figura 1.** Valores promedios ( $\pm$ ES) de la remoción de color de los tratamientos evaluados. Los números entre paréntesis indican el número de observaciones. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos ( $P < 0.05$ )

## Conclusión

Los resultados obtenidos en el presente trabajo lograron comprobar que el sulfato de aluminio obtenido a partir del residuo de alúmina agotada es factible como un coagulante en el tratamiento de aguas. El sulfato de aluminio obtenido del residuo tubo la misma eficiencia de turbiedad y color que los sulfatos de aluminio grado técnico y grado reactivo. En cuanto al pH, se mantuvo el mismo para los cuatro tratamientos.

## Bibliografía

- Acurio G., Rossin A., Teixeria Y. y Zepeda F. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Washington, D. C. Noviembre de 1997. Página web, consultada el 2 junio del 2012.
- Andía Y. Tratamiento de agua. Coagulación y floculación. Evaluación de plata y desarrollo tecnológico. SEDEPAL., Lima, Perú (2000).
- Ayala J., Fernández B., Sancho J. y García P. Síntesis de tres productos comerciales a partir de polvos de electrofiltros del proceso Bayer, *Journal of Hazardous Materials* 178 (2010) 758–765.
- Castells E. Reciclaje de Residuos Industriales.1ª edición. Edit. Díaz Santos, S.A. Juan Bravo, Madrid, España (2000). pp15.
- CEPIS. Centro de Estudios Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS). Manejo de Residuos Sólidos. Ambiente Ecológico. Edición 72, Julio del 2000.

EPA (1983) Turbidity (nephelometric) methods for chemical analysis of water and wastes. Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring as Supporting Laboratory. Office of Research and Development. EPA, Cincinnati.

Letterman R. y Villegas R. Optimizing Flocculator Power Input. Environmental Engineering Division Journal., American Society of Civil Engineers.102:EE2:251 (1976).

Momade F. y Sraju K. Estudio en la preparación de alumbre a partir de residuos de limo provenientes de la planta de lavado de bauxita de Awaso, Hydrometallurgy 101 (2010) 93–98.

Momade W. Sulphuric acid leaching of the Nsuta manganese carbonate ore, Hydrometallurgy 40 (1996) 123–134.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Diario Oficial de la federación 8 de octubre del 2003. Última reforma publicada DOF 30 de mayo de mayo de 2012.

Tchobanoglous, G. Theisen, H. y Vigil S. Gestión Integral de los Residuos Sólidos. 1ª edición. Edit. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA. (1994) pp.24.

## **Tema 4.7. Estudio etnobotánico de la ruta Yocot'an de Nacajuca, Tabasco, México. Miguel Alberto Magaña Alejandro, Graciela Beauregard Solís, Julio CámaraCórdova, Manuel Sánchez Mendoza, Merly Iveth Magaña Rodríguez y Carlos David López Ricalde. manglarujat@hotmail.com**

### **Resumen**

En las comunidades rurales y principalmente en las indígenas el conocimiento etnobotánica, se transmite de generación a generación; los habitantes de estas regiones utilizan especies silvestres y cultivadas para satisfacer sus necesidades de alimentación, medicina o forraje. En Tabasco la riqueza cultural está representada por diferentes grupos étnicos dentro de los cuales destacan los Chontales, Choles y Zoques que han sabido asignar las diferentes categorías de uso de los recursos vegetales. En el presente trabajo se representan los diferentes usos que le dan a las plantas, utilizadas por los chontales de la ruta yokot'an del municipio de Nacajuca. Para rescatar información sobre las plantas se realizaron entrevistas a amas de casa, agricultores, ancianos, yerbateros, cura hueso etc que fueran mayores de 30 años, sin importar el sexo. El tamaño de muestra se determinó con un nivel de confianza del 95%. Se aplicaron 100 entrevistas en la comunidad. Se registraron 324 especies agrupadas en 13 categorías de uso, siendo las medicinales (35%), las que presentaron mayor número de especies. El 82% de las plantas son nativas por lo tanto son cultivadas en la localidad dentro de sus huertos familiares. Esto nos demuestra que aún se usan plantas nativas en la comunidad.

### **Introducción**

El uso de los recursos vegetales ha jugado un papel importante desde los inicios de la humanidad, ya que estos siempre los ha utilizado el ser humano para satisfacer sus necesidades primordiales, obteniendo de ellos plantas que sirven como fuentes de alimento, medicamentos, construcciones para viviendas, para cercos, herramientas y materias primas, producto de cientos de años de experiencia y que se ha conservado en algunas partes de manera tradicional de generación en generación (Isidro, 1997).

Gran parte del conocimiento etnobotánico se concentra en las comunidades rurales y se transmite de generación a generación; los habitantes de estas regiones utilizan especies silvestres y cultivadas para satisfacer sus necesidades de alimentación,

medicina, forraje, aprovechadas comercialmente (Estrada et. al. 2007), sin embargo parte de este saber se ha ido perdiendo a través de los años, resultando importante la recuperación que se tiene acerca de los usos de las plantas (Vázquez-Meléndez, 2005).

La unidad familiar campesina tabasqueña tiene como estrategia utilizar diversos agroecosistemas para obtener sus satisfactores principales. Los más comunes e interrelacionados son la milpa y el huerto familiar, siendo el huerto como lugar en que el núcleo familiar tiene su habitación y en donde se desarrollan actividades agroforestales y pecuarias, así como actividades culturales y sociales y en donde, por lo general existen plantas alimenticias medicinales, maderables, para leña, medicinales, textiles, colorantes, para rituales, ornamentales, forrajeras, como cercas vivas y melíferas entre otras (Flores-Guido, 2013).

Actualmente son pocos estudios referentes a la etnobotánica en nuestra región, el presente trabajo pretende registrar el conocimiento etnobotánico de la ruta yocotán principales comunidades chontales de Nacajuca.

## **Materiales y métodos**

La metodología que se aplicó es un modelo de metodología etnobotánica (Martín, 2001), la cual consiste en obtener de la población la mayor cantidad de información a partir de su participación activa en la etapa de recopilación de datos.

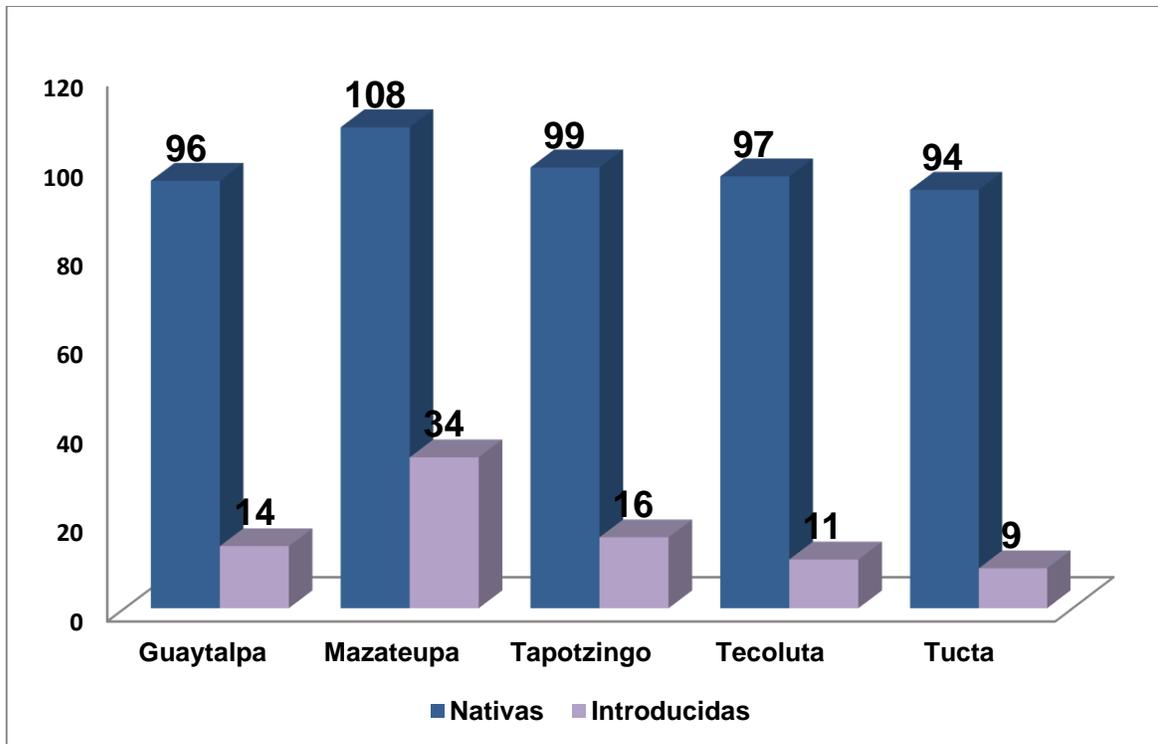
La primera fase del trabajo de campo consistió en recorrer las diferentes áreas de estudio para conocer las comunidades. Posteriormente se hizo la petición de permisos a las autoridades locales de las comunidades a estudiar para poder entrevistar a las personas, en la petición se explicó al representante de la autoridad local (delegado) la intención de la investigación, los objetivos y los detalles de las actividades que se realizarían.

Se realizaron salidas de campo a las diferentes localidades, en la que se realizaron entrevistas estructuradas a los informantes, seleccionando a 10 hombres y 10

mujeres de cada comunidad. Siguiendo en general temáticas relacionadas con el uso, conocimiento, manejo, de las plantas que utilizan, así como la forma en que se adquiere el conocimiento. Con base en los resultados de las entrevistas se procedió a la colecta de los ejemplares mencionados como útiles, para ello se utilizó la técnica de colecta propuesta por Lot y Chiang (1986), la cual consiste en coleccionar una muestra de la planta que sea representativa, de preferencia aquellas que se encuentren en etapa de floración y/o fructificación, para una mejor identificación. Se obtuvo además de cada muestra la información necesaria como: forma de vida y el origen del material de las diversas especies enlistadas. Todos los datos, tanto florísticos como etnobotánicos, se procesaron y se incorporaron en una base de Datos.

## Resultados y discusión

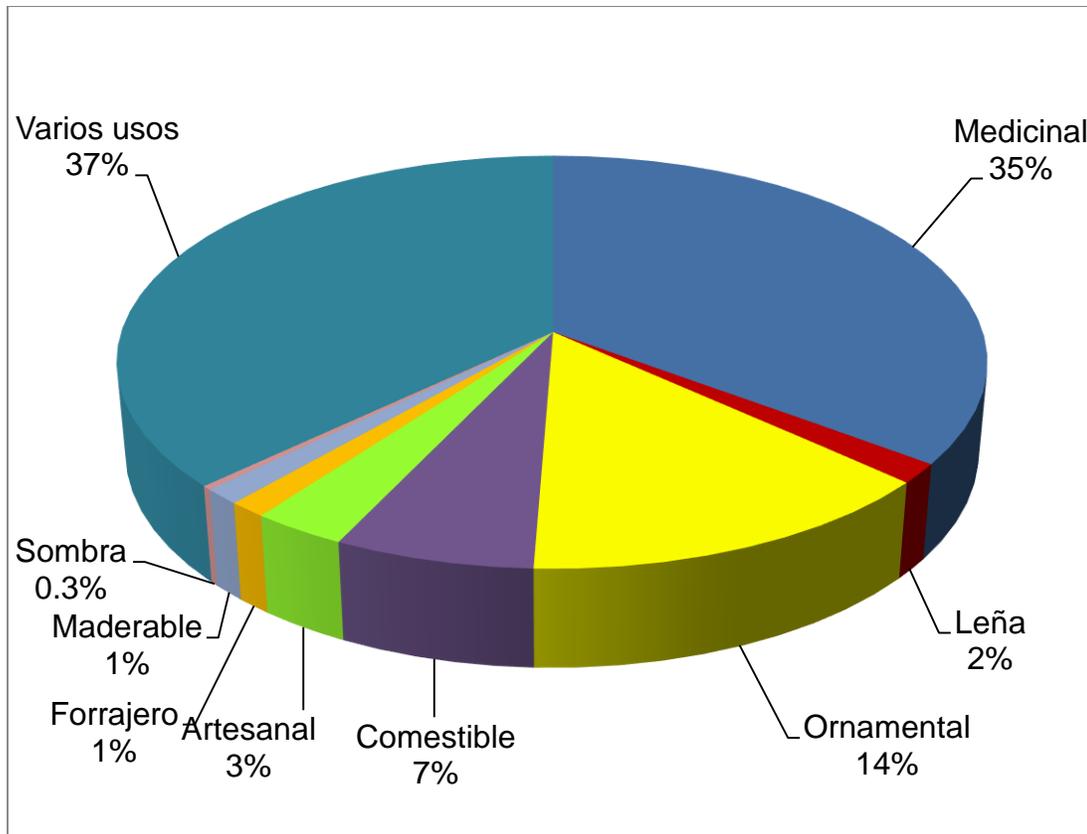
En la ruta Yocotán de Nacajuca, se hallaron 324 especies de plantas útiles, agrupadas en 98 familias, siendo las *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Solanaceae* y *Rutaceae*, las mejor representadas. El poblado donde se encontró mayor número de especies fue Mazateupa con el 24.6%, seguido del poblado Tapotzingo con 19.8%. Del total de especies encontradas, el 82% son especies nativas que se reproducen en las mismas comunidades, el resto son plantas introducidas que son traídas de otros estados. En la figura 1, se observan la distribución de las especies por comunidad siendo el poblado de Mazateupa el que presentó mayor cantidad de especies nativas e igualmente de introducidas.



**Figura 1.** Especies nativas e introducidas en las comunidades Yokot'an

En cuanto a la forma de vida se encontraron hierbas, árboles, arbustos, enredaderas y palmas, siendo en este caso más abundantes las hierbas con 53.4%, seguido de los árboles en un 19.4%, posteriormente están los arbustos y enredaderas con un 13.4 y 12.6%, finalmente en menor proporción solo con 4 especies están las palmas.

Por otro lado se reconocieron 13 usos diferentes (Figura 2) encontrándose en primer lugar las especies que tienen uso medicinal con un 35% así como también las plantas ornamentales en un 14%, el resto de las especies tienen usos artesanales, comestibles, maderables, etc. Sin embargo se encontraron especies que tienen varios usos como son el maguey morado (*Tradescantia spathacea*) que es ornamental, medicinal y en algunos casos hasta cercos vivos. Esto confirma lo mencionado por Magaña (2009), quien en su estudio sobre plantas medicinales encontró una alta diversidad de estas especies.



**Figura 2.** Usos de las plantas de la ruta Yokot'an en Nacajuca, Tabasco.

Finalmente se comprobó que tanto los hombres como las mujeres, difieren en el conocimiento que tienen sobre el uso de las plantas; de las personas que consumen y utilizan plantas en las comunidades de la ruta chontal, son las mujeres (70%) las que utilizan con más frecuencia el recurso vegetal y fueron ellas, las brindaron mayor información sobre todo en relación a las plantas medicinales, lo que sugiere un conocimiento ligado a sus actividades diarias, aspecto que concuerda con Arango-Caro (2004) y Cotton (1999).

## Conclusión

En todas las comunidades existen aún conocimientos y especies medicinales propias de la cultura maya chontal, tal es el caso del maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw.) que lo encontramos por todos lados para ser utilizado como

ornamental, medicinal y cerco vivo. Con los sistemas modernos de comunicación y transporte han logrado que en lugar de estar limitados a las especies de plantas que crecen en la región, puedan aprovechar del acceso de otras especies que son traídos de otros estados o de otros países con tradiciones lejanas. La mayor diversidad de especies y sobre todo de recursos medicinales, se registró en el poblado de Mazateupa, pero esto se debió a que fue el lugar que hace más uso también de especies no cultivadas en el lugar.

Finalmente el desarrollo productivo del solar ha especializado los huertos a especies comerciales de alto valor económico con especies locales e introducidas.

## **Bibliografía**

Arango Caro S. (2004). *Ethnobotanical Studies in the Central Andes (Colombia): Knowledge Distribution of Plant Use According to Informant's Characteristics*. Center of Conservation and Sustainable Development, Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri.

Cotton C. (1999). *Ethnobotany. Principles and Applications*, 2a de. Baffins Lane, Chichester, West Sussex; John Wiley & Sons.

Estrada, E., J.A. Villarreal, C. Cantú, I. Cabral, L. Scott and C. Yen. (2007).

Ethnobotany in the Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 3: 1-8.

Flores-Guido J.S. (2012). Diversidad florística, usos y origen de material genético de las especies de los huertos familiares de la Península de Yucatán. en *El huerto familiar del sureste de México*. pp 149 – 175.

- Isidro, V.M. (1997). Etnobotánica de los zoques de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Edit. Instituto de Historia Natural. México. 125 p.
- Lot, A. y F. Chiang, (1986). Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Edit. Consejo Nacional de la Flora de México, S. A. de C. V.
- Magaña A.M.A. (2009). Conocimiento tradicional de las plantas medicinales en cinco comunidades maya-chontales del municipio de Nacajuca, Tabasco. Tesis doctoral. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 394 p.
- Martín, G. J. (2001). Etnobotánica: Manual de Métodos. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 239 pp.
- Vázquez, M.A., Meléndez, M.E., Arreguín, M.L. (2005). Estudio etnobotánico de *Selaginella lepidophylla* (Hook. et grev.) Spring (Selaginellaceae-pteridophyta) en San José Xicohtécatl municipio de Huamantla, Tlaxcala, México. Polibotánica Núm. 19. Pág. 105-115.

## **Tema 4.8. Reproducción de *Pontoscolex corethrurus* (oligochaeta) mediante una dieta con *Arachis pintoï* (fabaceae) en mesocosmos. Sheila Uribe, Esperanza Huerta, Violette Geissen, Roberto Godoy. ehuerta@ecosur.mx**

### **Resumen**

En los acrisoles perturbados con las quemas de los sistemas forestales de *Eucalyptus grandis* en Huimanguillo, Tabasco, se encontró que la diversidad de lombrices de tierra es nula al encontrarse solamente la especie *Pontoscolex corethrurus* (Rhinodrilidae); sin embargo, la abundancia de las poblaciones de esta especie son reducidas. El propósito de nuestro estudio es estudiar el crecimiento y la reproducción de la especie endógena *Pontoscolex corethrurus* (lombriz dominante) con el uso de acolchado (hojarasca seca fragmentada) de *Arachis pintoï* (Fabaceae) en tres porcentajes (0%, 0.75% y 1.5%) en un experimento a nivel de mesocosmo (laboratorio), mediante condiciones de campo (27° C, 33% humedad) durante 72 días, con la finalidad de incrementar sus poblaciones. La tasa de crecimiento más alta se encontró en el tratamiento con 0.75% de *A. pintoï* (T1=2.1 mg.día<sup>-1</sup> a los 72 días) y de ingestión en el tratamiento testigo (T0=420.1 mg.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup> a los 72 días). El acolchado de *A. pintoï* estimuló el crecimiento y reproducción de las lombrices y algunos nutrientes en el suelo, sin embargo, se deben manejar concentraciones bajas del acolchado debido a que el tratamiento T2=1.5% pudo ser un factor que provocó la muerte de las lombrices después de los 36 días.

### **Introducción**

Las lombrices de tierra producen diversas funciones en el suelo de acuerdo a su tipo de clasificación ecológica: epígeas, endógeas y anecicas (Edwards y Bohlen, 1996; Fragoso y Lavelle, 1992). Las lombrices epigeas viven en la superficie del suelo y se alimentan de la hojarasca, las endógeas al igual que las anecicas promueven la aeración e infiltración del suelo con sus galerías e intervienen en su estructura al producir pequeños o grandes agregados dependiendo de la especie, dando lugar a que la materia orgánica se establezca en sus excretas (turrículos) y con ello promover la disponibilidad de materia orgánica y nutrientes a otros organismos del suelo (Lavelle y Spain, 2001). Se reconoce que existe una simbiosis entre microorganismos del tubo digestivo y algunas enzimas que poseen las lombrices

para digerir directamente la celulosa, la lignina, los taninos y los complejos húmicos o compuestos complejos orgánicos del suelo que les facilita asimilar la materia orgánica (Barois *et al.*, 1987; Lattaud *et al.*, 1997; Horn *et al.*, 2003).

*Pontoscolex corethrurus* Muller es una lombriz endógena (geófaga), invasiva y ampliamente distribuida en ecosistemas tropicales a nivel mundial (Lavelle *et al.*, 1987, Fragoso, 2001), suele adaptarse y tolerar condiciones ambientales extremas en sitios perturbados (Fragoso, 2001). Se reconoce que esta especie juega un papel importante en el proceso de asimilación del fósforo y el ciclo de otros nutrientes (Pashanashi *et al.*, 1994).

Es un hecho que diversos estudios han buscado la manera de impulsar el crecimiento e incrementar la biomasa de lombrices con alto potencial para estimular el crecimiento y desarrollo de plantas de importancia agrícola, donde en la mayoría de estos se ha encontrado presente *P. corethrurus* (Blakemore, 1995; Lavelle *et al.*, 1998; Brown *et al.*, 1999; Huerta *et al.*, 2008; Ortiz-Ceballos *et al.*, 2005; Tapia-Coral *et al.*, 2006). Huerta *et al.*, (2007) y Tapia-Coria *et al.*, (2006) consideran que la inoculación de lombrices combinado con especies de leguminosas (abonos verdes) en suelos degradados, pueden producir efectos positivos en las diversas prácticas de restauración de suelos, como es el caso del *Arachis pintoii* que tiene un alto potencial como productoras de abono orgánico, función nitrificante, su aptitud como forrajeras y la resistencia de muchas de sus especies a condiciones alta radiación solar, que hacen de estas familias una importante alternativa en el manejo de las áreas potrerizadas y la recuperación de suelos (Cárdenas y Ramírez, 2004).

Para la inoculación de lombrices se recomienda una biomasa mínima de 30 gm<sup>-2</sup>, para obtener efectos significativos en las plantas (Brown *et al.*, 1999). En estudios previos, se ha utilizado a alguna fabácea como estimuladora del crecimiento de las lombrices (Ortiz-Ceballos *et al.*, 2005; Huerta *et al.*, 2005), el objetivo de este trabajo es estudiar el crecimiento y la reproducción de la lombriz dominante de sitios de *E. grandis* mediante una dieta con acolchado de *Arachis pintoii* (Fabaceae) utilizando tres porcentajes (0%, 0.75% y 1.5%) en laboratorio (nivel mesocosmo).

## **Materiales y métodos**

### **Selección de la especie de lombriz**

Se utilizó la especie *Pontoscolex corethrurus* debido a que fue la única lombriz encontrada en las plantaciones de *Eucalyptus grandis* bajo manejo de tumba y quema entre los paralelos 17°83'04" N-93°64'88" W en Huimanguillo, Tabasco, México. Los individuos se extrajeron manualmente de un sitio de reciente quema con más de 15 años en producción, posteriormente se transportaron para reproducirlas en laboratorio a nivel de mesocosmos con suelo enriquecido con la leguminosa *Arachis pintoi* en dos porcentajes (0.75% y 1.5%) para incrementar la densidad y la biomasa (García y Fragoso 2003; Huerta *et al.*, 2005).

### **Preparación del sustrato**

Previo a montar el experimento se secó el *A. pintoi* a 60° C de temperatura durante 72 horas, posteriormente se fragmento en pedazos <1cm<sup>2</sup>. El suelo utilizado es Acrisol del área forestal de *E. grandis* donde se colectaron las lombrices, respetando en lo posible la estructura del suelo. Los tratamientos consistieron en sustratos con diferente porcentaje de *A. pintoi* molido: 1.5%, 0.75% y 0% (testigo), entonces para 300g de sustrato se utilizaron en el primer tratamiento 295.5 g de suelo y 4.5 g leguminosa, en el segundo 297.75g de suelo y 2.25 g de leguminosa; y en el tercero 300g de suelo, de acuerdo a Huerta *et al.*, (2005).

### **Inicio del experimento**

El experimento se montó en los primeros días de Julio de 2008, el mismo día que se colectaron las lombrices de campo. Se utilizaron tres recipientes de plástico por tratamiento, que median de 30 x 40 cm de lado x 20 cm de alto, en donde se colocó el sustrato respectivo con *A. pintoi* y suelo hasta alcanzar los 2 kg de sustrato por recipiente. El suelo quemado de las plantaciones de *E. grandis* dos semanas antes de ser colectado, los productores colocaron fertilizante NPK (17-17-17), lo cual afecto en algunas propiedades químicas originales del suelo.

Se utilizaron tres tratamientos: T1) 1985 g de suelo y 15 g de *A. pinto* (0.75%); T2) 1970 g y 30 g de *A. pinto* (1.5%), y T0) 2000 g de suelo (el testigo), con tres repeticiones cada uno. En cada recipiente se depositaron siete lombrices juveniles con un peso promedio entre 0.1-0.3 g por recipiente para mantener la proporción de biomasa mínima que produjera un efecto en el suelo de acuerdo a lo establecido por Brown *et al.*, (1999); se cuidó que los recipientes estuvieran tapados y se llevó la humedad a 33% de acuerdo a Huerta *et al.*, (2005) y Huerta *et al.*, (2008).

## **Durante el experimento**

Se registraron lecturas de temperatura y humedad de los recipientes cada tercer día temperatura de 27° C y humedad de 33% (Huerta, 2008).

