

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS en Ecosistemas y Contaminación Ambiental 2016



COORDINADORAS
Carolina Zequeira Larios
Rosa Martha Padrón López

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS en Ecosistemas y Contaminación Ambiental 2016

C O L E C C I Ó N
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS en Ecosistemas y Contaminación Ambiental 2016



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

Contribuciones Científicas en Ecosistemas y Contaminación Ambiental
-- Primera edición. - Villahermosa, Tabasco : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
2017.
90 páginas. -- (Colección José N. Roviroso / Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico
húmedo).

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN 978-607-606-420-7

Primera edición, 2017

D.R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n. Zona de la Cultura
Colonia Magisterial, C.P. 86040
Villahermosa, Centro, Tabasco.

El contenido de la presente obra es responsabilidad exclusiva de los autores. Queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor.

Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite la fuente.

ISBN: 978-607-606-420-7

Apoyo editorial : Francisco Morales Hoil
Diseño y formación: Calíope Bastar Dorantes

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

ÍNDICE

Cultivo del hongo Schizophyllum Commune en dos sustratos agrícolas	9
Estado y conservación del agrosistema cacao como hábitat potencial para monos saraguatos en la región de la Chontalpa, Tabasco	17
Estructura de la comunidad de moluscos en la reserva de la biosfera pantanos de Centla, Tabasco, México	27
Trogosítidos (Coleoptera: Trogossitidae) asociados a ecosistemas de Tabasco, México	37
Caracterización de partículas fracción respirable en 3 Municipios del estado de Tabasco	47
Fungicidas protectantes con efectividad in vitro sobre Moniliophthora Roreri, agente causal de la moniliasis del cacao en Tabasco	57
Impacto ambiental por la disposición final de residuos sólidos urbanos en Tenosique, Tabasco, México	67
Yuca (Manihot Esculenta Grantz) como coadyuvante en la coagulación-floculación en el tratamiento de aguas residuales domesticas	77

CULTIVO DEL HONGO SCHIZOPHYLLUM COMMUNE EN DOS SUSTRATOS AGRÍCOLAS

Silvia Cappello García
Santa Dolores Carreño Ruiz
Rigoberto Gaitán Hernández
Erika Escalante Espinosa
Arantza Helen Acosta Flota

I. RESUMEN

Schizophyllum commune Fr. 1815 es un hongo comestible y medicinal, de gran importancia en las regiones tropicales. Su cultivo es de interés para la producción de nuevas alternativas alimentarias entre otros beneficios, sin embargo, existen pocas referencias sobre su cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar la formación de carpóforos de la cepa CH-147 de *S. commune*, nativa de Tabasco, México, a nivel de planta piloto. Se emplearon como sustratos la fibra de coco (*Cocos nucifera*) y la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), solos y en combinación 1:1. Se obtuvo un total de 7 kg de hongos frescos en un periodo de 57 días, divididos en tres cosechas. La aparición de primordios ocurrió a los 17 días en los tres tratamientos. Los valores más altos de eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento se obtuvieron en el sustrato compuesto por la cáscara de cacao y la fibra de coco con 24.06%, 0.60% y 0.14 gramos de carpóforos frescos por gramo de sustrato húmedo utilizado, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran la viabilidad para obtener fructificaciones de *S. commune* empleando subproductos agrícolas que se generan en Tabasco así como en otras regiones tropicales.

II. INTRODUCCIÓN

El cultivo de los hongos comestibles y medicinales a nivel mundial constituye un tema importante, principalmente por la demanda de alimentos nutritivos, sistemas productivos a base de tecnologías limpias y productos económicamente sostenibles.

México participa en dicha actividad desde 1933 (Reyes et al., 2013), siendo el primer productor en América Latina; con más de 40 000 toneladas anuales (Andrade-Gallegos et al., 2013). Así mismo, en el país, se reconocen aproximadamente 371 especies de hongos comestibles, las cuales son parte de la gastronomía tradicional de los pueblos indígenas (Garibay-Orijel y Ruan-Soto, 2014; Moreno-Fuentes y Garibay-Origel, 2014). Sin embargo, las especies mayormente cultivadas son los champiñones *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, las setas del género *Pleurotus* y el shiitake *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (González-Cortés, 2003; Figlas et al., 2014), las cuales se producen principalmente en la zona centro, mientras que existen pocas referencias sobre el cultivo de especies que de manera tradicional se consumen en las zonas tropicales.

Schizophyllum commune, es un hongo que se consume desde la costa del Golfo de México hasta la zona tropical de Guatemala; puede ser fácilmente encontrado en los mercados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, la península de Yucatán y en Tabasco, donde es obtenido del medio silvestre y apreciado por sus aplicaciones medicinales; así como también es utilizado para diversos guisos tradicionales (Ruan-Soto et al., 2004; Sánchez-Vázquez et al., 2010; Ruan-Soto y Cifuentes-Blanco, 2011).

Actualmente, las referencias sobre la obtención de fructificaciones de *S. commune* se atribuyen a Reyes et al. (2013), en Filipinas, quienes reportaron su crecimiento viable sobre la cáscara de mango; así como la evaluación de sus propiedades nutraceuticas y antibacterianas. Por su parte, Bran-González et al. (2009), cultivaron cepas nativas en Guatemala, catalogando a la caña de maíz (50%) y olote de maíz (50%) como los mejores sustratos para su crecimiento y por otra parte, se conocen algunos estudios desarrollados en los últimos años, sobre el crecimiento micelial de la especie (Gaitán-Hernández et al., 2006; Chang y Miles, 2004) en algunos subproductos agrícolas de región tropical.