Se cambió el sustrato (*Arachis pinto* + suelo) cada 18 días debido a que las lombrices requieren suelo nuevo, que no haya sido ingerido por ellas mismas, se extrajeron los turrículos (excretas de las lombrices) superficiales e internos de cada uno de los recipientes mediante el método de Feller (1979). Tanto al suelo ingerido como no ingerido se les determinó los siguientes parámetros de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000: pH en H<sub>2</sub>O (relación 1:2), MO (Walkley and Black), K (Bigham & Bartels 1996), Ca (absorción atómica), N<sub>total</sub> (Kjeldahl), P disponible (Olsen), CIC y relación C:N (SEMARNAT, 2000). Cada 18 días se contaron y pesaron las lombrices y los capullos producidos, hasta completar 72 días que duro el experimento.

La tasa de ingestión (consumo (C)/ peso (P)) se obtuvo al dividir el consumo del suelo de la lombriz cada 18 días (peso seco en mg) por el peso promedio de la lombriz durante los 18 días (peso fresco en g) dividido por el número de días. La tasa de incremento diario (Peso final – peso inicial / peso inicial/ No. días) se obtuvo mediante la resta del peso final y peso inicial entre el peso inicial de las lombrices entre los 18 días de cada cambio. La tasa de mortalidad se obtuvo con el número total de lombrices de cada tratamiento durante los 72 días menos las lombrices muertas y multiplicado por 100 (No. total de lombrices– lombrices muertas)/\*100. La eficiencia de crecimiento se calculó al dividir el promedio del crecimiento de la lombriz en los 18 días y por la tasa de ingestión en el mismo tiempo y finalmente, la

producción de capullos se determinó al contar el número de capullos producidos por adulto durante el experimento, colectándolos a través del método wet sieving, (tamizado húmedo; García y Fragoso, 2003).

## Análisis estadístico

Se realizaron regresiones lineales y análisis de varianza (ANOVA de una vía) de los parámetros de desarrollo y crecimiento de las lombrices con el número de veces que se realizaron los cambios de sustrato, y las diferencias mediante pruebas post-hoc de Tukey ( $p < 0.05$ ), con el software Statistica (Statsoft, 1998).

## Resultados

### Propiedades físico-químicas del suelo del experimento

Las propiedades físico-químicas del Acrisol, en los tratamientos no incrementaron significativamente sus contenidos de materia orgánica, Ntotal, o P disponible al finalizar el experimento (Cuadro 1), a pesar de que el pH aumenta se mantuvo en moderadamente ácido, la materia orgánica incremento 1%, el CIC 0.6%.

**Cuadro 1.** Propiedades físico-químicas del suelo antes y después del experimento a nivel de mesocosmos.

Etapa	pH (H <sub>2</sub> O)	MO (%)	N (%)	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (cmol.kg <sup>1</sup> )	CIC (cmol.kg <sup>1</sup> )	Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	Clase textural
Inicio	5.4	6.4	0.17	1.8	0.12	8.4	1.3	franco-arenosa
Final	6.2	7.5	0.19	2.0	0.42	7.8	1.7	franco-arenosa

## Crecimiento de las lombrices

El tratamiento con 0.75% de *A. pinto* (T1) presentó relativamente una mayor tasa de crecimiento (2.1 mg. día<sup>-1</sup>) con respecto a los tratamientos testigo (T0, 0.24 mg.día<sup>-1</sup>) y el tratamiento con 1.5 % de *A. pinto* (T2, 1.23 mg. día<sup>-1</sup>; Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento y tasa de ingestión de *P. corethrurus* al final del experimento. Promedio  $\pm$  desviación estándar. Pruebas de Tukey entre tratamientos, nivel de significancia  $p < 0.05$ . Tratamientos= T0: control. T1: Hojarasca de *A. pinto* fragmentada (< 1cm<sup>2</sup>) con 0.75 %, T2: *A. pinto* fragmentada (< 1cm<sup>2</sup>) al 1.5 %.

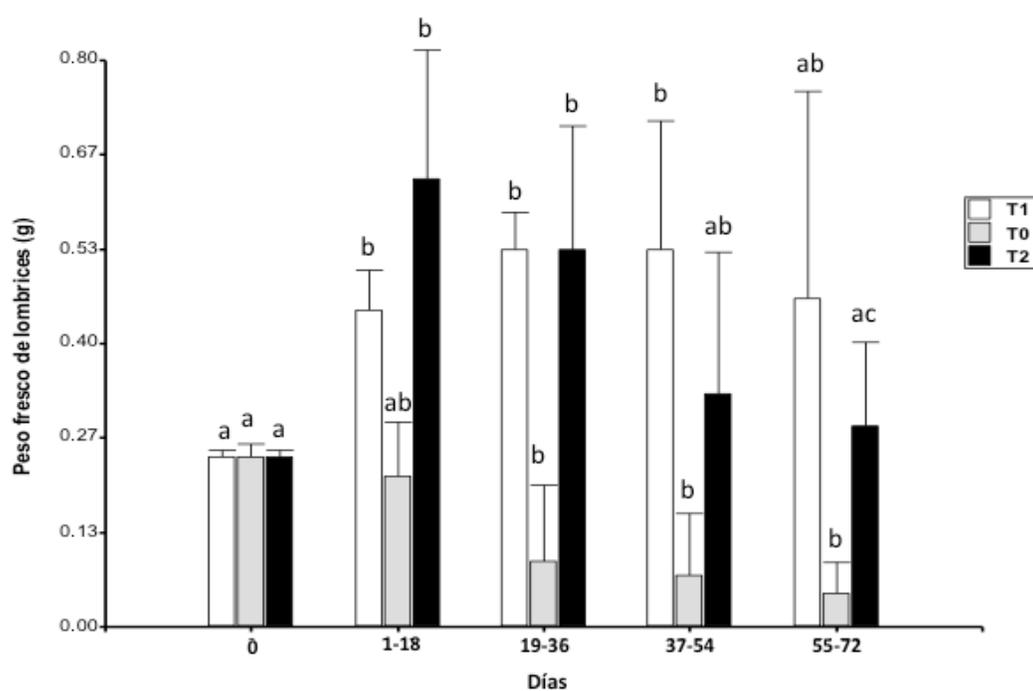
Tratamiento	Tasa de crecimiento ( $\Delta p/p$ mg. día <sup>-1</sup> )	Tasa de ingestión (mg.g <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )
T0	0.24 $\pm$ 0.60	420.09 <sup>b</sup> $\pm$ 480.28
T1	2.1 $\pm$ 0.71	100.46 <sup>a</sup> $\pm$ 100.22
T2	1.23 $\pm$ 1.42	100.77 <sup>a</sup> $\pm$ 90.34

## Ingestión

La mayor ingestión observada de los individuos de *P. corethrurus* fue en el tratamiento T0 a los 36 días (89.19  $\pm$  57.2 g.g<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) y a los 72 días disminuyó drásticamente (10.13  $\pm$  17.5 g.g<sup>-1</sup>) a diferencia de los tratamientos con *A. pinto*, donde T1 no presentó una tendencia clara debido a que aumenta a los 36 días, y disminuye a los 54 días e incrementa nuevamente a los 72 días (17.7  $\pm$  20.5 g.g<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>); mientras que en T2 la mayor ingestión la presentaron a los 54 días (20.3  $\pm$  14.7 g.g<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) y drásticamente disminuye a los 72 días. Se encontraron diferencias significativas en la tasa de ingestión total de las lombrices por recipiente al final del experimento, T0 fue de 420.09 mg.g<sup>-1</sup> .día<sup>-1</sup>) en T1 100.46 mg.g<sup>-1</sup> .día<sup>-1</sup> y en T2 100.77 mg.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>, estos dos últimos eran los tratamientos donde se aplicó *A. pinto* (Cuadro 2).

## Biomasa de *P. corethrurus*

En los tratamientos con *A. pintoi* las lombrices incrementaron su biomasa, mientras que el tratamiento testigo decreció su biomasa inicial (0.25 g) gradualmente durante todo el experimento. El peso inicial de las lombrices en el tratamiento T2 se observó a los 18 días al triplicarse a 0.63 g, sin embargo, después del primer cambio de suelo está disminuyendo gradualmente hasta que terminó el experimento; en T1 las lombrices no tuvieron variaciones en su peso de los 18-72 días. En T0 se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el peso de las lombrices entre los días 19 y 72 días; Figura 3).

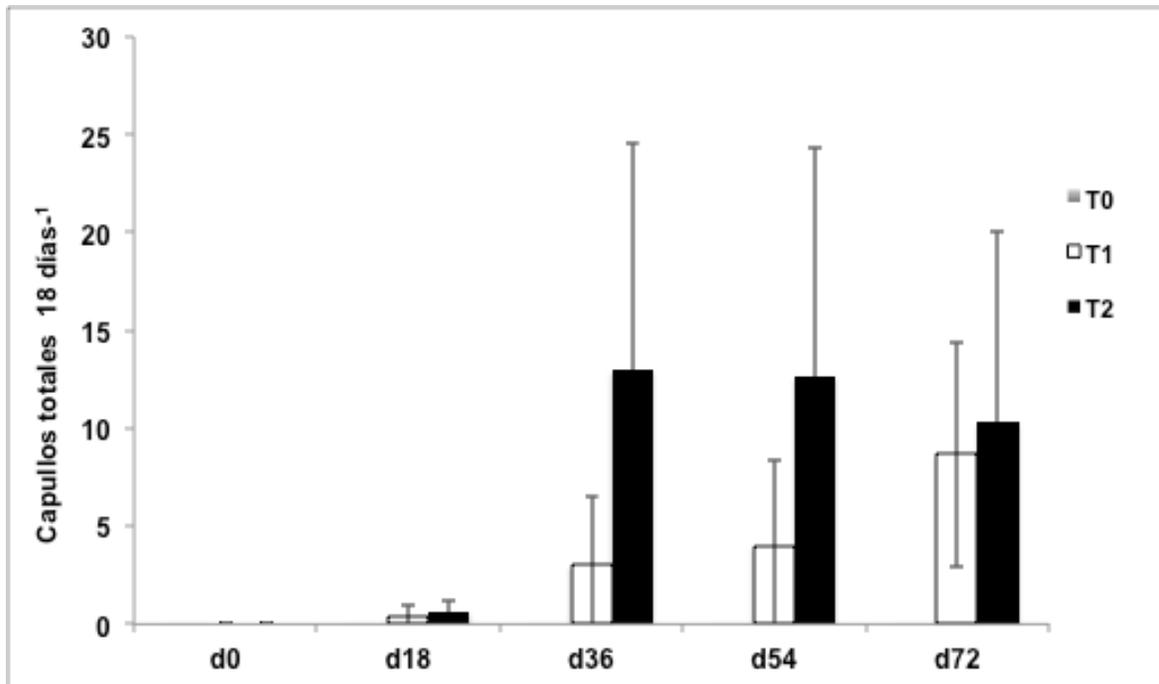


**Figura 3.** Biomasa de *P. corethrus* durante los 72 días del experimento. Promedio  $\pm$  desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), prueba de Tukey. Tratamientos= T0: Testigo, T1: suelo con 0.75% de hojarasca de *A. pintoi* 0.75 %, y T2: tratamiento de suelo con 1.5% de *A. pintoi*.

### Producción de capullos y densidad de lombrices

La producción de capullos se dio a los 18 días de haber iniciado el experimento, debido a que los tratamientos con *A. pintoi* reportaron un capullo cada uno, pero la mayor producción de capullos la alcanzó el T2 con 13 capullos a los 36 días manteniéndose hasta los 54 días, sin embargo a los 72 días este presentó un

decremento en su producción (10 capullos) , a diferencia de T1 que presento su mayor producción (8 capullos, Figura 4).



**Figura 4.** Producción de capullos totales por tratamiento. Promedio  $\pm$  desviación estándar. Prueba de Tukey, con nivel de significancia de  $p < 0.05$ ). Tratamientos= T0: Testigo, T1: suelo con 0.75% de hojarasca de *A. pinto* 0.75 %, y T2: tratamiento de suelo con 1.5% de *A. pinto*.

## Discusión

*Lavelle et al.*, (1987) menciona que las condiciones de temperatura favorable para que las lombrices se desarrollen, crezcan y reproduzcan debe de estar entre los 23-27°C. Se observó que las lombrices crecieron de manera favorable y se mantuvo su crecimiento durante los 72 días en los sustratos con aporte orgánico, su reproducción se dio a partir de los 36 días de haber iniciado el experimento, los individuos al inicio ya se encontraban en etapa juvenil-semi adulto y posiblemente el alimento suministrado en los tratamientos con *A. pinto* pudo acelerar su reproducción (20 capullos ind.-1 año-1) similar a lo encontrado por Bhattacharjee y Chaudhuri (2002)

en la India (23 capullos ind.<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) pero muy por debajo de Huerta *et al.*, (2005) con 121 capullos ind.<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con *Polypheretima elongata*.

Se pudo observar que los dos porcentajes de *A. pintoi* (0.75 y 1.5%) utilizados como complemento de alimento para las lombrices fueron eficientes, las lombrices en los tratamientos con *A. pintoi* consumieron menos suelo (T1: 100.46 ± 100.22 mg.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>, T2: 100.77 ± 90.34 mg.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>), que el tratamiento testigo (T0: 420.09 ± 480.28 mg.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>) donde estos vermes tuvieron que consumir significativamente ( $p < 0.05$ ) mayores cantidades de suelo para satisfacer sus necesidades de alimento a los 36 y 54 días, disminuyendo drásticamente a los 72 días. Huerta y De la Cruz (2006) encontró patrones similares en la tasa de ingestión de los tratamientos control (C) y con estiércol de vaca (SC) con otras especies de lombrices; en otro estudio, las tasas de ingestión indican que *P. elongata* con *M. pruriens* a 1.5% (300-750 mg-1.día-1) fueron más altas que las de 4.5% (300-450 mg-1.día-1; Huerta *et al.*, 2005).

*P. corethrurus* alimentada con una mezcla de aserrín y *M. pruriens* tuvo un crecimiento de 17.6 mg-1.día-1 (García y Frago, 2003), *B. persei* alimentada con *M. pruriens* tuvo una tasa de crecimiento de 10.8 mg<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>; (Ortiz-Ceballos *et al.*, 2005), *Polypheretima elongata*, con diferentes porcentajes de *Mucuna pruriens* tuvo crecimientos mayores (1.5%=5-8 mg<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>, 4.5%= 3-5 mg<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>; Huerta *et al.*, 2005), mientras que *L. bonampakensis*, *P. corethrurus* y *B. persei* presentaron tasas de crecimiento inferiores de 4-5 mg<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup> en experimentos de mesocosmos alimentadas con *Mucuna pruriens* (Huerta *et al.*, 2008).

En el tratamiento testigo (T0) las lombrices empezaron a morir a los 36 días (2 ind) a diferencia de los tratamientos donde se aplicaba *A. pintoi* (T1=3 y T2=2), patrón similar reportado por García y Frago (2003) al comparar sustratos con leguminosas de *A. pintoi* y *Mucuna pruriens* (3.4%) como parte de la dieta para reproducir individuos de *Pontoscolex corethrurus* y *Amyntas corticis*, donde se reportó que empezaron a morir a los 40 días en los tratamientos con *A. pintoi*; Huerta *et al.*, (2005) menciona que al utilizar 4.5% de materia fresca (*Mucuna pruriens*) resulta muy agresivo para las lombrices (*Polypheretima elongata*). Aunque la hojarasca seca de *A. pintoi* contiene menos alcaloides y polifenoles que afectan directamente a la materia

orgánica e incrementa los contenidos de nitrógeno en el suelo (relación C/N=10:1) al degradarse y mineralizarse rápidamente (García y Fragoso, 2003), puede ser muy agresivo para las lombrices en concentraciones altas. De los dos porcentajes utilizados de *A. pintoi* en el experimento el tratamiento T1 con el 0.75%, mantuvo un número de individuos vivos durante todo el experimento, incrementando en biomasa, producción de capullos, tasa de ingestión, y tasa de crecimiento.

## Conclusión

Con este experimento se pudo comprobar que las lombrices de la especie *P. corethrurus* se logran reproducir e incrementar su biomasa con el acolchado de *A. pintoi*. El acolchado de *A. pintoi* puede recomendarse como un sustrato que sirva como alimento para incrementar las poblaciones de lombrices.

Es importante hacer más estudios sobre la capacidad de carga por recipiente para *P. corethrurus*.

## Bibliografía

Barois, I., B. Verdier, P. Kaiser, P. Lavelle, and A. Mariotti. 1987. Influence of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) on the fixation and mineralization of nitrogen. In *On Earthworm*, eds. A. M. Bonvicini and P. Omodeo, 151-159. Mucchi, Bologna.

Bhattacharjee, G., Chaudhuri, P.S. 2002. Cocoon production, morphology, hatching pattern and fecundity in seven tropical earthworm species - a laboratory-based investigation. *J. Biosci.*, 27(3): 283-294.

Blakemore, R.J. 1995. Improving productivity of Brigalow soils through the introduction of earthworms, Ph. D. thesis, University of Brisbane, Queensland.

- Bohlen, P.J., Parmelee, R.W., Allen, M.F. Ketterings, Q.M. 1999. Differential Effects of Earthworms on Nitrogen Cycling from Various Nitrogen-15-Labeled Substrates. *Soil Science Society of America Journal*. 63(4):882-890.
- Brown, G.G., B. Pashanasi, C. Villenave, J. C. Patrón, B. K. Senapati, S. Giri, I. Barois, P. Lavelle, E. Blanchart, R.J. Blakemore, A.V. Spain y J. Boyer. 1999. Effects of earthworms on plant production in the tropics. p. 87-147. In: P. Lavelle, L. Brussaard y P.F. Hendrix (eds.). *Earthworm management in tropical agroecosystems*. CAB International, Wallingford.
- Butt, K.R. 1999. Inoculation of earthworms into reclaimed soils: the UK experience. *Land Degraded Development* 10: 565-575.
- Butt, K.R., Frederickson, J., Morris, R.M. 1995. An earthworm cultivation and soil-inoculation technique for land restoration. *Ecol. Engineering*, 4: 1-9.
- Butt, K.R., Frederickson, J., Morris. R.M. 1997. The Earthworm Inoculation Unit (EIU) technique, an integrated system for cultivation and soil-inoculation of earthworms. *Soil Biology & Biochemistry* 29 (3/4): 251-257.
- Cárdenas-L, D., Ramírez-A. J. 2004. Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del departamento del Guaviare (Amazonia Colombiana). *Caldasia* 26(1):95-110.
- Edwards, C. A. Bohlen, P.J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworm*, 3rd Edition. Chapman & Hall, Great Britain.
- Effect of *Pontoscolex corethrurus* Muller, 1857 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Inoculation on Litter Weight Loss and Soil Nitrogen in Mesocosms in the Peruvian Amazon. *Caribbean Journal of Science* 42(3):410-418.

- Feller C.1979.Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols: application aux sols tropicaux *B* texture grossière, très pauvres en humus. *Cahiers O.R.S.T.O.M., série Pédologie XVII*: 339-346.
- Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, Ecología y Manejo. *Acta zoológica Mexicana*. Instituto de Ecología A.C. México. Número especial 1: 131-171.
- Fragoso, C., Lavelle, P. 1992. Earthworm communities of tropical rain forests. *Soil Biology and Biochemistry*. 24(12):1397-1408.
- García, J.A. y Fragoso, C. 2003. Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*Pontoscolex corethrurus* and *Amyntas corticis*). *Pedobiología* 47 (5-6): 754-763.
- Horn, M.A., Schramm, A., and Drake, H.L. (2003). The earth- worm gut: an ideal habitat for ingested N<sub>2</sub>O-producing microorganisms. *Appl Environ Microbiol* **69**: 1662–1669.
- Huerta, E. 2008. Manual de Reproducción de lombrices nativas. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, México. 35 p.
- Huerta, E. Valier, O., Mendoza, B. 2008. Tropical Earthworm Biomass and Density Production. *Compost Science & Utilization*. 16(2):74-78.
- Huerta, E., C. Fragoso, P. Lavelle. 2005. Efecto de la aplicación de hojarasca de *Mucuna* sobre la densidad y biomasa de lombrices de tierra. *Terra Latinoamericana* 23(4): 533-544.
- Huerta, E., De la Cruz-Mondragón, M. 2006. Response of earthworm (*Dichogaster saliens*) to different feeding sub- strates. *Compost Science Util.*, 14(3):211-214.

Huerta, E., De la O, D.D., Nuncio, G. 2007. Incremento de la fertilidad del suelo mediante el uso de lombrices de tierra (*Glossoscolecidae* y *Acanthodrilidae*) y leguminosas (*Arachys pintoii*) en un suelo de traspatio. *Ciencia Ergosum* 14(2):172-176.

Huerta, E., Fragoso, C., Barois, I., Lavelle, P. 2005a. Enhancement of growth and reproduction of the tropical earthworm *Polypheretima elongata* (Megascolecidae) by addition of *Zea mays* and *Mucuna pruriens* var. *utilis* litter to the soil. *Eur. J. Soil Biol.*, 41: 45-53.

Jiménez, J.J, A. Moreno, T. Decaëns, P. Lavelle, M. Fisher & R. Thomas.1998.Earthworm communities in nature savannas and man-made pastures of the Eastern plains of Colombia. *Biol. Fertil. Soils.* 28: 101-110.

Lattaud, C., Zhang, B.G.,Locati, S., Rouland, C., Lavelle, P.1997. Activities of the digestive enzymes in the gut and in tissue culture of a tropical geophagous earthworm, *Polypheretima elongata* (Megascolecidae). *Soil Biology and Biochemistry* 29(3-4):335-339.

Lavelle, P. 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soil* 6:237-251.

Lavelle, P. y Spain, V. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Lavelle, P., Barois, I., Cruz, I., Fragoso, C., Hernández, A., Pineda, A., Rangel, P. 1987. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. *Biology and Fertility of Soils* 5:188-194.

Lavelle, P., I. Barois, E. Blanchart, G. Brown, L. Braussaard, T. Decaens, C Fragoso, J. Jiménez, K. Kajondo, M. Martínez, A. Moreno, B. Pashanasi, B. Senapati, C.

- Villanave. 1998. Las lombrices como recurso en los agroecosistemas tropicales. *Revista Naturaleza y Recursos*. 1(34): 28-44.
- Lee, K.E. 1985. *Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press, London.
- Lowe, C. N. y Butt, K. 2005. Culture techniques for soil dwelling earthworms: A review. *Pedobiologia* 49:401-413.
- Ortiz Ceballos, A. y Fragoso, C. 2004. Earthworm populations under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean. *Biology and Fertility Soils* 39:438-445.
- Ortiz Ceballos, A., C. Fragoso, M. Equihua, G. Brown. 2005. Influence of food quality, soil moisture and the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on growth and reproduction of the tropical earthworm *Balanteoadrilus pearsei*. *Pedobiologia* 49: 89-98.
- Pashanashi B., Lavelle, P., Alegre, J. 1994. Efecto de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) sobre el crecimiento de cultivos anuales y características físicas y químicas en suelos de Yurimaguas. *Folia Amazonica* 6(1-2):5-45.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. SEMARNAT, México.
- StatSoft, 1998. *Statistica Edition*. StatSoft Inc. 1-3765.
- Tapia-Coral, S., Luizao, F. J., Barros, E., Pashanasi, B., Del Castillo, D. 2006.

## **Tema 4.9. Estrategias comunitarias de las mujeres rurales para adaptarse a efectos del cambio climático. María de los Angeles Pérez Villar. anpv73@yahoo.com**

### **Resumen**

El presente trabajo aborda la visión de las mujeres de una comunidad rural del municipio de Comalcalco, Tabasco, el trabajo aborda las estrategias que ellas están realizando para la adaptación a los efectos provocados por el Cambio Climático (CC) por medio de diversas actividades productivas y de cuidado tanto del entorno comunitario como al interior de sus familias, así mismo como a través de algunas de las estrategias utilizan y conservan diferentes tipos de plantas de uso medicinal y comestible.

### **Introducción**

Con la problemática que se ha ocasionado con el CC y sobre todo en el estado de Tabasco con los efectos que causan las inundaciones sobre todo en la zona costera, la población se ha visto en la necesidad de implementar acciones desde el resguardo hasta la formulación de estrategias comunitarias para solventar las problemáticas ocasionadas y adaptar la situación de las comunidades a una nueva forma de vida y en ello participan tanto hombres como mujeres que son afectados de diversas formas.

La percepción que tienen los habitantes de las comunidades rurales sobre el CC ha sido de gran apoyo para las propuestas y diseños de estrategias así como la puesta en marcha de acciones de acuerdo a sus propias necesidades y con los recursos que cuentan así como utilizar en su propio beneficio los saberes locales.

### **Estrategias comunitarias**

Desde una mirada práctica, la estrategia es un pilar que se nutre de múltiples factores internos y externos a cada organización; cuestiones como objetivos, cultura, organización, valores y la forma en que ese trabaja contribuyen a la formación de

una estrategia la cual la podemos definir como una especie de guía a partir de la cual el grupo de trabajo (en este caso las mujeres de la localidad) toman decisiones claves para conseguir lo que se proponen.

Definimos entonces a la estrategia para este trabajo como las acciones que realice el grupo de mujeres que serán el punto central que ayudará a sostener el proceso y cumplimiento del objetivo propuesto y que deberán colaborar, contribuir e incorporarse a las diferentes actividades que implica el desarrollo del trabajo propuesto por ellas mismas, tomando en cuenta la problemática a la que se enfrentan en la comunidad por los efectos del cambio climático.

### **Cambio climático**

Hay muchas pruebas científicas que demuestran cambios en el clima global desde principios de 1900 y que estos cambios y el cambio climático para el próximo siglo, se deben principalmente a las actividades humanas y las emisiones excesivas de Gases de Efecto de Invernadero (GEI). Este es el cambio climático, a menudo conocido como “calentamiento global”. El calentamiento se debe sobre todo, a la utilización de combustibles fósiles, que ha aumentado de forma dramática el porcentaje de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera (Oxfam, 2011).

Esto lo podemos responder haciendo un poco de historia y recordando que en los últimos 20 años en particular ha habido un aumento en algunos tipos de fenómenos meteorológicos extremos, especialmente precipitaciones irregulares, lo que contribuye a inundaciones (como las ocurridas en el estado de Tabasco en 1999 y 2007 principalmente). El resultado de estos cambios en el clima son pérdida de cosechas, la desaparición de islas, viviendas destruidas, escasez de agua y el aumento de crisis sanitarias. El “cambio climático” no distingue las causas del cambio, sean estas naturales o antropogénicas. Por otro lado, la definición de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, describe el cambio climático como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada” (Cifuentes, 2009).

La percepción de la población sobre el cambio climático contribuye al diseño de estrategias y acciones más enfocadas y eficientes en la medida en que las personas conocen las causas y la magnitud del fenómeno (de manera global y para sus localidades), se sensibilizan para actuar y ajustan las acciones públicas a sus necesidades y posibilidades (Instrumentación de la Agenda de Género, Tabasco, 2012).

### **Zona de estudio [Zapotal segunda sección]**

Zapotal Segunda Sección se localiza en el municipio de Comalcalco, Tabasco en ella viven 1952 habitantes de los cuales 49% (961) son hombres y 51% (991) mujeres. Según datos del Censo del INEGI (2010) existen 408 viviendas habitadas con un promedio de 4.7 de personas en cada vivienda. Entre un 80 y 90% de la viviendas cuentan con servicio de agua entubada, con excusado o sanitario, servicio de drenaje y energía eléctrica (INEGI, 2010). Los habitantes de Zapotal segunda han tenido que modificar el tipo de cultivo que realizaban maíz, cacao así como pastizal por la entrada de salinidad, lo que ocasiono que estos cultivos se perdieran en su totalidad durante las inundaciones que afectaron al estado en el año 2007.

### **Material y métodos**

Para el presente trabajo la investigación ha tenido tres fases: 1) identificación de las mujeres que cultivan plantas de tipo medicinal y comestibles, 2) grupos focales con las mujeres de la comunidad y 3) análisis del trabajo en grupos ya que por medio de los grupos focales se identifica la preocupación que tienen las mujeres por la situación del CC que afecta a su comunidad, lo que las llevo a plantear propuestas para conservar plantas nativas que en momentos de riesgo y/o desastre de inundación sirvan de alimento o para curar algún tipo de enfermedad ocasionado por los mismos estragos de las lluvias.

## Resultados y discusión

La construcción de la estrategia que realizaron las mujeres de la comunidad conllevó una serie de pasos y la realización de algunas actividades que se señalan a continuación: Primero se realizaron talleres para identificar las necesidades y las condiciones de la población en general mujeres, hombres y niños y niñas, donde lo principal fue realizar una lluvia de ideas para generar la propuesta de las estrategias comunitarias relacionadas con la nueva condición de cambio climático que viven en la localidad.

En estos talleres participaron 15 mujeres de diversas edades. El taller nos permitió definir las bases para el proceso de elaboración de las estrategias.

La primera etapa del trabajo fue identificar los impactos que sufren las mujeres a causa del CC, cabe aclarar que el conocimiento sobre los efectos del CC al medio ambiente fue muy asimilado ya que en la localidad se trabajó un proyecto comunitario denominado “Culturamex” Entre muchas preocupaciones de mujeres, sobre sale el relacionado con la salud. Entre los padecimientos más recurrentes podemos mencionar la gripe, infecciones gastrointestinales, hongos y enfermedades de la piel a causa del contacto con el agua contaminada y el lodo, altas temperaturas entre otras.

Los efectos del cambio climático ocasionan entre otras cosas hambre, enfermedades, disminución en la producción, incremento en la temperatura y lluvias siendo estos cada vez más frecuentes y agresivos hacia las poblaciones, es por eso que viendo la necesidad de tener una población en mejores condiciones para poder enfrentar los efectos del CC, las mujeres de Zapotal segunda sección se proponen rescatar los saberes tradicionales relacionados con el uso y manejo de plantas de la localidad, las cuales eran utilizadas por sus antepasados como medicamentos para sanar algunos males.

El término saberes tradicionales, se emplea en el sentido de conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen

estilos tradicionales de vida que interesan para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica.

Las comunidades y los pueblos indígenas son los que preservan los saberes tradicionales relacionados con las prácticas de cuidado de la salud. Estos saberes ayudan en sus actividades cotidianas y en el trabajo de sus proyectos como son la elaboración de artesanía y el cuidado de animales, los cuales van aprendiendo en su entorno a través de la convivencia familiar porque son transmitidos de generación en generación a través de pláticas de padres a hijo y nietos (Pérez, 2008).

Continuando con la formulación de la estrategia, viendo cómo impacta en la salud de la comunidad, lo que conocen y que les puede ayudar a contrarrestar algunos de los padecimientos más comunes, las mujeres decidieron empezar la iniciativa de un “jardín botánico” recuperando los recursos naturales con los que se cuenta en la comunidad, identificando y conociendo su uso en cuestión de prevención y tratamiento de enfermedades durante contingencias.

Las mujeres entrevistadas mencionaron que los conocimientos en cuanto al uso de plantas para remediar malestares es un conocimiento que adquirieron de manera empírica, ya que viendo a sus familiares más grandes como padres y abuelos fueron aprendiendo para que utilizaban cada una de las plantas y qué tipo de padecimientos de salud más frecuentes en comunidad podrían contrarrestarse como son; respiratorios, infecciones gastrointestinales, de la piel, calentura, muchas ocasionadas por las causas extremas de la variabilidad climática), agua contaminada, contaminación de basura. Entre las plantas que las mujeres identificaron que tienen en sus traspatios y que alguna vez han utilizado para curar algún malestar y que pueden empezar a reproducir en el jardín están la yerbabuena, el oreganon, la albahaca, maguey morado, belladona, por lo que la primer tarea consistió en realizar un inventario de las plantas conocidas en la comunidad así como determinar para que las usan unas y otras y si son comestibles o solo medicinales.

Para después buscar el espacio donde empezarían a reproducir las plantas y darles el cuidado que requieran ya que siempre las han tenido de manera “silvestre” como mencionan ellas muchas veces dicen “ni la sembramos se da como mal monte” pero en realidad no llevan un cuidado ni están en un espacio donde solo haya plantas de este tipo, por lo que el trabajo se encuentra en una etapa de reproducción y de investigación de cómo procesarlas fuera de las formas que ya conocer como en forma de tés, cataplasmas, ya que su objetivo es hacer medicina naturista en forma de jarabes, capsulas, pomadas, ungüentos, etc.

## **Conclusiones**

Las mujeres conviven con las plantas, saben su uso y el manejo de las mismas y muchas de ellas las han ayudado a satisfacer necesidades de salud. El uso de plantas medicinales es una alternativa frecuente y de importancias para los habitantes de Zapotal segunda sección, ya que en épocas de contingencia La mayoría de la población no puede acudir a los doctores y/o servicios médicos locales para la atención de los problemas de salud.

Las partes de las plantas que más son utilizadas por las mujeres para remediar algunos malestares son: las hojas, semillas, frutos y flores en fresco secas.

Por medio del jardín botánico se fomenta la producción, la preservación, multiplicación y conservación de las especies de la localidad que son utilizadas en la comunidad para el bienestar de las familias en cuestión de salud.

## **Bibliografía**

Cifuentes Jara, Miguel (2009). ABC del Cambio Climático en Mesoamérica. Coordinado y revisado por: Pablo Imbach. CATIE, Grupo Cambio Climático. Mayo.

INEGI. (2010). Censo de población y vivienda.

<http://www.inegi.org.mx/sistemas/ResultadosR/CPV/Default.aspx?texto=comalcalco> [Consultado 15/09/2012].

Oxfam (2011). <http://oxfammexico.org/crece/cambio-climatico/> (consultado agosto de 2012).

Pérez Villar, María de los Ángeles. (2008). Género, empoderamiento y proyectos productivos. Mujeres indígenas chontales de Nacajuca, Tabasco. Tesis que para obtener el grado de doctora en Ciencias en estudios del Desarrollo Rural. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo.

Programa Estatal de Cambio Climático. (2011). Gobierno del estado de Tabasco.

## **Tema 4.10. El desarrollo rural en Tabasco y su opción a lo territorial.** Julio Cesar Álvarez Rivero, Álvaro Tetumo García, Jorge Hernández Sosa, Rosa M. Salinas Hernández, Armando Gómez Vázquez, José A. León Nájera y Antonio Fernández. [pejelagarto0927@hotmail.com](mailto:pejelagarto0927@hotmail.com)

### **Resumen**

Ante la problemática de pobreza y escasez de alimentos que presenta el sector rural en los últimos años, y sobre todo que se mantiene a una población rural en constante zozobra y en grados de marginación cada vez lamentables, sin opciones inmediatas para mejorar su calidad de vida, se han planteado algunas opciones desde los gobiernos federales y estatales, la nueva concepción y adopción del modelo de desarrollo territorial, donde las universidades públicas juegan un papel fundamental por contar con los recursos humanos capacitados (y desde hace tres años con un Centro Estatal de Capacitación y Seguimiento de la Calidad de los Servicios Profesionales: CECS) y con las posibilidades de generar investigación que se dirija a resolver la problemática planteada.

### **Introducción**

Sabemos de los graves problemas que enfrenta al campo mexicano tanto en materia de producción, como en transformación, y comercialización, entre otras necesidades, una de las opciones más importantes para sacarlo adelante es el desarrollo de capacidades de los productores principalmente y de los técnicos que les dan asesoría, como una respuesta a esta problemática la alternativa que ofrece el gobierno federal a través de sus tres niveles de gobierno, resulta interesante y pertinente; sin embargo existen una serie de inercias, vicios y problemáticas que pueden obstaculizar esta nueva política. Son ahora las Universidades las que juegan un papel fundamental en la implementación de estas estrategias para el desarrollo del sector agropecuario. (Bernal, 2012).

El enfoque territorial establece una redefinición de lo rural a favor de una concepción de continuo espacial, de integración de mercados, de redes sociales, de instituciones y de cultura que integran lo que tradicionalmente se llama urbano, con lo rural. El desarrollo rural, transita hacia el desarrollo territorial, no es más una estrategia para

la agricultura o para grupos sociales vulnerables residentes en el campo, sino una estrategia para territorios. Esto cambia el objeto de la política para focalizarla en territorios. No es una política sectorial productiva, ni una política sectorial social, es una política transversal que engloba e incluye las sectoriales. Si bien el concepto de desarrollo rural implica la integralidad, la realidad es que la práctica política y social, condujo a un imaginario dominante que no puede desprenderse del estigma que lo hace sinónimo de agrario, pobreza y política social. Llegó el momento de licenciar el término de desarrollo rural y sustituirlo por el más preciso de Desarrollo Territorial.(Echeverri,2009).

La expresión desarrollo rural hace referencia a acciones e iniciativas llevadas a cabo para mejorar la calidad de vida de las comunidades no urbanas. Estas comunidades humanas, que abarcan casi la mitad de la población mundial, tienen en común una densidad demográfica baja ,pero también muy bajos ingresos, pocos opciones de educación, salud y de servicios en general.

El Sector Agropecuario y Pesquero es estratégico y prioritario para el desarrollo del país, porque ofrece los alimentos que consumen las familias mexicanas y provee de materias primas las industrias manufacturera y de transformación. En el sector rural vive la cuarta parte de los mexicanos, y a pesar de los avances en la reducción de la pobreza alimentaria durante los años recientes en este sector, persisten aun esta condición en un segmento relevante de la población rural (PND 2007-2012). El estado destaca en su producción agrícola, sobre todo por la producción de plátano y de cacao (PLED 2007-2012). Lo mismo ocurre con la actividad pecuaria, sin embargo el sector rural sigue rezagado, actualmente se tienen identificados 5 municipios con grado de marginación de medios a altos, con menores índices de desarrollo humano y el mayor número de niños desnutridos; Tacotalpa, Huimanguillo, Balancán, Jonuta y Centla (CONAPO,2013) Por ello es necesario poner al alcance de los productores rurales servicios de capacitación y asistencia técnica, identificar los productores con potencial productivo, es urgente volver a la práctica de aquel extensionismo para el desarrollo rural de los 90`s que atendía aspectos tecnológicos, de organización y de gestión social bajo el esquema de participación-acción

comunitaria (iproder,2011). Una alternativa puede estar en las universidades, con los modelos de extensionismo rural. En este nuevo esquema se reconoce necesaria la inversión en el capital humano y social de la población rural. El tránsito hacia la sociedad y economía del conocimiento y se renueve en México el concepto de las universidades como ejecutoras del extensionismo (OCDE-SAGARPA, 2010).Un servicio dedicado al extensionismo como tal no existe en México. La asistencia Técnica es implementada a través de contratistas del sector privado, prestadores de Servicios Profesionales (PSPs) (OCDE, 2010). Desde aquí debe ser el punto de partida para el desarrollo agropecuario. Con las actividades del Centro Estatal de Capacitación (CECS) en la Universidad (UJAT). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue, analizar la pertinencia de las estrategias de desarrollo rural y su tránsito al desarrollo territorial.

## **Materiales y métodos**

El enfoque de desarrollo territorial se viene trabajando desde hace algunos años en el país, pero con mayor énfasis desde el sexenio pasado, por el gobierno federal, con el seguimiento de INCA RURAL,y la SAGARPA en general y la puesta en marcha por el gobierno estatal para que las universidades sean las que hagan su estrategia de intervención y formalicen su programa de trabajo hacia el sector rural a través de los distritos de desarrollo rural. La misión es intervenir con el servicio con este nuevo modelo para impactar en el sector agropecuario, propiciar la incubación de proyectos de inversión, los llamados territoriales, así como la ejecución de estos proyectos, orientados a atender ganadería, acuacultura, desarrollo de empresas rurales y plantaciones de interés estatal. La propuesta metodológica fue de Sagarpa-Inca Rural y la asistencia técnica de la unidad técnica especializada (Inifap), tanto para la parte agrícola como pecuaria, dando seguimiento y capacitación el Centro Estatal de Capacitación y Seguimiento(CECS), que opera en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, dentro de la División Académica de Ciencias Agropecuarias.

## Resultados y discusión

Se han podido tener algunas experiencias o acercamientos al desarrollo en la región, atendiendo en promedio en tres años de trabajo a 15 mil productores de manera indirecta (se revisan a con los programas propuestos por los técnicos que ofrecen la asistencia técnica). Después del proceso, concluyeron 2 universidades la asignación de extensionismo rural. En el área agrícola, Se atendieron a 3093 productores entre medianos y pequeños y cinco sistemas producto perennes que fueron cacao, hule, cítricos, plátano y palma de aceite; así como dos cíclicos: maíz y horticultura (pepino, rábano, perejil y cilantro), a través del apoyo de 86 gestores y 4 supervisores del CECS; todos ellos capacitados en las estrategias de ADR, Gestión de la Innovación, Asistencia Técnica y Desarrollo Rural. Se brindó atención a cinco sistemas productos perennes, la atención sobre asistencia técnica pecuaria cubrió un total de 4,694 productores beneficiados. Se buscó estandarizar conocimientos mediante eventos de capacitación presencial en las unidades de producción, días demostrativos, recorridos de campo con expertos.

## Conclusiones

La concepción más generalizada de Desarrollo (vinculación...), se relaciona preferentemente con la empresa o con el sector productivo de mercado, y deja de lado el amplio espectro de las posibilidades que representa el sector social. De ahí que sea necesario concebirla como la relación integral de las universidades con la sociedad, de manera que todas las áreas del conocimiento que cultivan las primeras, aporten algo a la segunda. Se debe insistir de manera permanente en lo siguiente: Mejorar la formación y el bienestar de las de personas que viven en el medio rural (cerca de la mitad de la población mundial), erradicando la pobreza extrema y evitando su migración hacia la marginación de las ciudades. Obtener una producción agropecuaria sostenible para asegurar que todas las personas tengan acceso a los alimentos que necesitan y proteger y conservar la capacidad de la base de recursos

naturales para seguir teniendo servicios de producción, ambientales y culturales en el estado.

## **Bibliografía**

Aguilar A. J., Altamirano C. J.R. y Rendón M. R. 2010. Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. UACH. Méx. 281 p.

Bernal M. H. 2012. Necesidad de un nuevo enfoque y estrategia de extensionismo rural. UNAM. Méx.

Echeverri P.R.2009.El enfoque territorial, redefine el desarrollo rural. FAO. Santiago de Chile.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Perspectivas estadísticas. Serie por entidad federativa. Méx.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011. Panorama sociodemográfico de Tabasco. Méx. 52 p.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Tabasco, México.

## **Tema 4.11. Evaluación de un sistema anaeróbico de tratamiento de aguas residuales domésticas de un cárcamo en el interior del I.T.S.M. Gustavo Malagón Marín, Norma del Carmen Hernández Rivera, Rubén Campos Vázquez, Abraham Lincoln Martínez Ruiz, Gerardo Che Paredesy Aquino Emmanuel C. Magaña. gmalagon@itsmacuspana.edu.mx**

### **Resumen**

Los países en desarrollo generalmente presentan bajas coberturas en recolección y tratamiento adecuado de aguas residuales domésticas. Debido a las consecuencias ambientales y de efectos sobre la salud, el tratamiento de agua residual doméstica en la actualidad está recibiendo mayor atención de entidades financieras. En nuestro país varias tecnologías han sido adaptadas y muchos esfuerzos han sido dirigidos al tratamiento anaerobio. El objetivo del presente trabajo fue probar la eficiencia de un sistema anaerobio de tratamientos de aguas residuales domésticas. Se diseñó, construyó, trató y analizó el pH mediante un potenciómetro de acuerdo a la NMX-AA-008-SCFI-2011, se midió el valor de pH durante 15 días. Resultando un  $\text{pH} = 9.06 \pm 0.09$  en el influente y un  $\text{pH} 7.71 \pm 0.12$  en el efluente, ambos con intervalo de confianza del 95 %, medidos a 25 °C. Presentó una distribución normal con valores conocidos de variancia de las poblaciones se calculó la estadística de prueba. Se rechazó la  $H_0$  porque 30.20 es  $>$  que 1.96 ( $\alpha = .05$ ). Para esta prueba,  $P = 0.002$ . Por lo tanto la disminución del valor del pH puede ser atribuido al sistema anaerobio de tratamiento de aguas residuales domésticas.

### **Introducción**

Los países en desarrollo en general se ubican en regiones de clima tropical y subtropical y son los que presentan las más bajas coberturas en recolección y tratamiento adecuado de aguas residuales domésticas –ARD–, siendo las principales causas aspectos financieros y el desconocimiento o falta de reconocimiento de tecnologías alternativas de bajo costo, lo que compromete la sostenibilidad de los sistemas. Debido a las consecuencias ambientales y de efectos sobre la salud, el tratamiento de las ARD está recibiendo mayor atención de entidades como el Banco Mundial, los gobiernos y los organismos de control; por otro lado, las aguas residuales tratadas representan un potencial de aprovechamiento principalmente en regiones con escasez de agua (El-Fadel, Zeinati y Jamali, 2000).

En países de clima tropical y subtropical como Brasil, Colombia, México, China, India, Portugal y otros, varias tecnologías han sido adaptadas y muchos esfuerzos han sido dirigidos al tratamiento anaerobio, destacándose la aplicación de reactores anaerobios de manto de lodos y flujo ascendente, conocidos como UASB por su sigla en inglés de upflow anaerobic sludge blanket (Torres, 2000; Kujawa-Roeleveld y Zeeman, 2006).

La finalidad del trabajo fue probar la eficiencia de un sistema anaerobio de tratamiento de aguas residuales domésticas de un cárcamo en el interior del I.T.S.M.

## **Metodología**

Se diseñó, construyó, trató el agua. Y se evaluó el pH. Determinación del pH.

### **Calibración del instrumento:**

- a) En la calibración se usaron dos soluciones buffer una de 4 y la otra de 10, cuyos valores cubrieron el rango de pH esperado por la muestra a medir.
- b) Se igualaron las temperaturas de las muestras y buffers.

### **Medición:**

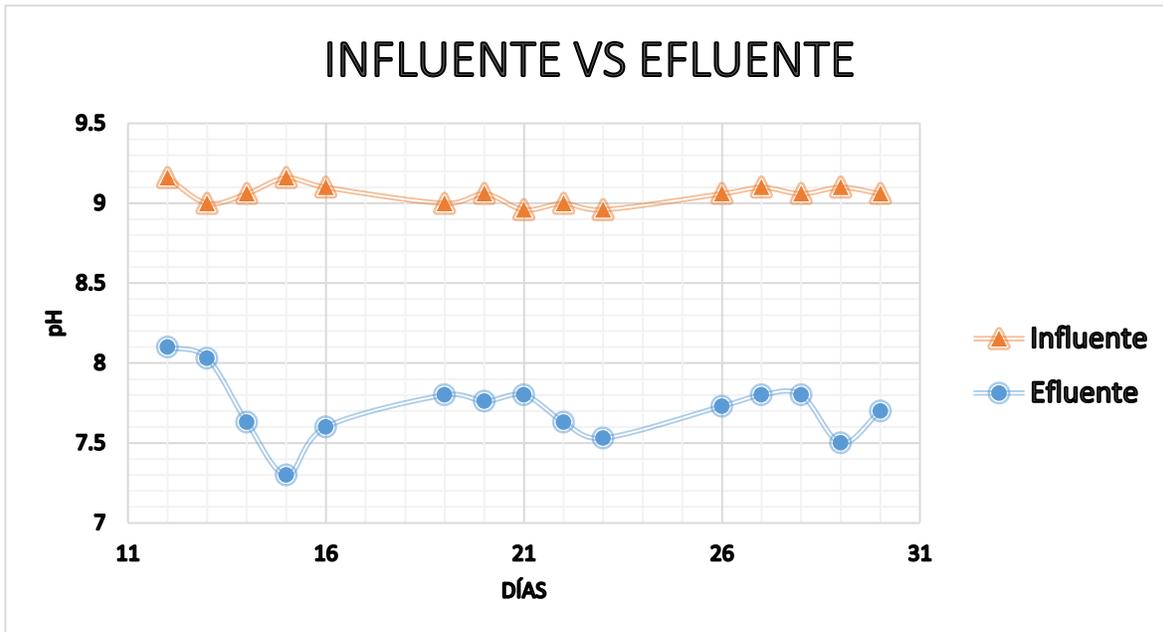
- a) Se introdujo el electrodo del pHmetro en la muestra.
- b) Se realizó una agitación moderada suficiente para homogenizar la muestra.
- c) Se midió el valor del pH de la muestra.
- d) Se registró el valor del pH de la muestra.
- e) Se enjuagó y secó suavemente los electrodos y del pHmetro con agua destilada y colocados en el interior de la solución buffer.

## **Resultados y discusión**

Cada día se realizó la medición de pH por triplicado durante 15 días en el mes de Noviembre del 2012, para obtener valores promedios con sus respectivos valores de desviación estándar por día. A continuación se muestra un gráfico y una tabla que

muestran los resultados obtenidos del sistema anaerobio de tratamiento de aguas residuales domésticas.

**Gráfico 1.** Valores de pH promedio de cada día del influente y efluente.



**Cuadro 3.** Comparación de valores de pH del influente y efluente.

DETERMINACIÓN DEL pH			
INFLUENTE		EFLUENTE	
PROMEDIO	9.06	PROMEDIO	7.71777778
SD	0.09115902	SD	0.12998352
Variancia	0.009	Variancia	0.022

Calculo de la estadística de prueba, tomando en cuenta el muestreo a partir de poblaciones que siguen una distribución normal con variancia conocida.

$$Z = \frac{(9.06 - 7.71) - 0}{\sqrt{0.009 / 15 + 0.022 / 15}} = \frac{1.35}{0.0447} =$$

Se rechaza la  $H_0$  porque 30.20 es  $>$  que 1.96 ( $\alpha = .05$ ). Para esta prueba,  $P = 0.002$ .

En el gráfico de valores de pH del influente y efluente se puede apreciar que a la entrada del agua al sistema, la desviación estándar es menor con respecto a la de la salida del sistema. Resultando un pH =  $9.06 \pm 0.09$  en el influente y un pH  $7.71 \pm 0.12$  en el efluente, ambos con intervalo de confianza del 95 %, medidos a 25 °C. Dicho fenómeno podría ser atribuido a que el agua que recibe el cárcamo en el interior del I.T.S.M. viene mayormente de las mismas fuentes lo que la hace más constante en sus valores de pH. La mayor variabilidad en el efluente podría atribuirse a procesos adaptativos de los microorganismos en el digestor del sistema.