Vázquez-Mendoza (2013), mencionó que en términos de producción, *S. commune* representa una opción redituable debido a su fácil adaptación en más de 373 hospederos, se reproduce en diferentes tipos de clima y es de distribución cosmopolita (Ruan-Soto et al., 2004). En Tabasco, México, se generan diversos residuos provenientes de actividades agrícolas como la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) y la fibra del coco (*Cocos nucifera* L.), representando estos cultivos el 80 y 30% del total que se produce en el país [18,19], por lo que en términos de su disponibilidad, estos subproductos constituyen una alternativa para el cultivo de *S. commune* y de otros hongos comestibles.

Por otra parte es de señalarse que el sustrato degradado residual, después de que fue empleado para el cultivo de hongos, puede tener diversas aplicaciones como abono orgánico, sustrato nematicida, para la biorremediación in situ de agua y suelo en regiones impactadas por contaminantes aromáticos así como alimento de rumiantes (Mora y Martínez-Carrera, 2007).

III. OBJETIVO

Evaluar la producción de *Schizophyllum commune* en dos sustratos agrícolas a nivel de planta piloto.

III. METAS

- Establecer el protocolo del cultivo de *Schizophyllum commune* en condiciones tropicales de temperatura (25-40°C).
- Obtener la producción de cuerpos fructíferos de *Schizophyllum commune*, superando una eficiencia biológica del 10%.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La cepa de interés pertenece al Cepario del Laboratorio de Micología de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco identificada como CH-147 (*Schizophyllum commune* Carreño-Ruiz 119 Herbario UJAT), una copia de la misma se encuentra en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL, Xalapa, México) (World Data Centre for Microorganisms), registrada como IE-968.

La cepa CH-147, se revitalizó bajo condiciones asépticas en el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) y posteriormente se preparó inóculo primario con semillas de maíz palomero (*Zea mays* L. var. *Everta*) siguiendo la metodología de Gaitán-Hernández [8], con una modificación.

Las semillas se limpiaron, lavaron e hidrataron por inmersión en agua durante 12 h, posteriormente se escurrieron hasta contar con una humedad relativa de 70% y se revolvieron con sulfato de calcio anhidro (yeso) y carbonato de calcio (cal) a una tasa de 0.5%. Luego se colocaron 350 g de semillas en bolsas de polipapel y se esterilizaron en autoclave a 121°C y 15 lb de presión, durante 40 min.

Las bolsas se dejaron enfriar y bajo condiciones asépticas, se inocularon con el micelio de la cepa, se etiquetaron y se incubaron a 26°C hasta que el micelio cubrió completamente las semillas.

Los sustratos empleados para el cultivo de *S. commune* se recolectaron en los municipios de Cunduacán y Centro, Tabasco, vigilando que no presentaran problemas de contaminación por bacterias u otros hongos. Las cáscaras de cacao y la fibra de coco, se fragmentaron en partes pequeñas (aproximadamente 5 cm²) y se secaron al sol de cuatro a cinco días. Posteriormente se hidrataron de 8 a 12 h y se pasteurizaron dentro de un recipiente metálico con agua caliente (75-80°C) durante una hora con ayuda de un mechero industrial. Después de la pasteurización, los sustratos se escurrieron y se dejaron enfriar.

La siembra de *S. commune* se realizó en bolsas de plástico transparentes, de 50 X 70 cm, con capacidad para 7 kg, se intercalaron manualmente capas del inóculo y del sustrato hasta completar 5 kg en peso húmedo.

Los tratamientos evaluados fueron la cáscara de cacao y la fibra de coco solas y en combinación 1:1 (p/p). Teniendo en total un diseño experimental de una cepa por tres tratamientos y siete réplicas.

Las bolsas sembradas se incubaron sobre estantes metálicos en un invernadero, a 25-27°C con una humedad del 70%. Al día siguiente de la siembra, a las bolsas se les hicieron pequeñas perforaciones con una navaja previamente esterilizada, para favorecer la oxigenación del sustrato. Las bolsas se revisaron diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, éstas se mantuvieron en el área de incubación hasta que el micelio cubrió todo el sustrato.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

Una vez que el micelio cubrió el sustrato, las bolsas se descubrieron para que la luz estimulara la fructificación del hongo, así mismo se regaron para mantener la humedad. Cuando los cuerpos fructíferos alcanzaron un tamaño adecuado se procedió a cortarlos. Durante este periodo diariamente se aplicó riego al invernadero y se hicieron labores de limpieza, a fin de mantener las condiciones ambientales propicias para el desarrollo de los hongos.

Con los cuerpos fructíferos obtenidos, se estimó la Biomasa Fresca (BF) así como los índices de Eficiencia Biológica (EB), Rendimiento (R) y Tasa de Producción (TP) [8,1].

También se registraron los periodos de incubación y de fructificación al igual que la temperatura, el número de cosechas obtenidas y tamaño y peso de los carpóforos. Los resultados obtenidos fueron examinados con un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y la prueba a posteriori de Duncan ($P \leq 0.05$) en el programa STATISTICA V 7.0.

V. RESULTADOS

Se obtuvieron 7 kg de hongos frescos, repartidos en 55 g en la fibra de coco, 2.15 kg en la cáscara de cacao y 4.79 kg en el sustrato compuesto por la fibra de coco y la cascara de cacao en proporción 1:1. Esta cantidad de biomasa fresca se obtuvo durante una cosecha con duración de 17 días para la fibra de coco, mientras que para en el resto de los tratamientos se obtuvieron en tres cosechas con duración de 40 días.

La aparición de los primordios ocurrió entre los 17 y 18 días en los tres tratamientos. Las formas de los púleos fueron principalmente conoides, con tamaños que oscilaron entre los 2.0 y 5.0 cm.

Los valores más altos de eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento se obtuvieron en el tratamiento compuesto por la cáscara de cacao y la fibra de coco con 24.06%, 0.60% y 0.14, respectivamente (Tabla 1), mientras que los valores obtenidos en el resto de los tratamientos fueron menores.

Tratamiento	BF (g)	EB (%)	TP (%)	R
Coco	27.5 ± 4.53 c	0.82 ± 0.14 c	0.02 ± 0.00 c	0.01 ± 0.00 c
Cacao	307.86 ± 8.51 b	13.09 ± 0.36 b	0.33 ± 0.01 b	0.06 ± 0.00 b
Coco/cacao 1:1	684.92 ± 33.94 a	24.06 ± 0.19 a	0.60 ± 0.03 a	0.14 ± 0.01 a

Tabla 1. Parámetros de productividad de *S. commune* en residuos agrícolas.

BF: Biomasa fresca; EB: Eficiencia biológica; TP: Tasa de producción; R: Rendimiento (gramos de carpóforos frescos/ gramos de sustrato húmedo). Columnas con distinta letra presentan diferencias significativas (Duncan, $P \leq 0.05$).

VI. DISCUSIÓN

Los periodos en los que se obtuvieron las fructificaciones fueron menores a los reportados por Bran-González et al. [3], quienes cultivaron cinco cepas de *S. commune* nativas de Guatemala, en sustratos conformados por viruta de pino, olote y caña de maíz, así como la pulpa de café seca y suplementos como harina de trigo y harina de avena en diversas proporciones, con periodos de fructificación de 28 a 48 días. Así mismo Figlas et al., (2014), registró un ciclo de cultivo de 36 días y una reducción de 31 manejando sustratos suplementados.

Por lo que respecta a las formas y tamaños de los píleos los resultados contrastaron con los obtenidos por Bran-González et al., (2009), donde las cepas produjeron cuerpos fructíferos flabeliformes con píleos desde 2.0 a 4.0 cm de diámetro (Figura 1).

Los valores de eficiencia biológica difirieron de los datos reportados por Bran-González et al., [3] de 5.50% para la caña y el olote de maíz (1:1) y de los valores registrados por Figlas et al., (2014); donde el sustrato conformado por semillas de girasol suplementadas reflejó una eficiencia biológica de 48.3%. Similarmente, para la tasa de producción Bran-González et al., (2009), reportaron un valor de 0.19% mientras que Figlas et al., (2014), obtuvo 1.6%. En cuanto al valor del rendimiento no se encontraron referencias para comparación.

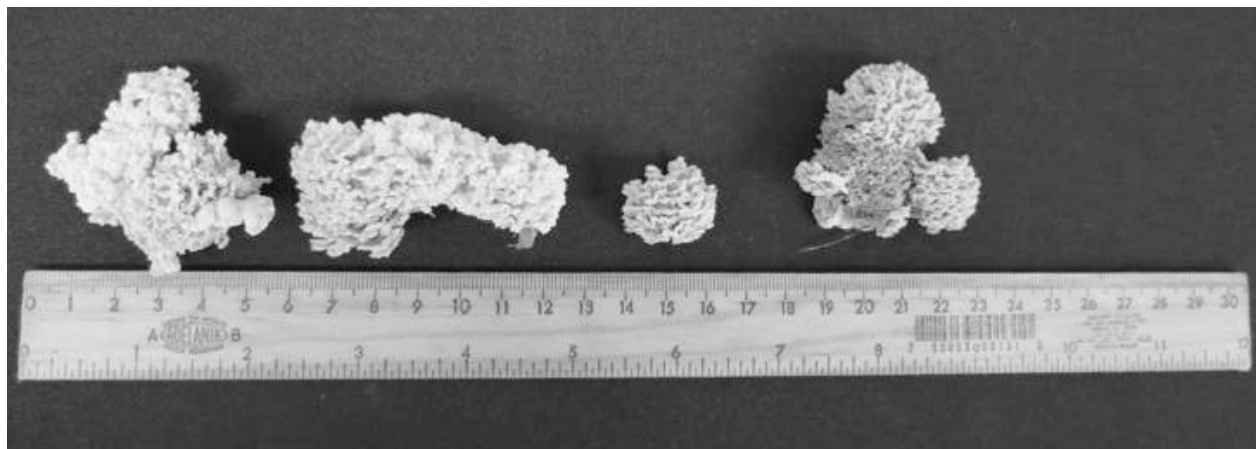
Durante el ciclo de cultivo se observó en el tratamiento compuesto con la fibra de coco, una menor retención de humedad dependiente de la temperatura registrada de 34 ± 5 °C, lo que puede deberse a la capacidad de campo del sustrato. Así mismo este sustrato fue susceptible a contaminación por otros hongos microscópicos como *Trichoderma* spp. y *Penicillium* spp., lo que coincide con los microorganismos reportados por Bran-González et al., (2009), como contaminantes del sustrato. Las bolsas contaminadas en el tratamiento fueron aisladas y se intentó la remoción de las áreas contaminadas para evitar la pérdida de las muestras; sin embargo el ciclo de cultivo del coco como sustrato para *S. commune* fue menor que el de los otros tratamientos, con una duración total de 17 días mientras que en los otros dos tratamientos fue de 40. En cuanto a los tratamientos compuestos por la cáscara de cacao fueron favorecidos por su capacidad de campo, sin problemas de contaminación.