**Cuadro 4.** Estudios similares existentes

TRATAMIENTO	TIPO DE AGUA	pH INFLUENTE	pH EFLUENTE	FUENTE	AÑO
Anaeróbico	Residual Domestica.	9.06	7.71	Presente trabajo.	2013
Aeróbico.	Residual Sintetizado	7.3	7.8	Kutty S. y Col.	2011
Anaeróbico	Residual Domestica.	Sin especificar.	6.95 – 7.82	Ilter F. y Col.	2010
Aeróbico.	Residual Domestica.	7.38 – 7.72 y 7.01 – 7.66	7.49 – 7.82 y 7.26 – 7.75	Kumar R. y Col.	2010
Aeróbico-Anaeróbico	Residual Industrial.	Sin especificar.	6.57	Lerner M. y Col.	2007
Anaeróbico	Residual Porcina.	Sin especificar.	7.5 – 9.5	Nelson N. y	2003

				Col.	
Aeróbico.	Residual Domestica.	Sin especificar.	5.7 - 9	Ghanizadeh G. y Col.	2001
Anaeróbico	Residual Domestica.	Sin especificar.	9.4 y 8.3	Alcocer J. y Col.	1993

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se asemejan más a los conseguidos por Ilter F y Col. Y Nelson N. y Col. Mostrados en el cuadro 4.

## Conclusión

Se logró diseñar y construir un sistema anaeróbico de tratamiento de aguas residuales domésticas. De acuerdo con estos datos, hay indicios de que las medias de las poblaciones son diferentes. El influente al ser tratado con el sistema mostró disminuir los valores de pH, lo cual es conveniente para mejorar el parámetro de calidad del agua antes mencionado. Por otro lado será conveniente realizar diferentes análisis de parámetros de calidad del agua, para valorar de mejor manera la eficacia del sistema anaeróbico de tratamiento de aguas residuales domésticas.

## Bibliografía

Aparicio, C. Experiencia exitosa de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Río Frío. Seminario Interamericano sobre “Manejo de Vertimientos Líquidos para Contribuir a la Mitigación del Cambio Climático” Acodal. Cali, Colombia, 2008.

Chernicharo, C. A. L. Anaerobic reactors. Biological Wastewater Treatment Series. Vol. 4. London: IWA, 2007. 175 p.

Desarrollo, OPS-IDRC. *Validación de lineamientos para formular políticas sobre gestión del agua residual doméstica en América Latina*. Perú, 2005.p. 14.

Eckenfelder, W; Patoezka J. y G. Pulliam (1988). *Anaerobic Treatment in the USA*. United State American.

El-Fadel, M.; Zeinati, M. and Jamali, D. (2000). "Water resources in Lebanon: Characterization, water balance, and constraints". *International Journal of Water Resources Development*, vol. 16, No. 4, pp. 615-638.

Foresti, E. (2002). "Anaerobic treatment of domestic sewage: Established technologies and perspectives". *Water Science and Technology*, vol. 45, No. 10, pp.181-186.

Ghanizadeh G. and Sarrafpour (2001). The Effects of Temperature and PH on Settability of Activated Sludge Flocs. *Iranian J. Publ. Health*, Vol. 30, Nos. 3-4, PP. 139-142.

GTZ, Sectorial Project (1997). *Anaerobic trends*. IAWQ Conference Review, WQI, July/August. p. 31-33.

Hulshoff-Pol, L.W., J. J. M. Van de Worp, G. Lettinga, W.A. Beverloo (1986). Physycal characterization of anaerobic granular sludge in: *Anaerobic treatment. A Grown-up technology aquatech 86*. Amsterdam. pp.89-101.

Ilter F. Aydinol T., Yetilmezsoy K. (2010). Performance evaluation and kinetic modeling of the start-up of a UASB reactor treating municipal wastewater at low temperature. *Bioprocess Biosyst Eng* 10.1007/pp. 00449-0456.

- J. Alcocer; A. Lugo; A. López and M. R. Sánchez (1993). "Efficiency of a waste stabilization pond system in a subtropical area of Mexico". *Rev. Int. Contam. Ambient.* 9 (I), 29-36.
- Kujawa-Roeleveld, K. and Zeeman, G. (2006). "Anaerobic treatment in decentralised and source-separation based sanitation concepts". *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 5, pp. 115-139.
- Kumar R, Britta L. (2010). Assessment of the efficiency of sewage treatment plants: A comparative study between Nagasandra and Mailasandra sewage treatment plants. *Kathmandu University Journal of Science, and Technology* Vol. 6 No. II November, 2010, pp 115-125.
- Kutty S, Isa M. and Leong L (2011). Removal of ammonia-nitrogen (NH<sub>3</sub>-N) and nitrate NO<sub>3</sub> by modified conventional activated-sludge system to meet new D.O.E. regulations. *International Conference on Environment and Industrial Innovation IPCBEE* vol.12.
- Lettinga, H.; De Man, A.; Grin, P. and Hulshoff Pol, L. W. (1987). "Anaerobic wastewater treatment as an appropriate technology for developing countries".
- M. Lerner, N. Stahl and N.I. Galil (2007). Comparative study of MBR and activated sludge in the treatment of paper mill wastewater; *Water Science & Technology* Vol 55 No 6 pp 23–29.
- Mara, D. Domestic wastewater treatment in developing countries. UK-USA: Earthscan, 2004. 293 p.
- Mara, D. y Cairncross, S. *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud –OMS–, 1990. 220 p.

- Mendonça, S. R. *Sistemas de lagunas de estabilización: Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego*. Bogotá: McGraw-Hill, 2000. 370 p.
- Metcalf and Eddy. *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.
- Nelson N. Mikkelsen R. Hesterberg D. (2003). Struvite precipitation in anaerobic swine lagoon liquid: effect of pH and Mg:P ratio and determination of rate constant. *Bioresource Technology* 89 (2003) 229–236
- NMX-AA-008-SCFI-2011; Análisis de agua.- Determinación del pH. p. 6.No. 34, pp. 10-14.
- Noyola, A. (1989). Los procesos anaerobios en el tratamiento de aguas residuales. En: I Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera. Xalapa, Ver. México. 12-15 de abril.
- Noyola, A. (1990). Tratamiento anaerobio de aguas residuales: una experiencia de adaptación de tecnología en México. En: Memorias de las Conferencias sobre: Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales en América Latina. Ciudad Universitaria, México D. F. 8-9 de Noviembre.
- Noyola, A. (1998). “Anaerobio vs aerobio, un debate (casi) superado. Biológico vs primario avanzado, el Nuevo debate?”. *Ingeniería y Ciencias Ambientales*, vol. 10.
- Onofre, C. *Sistemas simples para tratamiento de esgotos sanitarios: Experiência brasileira*. Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 299 p.

Reynolds, K. A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica* [consultado el 10 de agosto de 2011]. Disponible en: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>  
Organización Panamericana de la Salud y Centro Internacional de Investigaciones para el.

Schellinkhout, A.; Lettinga, H.; Van Velsen, L. and Louwe, J. (1985). The application of UASB reactor for the direct treatment of domestic wastewater under tropical conditions. Proceedings of the Seminar/Workshop on Anaerobic Treatment of Sewage. Switzenbaum MS (Amherst, USA), pp. 259-276.

Sterling, C. E. y Mora, L. H. Experiencias en el funcionamiento de la planta depuradora UASB Vivero Municipal durante los últimos cuatro años Cali-Colombia. V Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales, Viña del Mar, Chile, 1998).

Torres, P. *Tratamento de esgoto sanitário em sistema combinado anaeróbio-aeróbio (UASB-RSB)*. Teses de doutoramento (Engenharia Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (São Carlos), 2000. 136 p.

Tribune du Cebedeau, vol. 40, pp. 21-32.

Van Haandel, A. and Lettinga, G. *Anaerobic sewage treatment: A practical guide for regions with a hot climate*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1994. 226 p.

Van Haandel, A.; Kato, M. T.; Cavalcanti, P. F. F. and Florencio, L. (2006). "Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater". *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 5, No. 1 (February), pp. 21-38.

Vieira, S. M. M. and García Jr., A. D. (1992). "Sewage treatment by UASB reactor. Operation results and recommendations for design and utilization". *Water Science and Technology*, vol. 25, No. 7, pp. 143-157.

Vives J. B. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos*. Invemar. p.22.

Von Sperling, M. and Chernicharo, C. A. L. *Biological wastewater treatment in warm climate regions*. London: IWA, 2005. 1452 p.

Wiegant, W. M. *Anaerobic digestion for sustainable development*. Wageningen, The Netherlands, 2001. pp. 111-118.

## **Tema 4.12. Evaluación de extractos de semillas de *Moringa oleífera* y sus efectos en el agua tratada. Ma. Martha Sandoval Arreola y José Ramón Laines Canepa. sandoval\_129@live.com**

### **Resumen**

Algunos coagulantes naturales han sido estudiados como una posibilidad de usarse en el tratamiento de aguas. Las semillas de *Moringa oleífera* por ejemplo, se ha propuesto como un coagulante efectivo en la remoción de color, turbiedad y por reducir de manera significativa las bacterias y la cantidad de lodos generados. En el presente estudio se compara la eficiencia de diferentes extractos obtenidos usando soluciones de agua destilada, cloruro de sodio 1N, agua de mar con semillas de moringa como coagulante en la clarificación de aguas. Se realizaron pruebas de jarras usando las dosis de 0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 mgL<sup>-1</sup> para aguas de turbiedad de 15, 36 y 100 NTU. Las mediciones se realizaron por cuadruplicado. La efectividad del proceso se comprobó con la medición de las variables turbiedad, color, pH, sólidos disueltos totales (SDT), alcalinidad y materia orgánica comparada con los valores iniciales del agua cruda. La más alta eficiencia de remoción de color se obtuvo con Cloruro de sodio 1N en aguas de mayor turbiedad. La dosis de coagulante fueron 10 a 15 mgL<sup>-1</sup>. Los resultados indican que las semillas de moringa podrían ser una alternativa sustentable en el tratamiento de aguas.

### **Introducción**

La calidad del agua para consumo humano se regula mediante el control de variables fisicoquímicas como turbiedad, color, pH, alcalinidad y contenido de materia orgánica. Para alcanzar los límites establecidos en un tratamiento de aguas se utilizan sustancias químicas como el sulfato de aluminio para promover el proceso de clarificación, que en dosis elevadas provoca problemas en la salud (Trejo, 2004). Los coagulantes de origen natural han demostrado ventajas en relación con los productos químicos como biodegradabilidad, baja toxicidad y baja producción de lodos. En este grupo, uno que ha despertado gran interés a la comunidad científica es el coagulante que se extrae de las semillas del árbol de *Moringa Oleífera*, Su efecto clarificante ya era conocido desde épocas remotas por las mujeres rurales de Sudán, que lo utilizaban para tratar las aguas de alta turbiedad del Nilo (Jahn, 1986).

Mendoza N. F. *et al.*, (2000) encontraron una buena eficiencia de remoción de turbiedad por debajo de los límites máximos permitidos (<5 NTUS) y una disminución de color de 30 a 5-10 UC, evalúan los parámetros del agua tratada de pH y la alcalinidad y reportan que no hay cambios significativos. Se ha encontrado que la eficiencia de coagulación con el uso de semillas de moringa en agua destilada, es de aproximadamente 78%, sin embargo, Okuda *et al.*, (2001) mejoraron el método de extracción empleando soluciones de NaCl, KCl, KNO<sub>3</sub> y NaNO<sub>3</sub> con lo cual la eficiencia se incrementa hasta un 95%, Diversos estudios han demostrado que la actividad coagulante de las semillas de moringa es comparable con la obtenida con el sulfato de aluminio, (Castro y Silva, 2004), (Arnoldsson *et al.*, 2008; Ridwan *et al.*, 2011) .En este contexto este estudio evalúa la eficiencia de diferentes extractos obtenidos de las semillas de moringa oleífera como un coagulante natural aplicado a aguas de diferente turbiedad.

## **Materiales y métodos**

La obtención del extracto a partir de semillas de Moringa Oleífera se realizó siguiendo la recomendación de Okuda *et al.*, (2001), Para extraer el coagulante, se disuelven 10 g. del polvo seco en 1 L de agua destilada. Se agita durante 10 min. a 60 rpm. Se filtra a vacío utilizando papel filtro Whatman 40. Posteriormente en filtros Millex<sup>®</sup>-HV 0.45 µm. Esta solución se congela a 4°C para evitar su envejecimiento, hasta el momento de su uso., las soluciones de moringa en cloruro de sodio 1 N y en agua de mar se prepararan de manera similar.

Preparación de las aguas sintéticas : Se utilizó el agua del río Samaria como base para la preparación de las otras dos aguas sintéticas, la primera por dilución, agregando agua destilada hasta llegar a la turbidez de 15 NTU y la segunda se le agregó suelo vertisol para alcanzar una turbiedad de 100 NTU.

se realizaron pruebas de jarras para las dosis de coagulante de 0, 5, 10, 15, 20 30 y 40 mgL<sup>-1</sup> usando los extractos crudos de moringa para aguas de turbiedad inicial de

15, 36 y 100 NTU y se procedió al mezclado usando la propuesta de Okuda *et al.*, (2001), Para cada dosis se realizaron 4 repeticiones para fines estadísticos.

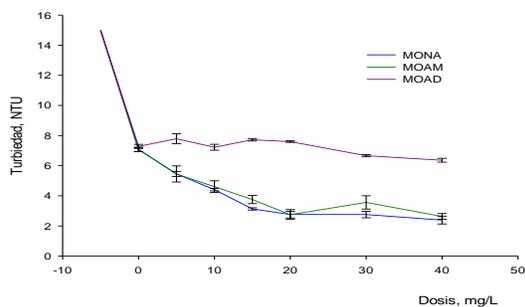
Para la medición de la turbiedad y color del agua cruda y el agua tratada se empleó un turbidímetro marca LaMotte<sup>MR</sup> con precisión 0.01 NTU-turbiedad (método EPA 180.1, TC-300e; ISO-7027, TC-3000i).y el color con una precisión 0.1 C.U-color aparente (método estándar 2120B). El pH y temperatura se analizaron con un medidor versátil marca Hanna<sup>MR</sup> con precisión 0.01 pH y 0.1°C de temperatura. Los sólidos disueltos totales (SDT) y se midieron con un medidor versátil marca Hanna<sup>MR</sup>. La alcalinidad fue medida con pruebas de titulación de acuerdo al método estándar NMX-AA-036-SCFI-2001. La materia orgánica fue determinada por oxidación con permanganato de potasio, por ser el recomendado para cantidades bajas de materia orgánica siguiendo la metodología descrita en la norma UNE-77004-2002.

### **Análisis de los resultados y comparación con otros estudios relacionados**

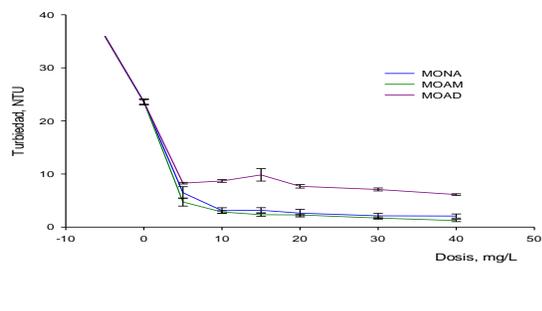
Los resultados para las condiciones óptimas de remoción de turbiedad usando, extracto de moringa disuelto en agua destilada, en cloruro de sodio 1N y en agua de mar, se muestran en las figuras de la 1a la 3. Estos resultados se calcularon en base a la cantidad inicial de semilla usada en la preparación de los extractos. La concentración exacta de coagulante de los extractos crudos es desconocida. Para el coagulante de moringa en cloruro de sodio, la dosis óptimas encontrada un valor entre 10 y 15 mgL<sup>-1</sup>. La solución de moringa en agua de mar muestra un incremento en la dosis en el agua de mayor turbiedad. (entre 10 y 25 mgL<sup>-1</sup>). La moringa en agua destilada con las dosis evaluadas no alcanzó valores dentro de la norma. Muyibi, S.A. y Evison, L.M, (2001) encontraron un comportamiento similar en aguas de baja turbiedad. De igual manera Gómez, Karen (2010), concluye que la eficiencia de coagulación se mejora usando soluciones de cloruro de sodio para aguas de baja turbiedad, reportando una dosis óptima de 25 ml/L con una eficiencia de 69% de remoción. Resultados inferiores a los obtenidos en este trabajo.

En las gráficas 24 a la 26 se aprecia una mayor eficiencia de coagulación de los extractos de moringa cuando se usaron aguas de alta turbiedad A medida que se

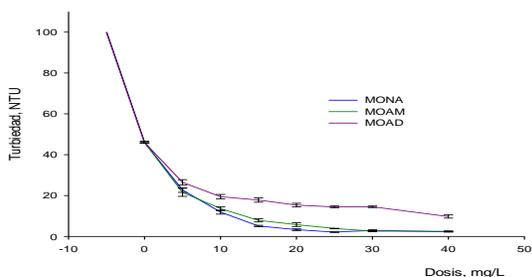
incrementa la turbiedad, la eficiencia de remoción de los extractos de moringa de agua de mar y solución de cloruro de sodio, se eleva.



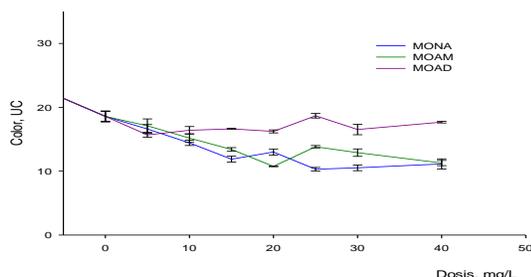
**Figura 1.** Remoción de turbiedad en un agua con turbiedad inicial de 15 NTU.



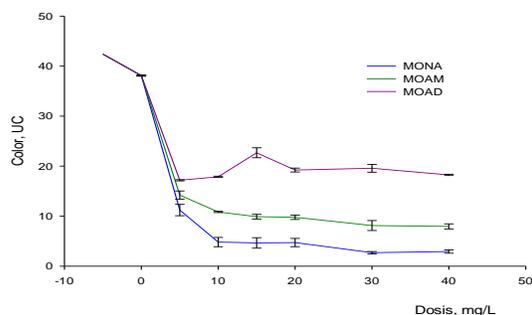
**Figura 2.** Remoción de turbiedad en un agua con turbiedad inicial de 36 NTU



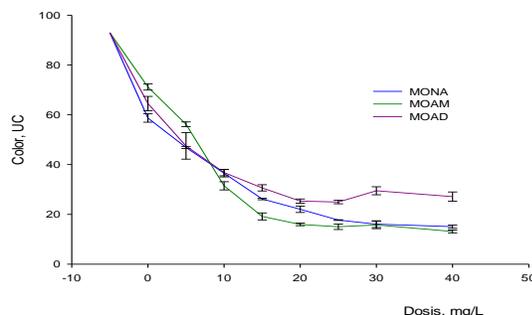
**Figura 3.** Remoción de turbiedad en un agua con turbiedad inicial de 100 NTU



**Figura 4.** Remoción de color de la solución de moringa en cruda con color inicial de 21.4 Unidades de color en la escala Platino Cobalto



**Figura 5.** Remoción de color de la solución de moringa en cruda con color inicial de 42.4 Unidades de color en la escala Platino Cobalto



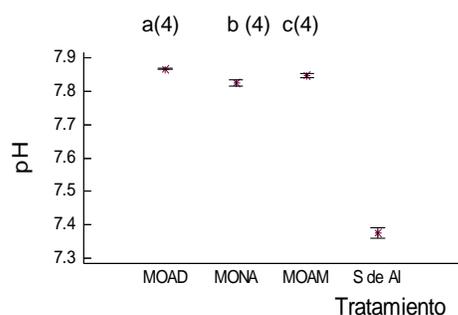
**Figura 6.** Remoción de color de la solución de moringa en cruda con color inicial de 93 Unidades de color en la escala Platino Cobalto

En las figuras 3 a la 6 se observa un comportamiento similar a la turbiedad. La dosis óptima para el agua de 21.4 unidades de color no requiere adición de ningún

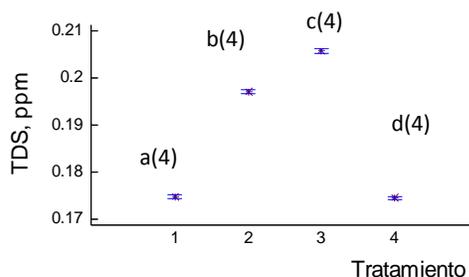
coagulante, debido a que por sedimentación natural llega a los valores de los límites permisibles. La solución de moringa en cloruro de sodio para la turbiedad de 100 NTU requiere una dosis de  $25 \text{ mgL}^{-1}$ . Mientras que en las soluciones con agua destilada sólo se alcanza el valor requerido en la norma en las aguas con valores más bajos de color. De acuerdo a Schwarz (2000), para aguas de turbiedad abajo de 50 NTU el rango de la dosis de MO varía de 10 a  $50 \text{ mgL}^{-1}$ , mientras que para aguas de turbiedad entre 50 y 150 NTU, la dosis varía de 30 A  $100 \text{ mgL}^{-1}$  cuando se emplea agua como disolvente.

### Efectos en la calidad del agua tratada

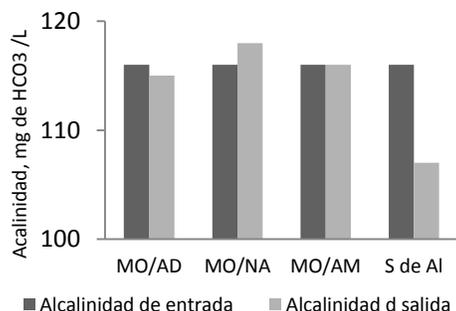
La calidad del agua obtenida en los tratamientos de coagulación se midió considerando las variables de pH, alcalinidad, materia orgánica y SDT, los resultados obtenidos se muestran en las figuras 7a la 10



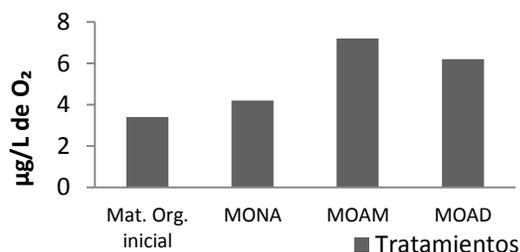
**Figura 7.** Valores promedios ( $\pm$ ES) de pH de los tratamientos evaluados.



**Figura 8.** Valores promedios ( $\pm$ ES) de la sólidos disueltos totales de los tratamientos evaluados.



**Figura 9.** Valores de la alcalinidad de entrada y la obtenida en el agua tratada en los diferentes tratamientos



**Figura 10.** Valores obtenidos en el contenido de materia orgánica del agua cruda y en el agua tratada.

El pH y alcalinidad en el agua tratada con moringa no se afecta, manteniendo el valor inicial ( 7.85 y 116 mgL<sup>-1</sup>). Los valores de SDT se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible de la norma NOM-127 SSAI-1994. Resultados similares a los obtenidos por Arnoldsson *et al.*, ( 2008) quienes reportan que el uso de moringa no tiene efecto en el pH y la alcalinidad y conductividad del agua tratada, lo cual significa una ventaja considerable respecto al sulfato de aluminio (Ndabigengesere y Narasiah 1995; Ghebremichael 2007) reportaron que el uso de MO lleva generalmente a un incremento de Carga orgánica (COD).

## **Conclusión**

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten llegar a las siguientes conclusiones:

Las eficiencias de remoción con MONA, MOAM, muestran valores superiores al 90%. La extracción del coagulante con agua destilada no representa un método adecuado para el tratamiento de agua superficial por su baja eficiencia de remoción (49.94% y 49.03% para turbidez y color respectivamente). Cuando se comparan los efectos en aguas de diferente turbiedad, la eficiencia de remoción de los extractos salinos de moringa en cloruro de sodio y agua de mar mejora a medida que la turbiedad del agua se incrementa. Esto confirma que la eficiencia de remoción utilizando Moringa oleífera en soluciones salinas constituye un método de tratamiento competitivo con las sales metálicas de Sulfato de aluminio. Y se abre una posibilidad de sustitución del aluminio por los efectos adversos a la salud y como una alternativa a ser utilizado en zonas rurales.

## Bibliografía

- Arnoldsson E., Bergman M., Matshine N. and Persson M.K. (2008). Assessment of drinking water treatment using *Moringa oleífera* natural coagulant. *Vatten* 64:137-15.
- Castro, F.J.F y F.J.A. Silva; (2004). *Moringa Oleífera na Melhoria da Qualidade de Efluentes de UASB e de Lagoa de Maturação-Remoção de Cor e Turbidez*. In: XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitaria e Ambiental, Natal/RN.
- Ghebremichael, K.A.; Gunaratna K.R.; Henriksson H.; Brumer, H.; Dalhammar, G.A *simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa Oleífera seed*. *Water Research*, v.39 n. 11 2338-2344, 2005.
- Gómez G. K.R., (2010) Eficiencia del coagulante de semilla de *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas de baja turbidez. Zamorano, Honduras.
- Mendoza I., Fernández N, Ettiene G, Díaz A, (2000) *Uso de la Moringa oleífera como coagulante en la potabilización de las aguas*. Instituto de la Conservación del Lago de Maracaibo. (ICLAM) Scientific Journal from the experimental Faculty of Sciences 8 (2), 235-242, Maracaibo Venezuela.
- Muyibi, SA y LM Evison (1995). "*Optimización de Físico Parámetros que afectan a la coagulación de la agua turbia con Moringa oleífera*". Vol. 29, No. 12, pp 2689-2695.
- Ndabigengesere, A. y, K.S Narasiah; (1998). Quality of Water Treated by Coagulation Using *Moringa oleífera* Seeds. *Water Research*: 32(3), 781-791.

Okuda, T., A.U. Baes, W. Nishijima y M. Okada (2001). *Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed*. Water Research.

Ridwan Muhammad Fahmi, ni Wahidatul Azura Zainon Najib, Pang Chan Ping y Nasrul Hamidin (2011). *Mechanism of Turbidity and Hardness Removal in Hard*.