De este modo, la combinación coco-cacao 1:1 mostró ser la más efectiva para la fructificación de *S. commune*.

En cuanto al uso de la cáscara de cacao y la fibra de coco como soporte para el crecimiento de hongos comestibles, Carreño-Ruíz et al., (2014), reportaron valores de crecimiento micelial de 7.47, 9.7 y 9.9 (mmd-1) en la fibra de coco sola, la cáscara de cacao sola y la mezcla de estos 1:1, respectivamente; demostrando así el potencial de adaptabilidad de estos sustratos para el cultivo de *S. commune* a nivel planta piloto.

VII. CONCLUSIONES

Schizophyllum commune es una especie que muestra un buen potencial para el desarrollo de su cultivo a nivel de planta piloto, en sustratos compuestos por fibra de coco y cáscara de cacao bajo condiciones tropicales. Sin embargo, es importante considerar el desarrollo de investigaciones que incrementen los conocimientos sobre el manejo de este hongo y la optimización de su cultivo, con recursos asequibles para la población, ya que hasta el momento las investigaciones son escasas. Dadas las cualidades de la especie como hongo comestible y medicinal, además de su importancia biotecnológica, es importante considerar en estudios futuros, metodologías e insumos que garanticen una buena producción donde variables como la temperatura, cuidados asépticos y la composición de los sustratos podría tener un papel importante para aumentar la biomasa fresca obtenida. Otro aspecto a considerar es el empleo de cepas locales a fin de promover la conservación de *S. commune* y poder un aprovechamiento sustentable con múltiples beneficios para la población.



Fructificaciones de *S. commune* obtenidas.

VII. REFERENCIAS

ALBERTÓ, E., (2008). *Cultivo intensivo de los hongos comestibles*. Editorial hemisferio sur S.A. Buenos aires, Argentina. Capítulo 4, 53-54.

ANDRADE Gallegos, R. H.; Mata, G. y Sánchez-Vázquez, J. E. (2013). *La producción iberoamericana de hongos comestibles en el contexto internacional*. In Sánchez-Vázquez, J. E. y Mata, G. (Editores). *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: Investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. 1ª Ed. México: ECOSUR-INECOL, 393 p.

BRAN González, M., Morales-Esquivel, O., Flores-Arzú, R. y Cáceres-Staackmann, R., (2009). *Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Asam (Schizophyllum commune Fr.)*. Universidad de San Carlos, Guatemala, 59.

- CARREÑO Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Cifuentes-Blanco, J. y Rosique-Gil, E. (2014). Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 8, 1447-1458.
- CHANG, S. y Miles, P., (2004). *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. Segunda edición. CRC Press, USA., 477.
- CURIEL Pérez, L., Morales-Olivares, C., Sánchez-Marín, E., Ramírez-Carrillo R. y Leal-Lara, H., (2013). Optimización de condiciones para el cultivo de "Shiitake". *Hongos comestibles y medicinales de Iberoamérica*. Capítulo 5, 217-228.
- FIGLAS, D., González Matute, R., Delmastro, S. y Curvetto, N. (2014). *Sunflower seed hulls for log system cultivation of Schizophyllum commune*. *Micología aplicada internacional*, Vol. 26, Num. 2, 19-25pp.
- GAITÁN Hernández, R.; Salmenes, D.; Pérez Merlo, R. y Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. 1era. ed., 1a. reimp. México: Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, 56 p.
- GARIBAY Orijel, R. y Ruan-Soto, F., (2014). Listado de los hongos silvestres consumidos como alimento tradicional en México. *La etnomicología en México, estado del arte*. México: CONACYT-UAEH-UNAM.
- GONZÁLEZ Cortés, N., (2003). *El cultivo de hongos comestibles: Una alternativa para Tabasco*. *Diálogos*, 39: 16-20.
- HASAN Salahuddin, A., (2008). *Biological activities of Schizophyllum commune FR*. Tesis de maestría no publicada. Facultad de ciencia, universidad de Malaya, Kuala Lumpur, 194.
- MARTÍNEZ Carrera, D., Aguilar, A., Martínez, W., Bonilla, M., Morales, P., Y Sobal, M., (2000). *Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico*. Capítulo 45: 471-488.
- MORA, V. y Martínez-Carrera, D., (2007). *Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de Pleurotus spp en México*. Capítulo 1: 7-15.
- MORENO Fuentes A. y Garibay-Origel., (2014). *La etnomicología en México: estado del arte*. Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural Asociación Etnobiológica Mexicana. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Universidad Nacional Autónoma de México, México (2014), pp. 99-120.
- REYES, R. G., Sofronio, P. K., Dulay, R. M. R., Yoshimoto, H., Miyazawa, N., Seyama, T. y Eguchi, F. (2013). *Philippine Native and Exotic Species of Edible Mushrooms Grown on Rice-Straw-Based Formulation Exhibit Nutraceutical Properties*. *The Philippine Agricultural Scientist*, 96: 2, 198-204.
- RUAN Soto, F., Garibay-Orijel, R. y Cifuentes, J., (2004). *Conocimiento micológico tradicional en la planicie costera del Golfo de México*. *Revista Mexicana de Micología*, 19: 57-70.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

RUAN Soto, F. y Cifuentes-Blanco, J., (2011). *Notas etnomicológicas del poblado de Teapa, Tabasco*. En: Educación ambiental para la conservación de la biodiversidad. López-Hernández, E. S. (Ed.). El Colegio de Investigadores de Tabasco, A. C.-UJAT, México. 249-256 pp.

SAGARPA, (2009). *Panorama nacional sobre la producción del cacao*. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, 13.

SAGARPA, (2010). *Apoya SAGARPA equipamiento de empresas industrializadoras de coco*. Boletines, 2.

SIERRA Galván, S., (2010). *Los hongos comestibles y su cultivo. Historia, desarrollo actual y perspectivas en México y el mundo*. Facultad de ciencias, UNAM, 1-8.

VÁZQUEZ Mendoza, S., (2013). «Nuevo hospedero del hongo *Schizophyllum commune* en América». *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 661-663.

SÁNCHEZ Vázquez, J. E.; Andrade-Gallegos, R. H. y Coello, M. (2010). *Los hongos comestibles en el sureste de México*. En: Martínez-Carrera, D., Curvetto, N., Sobal, M., Morales, P. y Mora, V. M. (Editores). *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla, 648 pp.

ESTADO Y CONSERVACIÓN DEL AGROSISTEMA CACAO COMO HÁBITAT POTENCIAL PARA MONOS SARAGUATOS EN LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO

**Bertha Valenzuela Cordova
Ena Edith Mata Zayas
Hilda María Díaz López
Lilia María Gama Campillo
Eduardo Javier Moguel-Ordoñez**

I. RESUMEN

La deforestación en el estado de Tabasco ha ocasionado que los monos saraguatos (*Alouatta palliata*) que habitan en la Región de la Chontalpa se refugien en los agrosistemas de cacao. Debido a que este agrosistema es de aprovechamiento humano, los monos enfrentan escenarios poco favorables para su permanencia. En el presente trabajo se evaluó el hábitat disponible de 11 fragmentos de cacao en La Chontalpa, a través del Índice de Hábitat Potencial (IHP). Para evaluar el IHP se consideraron las características del paisaje de cada fragmento en un área de influencia de 500 m. A cada variable se le asignó un valor de 1 a 3, según el criterio obtenido, dando el valor más alto a las variables que tienen las mejores condiciones para la conservación de los monos. Los rangos obtenidos para valorar el hábitat potencial se categorizaron como: Bajo (5-8 puntos); Medio (9-12 puntos) y Alto (de 13-15 puntos). 10 fragmentos se categorizaron con un IHP medio y uno en rango bajo. El desarrollo de estrategias que incluyan programas ambientales, sociales y económicos, pueden mejorar el IHP de estos agrosistemas, y con ello ayudar en la conservación de los monos aulladores.

II. INTRODUCCIÓN

En el estado de Tabasco, el cacao tiene una importancia cultural, nutricional y económica transcendental, que se refleja como un símbolo de identidad regional, arraigada y heredada desde la época prehispánica (Sánchez, 2012; Tudela, 1998).

En la actualidad este agrosistema enfrenta problemas relacionada con enfermedades y el decaimiento del precio local (Naranjo, 2011), lo que ha ocasionado el abandono de las plantaciones y el cambio de cultivo o uso de la tierra por parte de los productores

(Somarriba y Beer, 1999; Beenhouwer et al., 2013). Sin embargo estos agrosistemas de cacao (AC) pueden albergar una alta biodiversidad, que si bien no se compara con una vegetación conservada (Parrish et al., 1999), sirve como refugio de vida silvestre o como zonas de amortiguamiento en áreas naturales (Rice y Greenberg (2000); Estrada et al., 2005; Clough et al., 2009; Sánchez, 2012).

En el caso de los AC de Tabasco, se ha registrado la presencia del mono saguaro *A. Palliata* (Estrada et al., 2012; Muñoz et al., 2005; Valenzuela-Cordova et al., 2015). Estos monos pueden sobrevivir gracias a que aprovechan como refugio y alimento la vegetación arbórea que le da sombra al cacao (Muñoz et al., 2005). Es así, que el AC funge como el principal hábitat disponible para la permanencia del mono saraguato en la zona; debido a que la vegetación original se ha transformado en mosaicos mixtos, principalmente de pastizales inducidos, cacao y asentamientos humanos (Valenzuela-Cordova et al., B., 2015). Este último aspecto puede resultar negativo para estos primates; pues se ha demostrado que la cercanía con comunidades humanas puede causar conflictos con los pobladores, depredación por perros, zoonosis, y presiones de caza en estos primates (Candellero-Rueda y Pozo-Montuy, 2011; Estrada et al., 2012). Es por esto que en este trabajo se evaluó el potencial de los agrosistemas de cacao para la permanencia de los monos saraguatos analizando las condiciones del paisaje en los AC.