Schwarz, D.(2000) *Water clarification using Moringa oleifera*. Gate information service, Eschborn, Germany (2000).

Trejo V.R., Hernández M. V. (2004). *Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable*. *Conciencia Tecnológica*, número 025 Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México.

*Water Sources by using Moringa oleifera*. *Revista de Ciencias Aplicadas*, 11: 2947-2953  
Muyibi, S.A. y Evison L.M. (1994) *Moringa oleifera for softening harwater*. Water Research, vol. 29 No. 4 pp 1099-1105

# CAPÍTULO V. EDUCACIÓN AMBIENTAL



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**  
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
Centro Universitario de Petén

# INTRODUCCIÓN

La Educación Ambiental es un proceso educativo integral, continuo, expresivo, lleno de destrezas materiales, de experiencias y conocimientos útiles sobre la naturaleza y su equilibrio ecológico, la cual debe ser desarrollada bajo objetivos y metas, en un tiempo y espacio que abarque la educación de los niños, jóvenes, adultos.

La Educación Ambiental debe ser usada por las personas como una herramienta social y educativa para enfrentar el deterioro que vive hoy el planeta ante la constante amenaza por la destrucción de la naturaleza y debe ser vista como un derecho que tienen los ciudadanos de educarse para protegerse de las grandes tragedias ambientales.

Es por ello que, además de educar, sensibilizar y concientizar, como parte fundamental del quehacer educativo. En este capítulo, se exponen los resultados de siete trabajos de investigación en el área de educación ambiental en las universidades de Venezuela y México, como las posturas paradigmáticas en los trabajos de grado de la maestría en educación ambiental del IPC de la UPEL, la evaluación de las asignaturas de educación ambiental en la DACSYH-UJAT (estudio de campo) y la implementación de plan de manejo de pilas y baterías agotadas en la División Académica de Ciencias Biológicas (UJAT-México).

Asimismo se presentan como casos de éxitos como la implementación de programas de educación ambiental no formal en niños: visitantes de la finca Cholula de Comalcalco, Tabasco, México. La incansable labor del ecologista Renard Norberto Cura con la multiplicación de la estrategia educativa ambiental, reserva natural urbana/gestión ambiental escolar y certificación bandera verde “por una ciudadanía activa” en distintos lugares de la Provincia de Misiones, Argentina.

## **Tema 5.1. Posturas paradigmáticas en los trabajos de grado de la maestría en educación ambiental del IPC de la UPEL. María Daniela Cabeza. mdcdaniela@gmail.com**

### **Resumen**

Ante la ausencia de estudios orientados a develar el tipo de conocimiento generado en las universidades en Venezuela y tomando en consideración que la Maestría en Educación Ambiental del Instituto Pedagógico de Caracas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador tiene como fin promover la producción de conocimiento para el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras, se propuso como objetivo de investigación develar las posturas paradigmáticas subyacentes en los Trabajos de Grado de este postgrado. El estudio se inserta en el paradigma fenomenológico hermenéutico y abarcó cinco etapas: (a) contextualización de la investigación, (b) descripción, (c) categorización, (d) interpretación y (d) construcción teórica. El análisis de las dimensiones paradigmáticas que sustentan los trabajos de investigación de este postgrado devela el predominio de: una tendencia positivista en las líneas de investigación Didáctica de la Educación Ambiental, Ecología Humana y Producción de Materiales; y del paradigma fenomenológico en las líneas Promoción Social y Formación de Líderes. Los conocimientos generados en las investigaciones consideradas son de tipo instrumental mayoritariamente con una tendencia hacia el práctico, lo que resulta coherente con las características que definen a cada una de las líneas y los fines de creación de este postgrado.

### **Introducción**

El impulso que ha recibido la política ambiental a nivel internacional indica que los logros no han sido más alentadores que los concernientes al área educativa ambiental. Al respecto Eschenhagen (2003) señala que aun cuando se apliquen instrumentos económicos favorables ambientalmente, se cubran las necesidades materiales humanas, se logre la concienciación ambiental, acciones que de hecho son necesarias para resolver la problemática ambiental global, tampoco se solucionaría la situación porque la misma es mucho más de fondo, su raíz está relacionada con un problema de conocimiento.

En concordancia con esos planteamientos, las universidades como instituciones que producen conocimiento a partir de los programas de postgrado, están llamadas a

reflexionar sobre la necesidad imperante de revertir la crítica realidad ambiental, toda vez que en éstas se derivan unas formas de conocer y actuar predominante que pueden revertir la amenaza del equilibrio ecológico del planeta.

En este sentido han venido trabajando esas instituciones, pero se sabe poco de la pertinencia del conocimiento allí generado en la solución de la problemática ambiental. Según Munévar y Villaseñor (2008) los indicadores que se utilizan para medir la producción de conocimientos en los postgrados solo hacen referencia al número de egresados por año en cada programa de estudios o en la totalidad de los mismos, sin relacionarlos con otras variables de importancia, tal como la relevancia epistemológica.

En relación a Venezuela la situación de la evaluación de la producción de conocimientos en los postgrados que facilitan las universidades del país, no es diferente a la descrita por Munévar y Villaseñor (ob.cit), así lo revela el estudio realizado por Ledezma (2001) y el llevado a cabo por Carrera (2009), quienes coinciden en concluir que los criterios de evaluación que utilizan los programas de postgrado de las universidades en Venezuela se refieren básicamente al número de egresados, seguido de otras características como perfil del personal docente y de investigación, la planta física y dotación, los recursos bibliográficos y hemerográficos, recursos financieros, plan y régimen de estudios, requisitos de ingreso, permanencia y egreso del estudiante y líneas de investigación, entre otras.

Los hechos descritos en los párrafos precedentes evidencian la necesidad de realizar estudios sobre la pertinencia de los conocimientos educativos ambientales y ambientales propiamente dichos generados en estos espacios. Con base en esos planteamientos se propuso la presente investigación, la cual se dirigió a producir explicaciones en torno al tipo de conocimiento que se ha venido generando en la Maestría en Educación Ambiental (MaEA) del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), con base en los propósitos para los cuales fue creada.

## **Materiales y métodos**

El diseño de la investigación se elaboró en concordancia con los planteamientos del paradigma fenomenológico. Del conglomerado de trabajos de grado conducentes al título de Magister en Educación Ambiental del IPC de la UPEL, del total de trabajos de grado realizados a lo largo del funcionamiento de la maestría desde 1991 hasta el 2011, se seleccionó un grupo de cincuenta y nueve tesis, utilizándose para ello el muestreo intencional de tipo teórico, definido por Strauss y Corbin (2002) como la facultad que tiene el investigador para elegir la forma de recolectar y analizar los datos, de modo que esas acciones le proporcionen imágenes útiles para generar la teoría.

Los instrumentos utilizados para recopilar la información fueron la ficha de análisis y el libro de códigos, aplicándose la técnica de Resumen Analítico en Educación (RAE) propuesta por Fernández (2008), la cual se emplea con el propósito de establecer, a través de la revisión directa de los trabajos de investigación de los estudiantes ya aprobados, una información concisa sobre datos relacionados con la investigación en sí.

El proceso metodológico se desarrolló en dos grandes fases: heurística y hermenéutica. La primera, correspondió a la etapa de contextualización de la investigación, donde se recopilaron evidencias investigativas, a través de un proceso analítico, que permitió describir los trabajos de grado de la MaEA del IPC. Mientras que la segunda, abarcó cuatro etapas; descriptiva o de clasificación, de categorización, de interpretación y de construcción teórica. Para el análisis e interpretación de los datos se siguieron las recomendaciones de Piñuel (2002), Páramo (2006) y Fernández (2008), se recurrió al uso de la complementariedad metodológica, el análisis cualitativo puro se realizó en la primera fase de la investigación, mientras que en la segunda fase se combinó el análisis cualitativo con el cuantitativo.

## **Resultados y discusión**

La mayoría de los trabajos de grado de la MaEA del IPC se enmarcan en el paradigma positivista, un 76,27% de los mismos son abordados desde esta perspectiva, mientras que el 20,34% se sustentan en el paradigma fenomenológico y el 3,39% en el paradigma socio crítico. Con base en lo planteado por Sauvé (2000), este resultado coincide con la posición paradigmática de las investigaciones educativas ambientales producidas en el mundo anglosajón de los años setenta y ochenta, donde predomina la perspectiva positivista. Por su parte, la investigación educativa ambiental detectada al interior del mundo francoparlante, según esta autora permite constatar que hay pocas investigaciones que adoptan prioritariamente la tendencia positivista, todo lo contrario, en este ámbito, cuya labor investigativa es de origen más reciente, domina el interés por la investigación de tipo interpretativo. El predominio del paradigma positivista en el desarrollo de los trabajos de grado de la Maestría en EA del IPC se asocia con el origen de este postgrado. Al estudiar la evolución histórica de la Educación Ambiental en el IPC, se evidencia que tiene una partida de nacimiento de tipo naturalista, Cabeza (2011) así lo dejar ver.

En cuanto a la importancia relativa de los paradigmas fenomenológico y socio crítico a nivel de todos los trabajos de grado de la Maestría en Educación Ambiental del IPC, los cuales presentan un 20,34% y 3,39% respectivamente, se explica a través del proceso evolutivo de la ciencia planteado por González y Valencia (2012), quienes señalan que las evidentes debilidades de la ciencia moderna enmarcada en el paradigma positivista, dio paso al surgimiento de otros paradigmas para resolver los problemas generados por la misma, tanto en lo social, político, económico y físico natural. De esta manera, surgen otras propuestas para hacer ciencia, tales son los paradigmas fenomenológicos y el socio crítico.

El protagonismo del paradigma positivista en el desarrollo de los trabajos de grado de la MaEA del IPC se encuentra vinculado a la capacidad de producción de trabajos de las líneas de investigación y a las características que definen a las líneas más productivas. A lo largo de la evolución de esta maestría se han elaborado trabajos

enmarcados en el paradigma fenomenológico, sin embargo, estos se ubican en las líneas cuya producción es baja, es decir, Formación de Líderes y Promoción Social, las cuales representan el 27,12% del total de los trabajos analizados. Mientras que las líneas Ecología Humana y Didáctica de la Educación Ambiental que son las más productivas, desarrollan la mayoría de sus trabajos bajo la tendencia positivista y las mismas abarcan el 64,4% de todos los trabajos que se realizan en el postgrado. Por su parte, el interés por desarrollar los trabajos de grado de la MaEA del IPC bajo los principios del paradigma socio crítico es prácticamente nulo, solo el 3,39% de los trabajos se ha elaborado desde esta tendencia paradigmática. Estrechamente relacionado con el predominio del paradigma positivista en la labor investigativa de los trabajos de grado de la Maestría en EA del IPC, el tipo de conocimiento que se genera en este postgrado es en su mayoría el instrumental, el cual exhibe un nivel de importancia relativa de 76,27%, mientras que el de conocimiento práctico abarca el 20,34% de importancia relativa y el conocimiento emancipatorio apenas el 3,34%.

## Conclusión

La investigación permitió develar que las posturas epistemológicas de los Trabajos de Grado de la MaE se ubican de manera predominante en el paradigma positivista con una leve tendencia hacia el fenomenológico, traduciéndose esto en la preponderancia en la generación de un tipo de conocimiento instrumental que según lo planteado por Habermas (2002) se deriva de la necesidad de obtener un saber para ofrecer explicaciones causales, cuya pertinencia desde el punto de vista educativo ambiental se dirige hacia el abordaje de las realidades educativas desde el exterior, lo que en la opinión de Sauvé (2000) son necesarios para aprender a conocer *sobre el ambiente*, no obstante, para incidir en el mejoramiento de la calidad de vida, se debe ir aún más allá, incursionar en otras tendencias paradigmáticas que permitan la comprensión para finalmente llegar al hacer para el ambiente.

## Bibliografía

- Cabeza, M. (2011). *Principales hitos de la educación ambiental en el Instituto Pedagógico de Caracas: Antecedentes y actores clave*. Trabajo no publicado, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- Carrera, B. (2009). Modelo para la evaluación curricular de los estudios de postgrado en la UPEL. *Revista de Investigación*, N° 67, Volumen 33, Mayo-Agosto de 2009, pp. 59-79.
- Eschenhagen, M. (2003). *Reflexiones epistemológicas para fundamentar una educación superior alternativa*. Memorias del VII Congreso Nacional de Investigación Educativa, realizado en Guadalajara, México, Noviembre del 2003, pp. 2-17.
- Fernández, M. (2008). *El proceso investigativo en el estado del arte de la maestría en educación de la Universidad Santo Tomás*. Disponible en: [dialnet.unirrioja.es](http://dialnet.unirrioja.es)
- González F. y Valencia J. (2012). *Ecosistema y cultura*. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- González F. y Valencia J. (2012). *Ecosistema y cultura*. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Habermas, J. (2002). *Teoría de la acción comunicativa*. (M. Jiménez, Trad.). México: Taurus.
- Ledezma, M. (2001). La evaluación de los postgrados en Canadá y Venezuela: un estudio comparativo. *Revista Investigación y Postgrado*, N° 1, Volumen 16, Año 2001. Pp 127-145.

- Munévar, D. y Villaseñor, M. (2008). *Producción de conocimientos y productividad académica*. Revista de Educación y Desarrollo, N° 8. Abril-Junio de 2008, pp. 62-67.
- Páramo, G. (2006). *Investigación alternativa: por una distinción entre posturas epistemológicas y no entre métodos*. Cinta de Moebio, Marzo, N° 025, Universidad de Chile (Versión en Línea).
- Piñuel, J. (2002). Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*. Universidad Complutense de Madrid. 3(1). 2002, pp1-42.
- Sauvé, L. (2000). Para construir un patrimonio de investigación en educación ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental*, Volumen 2,5, pp. 51-69.
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

## **Tema 5.2. Educación ambiental no formal en niños: visitantes de la finca Cholula de Comalcalco, Tabasco. Erika Córdova Sánchez, María Lyssette Mazó Quevedo, Fabiola Torres Méndez y Fabiola Lizama Pérez. marialyssette@hotmail.com**

### **Resumen**

Esta investigación inicia con la caracterización de la educación ambiental desde el enfoque no formal ofertado por el sector empresarial a través de la impartición de talleres, como una actividad proveniente del turismo de naturaleza, específicamente del ecoturismo. Así, los talleres de educación ambiental originados en empresas ecoturísticas pueden representar una oportunidad para la sensibilización de la población respecto a la problemática que enfrenta el medio ambiente, más aún si esta población se integra por un nicho de mercado, tan especial, como los niños; quienes a su corta edad están en mayor posibilidad de adquirir una cultura ambiental sana que se extienda a generaciones futuras. En este sentido, el trabajo se aborda de forma cualitativa y consistió en el diseño y realización de un taller de educación ambiental dirigido a niños, visitantes, de la Finca Cholula localizada en el municipio de Comalcalco, Tabasco. El objetivo fue analizar el impacto del taller e identificar la importancia de las relaciones existentes entre los niños y los diferentes elementos de la naturaleza. Como resultado del taller, se obtuvo que los niños logran tener mayor capacidad de aprendizaje sobre temas medioambientales cuando se emplean actividades dinámicas y prácticas en su educación.

### **Introducción**

Las formas tradicionales de hacer turismo como el de sol y playas, de negocios y cultural prevalecen, sin embargo el reto global del turismo hoy en día se sustenta en los movimientos ecologistas de finales del siglo pasado, con la enunciación de los principios del modelo de desarrollo sustentable, haciendo que la sociedad mundial empiece a demandar un turismo respetuoso con el entorno natural y de quien lo habita, incluyendo al ser humano. Esto se traduce en que cada vez hay un mayor número de turistas comprometidos con el medio que visitan, en busca de experiencias únicas, acorde a su nueva forma de percibirse ante la dinámica social y de la naturaleza, surgiendo así una nueva tendencia turística llamada turismo de naturaleza que incluye los viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas en contacto directo con la naturaleza y las expresiones culturales que le envuelven,

con una actitud y compromiso de conocer, respetar, disfrutar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales (SECTUR, 2007).

Tomando en cuenta la amplia gama de actividades que pueden desarrollarse dentro de este marco, el turismo de naturaleza se ha dividido en los siguientes tres segmentos: turismo de aventura, ecoturismo y turismo rural. El ecoturismo consiste en los viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas de apreciación y conocimiento de la naturaleza a través del contacto con la misma; en la cual está inmersa la valorización de la cultura viva como es el caso de los talleres de educación ambiental, que se caracterizan por fomentar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales, al igual que en su restauración, lo cual incita a practicar unas vacaciones activas, reconstruyendo y valorando el entorno (SECTUR, 2004).

En este sentido, se considera que la impartición del taller de educación ambiental proveniente de la iniciativa privada y por lo tanto, considerados como educación ambiental no formal podrían presentarse como una oportunidad para el desarrollo de una cultura ambiental sana, principalmente si son los niños quienes participen de éstos ya que en el presente y en el futuro próximo podrán ser portadores y a su vez transmisores de buenas prácticas ambientales. Así, se presenta como objetivo general analizar el impacto de un taller de educación ambiental en la Finca Cholula de Comalcalco, Tabasco; impartido a niños, visitantes, en un fin de semana con el objeto de identificar la importancia de las relaciones entre los diferentes elementos de la naturaleza a partir del mismo. Razón por la cual se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- a) Caracterizar el turismo de naturaleza en México y su vinculación con los talleres de educación ambiental.
- b) Caracterizar el turismo de naturaleza y sus implicaciones con la oferta de talleres de educación ambiental en el estado de Tabasco.
- c) Describir el área de estudio donde se realizará el taller: Finca Cholula.
- d) Diseñar y realizar un taller de educación ambiental para niños.

- e) Evaluar el aprendizaje y la actitud de los niños respecto a los temas ambientales seleccionados.

## **Materiales y métodos**

Esta investigación partió de la revisión y el análisis de literatura especializada en la caracterización del turismo de naturaleza, especialmente del ecoturismo. Relacionando este último con la importancia y la necesidad de la educación ambiental, refiriendo a los talleres de educación ambiental en el contexto no formal, enfocada a niños. Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo de la Finca Cholula de Comalcaco, Tabasco; la cual cumplió la función de zona de estudio muestra para el emprendimiento de la impartición de talleres de educación ambiental para niños como un ejemplo de la oferta de productos turísticos sustentables y complementarios en la Ruta del Cacao al Chocolate. La investigación consistió en diseñar un taller centrado en temas relacionados con el medio ambiente y su conservación dirigidos a niños, visitantes, de la Finca Cholula. El taller consistió en un día de actividades dinámicas y didácticas empleando materiales como papel reciclado, presentaciones de fragmentos de videos documentales, recorridos por la Finca para observar la diversidad de flora y fauna; tomando como referencia un taller realizado con anterioridad, en el cual se abordaron los temas de: alternativas para nuestro mundo, reusar y reciclar y las fincas cacaoteras. En una entrevista que se le realizó al gerente de la Finca, sugirió los temas de desarrollo sustentable, deforestación y reforestación; pero por tratarse de niños de 2do grado de primaria se decidió abordar sólo los temas de deforestación y reforestación, anexando el tema de reciclaje ya que éste es un tema importante y se relaciona con los temas ya antes mencionados. Además de ser un tema interactivo y adecuado para niños de esa edad. Con base en lo anterior, se realizó en la Finca Cholula un taller de educación ambiental que implicó la participación voluntaria de un grupo de niños de nivel primaria de la escuela pública rural Felipe Berriozábal ubicada en la ranchería Gregorio Méndez 2da Sección perteneciente al municipio de Comalcalco,

específicamente al grupo de segundo grado grupo único. El motivo principal por el cual se seleccionó este grupo de niños es porque tienen edad de entre 7 y 8 años y es en esta etapa donde los niños ponderan la importancia de la adquisición de conocimientos, capacidades actitudes y valores que se manifiesten en una relación responsable con el medio natural. Desde esta óptica, ciencias naturales, geografía, historia y educación cívica en primer y segundo grados se integran en un solo texto, cuyo elemento articulador es el conocimiento del medio natural y social que rodea al niño; la idea es comenzar por lo inmediato por lo cercano al niño, con lo que se relaciona con su entorno cotidiano (Terrón, 2004).

Por otra parte, con el objetivo de obtener la autorización y confianza de los padres de los niños seleccionados, se realizaron visitas a sus casas el día 13 de octubre de 2012 para invitarlos a participar en el taller. Fue así que el taller de educación ambiental se llevó a cabo en la Finca Cholula el día 21 de octubre del 2012 a partir de las 9:00 am con una duración de cuatro horas, con un total de 15 asistentes; 7 niños y 8 niñas. Cabe mencionar que el taller no tuvo ningún costo para los participantes. Para tener control del grupo seleccionado, el taller duró 4 horas y se realizó un sólo día ya que, de esta forma se lograron obtener mejor los datos de la evaluación realizada basada en las siguientes actitudes y valores que se pretendió desarrollar en los niños/as:

- a) Aprecio y cuidado por un ambiente limpio y sano.
- b) Sensibilización en el cuidado del ambiente.
- c) Responsabilidad en la disposición adecuada de la deforestación.
- d) Participación activa en la reforestación.

La programación del taller consistió en el desarrollo de actividades teórico-prácticas distribuidas a lo largo del horario establecido en dos partes. La primera parte se habló acerca de la deforestación y reforestación; y una segunda parte se platicó del tema de reciclaje. Los materiales y herramientas empleados en las actividades del taller fueron: cartulinas, marcadores, pegamento, crayolas, pinturas, tijeras, pinceles y hojas de colores. Por otra parte, las herramientas que se utilizaron fueron palas

rectas, cubetas y machetes. El material utilizado tuvo un costo total de \$211; mientras que el equipo didáctico formado por laptop, cañón proyector, extensión, micrófono, bocinas y mantas no tuvo ningún costo. Al igual que las instalaciones, el mobiliario y las herramientas empleados en cada una de las actividades del taller fueron proporcionados por el organizador y el gerente de la Finca.

Para la medición del impacto del taller se utilizaron como instrumentos dos cuestionarios, uno de evaluación inicial y otro de evaluación final con preguntas estrechamente relacionadas con el tema. El primero, para conocer cuánto sabían los niños acerca de los temas a tratar, constó de dos partes; la primera parte integrada por siete preguntas acerca de deforestación y reforestación; y la segunda parte de cinco preguntas acerca del tema de reciclaje; esta evaluación se realizó con la finalidad de evaluar el conocimiento inicial del participante y de esta forma comparar los resultados obtenidos al finalizar el taller utilizando la misma técnica de evaluación. Al igual que la anterior, la evaluación final se conformó de seis preguntas abiertas para el tema de reforestación y deforestación; y tres preguntas para el tema de reciclaje. Además de manera complementaria se incluyeron tres preguntas referentes a lo que observaron y escucharon los niños durante el taller. Cabe mencionar que, tanto la evaluación inicial como la final, fueron estructuradas con preguntas breves, concisas y resumidas, ya que por ser dirigidas a niños es lo más recomendable de acuerdo con los programas educativos y conforme al tipo de aprendizaje cognoscitivo de los niños.

## **Resultados y discusión**

Al iniciar el taller se observó que todos los niños estaban muy emocionados de participar en la realización de esta actividad, pues para la mayoría de ellos era la primera vez que asistían a un evento de este tipo por lo que se mostraron muy interesados en colaborar y tenían mucha curiosidad por saber de qué se trataba el taller, razón por la cual constantemente realizaban preguntas al instructor y en todo

momento se les indicaba que prestaran atención a las explicaciones, para motivar su participación y gratificación a su esfuerzo se les premio.

Antes de iniciar la exposición se realizó una evaluación del conocimiento previo que tenían los niños sobre la temática a tratar en el taller. De los cuales el 40% de los asistentes conocían el significado de deforestación y el otro 60% no tenían idea de su significado por consiguiente el 66.6% de los alumnos saben que la palabra reforestación significa plantar árboles. Por lo tanto, el 33.3% aún no conocían su significado; pero cabe señalar que un 80% de ellos ha plantado algún árbol en su vida. Por otra parte, en el tema de reciclaje la mayoría de los asistentes conocían cómo se debe separar la basura antes de tirarla y sabían cuáles son los materiales que se puede reutilizar nuevamente ocupando así un 53.3%; por otro lado el 26.6% de los estudiantes tenían alguna idea del tema y el 20.1% no conocía nada acerca del tema.

Así mismo, durante la exposición de los temas; los niños expresaban sus inquietudes conforme se les presentaban las diapositivas y se les mostraban los videos con dibujos animados alusivos al tema con la finalidad de que prestaran atención y comprendieran mejor la información. Al concluir la presentación de los temas se dio un breve lapso de tiempo para comentar entre todos los participantes los puntos más sobresalientes de cada tema y conocer la opinión de los niños. En este punto la mayoría coincidió en que los temas fueron fáciles de apreciar y de comprender lo que permitió que captaran el mensaje central de cada uno de los temas presentados. Algunos manifestaron que les gustaría continuar informándose y realizar mejores acciones en beneficio del planeta.

Se encontró que el manejo del tiempo para realizar las actividades y presentar la información juega un papel sumamente importante en los niños, pues ellos no consiguen mantener su atención en una sola cosa por mucho tiempo. También se comprobó que los niños captan mejor la información y aprenden más cuando se les presenta de manera dinámica y ejemplificada. Igualmente el conocimiento previo

sobre una recompensa o premio motiva al niño a involucrarse más en una actividad y a participar de manera más activa. El hecho de llevar a la práctica la teoría confirma lo aprendido y se queda en el pensamiento de los niños por mucho más tiempo.