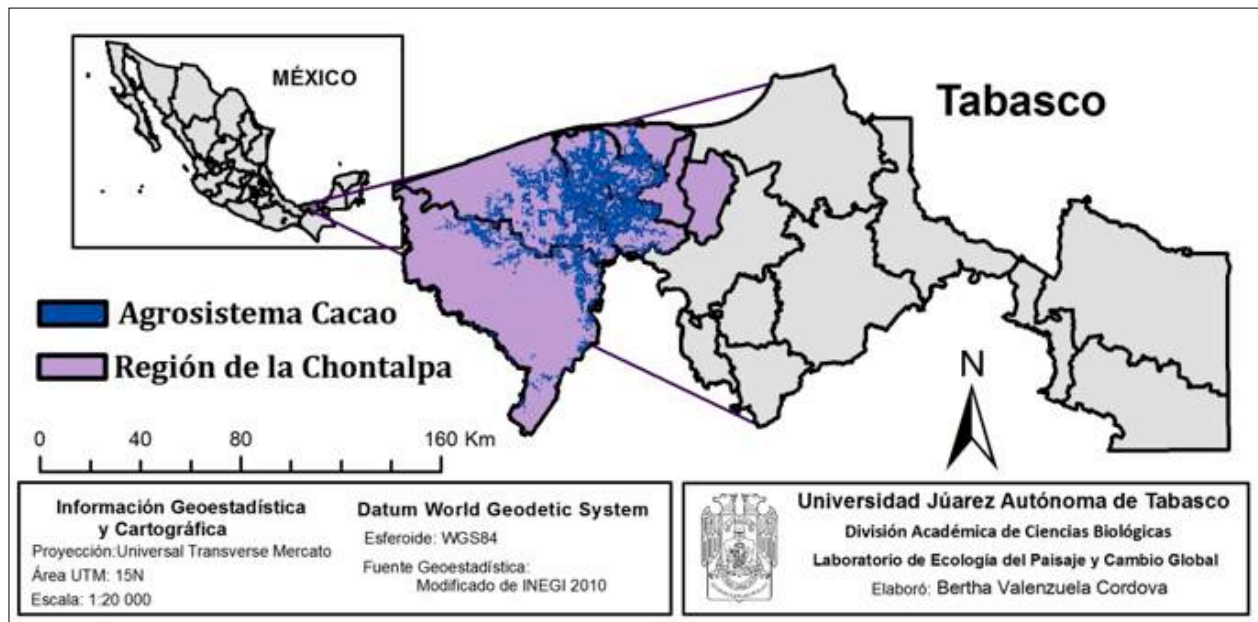
III. OBJETIVOS Y METAS.

Identificar y ubicar los fragmentos de cacao con presencia de *A. palliata* en la Región de la Chontalpa, Tabasco, para después delimitar y caracterizar los fragmentos de AC y sus matrices. Con esto se pretende evaluar el potencial de hábitat de los agrosistemas a través del Índice de Potencial de Hábitat.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la Región de la Chontalpa en el estado de Tabasco la cual, está integrada por los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Jalpa de Méndez, Huimanguillo, Nacajuca y Paraíso (Figura 1). Esta región ocupa una extensión territorial de 8 407.74 Km², que corresponde al 35% de la superficie total del estado. Limita al norte con el Golfo de México, a sur con el estado de Chiapas, al este con los municipios de Centla y del Centro y al oeste con el estado de Veracruz (Ariaset al., 1987). El terreno es plano con ligeras elevaciones al sur, con altitudes de 0 a 300 msnm (Vázquez-Navarrete et al., 2010). Presenta una temperatura de 26.4 °C. Tiene una humedad del 80% y una precipitación pluvial anual de 2,052 mm aproximadamente (West et al., 1985).



Área de estudio, Región de la Chontalpa Tabasco.

4.2. METODOLOGÍA

Identificación y Ubicación de fragmentos

Para la de los fragmentos se consultaron trabajos previos hechos por el equipo en el 2014 (Valenzuela-Cordova et al., 2015), donde se verificó la presencia de los monos en los AC a través de entrevistas directas a las personas que viven alrededor de los fragmentos de cacao; así como avistamientos directos. En ambos casos se tomaron las coordenadas geográficas para introducidos como puntos en ArcMap® 9.3 y seleccionar los fragmentos.

Algunos fragmentos se consideraron como uno solo cuando entre estos hubiera una separación menor a 200 m. Esta decisión fue tomada ya que en paisajes fragmentados se ha observado ejemplares recorrer a campo abierto distancias similares (Mandujano y Estrada, 2005).

Delimitación y caracterización de fragmentos y sus matrices

La delimitación del paisaje se realizó por medio de la fotointerpretación y digitalización de imágenes de satélite y su posterior verificación en campo. Se utilizaron imágenes Spot 2014 de una resolución de 2.5 m. La digitalización se realizó en el programa ArcMap® 9.3 a una escala 1:5,000; considerando, como unidad mínima mapeable los fragmentos mayores a 5 ha. Las estructuras lineales como ríos o caminos se consideraron a partir de un ancho mayor o igual a 10 m. Para la clasificación de los polígonos digitalizados a partir de la imagen satelital, se consideró la textura, tono, estructura, sombras y contexto (Chuvienco, 2010).

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

Para la evaluación de la matriz colindante, se dibujó un radio de 500 m alrededor de los fragmentos que tienen presencia de monos. Este procedimiento se hizo en el programa de ArcMap® 9.3 con la herramienta Buffer ubicada en el caja de herramientas “Proximity” de la extensión “Analysis Tools” de “ArcToolbox” en ArcMap® 9.3. Así mismo, se identificaron y categorizaron los tipos de coberturas que había en la matriz.

Índice de Hábitat Potencial (IHP)

El IHP se ha utilizado para detectar las amenazas que enfrentan los monos aulladores negro (*Alouatta pigra*) en fragmentos de selva, en el estado de Chiapas [3]. Para nuestro estudio el IHP se adaptó de acuerdo a las condiciones disponibles en los agrosistemas de cacao.

Las variables paisajísticas que se consideraron se relacionaron con el tamaño del fragmento y con los elementos disponibles en su matriz colindante (Cuadro 1). A cada variable se le asignó un valor de 1 a 3, según el criterio obtenido, dando el valor más alto a las variables que tienen las mejores condiciones para la conservación de los monos. Los rangos obtenidos para valorar el hábitat potencial, fueron: Bajo (valores de 5-8 puntos); Medio (9-12 puntos) y Alto (de 13-15 puntos) (Bonilla-Sánchez et al., 2011).

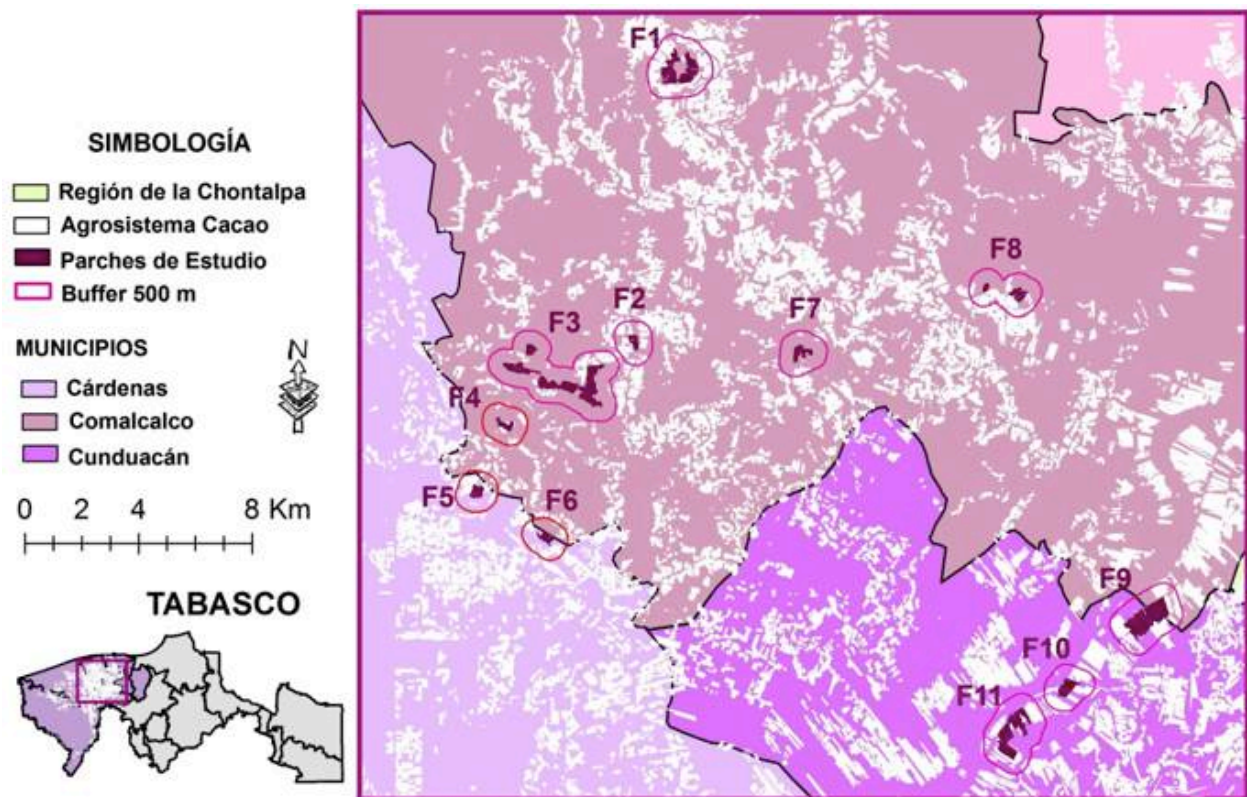
Variables		Criterio	Valor
Elemento del Fragmento	Tamaño del Fragmento	> 5 ha	3
		6 ha a 9 ha	2
		0.06 ha a 5.6 ha	1
Elementos de la Matriz	Distancia de Carreteras	>1000 ha	3
		501 a 1000 ha	2
		0 a 500 m	1
	Distancia a Fragmento mayor a 10 ha	0 a 200 m	3
		>201 a 500 m	2
		>501 m	1
	Porcentaje de Vegetación Arbórea en la Matriz	>50%	3
		26-50%	2
		0-25%	1
	Distancia de Asentamiento Humanos	>500 m	3
>200 a 500 m		2	
0 a 200 m		1	

Variables, Criterios y Valores del IAH

V. RESULTADOS

Identificación y Ubicación de fragmentos

Se identificaron 11 fragmentos con presencia de monos saraguatos. De los cuales 6 se ubican en el municipio de Comalcalco, dos en el municipio de Cárdenas, 2 en el municipio de Cunduacán y uno más comparten territorio entre Comalcalco y Cunduacán (Figura 2).



Ubicación de fragmentos con presencia de monos, en la Región de la Chontalpa.