Las habilidades y destrezas que realizaron los niños/as fueron el desarrollo del análisis crítico sobre la problemática del planeta tierra y de la importancia de la protección de la flora y fauna, para lo cual, demostraron sus habilidades elaborando carteles relacionados con los temas y la creación de manualidades empleando materiales reciclados; además tuvieron la oportunidad de convivir con otros niños realizando actividades didácticas de acuerdo al tema como fue el establecimiento de plantas de cacao en la Finca.

Por otra parte, con base en las respuestas obtenidas en la evaluación final se obtuvo que, de los 15 niños que asistieron al taller, 13 de ellos ampliaron sus conocimientos en el significado de deforestación y reforestación, así mismo conocieron la importancia del cuidado del medio ambiente y sus beneficios; y los 2 restantes no comprendieron bien este tema.

Finalmente, el interés que los niños presentaron fue muy notorio, manifestando que lo que más les agrado fue plantar un árbol que correspondió al tema de reforestación y deforestación para lo cual se les entregó un arbolito de cacao y se procedió a establecerlo en la finca; con esta actividad los participantes reafirmaron lo que se les presentó en las diapositivas. En cuanto al tema de reciclaje se les entregó material que normalmente se desecha como cartón, latas y artículos de papelería con los cuales decoraron su lata para darle un nuevo uso, como porta objetos.

## Conclusión

El taller de educación ambiental que se impartió en la Finca Cholula fue muy satisfactorio para los niños que participaron, de igual forma para el gerente y el organizador, ya que durante el taller los niños demostraron gran interés en los temas y su entusiasmo por volver a participar en el taller. Por otro lado, se sugiere dar seguimiento al taller como una forma de seguir motivando a los visitantes a conservar el medio ambiente y a que se tome conciencia sobre estos temas de importancia.

Además de implementar el servicio de los talleres de educación ambiental en otros segmentos de mercado como son profesionistas y estudiantes quienes son los que asisten más a la Finca, sobre todo de procedencia local y nacional en los meses de junio y abril cuando se presenta la mayor demanda turística en la Finca.

Para concluir, la viabilidad de esta investigación muestra que los niños aprenden mejor por medio de visualizaciones y sonidos así como realizar prácticas ya que de esta forma su sistema de aprendizaje es mejor, más claro y preciso, el 96% de los asistentes al taller obtuvieron un mejor aprendizaje. Por lo tanto, el taller es factible para su realización.

Además, se considera que los talleres de educación ambiental pueden ser ofertados como un producto o servicio turístico adicional a los que actualmente presenta la Finca a los visitantes, pues unifica la información teórica con la práctica al realizar actividades en contacto directo con la naturaleza generando en los niños mayor interés y preocupación por el cuidado y la conservación de su entorno.

## **Bibliografía**

SECTUR (2004). Fascículo 1. Turismo Alternativo. Una nueva forma de hacer turismo. México. 60 p.

SECTUR (2007). Elementos para Evaluar el Impacto Económico, Social y Ambiental del Turismo de Naturaleza en México. México. 158 p.

Terrón, E. (2004). La educación básica, un proyecto inconcluso, Revista Latinoamericana de estudios educativa, 4to trimestre. México.

## **Tema 5.3. Evaluación de las asignaturas de educación ambiental en la DACSYH-UJAT (estudio de campo).**

**Areanna Hernández Jiménezy MarthaSalgado Miranda.**  
areanna.hernandez@ujat.mx

### **Resumen**

Como parte de la política pública ambiental en México, la educación ambiental es planeada como uno de los instrumentos dirigidos a la sociedad en el ámbito escolar y extraescolar a fin de lograr a favor del desarrollo social y del ambiente conductas racionales. La educación ambiental en la División Académica de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, tiene presencia en los programas educativos de las Licenciaturas en Derecho, Historia y Sociología correspondientes a los planes de estudio 2003 a través de la impartición de las asignaturas: Cultura ambiental, Ambiente y Sociedad y Derecho Ecológico. Para conocer el nivel de asimilación de conocimientos de las materias de educación ambiental entre los estudiantes de la división académica, se realizó la investigación de tipo cuantitativo, en el cual se exploró una muestra del 10% de la matrícula estudiantil de los primeros semestres de las tres licenciaturas, de los planes de estudio 2003, correspondiente a los Ciclos Escolares 2008–2010. Con la finalidad de conocer en este centro de estudios el alcance de los objetivos del diseño curricular de las asignaturas ambientales.

### **Introducción**

El análisis elaborado en el estudio de campo, muestra los resultados de la planeación en el diseño curricular de los planes de estudio de la División Académica de Ciencias Sociales y Humanidades (DACSYH) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT, en la formación de la educación ambiental en la entidad. Por medio del proceso enseñanza-aprendizaje de las asignaturas: Cultura ambiental, Ambiente y Sociedad y Derecho Ecológico, materias sustantivas e integrales ubicadas dentro de los planes y programas de estudios de las Licenciaturas en Derecho, Historia, Sociología.

Las Ciencias Sociales permiten el acercamiento para el desarrollo de la práctica de la enseñanza de las asignaturas ambientales a través de las teorías desarrollo sustentable, educación ambiental, derecho ambiental, conflictos, socioeconómicas,

comunicación social y constructivismo. Orientando también la práctica de la enseñanza desde el campo de la investigación en la Educación Superior en México, utilizadas por el profesor que imparte las asignaturas antes mencionadas, con el objetivo de proporcionarle al alumno las herramientas necesarias para la comprensión de los contenidos y que éstos propician el interés por la dimensión hombre-naturaleza. Con la investigación se buscó determinar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de educación ambiental que se imparten en la División Académica, cuyo contenido busca proveer al estudiante la cultura conservacionista y el fomento sustentable del medio ambiente.

## **Materiales y métodos**

Para acercarnos al objeto de estudio del trabajo de investigación, se elaboró un estudio de campo que permitió conocer cómo se desarrolla dentro de las aulas el contenido educativo de las asignaturas ambientales. En el cual se aplicó un cuestionario de trece preguntas a una muestra representativa del 10% de la matrícula estudiantil, correspondiente a los periodos escolares 2008-2010, en la DACSYH-UJAT. De acuerdo con la investigación cuantitativa y el enfoque del estudio descriptivo correlacional se explican los resultados obtenidos en las encuestas.

<b>Ciclo Escolar</b>	<b>Grupos</b>	<b>Alumnos</b>
Febrero – Agosto 2008.	6 grupos de primer semestre	210
Agosto 2008 – Febrero 2009.	5 grupos de primer semestre	179
Febrero – Agosto 2009.	6 grupos de primer semestre	219
Agosto 2009 – Febrero 2010.	5 grupos de primer semestre	185 Alumnos
Febrero – Agosto 2010.	7 grupos de primer semestre	270 Alumnos

<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>
5 Semestres	29 grupos de primer semestre	1063 Alumnos

Como se ilustra en la tabla los cinco semestres forman 29 grupos con 1063 alumnos encuestados, de los cuales se toma la muestra de 107, aplicando el cuestionario de trece preguntas a cada uno. Para la validación del cuestionario se aplicó 5 cuestionarios a maestros que imparten las asignaturas de contenido ambiental.

## Resultados y discusión

De acuerdo al enfoque de la investigación cuantitativa se explican los resultados obtenidos en las encuestas.

Preguntas	Respuestas y porcentajes
1.- ¿Tenía algún conocimiento sobre la educación ambiental en México, antes de cursar la asignatura de Cultura ambiental?	<p>1.- El 100% de los encuestados responde tener conocimiento sobre la educación ambiental en México, antes de haber cursado la materia de Cultura ambiental en la universidad.</p> <p>De lo anterior se deduce que el trabajo educativo en esta materia servirá para reforzar los conocimientos adquiridos en otros niveles educativos.</p> <p>La información que proporciona la encuesta, da las bases para considerar que es correcto encauzar a los estudiantes a la realización de investigaciones científicas, de manera</p>

	interdisciplinaria, asociadas con las diversas disciplinas de su trayectoria académica.
<p>2.- ¿Cómo consideras las políticas públicas ambientales?</p> <p>a) Informativas.</p> <p>b) De carácter político.</p> <p>c) Educativas</p>	<p>2.- El 75% consideró que las políticas públicas ambientales son de carácter político, al apreciar que son los gobiernos y sus instituciones quienes impulsan el cuidado y protección del ambiente.</p> <p>Siendo tarea de los profesores reforzar el conocimiento y reorientarlo hacia la toma de conciencia de que sí bien los gobiernos tienen la responsabilidad de programar, desarrollar y ejecutar la política ambiental, la sociedad es igualmente corresponsable.</p> <p>Ahora bien el restante 25% de los encuestados estima que las políticas públicas son de carácter informativo, por tal razón los educadores deberán promover la adecuada formación de los estudiantes de educación superior, a fin de que tengan un conocimiento integral del significado de las políticas públicas ambientales.</p>
3.- ¿Según tu parecer que factores intervienen en la educación ambiental?	3.- Cuando se les cuestionó sobre qué factores intervienen en la educación ambiental, el 75%

	<p>argumenta que el factor sociocultural es el predominante en la percepción del cuidado del entorno. Asimismo el otro 25% afirmó que el factor político marca la tendencia en la protección de los bienes naturales.</p>
<p>4.- ¿Conoces alguna Ley que contemple que la educación ambiental debe ser impartida en todo los niveles educativos?</p>	<p>4.- El 75% afirma conocer leyes que contemplan la educación ambiental y su aplicación en todos los niveles educativos. Por otra parte un 25% desconoce la existencia de una legislación que señale la obligatoriedad de impartir ésta en los diversos niveles educativos.</p>
<p>5.- El proceso de formación conocido como educación ambiental se incluye en:</p> <p>a).- Artículo tercero de la Constitución Federal.</p> <p>b).- Artículo tercero de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</p> <p>c).- Artículo cuarto de la Constitución Federal.</p>	<p>5.- Se les preguntó cuál es la norma jurídica que incluye la educación ambiental como proceso de formación, obteniendo que un 100% dice conocer con exactitud que es el artículo 39 de la LGEEPA, el precepto normativo de la educación ambiental en nuestro país.</p> <p>De acuerdo a los resultados observamos que el trabajo realizado por los profesores investigadores que imparten las asignaturas de contenido educativo ambiental ha logrado cumplir con los objetivos del proceso de enseñanza aprendizaje que</p>

	proponen los planes de estudios de las Licenciaturas en Derecho, Historia y Sociología.
<p>5.- El proceso de formación conocido como educación ambiental se incluye en:</p> <p>a).- Artículo tercero de la Constitución Federal.</p> <p>b).- Artículo tercero de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</p> <p>c).- Artículo cuarto de la Constitución Federal.</p>	<p>5.- Se les preguntó cuál es la norma jurídica que incluye la educación ambiental como proceso de formación, obteniendo que un 100% dice conocer con exactitud que es el artículo 39 de la LGEEPA, el precepto normativo de la educación ambiental en nuestro país.</p> <p>De acuerdo a los resultados observamos que el trabajo realizado por los profesores investigadores que imparten las asignaturas de contenido educativo ambiental ha logrado cumplir con los objetivos del proceso de enseñanza aprendizaje que proponen los planes de estudios de las Licenciaturas en Derecho, Historia y Sociología.</p>
<p>6.- ¿Consideras que las normas ambientales fomentan adecuadamente la Educación ambiental?</p>	<p>6.- Un 50% respondió en sentido positivo, que a su parecer las normas ambientales cumplen con fomentar la conservación del medio ambiente. Un 25% aprecia que la educación superior debe fomentar la cultura conservacionista del entorno. El 25%</p>

	<p>restante dice que debido a la educación ambiental se protegen los recursos naturales.</p>
<p>7.- ¿Consideras adecuadas las asignaturas de contenido ambiental incluidas en los programas de las Licenciaturas en Derecho, Historia y Sociología?</p>	<p>7.- Al preguntarles el 100% responde que sí, porque se adquiere conocimientos conservacionistas y se logra una mayor comprensión de la responsabilidad de proteger el medio ambiente.</p>
<p>8.- Las asignaturas de contenido ambiental en los programas de las Licenciaturas de la División Académica son de tipo:</p> <p>a) Formativo</p> <p>b) Instruccional</p> <p>c) Educativo</p>	<p>8.- El 100% contesto que las asignaturas son de carácter formativo integral.</p>
<p>9.- ¿Qué opinión tienes respecto del perfil de los profesores que imparten las materias de contenido ambiental?</p> <p>a).- Se actualizan constantemente.</p> <p>b).- Dominan el contenido de las asignaturas ambientales.</p> <p>c).- Son investigadores en el área.</p>	<p>9.- Al pedirles su opinión respecto del perfil de los profesores que imparten las materias ambientales en las tres licenciaturas de la División, el 75% expresa que los profesores investigadores cuentan con el perfil adecuado en la temática ambiental y el 25% sobrante contestó que sus profesores se actualizan constantemente en el área.</p>
<p>10.- ¿Conoces de algún trabajo de investigación del área ambiental, que se haya realizado en la división académica?</p>	<p>10.- También se indagó si conocen que en su División Académica se realicen investigaciones sobre el tópico ambiental, encontrando que un</p>

<p>a).- Sí. b).- No.</p>	<p>100% sabe que se realizan y que les han sido de utilidad en su formación académica.</p>
<p>11.- ¿Dentro de las asignaturas ambientales has trabajado en algún proyecto de investigación en esta materia? a).- Sí. En cuántos y cuándo? b).- No. ¿Por qué?</p>	<p>11.- De igual manera se observó que en un 100% los estudiantes han realizado y participado en proyectos de investigación científica en el tema ambiental.</p>
<p>12.- ¿En dónde has visto aplicado el desarrollo sustentable?</p>	<p>12.- Otra de las interrogantes, es si perciben la aplicación del desarrollo sustentable como modelo económico y social en armonía con la naturaleza, respondiendo el 75% que en México, este modelo se aplica en el desarrollo nacional para la protección del medio ambiente y el equilibrio ecológico.</p>
<p>13.- ¿Cuáles son los beneficios que las asignaturas ambientales han aportado a tu formación académica?</p>	<p>13.- A esta el 100% argumento que gracias al contenido de las asignaturas ambientales, son conscientes de la responsabilidad que tienen todos los sectores de una sociedad de participar y contribuir en el cuidado de la naturaleza, sus elementos y recursos naturales.</p>

## Conclusión

El trabajo de campo demostró que científicamente se está creando una conciencia ecológica conservacionista, siendo presente que aun cuando la ciencia y la tecnología propician deterioros ambientales, son éstas las que plantean bases científicas para proteger al medio ambiente y esto se convierte en educación en la medida que los paradigmas sociales asumen la responsabilidad y a través de los gobiernos se trabaja en función de proteger al medio ambiente. La UJAT en sus planes y programas de estudio se enfoca en el proceso de enseñanza-aprendizaje a trabajar en las políticas educativas a nivel superior.

Entre las nuevas generaciones de mexicanos que han cursado estudios de bachillerato y que actualmente realizan estudios de licenciatura en la DACSYH de la UJAT, existe conciencia de la responsabilidad social para cuidar del medio ambiente, aunque algunos tienen la percepción de que el trabajo de protección ambientalista es más de contenido político que de verdadero interés social, por lo que debe de promoverse, el que la educación ambiental les proporcione un conocimiento integral de la materia.

Se observó también una ligera inconsistencia en el conocimiento del contenido de la normatividad ambiental. Los estudiantes encuestados consideran adecuados los contenidos de las asignaturas de tipo ambiental, así como el perfil académico de sus profesores. Saben que en la División Académica se realizan investigaciones de este contenido e incluso informan haber participado en ellas, considerando benéfico esta experiencia.

Por todo lo anterior se considera que la inclusión de la educación ambiental en la enseñanza de las asignaturas de tal contenido es satisfactoria, aunque existen áreas de oportunidad que es necesario atender para mejorar el proceso enseñanza aprendizaje.

Actualmente en la División Académica estas asignaturas han sido actualizadas en los planes de Estudios 2010. En la Licenciatura en Derecho se actualizó la materia Derecho ecológico por Derecho Ambiental, aumentando incluso el número de horas

a la semana, así también en la Licenciatura en Sociología se incluyó la asignatura Desarrollo Sustentable.

## **Bibliografía**

Bonnefous, Edouard, (1973). *¿El Hombre o la Naturaleza?* México: Fondo de Cultura Económica.

Carmona, María, (2001). *Derechos en Relación con el Medio Ambiente*. México: Cámara de Diputados LVIII Legislatura.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, última reforma, 11 de junio de 2013.

H. Congreso de la Unión, Cámara de Diputados LXII legislatura, Ley General de Educación, Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada, 10 de junio de 2013.

H. Congreso de la Unión, Cámara de Diputados LXII legislatura, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada, 07 de junio de 2013.

Juste, José, (1999). *Derecho Internacional Ambiental*. Madrid: McGraw Hill.

López, Pedro y Ferro, Alejandro, (2006). *Derecho Ambiental*. México: Iure Editores. Plan de Estudios de la Licenciatura en Derecho, 2003. División Académica de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Plan de Estudios de la Licenciatura en Sociología 2003. División Académica de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Quintana, Jesús, (2005). Derecho Ambiental Mexicano, Lineamientos Generales.  
México: Porrúa.

Reyes, Felipe y Bravo, Teresa (2008). Educación Ambiental para la sustentabilidad en México. Aproximaciones conceptuales, metodológicas y prácticas. México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Smith, N.J., (1997). ¿Qué es educación ambiental? Estados Unidos: University of Illinois Cooperative Extension Service.

## **Tema 5.4. Multiplicación de la estrategia educativa ambiental, reserva natural urbana/gestión ambiental escolar y certificación bandera verde “por una ciudadanía activa”. Renard Norberto Cura. renardcura@gmail.com**

### **Resumen**

Se muestra la experiencia educativa ambiental de una ONG en una Reserva Natural Urbana aplicando el Ciclo de Indagaciones como metodología de enseñanza y un Sistema de Gestión Ambiental Escolar y Certificación “Bandera Verde” con el fin último de formar una ciudadanía activa. Se trata de multiplicar espacios como Reservas Naturales Urbanas en distintos lugares de la Provincia de Misiones, Argentina y en ellas un circuito armado con preguntas respondibles a primera mano, comparativas, atractivas y sencillas, que abarcan un amplio espectro de las relaciones interespecíficas que ocurren en la naturaleza y los efectos de la acción del hombre sobre ella, para conformar una red en donde se enseñe a los alumnos de las escuelas a aprender a ver, descubrir, comparar, reflexionar y extrapolar directamente de la observación de la naturaleza y de esa forma a pensar creativa, positiva y críticamente. Las visitas escolares son sistemáticas y gratuitas. Esto como instrumento pedagógico de un Sistema de Gestión Ambiental Escolar en donde se trabaja con las escuelas en un diagnóstico de la situación de cada escuela y de su respectivo entorno seguido de un plan de acción para solucionar problemas ambientales y de desarrollo sustentable de las potencialidades de cada lugar.

### **Introducción**

Se trata de detectar espacios que puedan adecuarse como Reservas Naturales Urbanas (RNU) en distintos lugares de la Provincia y asociar estos lugares a escuelas que voluntariamente quieran asociarse al Sistema de Gestión Ambiental Escolar y Certificación “Bandera Verde”. Las escuelas incorporadas deben establecer una metodología de trabajo que partiendo de las mismas involucre a los educandos, docentes, personal administrativo, de mantenimiento, vecinos, familiares, etc. que tienda a establecer pautas amigables con el ambiente dentro de la escuela y de desarrollo sustentable del entorno teniendo siempre a la escuela como eje. Para esto conforman un Comité Ambiental con representantes de los involucrados que realiza un Diagnóstico de los ámbitos pedagógico, escolar y del entorno y determina

un Plan de Acción que tienda a solucionar los problemas detectados y elaborar propuestas para el desarrollo sustentable de la comunidad aledaña con epicentro en cada escuela que voluntariamente se inscriba en el Programa.

Nuestra metodología de trabajo aplicando el Ciclo de Indagaciones en una Reserva es innovadora dado que a través del cuestionamiento sistemático se despierta el interés de los educandos que descubren, comparando, reflexionando y extrapolando directamente de la naturaleza y de esa forma aprenden a pensar creativa, positivamente, mientras que el conocimiento tiende a nacer de la misma persona investigadora, será entonces un producto sólo de su mente. Tal conocimiento valdrá mucho más que el de libros o explicaciones de otras personas, generando la propia autoestima. Nuestros logros hablan a las claras. En el año 2012 hemos alcanzado un nuevo record de 4542 visitantes escolares que participaron de los Mini Eco Talleres en nuestra Reserva Natural Urbana de Posadas y en el corriente año lectivo 2013 estaremos superando los 37.000 visitantes escolares desde cuando comenzamos a mediados del 2003, sin haber hecho jamás publicidad, salvo el boca a boca, y todos los años quedamos sin más espacio para visitas a partir del mes de mayo y habilitamos una lista de espera que normalmente supera los 3000 alumnos.

Las RNUs son además una excelente alternativa para estimular la participación pública en temas ambientales, ya que la gran mayoría de ellas se originan en movimientos de ciudadanos que han pensado, discutido y consensuado objetivos sobre un espacio común y elevado sus propuestas a las autoridades.

Los beneficios que traen aparejados estas reservas, son:

1. Contribuir con la educación ambiental de la población.
2. Generar acciones demostrativas que permitan a la comunidad solucionar problemas de contaminación de los arroyos, de erosión de sus costas, particulares de la región y generales del medio ambiente.
3. Asistir a los gobiernos provincial y municipal en una mejor administración del patrimonio natural urbano.
4. Capacitar grupos de trabajo locales.

5. Concientizar a los docentes y alumnos de las escuelas mediante visitas guiadas utilizando el sistema de indagaciones guiadas de la enseñanza de la ecología en el entorno cotidiano.
6. Consolidar áreas protegidas urbanas representativas de las unidades ambientales y del ecosistema presente en la región donde está insertada.
7. Acercar la comunidad a la naturaleza.
8. Propender a crear una conciencia ecológica en la comunidad
9. Inculcar en los niños los hábitos de la observación de las maravillas de la naturaleza, de la interrelación entre animales, insectos, aves, plantas, árboles, etc.

## **1. Estrategia Educativa Ambiental Global**

Nuestra estrategia educativa ambiental se centra en la multiplicación de estos espacios y en la Gestión Ambiental Escolar y Certificación “Bandera Verde” que tiende a:

- Motivar la participación de los alumnos, docentes y de la comunidad en general.
- Involucrar a las escuelas en una propuesta que logre motivar a la comunidad en su conjunto.
- Promover la participación activa y solidaria de la sociedad partiendo del entorno de cada Establecimiento Educativo para lograr que participe de su propio desarrollo. A través del seguimiento y monitoreo se producirá la consolidación de esta experiencia y su desarrollo en otros polos en la Provincia. Se estima que este conjunto de actividades no sólo ayudará a crear conciencia ambiental y alfabetizar ecológicamente a la comunidad sino que ayudará a despertar la conciencia sobre el potencial singular de cada zona promoviendo el desarrollo junto a la sustentabilidad, tanto de la agricultura

como del turismo, comercio, industria y desarrollo urbanístico de cada zona de la Provincia, contribuyendo de esta forma a su ordenamiento territorial.

- Conducir a la comunidad hacia el reconocimiento de las causas de las distintas formas de contaminación.
- Fomentar las actividades de trabajo en la escuela y el barrio para disminuir los Residuos Sólidos Urbanos, separarlos y estimular el reciclaje.
- Coadyuvar al mejoramiento del nivel de vida de la población mediante el desarrollo sustentable con la plena participación de la comunidad.

Ejemplos de indagaciones:





Reserva Natural Urbana, Rincón Nazarí, enseñando a ver

Comparar los troncos de dos diferentes árboles, la mora (*Morus alba*) y el curupaí (*Anadenathera columbrina*), que tienen una textura de la corteza muy diferente ¿cuál tiene más musgos y helechos encima, la mora o el curupaí? A primera vista uno se da cuenta de que es el curupaí, porque tiene la corteza bien rugosa y por eso mantiene más la humedad buscada por los helechos y musgos para vivir. ¿Y estos crecen sobre todo el tronco del curupaí o solamente de un lado? ¿De qué lado habrá más con relación a los puntos cardinales? ¿Y cómo se pueden relacionar los puntos cardinales, la órbita del sol, y los helechos creciendo sobre los troncos? ¿Los helechos estarán del mismo lado en el hemisferio norte? Y con este conocimiento, ¿de qué lado pondremos una ventana en una casa para aprovechar más la luz natural y consumir menos energía eléctrica en el hemisferio sur? ¿Y en el norte? Así los alumnos van aprendiendo sobre la ecología, la naturaleza, las maravillas y la belleza de sus detalles, y van relacionando esto con geografía, cosmología, arquitectura y en definitiva con cuestiones prácticas que les servirán para siempre.





Comparando los helechos y musgos sobre los troncos

Bandera Verde: Además de las visitas escolares que vienen todos los días, la ONG trabaja también en escuelas, con el programa de Gestión Ambiental Escolar y Certificación 'Bandera Verde' que se lanzó a nivel provincial en el año 2004. Bandera Verde tiene como objetivo trabajar con las escuelas para devolverles su rol como protagonistas en la sociedad y efectuar cambios sociales y culturales tendiendo a desarrollar una comunidad sustentable.

El trabajo empieza en las escuelas y se lleva a cabo en tres ámbitos: En el **ámbito pedagógico** buscando transversalizar la educación ambiental en el currículo, implementando además el Ciclo de Indagación para el desarrollo del pensamiento reflexivo y creativo en los educandos.

En el **ámbito escolar** la escuela trabaja en proyectos ambientales según las posibilidades y los problemas que tiene cada escuela. Los proyectos pueden ser: la separación de las botellas de plástico, el papel y las latas y la consecuente venta a

empresas recicladoras, proyectos de huerta orgánica, vivero con plantas nativas y reciclaje de los desechos orgánicos en un compost, proyectos de conservación ambiental y/o embellecimiento de la escuela haciendo jardinería, producción de plantas aromáticas y repelente a base de aceites esenciales, producción de plantas frutales y la elaboración y venta de los productos, talleres de artesanía regional, con RSU, joyería textil y su venta y muchos otros proyectos más según la situación de la escuela y su entorno. Con el ingreso de la venta de estos productos, la escuela puede mejorar su situación económica.





Alumnos trabajando en el ámbito escolar, separando los residuos sólidos urbanos para reciclar

Por último en el **ámbito del entorno**, se difunden las ideas en el barrio. Para ello se conforma el Comité Ambiental mediante la participación de docentes, alumnos, personal de maestranza, parientes, vecinos, miembros de comisiones barriales, etc. En este ámbito la escuela vuelve a ser la protagonista de su barrio, el rol que tendría que tener siempre una escuela como lugar de formación de los jóvenes. A través de ella se intenta cambiar la situación de toda la comunidad. Para empezar este trabajo primero hay que analizar, cuál es la situación del entorno, los problemas y posibilidades que tiene el barrio para el desarrollo sustentable. Los proyectos en el barrio varían según su localización, en los barrios urbanos por ejemplo el problema mayor es el tema de los residuos sólidos urbanos. Entonces la escuela actúa concientizando a los vecinos para cuidar más su ambiente y aprendan lo que significa una vida sustentable. Para lograrlo la educación y concientización sobre la separación de la basura es de gran importancia.



Alumnos con la Bandera Verde, el certificado del programa, y plantando árboles en su barrio (ámbito entorno)

## Resultados y discusión

Resumimos a continuación algunos logros y actividades realizadas con las escuelas inscriptas:

<b>Escuela</b>	<b>Localidad</b>	<b>Actividades que merecieron distinción “Bandera Verde”</b>
EFA San Vicente Paul	San Vicente	Creó el Jardín Botánico de esa ciudad en donde se replica la sistematicidad y método de enseñanza de Rincón Nazarí, además tiene un programa de recuperación de las vertientes mediante la plantación de nativas en sus cuencas.
EFA Espíritu Santo	El Soberbio	Se consiguieron los fondos de la Nación para instalar en la escuela el equipamiento para la elaboración de repelente en base a aromáticas de producción local para agregar valor. Los alumnos se capacitan en el arte de la perfumería y otros productos mediante la fabricación, desarrollo y comercialización de repelente para insectos en base a citronela, etc.
Esc. Nro. 48 y Nro. 674	Posadas	Ambas escuelas han sido pioneras y modelos en el reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos, su comercialización y con lo producido pintar la escuela, consorcios, edificios públicos del entorno, mejora de los espacios verdes, etc.
Esc. Nro. 521	Barrio Fátima Garupá	Movilizó vecindario para que la concesionaria de agua y redes cloacales reacondicionara la estación elevadora de líquidos cloacales del barrio y a partir de ésa todas las estaciones elevadoras de la ciudad que estaban vandalizadas;
Otras Escuelas inscriptas y trabajando activamente en el programa Bandera Verde son la Esc. Nro. 645, Alas y Raíces, Inst. Don Bosco de Posadas, la Esc. Nro. 420 de Yacutinga, BP 25 de Pto Leoni, Esc. Nro. 112 y 819 de Oberá, BOP Nro. 68 Colonia El Chatón, CEP Nro. 28 y CBS Nro.12 de San Vicente, además se han establecido convenios de asesoramiento con la Municipalidad de Dos de Mayo para la creación del Parque de las Colectividades y su puesta en valor y utilización aplicando la misma metodología de Rincón Nazarí; con el Club de Leones de Oberá para la multiplicación de nuestra estrategia educativa ambiental, etc.		

## Discusión

Para que el hombre pueda seguir viviendo en el planeta tierra hay que direccionar la educación hacia la sustentabilidad, en donde la población maneje sustentablemente sus recursos y tenga más contacto con la naturaleza, que es nuestra base para vivir. Para lograrlo la educación ambiental será primordial, tal vez lo más importante para el futuro desarrollo del mundo. Para cambiar algo siempre hay que empezar desde lo pequeño. Con los niños en los jardines de infantes y las escuelas, mostrándoles la

belleza de la naturaleza y creando un vínculo entre niño y naturaleza. Este vínculo es muy importante. Para que un niño realmente aprenda a preocuparse y a cuidar su medio ambiente primero tiene que saber lo que significa y convencerse que vale la pena cuidarlo. Tiene que querer su medio ambiente, valorarlo y respetarlo. (Esto también servirá para respetar a las otras personas, que son parte de su medio ambiente). Para crear un vínculo hay que empezar desde temprano, en la infancia, enseñando las cosas básicas de biología y mostrando a los niños el porqué de los colores y aromas de las flores, la estrategia de cada ser vivo para vivir y multiplicarse o cómo crece un árbol grande de una semilla muy chiquita, de las mariposas, las aves, etc. A los niños del jardín de infantes les encanta ver la naturaleza, se quedan fascinados al ver las flores y las mariposas, actividad que para la mayoría de los grandes ya perdió su encanto. Esta falta de fascinación de los grandes es también una falta en la sociedad, y se refleja en la falta de educación ambiental en las familias, el actor más importante en la educación. Para compensar esta situación, la educación ambiental en las escuelas o lugares como las RNUs será de mayor importancia en el futuro. Enseñar a los jóvenes de hoy es formar la generación de mañana en los valores y cosas que importarán más en nuestro futuro.

En este accionar es importante no confrontar a los jóvenes con demasiados problemas ambientales, puesto que los desmotivaría, y se lograría justamente lo contrario de lo que se intenta. Mostrarles primero lo bueno de la naturaleza para crear el vínculo, y después poco a poco introducirlos en la situación presente del mundo y los masivos problemas que habrá que resolver en el futuro.

## **Conclusión**

Enseñar a los jóvenes desde temprana edad el funcionamiento de la naturaleza, a primera mano, es de vital importancia para su comprensión, preservación y el logro de un desarrollo sostenible. El trabajo en las escuelas tomándolas como eje del desarrollo de su respectivo entorno les devolverá protagonismo a las mismas a la vez

que permitirá el ordenamiento territorial basándose en la corrección de los problemas y el desarrollo de las potencialidades de cada lugar.

## **Bibliografía**

AA.VV, *Árboles urbanos 2*, L.O.L.A., Bs. As. 2001

AA.VV, *Principio y Práctica de la Enseñanza de la Ecología en el Patio de la*

AA.VV. *Misiones, aves*, Golden Company, Bs. As., 2009

AA.VV. *Misiones, orquídeas*, Golden Company, Bs. As., 2007

AUST, Carlos A., *Origen y evolución de las cataratas del Iguazú*, Posadas, 1993

BRAILOVSKY, Antonio Elio, *La ecología y el futuro de la Argentina*, Planeta, Bs. As., 1992

CANEVARI, Marcelo y otro, *100 mamíferos argentinos*, Albatros, Bs. As., 2003

CAPRA, Fritjof, *Las conexiones ocultas*, Anagrama, Barcelona, 2003

CAPRA, Fritjof, *The web of life*, Flamingo, London, 1997

CHINERY, Michael, *Guía práctica ilustrada para los amantes de la naturaleza*, Editorial Blume, Barcelona, 1980

De la VEGA, Santiago, *Iguazú, las leyes de la selva*, Contacto silvestre, Bs. As., 1999

- DRÖSCHER, Vitus B., *Aprender a convivir*, Editorial Atlántida, Bs. As. 1996
- DRÖSCHER, Vitus B., *La vida amorosa de los animales*, Planeta, Barcelona, 1984
- ECO AGRO, compiladores G. Schnittman y Pipo Lernoud, *Agricultura orgánica*, Planeta tierra, Bs. As. 1992
- Escuela*, N. Arango, María Chaves, Peter Feinsinger, Fund. Senda Darwin e Inst. Ecología y Biodiversidad, Chile.2009
- FREULER, Maria Julia, *100 orquídeas argentinas*, Albatros, Bs. As. 2003
- GUTIERREZ, Daniel Eduardo, *Hablar con el bosque*, La Crujía Ediciones, Bs. As., 2009
- HEGUY, Silvina, *Misiones, jesuitas y guaraníes, una experiencia única*, Golden Co, Bs. As., 2009
- HILL, Lewis, *Guía práctica de la poda*, El Ateneo, Bs. As., 1985
- HONEY, Martha, *Ecotourism and sustainable development*, Island press, Washington, 1999
- KLIKSBERG, Bernardo, *Más ética, más desarrollo*, Temas Grupo Editorial SRL, Bs. As., 2004
- Los Campos del norte correntino, Juan Carlos Chebez (Revista El Territorio Año 1999)
- MARTI, José, *Nuestra América*, ALBA BICENTENARIO, La Habana, 2010

Memorias del Tercer Encuentro Nacional de Intercambio de Experiencias en Enseñanza de Ecología, Tandil 27 al 30/05/2003 [www.nuestratierra.org.ar](http://www.nuestratierra.org.ar)

MONK KIDD, Sue, *La vida secreta de las abejas*, Ediciones BCA, Barcelona, 2003

NAROSKY T. y otro, *Aves de Argentina y Uruguay*, Vázquez Mazzini Editores, Bs. As., 1987

NAROSKY T. y otro, *Guía para la identificación de las aves de Iguazú*, Vázquez Mazzini Editores, Bs. As., 2002

OKSMAN, Manuel, *Lecciones de apicultura*, Héctor Mattone, Bs. As., 1990

OLROG, Claes Chr, *Las aves argentinas*, Administración de parques nacionales, Bs. As., 1984

RAINER CINTI, Roberto, *Fauna argentina, Dramas y prodigios del bichero*, Emece, Bs. As., 2005

ROMERO, José Luis, *Latinoamérica, las ciudades y las ideas*, Siglo XXI, Bs- As., 2001

STEINER, Rudolf, *La educación del niño*, Editorial Antroposófica, Bs. As., 2007

STOJANOV, Edith, *Huerta orgánica*, Reysa Ediciones, Bs. As., 2005

SULLIVAN. Karen, *Le Bio en 10 leçons*, Editons France loisirs, Paris, 2001

TRICIO, Aida y otros, *Mariposas de Misiones*, MG Grupo creativo, Bs. As., 2002.

TUMMER, Lía (compiladora), *La sabiduría de Rudolf Steiner*, Longseller, Bs. As., 2001.

[www. Pedagogía Waldorf](http://www.PedagogíaWaldorf)

[www.Cornelius-Castoriadis-El Imaginario Social](http://www.Cornelius-Castoriadis-ElImaginarioSocial)

[www.fee-international.org](http://www.fee-international.org) Foundation for Environmental Education (Fee).

## **Tema 5.5. Programa ambientalmente adecuado para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos generados en una institución universitaria.** José Ramón Laines Canepa, Lucía Hernández Hernández, Shayla Montejo Olán, Araceli Palma Cruz, Cristel Gómez Ricárdez, Rudy Solís Silván, José Aurelio Sosa Olivier, Israel Ávila Lázaro. josra\_2001@yahoo.com.mx

### **Resumen**

Las instituciones educativas de nivel superior deberían ser las promotoras principales de la sustentabilidad en nuestra sociedad. El objetivo del presente trabajo es mostrar los elementos funcionales dentro de un sistema de gestión de residuos de acuerdo a Tchobanoglous *et al.*, 1998. La generación promedio diaria es de  $198.68 \pm 44.22$  kg/división/día. La generación promedio semanal es de  $903.08 \pm 203.13$  kg/división/semana. La generación promedio mensual es de  $3311.30 \pm 326.33$ . Los residuos que más se generan son el Polietileno tereftalato, residuos vegetales, plástico flexible, papel de baño, vidrio, cartón, papel archivo y residuos de comida, 10.05, 9.10, 8.54, 8.47, 6.88, 6.85, 6.71 y 6.13 % respectivamente. Se propone un programa institucional ambientalmente adecuado para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos generados en una institución universitaria. La reducción en el gasto público, limita la capacidad de las instituciones educativas para responder a las medidas que se plantean en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos (SEMARNAT, 2013).

### **Introducción**

Las instituciones educativas de nivel superior deberían ser las promotoras principales de la sustentabilidad en nuestra sociedad. Al generar residuos, se convierten en una fuente de degradación del medio ambiente, con una –pequeña- influencia directa sobre su calidad (Brasington, 2005). El consumo de recursos y las externalidades producidas están en función del número de estudiantes, personal educativo, características del sitio, infraestructuras (incluidos los edificios) y la gestión institucional ((Dascalaki y Sermpetzoglou, 2011; Päivi *et al.*, 2009; Maddox *et al.*, 2011; Patel y Handu, 2010; Buclet, 2002). La gestión de los residuos producidos dentro de la instituciones de nivel superior es de los aspectos medioambientales más importantes a tener en cuenta (Sales *et al.*, 2006, SEMARNAT, 2013). Constituye un

reto mayor a nivel universitario (De vega *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2011) y pre universitario (Getlinger *et al.*, 1996; Marlette y Templeton, 2005). En la actualidad las universidades se han vuelto sensibles y buscan establecer una solución al manejo inadecuado de sus residuos. Un elemento funcional dentro del sistema de gestión de residuos es la cuantificación de la generación de residuos. El presente trabajo, muestra los elementos funcionales dentro del sistema de gestión de residuos generados en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y propone un programa institucional ambientalmente adecuado para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos generados en una institución universitaria. Con los resultados presentados, se pretende que las divisiones académicas de la misma universidad y de otras universidades de la región e incluso de otros países, cuenten con un modelo de manejo integral de sus residuos.

## **Materiales y métodos**

**Establecimiento del programa.** El acuerdo se tomó con los responsables de las fuentes generadoras principales de residuos (personal de las cafeterías y centros de copiados), los trabajadores encargados de la recolección (personal sindicalizados), así como las autoridades administrativas (Dirección, coordinación administrativa, responsable del mantenimiento) y profesor responsable del programa.

**Socialización del programa.** Esta se llevó a cabo a través de reuniones de capacitación para el personal de las cafeterías, centros de copiados, sindicalizados y administrativos. Posteriormente se hizo circular un comunicado en toda la división académica, donde se especificaba del inicio del programa.

**Adecuación del área.** Se habilitó el antiguo sitio donde se depositaban de manera inadecuada los residuos, ésta consistió en la colocación de una geomembrana de PVC de 1.5 mm, con traslapes de 20 cma ras del piso para evitar el filtrado de algún tipo de lixiviado. Se identificó el lugar como Unidad de Transferencia de Residuos Sólidos Urbanos.

## **Implementación del programa**

### **Manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento en el origen**

Todos los residuos generados en las fuentes fueron depositados en bolsas negras de 1.0 X 1.20 m.

### **Recolección**

Se establecieron 4 horarios de recolección:

10:00 am a 11:00 am

13:00 pm a 14:00 pm

16:00 pm a 17:00 pm

19:00 pm a 20:00 pm

**Transferencia y transporte** .La transportación a la Unidad de Transferencia se hace de manera manual, con carretillas y carritos para supermercados.

**Cuantificación** .Una vez, que el generador entregaba los residuos, se pesaron, anotando el peso en una bitácora. Al término de los cuatros turnos, se anotaban los pesos en una base de datos de Excel. Los datos presentados representan la generación diaria de 3 meses.

**Separación, procesamiento y transformación.** Después de pesar los residuos y anotarlos en la bitácora, se separaron totalmente por tipo de subproductos. La separación se realizó manualmente. Los residuos orgánicos, se transportaron al área de composta y de vermicomposta para su procesamiento. Los residuos valorizables, se entregaron a un centro de acopio. Para su posterior transformación. Los residuos que no se pudieron separar, fueron entregados al sistema de aseo urbano del municipio del Centro.

## Resultados y discusión

**Establecimiento y sociabilización del programa.** En la figura 1a, se observa la reunión con personal sindicalizado, de la cafetería y de los centros de copiado, así como autoridades de la DACBIol, en la 1b se promueve a través de la capacitación el programa, los criterios, para la manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento en el origen, los horarios de recolección y la manera en que deben de entregarlo al personal encargado de la Unidad de Transferencia de Residuos Sólidos Urbanos, así como la importancia del manejo ambientalmente adecuado de los residuos.



(a)



(b)

**Figura 1. a)** Personal de cafeterías, centros de copiado y administrativos, **b)** Explicando la importancia del manejo ambientalmente adecuado de los residuos

**Adecuación del área.** En la figura 2, se observa la transformación del lugar, en la figura 2a, se puede ver las condiciones en las que se encontraba el lugar donde cotidianamente se recolectaban los residuos, y en la figura 2b como quedó después de su transformación. Se puede apreciar el letrero, que informa sobre el horario de recolección.



(a)

(b)

**Figura 2. a)** sitio de transferencia de los residuos antes del programa, **b)** Después del programa **Recolección transferencia y transporte.** En la figura 3a, se aprecia en el fondo, el medio de transporte que utiliza el personal de intendencia para llevar los residuos a la Unidad de Transferencia, y en la 3b el control de entrada, que consiste en pesarlos y vaciar sus datos en una bitácora.



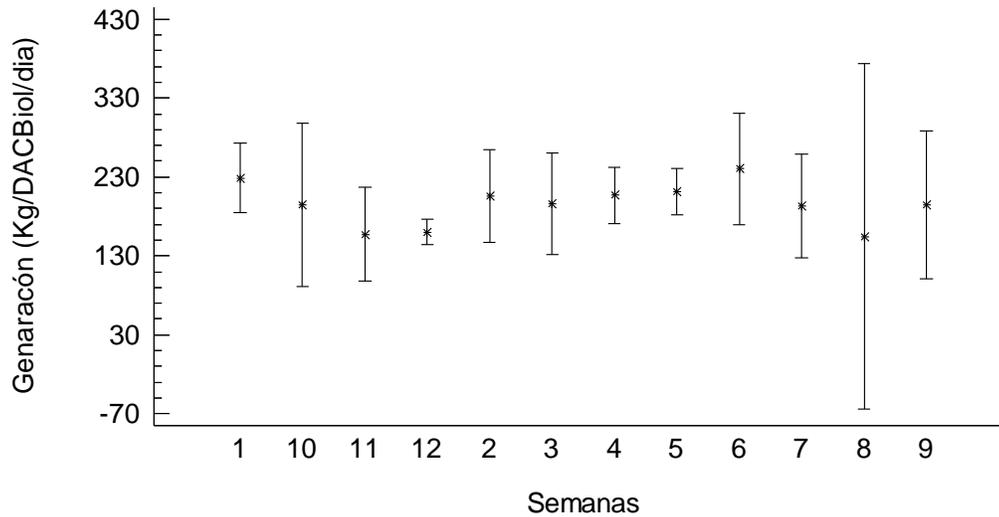
(a)

(b)

**Figura 3. a)** Medio de transporte de los residuos a la Unidad de transferencia, **b)** Control de pesado programa.

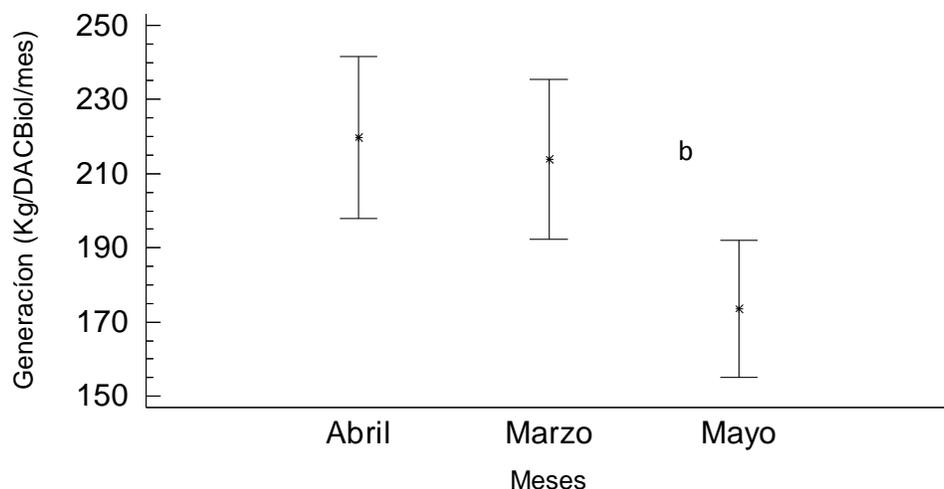
**Cuantificación.** La siguiente figura, muestra la generación promedio diaria por semana. El análisis de varianza de una vía indica que no existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre los valores medios de la generación diaria

(Kg/DACBio/día) de residuos generados en la DACBio, de las 12 semanas evaluadas (1,10,11,12,2,3,4,5,6,7,8,9) con un 95% de confianza (Figura 4).



**Figura 4.** Valores promedios ( $\pm$ ES) de la generación de residuos de las doce semanas evaluadas ( $P < 0.05$ )

La figura 5 muestra la generación diaria promedio por mes. El análisis de varianza de una vía muestra que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.001$ ) entre los valores medios de la generación de residuos por mes con un 95% de confianza. En el mes de mayo se observó la menor generación de residuos ( $173.57 \pm 40.407$ ). La generación de residuos de los meses de abril y mayo fueron las más altas ( $219.741 \pm 39.564$ ,  $213.774 \pm 37.388$  respectivamente) (Figura 5). El contraste múltiple de rango de Tukey muestra que el mes de abril y marzo son iguales en cuanto a la generación de residuos y diferentes al mes de mayo.



**Figura 5.** Valores medios ( $\pm$ ES) de la generación de residuos de los tres meses (L1-Marzo, L2-Abril, L3-May) evaluados ( $P < 0.05$ ). Las letras iguales indican que los meses son iguales

En la **tabla 1**, se muestran los tipos de subproductos generados en la DACBiol, su porcentaje y las opciones de manejo R (reúso), Re (reciclaje) y RS (relleno sanitario).

	Tipo de subproducto	%	Opción de manejo
1	Polietileno tereftalato (PET) (1)	10.05	R, Re
2	Residuos vegetales	9.10	Re
3	Plástico flexible	8.54	Re
4	Papel de baño	8.47	RS
5	Vidrio	6.88	R, Re
6	Cartón	6.85	R, Re
7	Papel archivo	6.71	R, Re
8	Residuos de comida	6.13	Re
9	Plástico S/N	5.56	Re
10	Unicel	4.02	R, Re
11	Polietileno alta densidad (PEAD) (2)	3.02	R, Re
12	Papel (servilleta)	3.00	Re

13	Poliestireno (PS) (6)	2.93	R, Re
14	Plástico multi laminado (7)	4.68	R, Re
15	Hojarascas	2.60	Re
16	Polvos finos	2.58	RS
17	Lata hojalata	2.42	R, Re
18	Papel periódico	2.00	R, Re
19	Polipropileno (PP) (5)	1.92	R, Re
20	Aluminio	0.92	R, Re
21	Otros	0.69	RS
22	Plástico rígido	0.64	R, Re
23	Madera	0.12	R, Re
24	Residuos de laboratorio (guantes, cubre boca, papel, etc.)	0.08	RS
25	Fierro	0.03	Re
26	Algodón	0.01	RS

La presencia de programas y proyectos educativos de residuos facilita la mejora del conocimiento y la sensibilización sobre el reciclaje de los residuos urbanos (Grodzinska-Jurczak *et al.*, 2003). La Infraestructura para el acopio y el reciclaje debe estar en su lugar y ser accesible. El programa debe proporcionar adecuado conocimiento de lo que es y no es reciclable y todas las acciones que se realicen deben ser con un mínimo de inconvenientes (Prestin y Pearce, 2010; Mc Dougall y White, 2007).

## Conclusión

La reducción en el gasto público, limita la capacidad de las instituciones educativas para responder a las medidas que se plantean en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos (SEMARNAT, 2013), sin embargo con un poco de

interés por parte de las autoridades educativas, generadores de residuos, personal sindicalizado, alumnos y maestros, se pueden plantear modelos acordes a las necesidades de cada lugar, donde se privilegie la minimización y la valorización de los residuos. Y resolver el problema habitual del manejo inadecuado de los residuos en instituciones de nivel superior. No se debe de convertir la gestión de residuos en un tema insuficientemente estudiado, sin premisa científica, que sólo se apoya en proyectos educativos locales ocurrentes.

## **Bibliografía**

Brasington D., Hite D. (2005). Demand for environmental quality: a spatial hedonic analysis. *Regional Science and Urban Economics*.35(1): 57-82.

Buclet N. (2002). *Municipal waste management in Europe / European policy between harmonization and subsidiarity*. Springer, Berlin.

Dascalaki E., Sermpetzoglou V. (2011). Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. *Energy and Buildings*.43 (2-3): 718-727.

De Vega C.A., Benítez S.O., Barreto M.E.R. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*.28 (1): S21-S26.

Getlinger M. J., Laughlin C. V. T., Bell E., Akre C., Arjmandi C. (1996). Food Waste is Reduced when Elementary-School Children Have Recess before Lunch. *Journal of the American Dietetic Association*.96(9): 906-908.

Grodzinska-Jurczak M, Bartosiewicz A, Twardowska A, Ballantyne R. (2003). Evaluating the Impact of a School Waste Education Programme upon Students',

Parents' and Teachers' Environmental Knowledge, Attitudes and Behaviour. *International research in Geographical and Environmental Education*. 12(2): 106-122.

Maddox P., Doran C., Williams I.D., Kus I. (2011). The role of intergenerational influence in waste education programmes: The THAW project. *Waste Management*. 31(12): 2590-2600.

Marlette M. A., S. B. Templeton Panemangalore. (2005) M. Food Type, Food Preparation, and Competitive Food Purchases Impact School Lunch Plate Waste by Sixth-Grade Students. *Journal of the American Dietetic Association*. 105(11): 1779-1782.

McDougall F., White P. (2007). *Integrated solid waste management: A life cycle inventory*. Blackwell Science, Boston.

Päivi M., Sever ML., Zeldin DC. (2009). Indoor allergens in school and day care environments, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 124: 185-192.

Patel N., Handu P. (2010). Impact of Change in School Menu on Acceptability as Measured by the Plate Waste Method. *Journal of the American Dietetic Association*. 110(9), A95.

Prestin A, Pearce KE. (2010). We care a lot: Formative research for a social marketing campaign to promote school-based recycling. *Resources, Conservation and Recycling*. 54 (11): 1017-1026.

Sales M.G.F., Delerue-Matos C., Martins I.B., Serra I., Silva M.R., Morais S. (2006). Waste management school approach towards sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*. 48(2): 197-207.

SEMARNAT (2013). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada DOF 21-05-2013.

Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil A. (1998). Gestión integral de residuos sólidos. Volumen I. Ed. McGraw-Hill. España.

Zhang N., Williams I.D., Kemp S., Smith N.F. (2011). Greening academia: Developing Sustainable waste management at Higher Education Institutions. Waste Management.31(7): 1606-1616.

## **Tema 5.6. Mapa de corrosividad atmosférica del estado de Tabasco. Roberto Carlos Garcés Rodríguez. robertogarcés@hotmail.com**

### **Resumen**

Uno de los problemas más graves causados por los avances de la tecnología, es la corrosión de los materiales como consecuencia de la agresividad atmosférica, incluyendo la destrucción de estructuras metálicas, construcciones, metales y aleaciones, debido a que el 80% están expuestos a este medio<sup>6</sup>. Los aspectos socioeconómicos de la corrosión han sido revisados por Feliú<sup>7</sup>, Tomashov<sup>8</sup>, y desde 1968 con la publicación del informe de Hoar<sup>9</sup> se tiene un conocimiento más preciso de las pérdidas, directas e indirectas que la corrosión significa en los países. Está aceptado que el 50% de estas pérdidas es debida a la corrosión atmosférica. Es por lo anterior, la importancia de la construcción de los mapas de corrosividad atmosférica que nos pueda ayudar a predecir los niveles de corrosividad que se presentarán en determinados sitios de interés en el Estado de Tabasco.

### **Introducción**

Se entiende por corrosión la reacción de un metal o una aleación con el medio o ambientes reactivos teniendo como consecuencia su deterioro químico o destrucción. A causa de éste fenómeno los metales pierden su estado elemental y retornan al estado combinado (formando los minerales, como los óxidos, sulfuros, carbonatos, hidróxidos, entre otros) de origen. Los componentes químicos de los productos de corrosión constituyen la misma composición química de los minerales.

En la actualidad el término corrosión se aplica solamente al ataque electroquímico de los metales, aunque algunos autores opinan que no es muy estricto y se puede considerar también a los no metales como cerámica, plásticos, goma, entre otros. La corrosión atmosférica es un fenómeno electroquímico en donde se requiere los cuatro elementos cátodo, ánodo, electrólito, y el conductor. Tabasco es muy propicio

---

<sup>6</sup>L. Mariaca R., J. Genescá Ll., J. Uruchurtu Ch., L.S. Hernández., L. Veleva., L. Maldonado. "Corrosividad Atmosférica". (MICAT-MEXICO). Primera Edición, México, D.F., 1999.

<sup>7</sup> S. Feliú, Coste Social de la Corrosión, Seminarios sobre Corrosión y Tratamiento de Agua, Madrid, Eduardo Torroja, Noviembre, 1978.

<sup>8</sup>N. D. Tomashov, "Theory of Corrosion and Protection of Metals", MacMillan Co., Nueva York (1966) 367.

<sup>9</sup>T. P. Hoar, Report of the Committee on Corrosion and Protection, Londres. HMSO, 1971.

para que se genere las pilas electroquímicas en los materiales expuestos al medio ambiente por la altos niveles de humedad que se presentan durante el año. Este es un fenómeno que debe ser evaluado y sobre todo caracterizado mediante mapas sencillos que sirvan para predecir el deterioro de los materiales.

## Marco teórico

A través de los numerosos estudios realizados tanto en laboratorio como en campo, han podido identificar y clasificar los factores que propician la corrosión, son los factores de contaminación y los meteorológicos, los cuales determinan la intensidad y la naturaleza de los procesos corrosivos, y, cuando actúan simultáneamente aumentan sus efectos. Aunque también es importante mencionar otros factores como son: condiciones de exposición, composición del metal y propiedades del óxido formado<sup>10</sup>. Combinados entre sí influyen en los procesos de corrosión<sup>11</sup>. La característica atmosférica más importante que se relaciona directamente con el proceso de corrosión es la humedad, ya que es el origen del electrólito necesario en el proceso electroquímico. El tiempo en el que se presenta el electrólito se llama tiempo de Humectación. El papel de los contaminantes atmosféricos en la corrosión, en particular del SO<sub>2</sub>, ha sido examinado, entre otros, por Vernon (1927)<sup>12</sup>, Preston y Sanyal (1956)<sup>13</sup>, Sanyal y cols. (1962)<sup>14</sup>. El depósito de partículas salinas sobre la superficie metálica acelera su corrosión, sobre todo si, como en el caso de los cloruros pueden dar lugar a productos de corrosión solubles en lugar de los escasamente solubles que se forman en agua pura (por ejemplo, cloruro de hierro en lugar de hidróxido). Los iones de cloruro abundan en las atmósferas marinas, en las que la fuente básica de mineralización la constituyen las

---

<sup>10</sup> A. I. Golubev, M. Kh. Kadyrov, Proceedings III International Congress on Metallic Corrosion, Moscú, Vol. 4, pag. 522,1969.

<sup>11</sup> S. Feliu, M. Morcillo, Corrosion y Protección de los Metales en la Atmósfera, Barcelona, Bellaterra, 1982.

<sup>12</sup> W. H. Vernon, 1927, 1931, 1933, 1935: Trans. Faraday Soc., 23, 162; 27,265; 29, 325; y 31, 1668.

<sup>13</sup> R. St. J. Preston y B. Sanyal, 1956: J. Appl. Chem., 6, 26.

<sup>14</sup> B. Sanyal y D. Bhadwar, 1962: J. Sci. Ind. Res., 21D, 243.

partículas de agua salada, arrastradas durante el movimiento de grandes masas de aire sobre los mares, océanos y lagos salados (Rozenfeld, 1972)<sup>15</sup>.

Son muchos los factores climáticos y de contaminantes que hacen una tarea muy complicada elaborar un mapa de corrosividad atmosférica, debido a que en una región varía de un lugar a otro. En la vida práctica se ha optado por los distintos enfoques para construir estos mapas:

A) Medida directa de la corrosividad de la atmósfera a través de su efecto sobre ciertos materiales metálicos típicos (acero al carbón, cinc, cobre, aluminio, entre otros), que se exponen en múltiples lugares representativos de una región geográfica.

B) Estimación de la corrosión atmosférica en una determinada región geográfica a partir de datos ambientales disponibles y de su efecto en los materiales mediante experimentación a nivel de laboratorio.

C) A partir del conocimiento de las funciones reales dosis/respuesta existentes en una determinada región geográfica entre corrosión atmosférica y parámetros ambientales. Estas funciones pueden desempeñar un papel importante en la predicción en la vida de servicio de los materiales en la atmósfera y pueden ser usadas también como herramienta para la confección de mapas de corrosividad atmosférica a diferentes niveles (micro, meso y macro).

En la mayoría de los casos el método más empleado es el A. Para su aplicación se necesita disponer de una red de estaciones de corrosión, que cubra lo mejor posible el área en estudio.

## Metodología

La Metodología a utilizar en esta investigación seguirá las directrices generales establecidas por los ISO 9223<sup>16</sup>, 9224<sup>17</sup>, 9225<sup>18</sup>, 9226<sup>19</sup>, 8565<sup>20</sup> y de la ASTM G1<sup>21</sup>,

---

<sup>15</sup> I. L. Rozenfeld, 1972: <<Atmospheric corrosion of metals>>, NACE.

G50<sup>22</sup>, G92<sup>23</sup> la cual comprende una selección de materiales a usar en las estaciones de ensayo, un programa de exposición y de ejecución de varias medidas, referidas a diferentes variables y otros detalles. Entre los últimos sobresale la instrumentación a utilizar, para la caracterización de la estación de ensayo, como para la cuantificación de la corrosión; así como lo que se requiere para los análisis de contaminantes.

## Conclusiones

Es muy importante construir los mapas de corrosividad atmosférica del Estado de Tabasco, ya que éstos permitirán a diferentes usuarios conocer la velocidad de deterioro que sufre los materiales más utilizados por efectos atmosféricos, así como la aplicación de los conocimientos en las áreas de la física, química y las matemáticas ya que se van a deducir ecuaciones que nos permitan un mayor entendimiento de los fenómenos corrosivos, adicional de crear líneas de mediano y largo plazo como son recubrimientos y métodos de prevención de la corrosión. En la parte científica conocer los mecanismos de corrosión, la morfología de los productos de la corrosión así como uso de las técnicas electroquímicas para conocer la estabilidad de los productos de corrosión. Para eso se requiere crear una red de investigadores en todas las Universidades, Tecnológicas para coadyuvar en la construcción de dicho mapa.

## Bibliografía

---

<sup>16</sup>ISO 9223: "Corrosión of Metals and Alloys. Classification of Corrosivity of Atmospheres", International Standards Organization, 1992.

<sup>17</sup>ISO 9224: Corrosion of Metals and Alloys. Guiding Values for the Corrosivity Categories of Atmospheres, International Standards Organization, 1992.

<sup>18</sup>ISO 9225: Corrosion of Metals and Alloys. Corrosivity of Atmospheres Methods of Measurement of Pollution, International Standards Organization, 1992.

<sup>19</sup>ISO 9226: Corrosion of Metals and Alloys. Corrosivity of atmospheres-Methods of Determination of Corrosion Rate of Standard Specimens for the Evaluation of Corrosivity, International Standards Organization, 1992.

<sup>20</sup>ISO/DIS 8565: Metals and Alloys Atmospheric Corrosion testing. General Requirements for Field Tests, International Standards Organization.

<sup>21</sup>ASTM. 1991. ASTM G1: Preparing, Cleaning and Evaluation Corrosion Test Specimens.

<sup>22</sup>ASTM. 1991. ASTM G50: Conducting Atmospheric Corrosion Test on Metals.

<sup>23</sup>ASTM, 1991. ASTM 92: "Characterization of atmospheres test sites".

- A. I. Golubev, M. Kh. Kadyrov, 1969. Proceedings III International Congress on Metallic Corrosion, Moscú, Vol. 4, pag. 522.
- ASTM. (1991) ASTM G1: Preparing, Cleaning and Evaluation Corrosion Test Specimens.
- ASTM. (1991). ASTM 92: "Characterization of atmospheres test sites".
- ASTM. (1991). ASTM G50: Conducting Atmospheric Corrosion Test on Metals.
- .
- B. Sanyal y D. Bhadwar, 1962: J. Sci. Ind. Res., 21D, 243.
- ISO 9224: Corrosion of Metals and Alloys. Guiding Values for the Corrosivity Categories of Atmospheres, International Standards Organization, 1992.
- ISO 9225: Corrosion of Metals and Alloys. Corrosivity of Atmospheres Methods of Measurement of Pollution, International Standards Organization, 1992.
- ISO 9226: Corrosion of Metals and Alloys. Corrosivity of atmospheres-Methods of Determination of Corrosion Rate of Standard Specimens for the Evaluation of Corrosivity, International Standards Organization, 1992.
- ISO/DIS 8565: Metals and Alloys Atmospheric Corrosion testing. General Requirements for Field Tests, International Standards Organization.
- L. Mariaca R., J. Genescá Ll., J. Uruchurtu Ch., L.S. Hernández., L. Veleva., L. Maldonado. (1999). "Corrosividad Atmosférica". (MICAT-MEXICO). Primera Edición, México, D.F.

- L. Rozenfeld, 1972: <<Atmospheric corrosion of metals>>, NACE. ISO 9223: "Corrosión of Metals and Alloys. Classification of Corrosivity of Atmospheres", Internatinal Standards Organization, 1992.
- N. D. Tomashov, (1966). "Theory of Corrosion and Protection of Metals", MacMillan Co., Nueva York, 367.
- R. St. J. Preston y B. Sanyal, 1956: J. Appl. Chem., 6, 26.
- S. Feliú, (Noviembre, 1978). Coste Social de la Corrosión, Seminarios sobre Corrosión y Tratamiento de Agua, Madrid, Eduardo Torroja,
- S. Feliu, M. Morcillo, 1982. Corrosión y Protección de los Metales en la Atmósfera, Barcelona, Bellaterra.
- T. P. Hoar, (1971). Report of the Committee on Corrosion and Protection, Londres.HMSO.
- W. H. Vernon. 1927, 1931, 1933, 1935: Trans. Faraday Soc., 23, 162; 27,265; 29, 325; y 31, 1668.

## **Tema 5.7. Plan de manejo de pilas y baterías agotadas en la División Académica de Ciencias Biológicas. Israel Ávila Lázaro, Laines Canepa, José Ramón, Azamar Barrios, José Antonio, Solís Silvan, Rudy. Ing.avilaisrael@yahoo.com.mx**

### **Resumen**

En México, se comercializan cada año un total de 600 millones de pilas y baterías primarias. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE) se generan 10 pilas/hab/año, lo que equivale a 1000 millones de pilas anuales. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), elaboró el “Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” incluyendo a las Pilas y Baterías Agotadas. En Tabasco, la Delegación de la SEMARNAT, recolecta estos residuos de todos los centros de acopio existentes. La División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) cuenta con un centro de acopio de pilas y baterías agotadas desde el año 2006. Se reporta una generación de 17,556 pilas agotadas equivalente en peso a 749.54 kg aproximadamente. Las pilas que más se acopiaron fueron las de tamaño AA con 63%; siendo de tipo Alcalinas y Zinc-carbono con un 90 %. Con este desvío, se reduce la contaminación de 3,121, 027. 587 m<sup>3</sup> de agua.

### **Introducción**

En los últimos años, se ha aumentado el consumo de pilas y baterías debido a la versatilidad, bajos costos y requisitos actuales de la industria electrónica (De Souza *et al.*, 2001). Cuando se agotan, se eliminan inadecuadamente y representan un problema cada vez mayor para el medio ambiente, debido al contenido metálico. Se les considera como residuos peligrosos. El costo para la eliminación segura de estos residuos es muy alto en términos de la cantidad que se produce y la limitada capacidad de almacenamiento de los rellenos sanitarios y/o vertederos municipales. Dentro del campo de la gestión integral de los residuos, uno de los rubros que poco se ha desarrollado en México, y del cual existe una fuerte percepción social al

representar un riesgo a la salud humana y al ambiente, es el de la gestión integral de pilas y baterías desechadas de origen domiciliario, debido a un proceso de urbanización de rápido desarrollo, una dinámica de industrialización y un crecimiento del sector de servicios.

De acuerdo con datos del INE, en México se generan aproximadamente 10 pilas/hab/año, lo que equivale a 1000 millones de pilas anuales. No tienen ningún manejo diferenciado de los demás Residuos Sólidos Urbanos (RSU). En México, según el reporte sobre Evaluación del Desempeño Municipal en el Manejo de Residuos Sólidos (COMIA 2003), existen 10 sitios que cumplen con la normatividad vigente establecida en la NOM-083-SEMARNAT -2003, cuentan con las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y RME; estos sitios se encuentran en los estados de Nuevo León, Coahuila de Zaragoza, el Estado de México, Yucatán, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Guanajuato y Puebla. Mientras que para el manejo integral de los Residuos Peligrosos se limita a sólo sitio, que opera bajo las normas mexicanas oficiales establecidas, ubicado en Mina, Nuevo León, lo que demuestra el grave problema que enfrenta el país.

En el estado de Tabasco, se lleva a cabo el Programa de Recolección de Pilas “Recolecta tu energía” a través de la SEMARNAT, Delegación-Tabasco, con el fin de recolectar y enviar 10 toneladas de pilas agotadas por año, al sitio de disposición final localizado en Mina, Nuevo León. La DACBIOL, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, consciente de la importancia de participar en el Programa de Recolección antes mencionado, estableció un centro de acopio de pilas y baterías agotadas que empezó a operar desde el año 2006, monitoreado por profesores y alumnos dentro del programa institucional de servicio social. El presente trabajo, reporta la generación de pilas y baterías por tipo, marca, composición, y volumen; derivado del diagnóstico establecido en el programa divisional permanente, donde se acopia, recolecta y maneja adecuadamente estos residuos.

### **Definición de pila y/o batería**

Las pilas y las baterías son dispositivos electroquímicos con capacidad para convertir la energía química en energía eléctrica. La batería o pila básica está formada por un ánodo (electrodo positivo), un cátodo (electrodo negativo) y un electrolito (disolución líquida a través de la cual puede viajar una corriente eléctrica). Una pila consiste en una celda única, mientras que las baterías constan de varias celdas interconectadas.

### Clasificación de las pilas y baterías

En el cuadro 1, se describen los 2 grupos de pilas que se manejan actualmente en el mercado. Los tipos de pilas, que establecen de que material están compuestas, así como su presentación comercial de acuerdo al tamaño y uso.

**Cuadro1** Clasificación y características de pilas primarias y secundarias

Grupo	Tipos	Tamaño	Usos
Primarias (desechables)	Carbón-zinc (Zn/MnO <sub>2</sub> )	AA, AAA, C, D, 9V, 6V, botón (varios tamaños)	Radios, juguetes, aplicaciones electrónicas, relojes, controles remotos, etc.
	Alcalinas (MnO <sub>2</sub> )		
	Óxido de mercurio (Zn/HgO)		
	Zinc-aire (Zn/O <sub>2</sub> )	Botón (varios tamaños)	Aparatos auditivos, relojes, equipo fotográfico, sistemas de alarma, vehículos eléctricos, etc.
	Óxido de plata (Zn/Ag <sub>2</sub> O)		
	Litio (Li/FeS <sub>2</sub> , Li/MnO <sub>2</sub> )	AA, AAA, C, D, 9V, botón (varios tamaños)	Relojes, medidores, cámaras, calculadoras, etc.
Secundarias (recargables)	Níquel-cadmio (NiCd)	AA, AAA, C, D, otros	Herramientas portátiles, aspiradoras, teléfonos celulares, cámaras, lámparas, aplicaciones de video, etc.
	Níquel-hidruro metálico (NiMH)		Celulares, computadoras y cámaras de video.
	Ión-litio (Li-ión)	Varios	Celulares, computadoras y cámaras de video.

Plomo	Plomo-ácido (acumuladores y pequeñas selladas de plomo ácido)	Acumuladores automotrices, podadores eléctricos, sillas de ruedas eléctricas, bicicletas eléctricas, juguetes, herramientas eléctricas inalámbricas y aplicaciones de telecomunicaciones.
-------	--	---

Fuente: Gavilán *et al.*, 2004.

Los cuadros 2 y 3 indican las aplicaciones en los últimos años con respecto a las pilas y baterías y la cantidad de agua que pueden llegar a contaminar por una pila y por tipo.

**Cuadro 2.** Aplicaciones de pilas y baterías de 1960 en adelante

Usos	1960	1970	1980	1990	2000
Lámparas, radios, cámaras fotográficas, rasuradoras, juguetes.	x	X	x	x	x
Radiograbadoras, aparatos para sordera, calculadoras, relojes.		X	x	x	x
Teléfonos inalámbricos, aparatos de medición para la salud, alarmas, instrumentos de medición.			x	x	x
Control remoto, radio telefonía, herramientas, equipo de cómputo, MP3, para pastoreo, cepillos dentales.				x	x

Fuente: Castro y Díaz 2004.

**Cuadro 3.** Cantidad de agua contaminada por una unidad y tipos de pila

Pila, micropila y baterías	Agua contaminada/unidad
Carbón-zinc	3,000 L
Zinc-aire	12,000 L
Oxido de plata	14,000 L

---

Alcalinas	175,000 L
Mercurio	600,000 L

---

Citado por: Ríos 2007.

---

## **Materiales y métodos**

En la DACBiol, se encuentran 5 contenedores especiales, en puntos estratégicos para el acopio, cuatro son ubicados en el edificio C y uno en el edificio H. Cada mes son revisados para observar la cantidad de generación, aproximadamente de dos a tres meses, se notifica a SEMARNAT sobre la generación, y personal de la Secretaria hace una previa visita, esto para ver la unidad que se necesita para transportar los residuos. Después las pilas y baterías agotadas recolectadas son llevados a un almacén temporal dentro de la misma Secretaria, en este almacén se acopian todas las pilas y baterías gastadas de todos los centros de acopio de la ciudad; para que posteriormente ellos notifiquen a la compañía encargada de la disposición final, y estos, puedan recolectarlo y trasladarlo a la Ciudad de Mina, Nuevo León.

## **Resultados**

Dentro del programa de acopio de pilas y baterías que tiene la DACBiol, se separan y clasifican las pilas acopiadas, esto para determinar y ver las marcas y tamaños de mayor generación; las pilas alcalinas, representan el 90 % de las pilas acopiadas y depositadas en los contenedores; en el cuadro 4 se cuantifican la pilas agotas por marca y tamaño.

---

**Cuadro 4.** Cuantificación (2012) de pilas agotadas por marca y tamaño

MARCA	AA	AAA	C	D	9V	6V	CELULAR	SUBTOTAL	TOTAL
Energizer	322	228	158	38	190	0	0	936	
Energizer e <sup>2</sup>	6	2	0	0	0	0	0	8	944
Duracell ultra	274	180	0	183	115	0	0	752	
Duracell	46	10	0	0	0	0	0	56	808
Panasonic	62	1	0	40	0	0	0	103	
Panasonic plus0	0	0	179	43	223	0	0	445	548
Everady	43	10	0	44	2	0	0	99	99
Rayovac	14	7	0	13	2	0	0	36	36
Sony	8	2	1	0	4	0	0	15	15
Varta	1	6	0	2	6	0	0	15	15
Hw	4	0	0	4	0	0	0	8	8
Super alkaline	0	0	0	8	0	0	0	8	8
Truper	0	0	0	4	0	0	0	4	4
Celular	0	0	0	0	0	0	4	4	4
Más poder	0	0	0	0	0	2	0	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>780</b>	<b>446</b>	<b>338</b>	<b>379</b>	<b>542</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2,936</b>	

Dentro del programa de acopio, desde que se inició en el año 2006 a la fecha (última cuantificación 2012), las pilas que más se generan por tamaño son las AA con 17,556 unidades de pilas, siendo estas la mayoría alcalinas y zinc-carbono; en cuanto al peso, fue obtenido a partir del peso real promedio por tipo y marcas de baterías, para eso se ha generado un total de 750 kg aproximadamente.

## Conclusión

Se ha dado con éxito el acopio de pilas y baterías en la División, dando como resultado el acopio de 17,556 pilas agotadas; equivalente en peso a 749.54 kg aproximadamente.

Las pilas que más se acopiaron fueron las de tamaño AA con 63%.

El tipo de pila que más se acopio fueron las Alcalinas y Zinc-carbono con un 90 %.

La DACBiol redujo la contaminación de 3,121, 027. 587 m<sup>3</sup> de agua aproximadamente.

## **Bibliografía**

Castro, J.; y Díaz, M.L. 2004. La contaminación por pilas y baterías en México. *Gaceta Ecológica*; 72: 1-29.

De Souza, C.; Oliveira, D.C.; Tenorio, J.A.S; 2001. Characterization of used alkaline batteries powder and analysis of zinc recovery by acid leaching. *Journal of Power Sources*103: 120–126.

Gavilán, A.; Rojas, B.; Barrera, J. 2009. *Las pilas en México: Un Diagnóstico Ambiental*. Instituto Nacional de Ecología. Informe. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 29 p.

Gutiérrez, V. 2006. *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 112 p. ISBN 968-817-803-9.

LGPGIR. 2012. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 30 de mayo de 2012.

NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

Quadri, G.; Wehenpohl, G.; Wehenpohl, J.; Lopez, A.; Nyssen, A. 2003. La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos. Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental. SEMARNAT.

Ríos, Martínez, C.E. 2007. *Determinación de un método adecuado para el tratamiento y reciclaje de pilas en México*. México, DF.: UNAM.

Rojas, R. Alberto. 2008. *Planes de manejo de pilas o baterías de origen domiciliario*. Proyecto final de máster en gestión y auditorías ambiental. Universidad Politécnica de Cataluña.

Sayilgan, E.; Kukrer ,T.; Civelekoglu, G.; Ferella, F.; Akcil, A.; Vegliò, F.; Kitis, M. 2009. A review of technologies for the recovery of metals from spent alkaline and zinc-carbon batteries. *Hydrometallurgy*.97:158–166.

SEMARNAT. 2010. *Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México*.