Delimitación y caracterización de fragmentos y sus matrices

Los fragmentos tienen un tamaño que varía entre 10 y 97 ha. Todos los fragmentos se verificaron en campo como cacao. Para la matriz se caracterizaron 6 coberturas (vegetación arbolada, asentamiento humano, cacao, carretera, cuerpo de agua, vegetación no arbolada).

Entre los resultados más sobresalientes se pudo identificar que 8 de los 11 fragmentos, tiene una matriz altamente deforestada (más del 50% sin vegetación arbolada). Así mismo, todos los fragmentos están rodeados por asentamientos humanos y carreteras.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

Variables	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11
Tamaño del Fragmento (ha)	68.8	10.9	119.8	10.5	13.1	11.6	17.8	17.1	97.4	24.1	74.0
Distancia de Carreteras (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Distancia a Fragmento más Cercano(m)	10	100	10	10	10	10	300	10	10	10	100
Vegetación Arbórea en la Matriz (%)	50.5	49.2	15	7.3	26.8	30.0	10.9	33.0	54.7	53.1	20.3
Distancia de Asentamientos Humanos (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Resultados de la evaluación de las variables del IHP

Índice de Hábitat Potencial (IHP)

De acuerdo con el Índice de Hábitat Potencial, 10 fragmentos se encuentran entre un rango medio. El fragmento f7 presenta las características menos favorables para la conservación de los monos (8 puntos).

Variables	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11
Tamaño del Fragmento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Presencia de Carreteras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Distancia a Fragmento mayor a 5 ha	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Porcentaje de Vegetación Arbórea en la Matriz	3	2	1	1	2	2	1	2	3	3	2
Distancia a Asentamiento más Cercano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VALOR DE IHP	11	10	9	9	10	10	8	10	11	11	10

Resultado del Índice de Hábitat Potencial

VI. DISCUSIÓN

Los resultados del IAH fueron similares (rangos medios) a estudios realizados en zonas de selvas altamente fragmentadas (Bonilla-Sánchez et al., 2011). Las variables con los mejores puntajes fueron el tamaño del fragmento, y la distancia al fragmento más cercano. Sin embargo ambas variables se pueden reducir peligrosamente debido a que los productores están optando por cambiar sus plantaciones a otras coberturas (monocultivos y pastizales) con una mejor remuneración (Somarriba y Beer, 1999; Estrada et al., 2006; Beenhouwer et al., 2013).

Al desaparecer los agrosistemas de la Región de la Chontalpa las poblaciones de monos saraguatos puede disminuir rápidamente. Las variables con los puntajes más bajos (presencia de asentamientos humanos, las carreteras y la vegetación no arbolada) están relacionadas directamente con las actividades antropogénicas. El incremento de la población, las actividades petroleras y la ganadería extensiva son consideradas como una de las principales causas de la deforestación de la vegetación natural del estado de la zona (Tudela, 1998). Al igual que en otros sitios fragmentados reportados anteriormente (Candelero-Rueda y Pozo-Montuy, 2011; Estrada, 2013; Estrada et al., 2005), los monos también están expuestos a enfermedades y depredación por perros al intentar cruzar entre fragmentos.

VII. CONCLUSIONES

Los agrosistemas de cacao presentan un potencial medio para los monos, sin embargo debido a que es una zona altamente perturbada por el hombre, los monos se enfrentan a varias amenazas (reducción de hábitat, caza, zoonosis, depredación o ataque por perros ferales), que atentan con su conservación. Además aún se desconoce la composición y diversidad de los árboles en los agrosistemas y cómo influyen estos en la salud y comportamiento de los monos. Es importante realizar más investigaciones para determinar si los agrosistemas de cacao podrán servir a largo plazo como hábitat del mono en la zona de la Chontalpa.

Para amortiguar las amenazas antes mencionadas es necesario desarrollar estrategias que incluyan programas ambientales como: implementar pasos de fauna en los fragmentos que estén separados por carreteras; reforestar con cercas vivas para conectar los fragmentos de cacao separados por los pastizales; e implementar programas de educación ambiental para los pobladores de esta zona. Otras estrategias que podrían implementarse son programas socioeconómicos (p. j. ecoturismo), que beneficien a los productores, para que estos últimos conserven sus plantaciones de cacao y por ende ayuden a la presencia y conservación de los monos saraguatos.

VIII. REFERENCIAS

- ARIAS, G. M. E., Lau J. A. y Sepúlveda O. (1987). *Tabasco: una historia compartida*. Gobierno del Estado de Tabasco. 475 p.
- BEENHOUWER, M., Aerts, R., y Honnay O. (2013). *A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry*. *Agriculture, Ecosystems and Environmental* 171:1-7.
- BONILLA Sánchez, Y. M., Pozo-Montuy, G. & J. C. Serio-Silva. (2011). *Demografía y evaluación del mono aullador negro Alouatta pigra en Playas de Catazajá, Chiapas*. En: L. Gama-Campillo; G. Pozo-Montuy; W. M. Contreras-Sánchez y S. L. Arriaga-Weiss (eds) *Perspectivas en Primatología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 187-206.
- CANDELERO Rueda A.R. y Pozo-Montuy G. (2011). *Mortalidad de monos aulladores negros Alouatta pigra en paisajes altamente fragmentados de Balancan, Tabasco*. En: L. Gama-Campillo; G. Pozo-Montuy; W. M. Contreras-Sánchez y S. L. Arriaga-Weiss (eds) *Perspectivas en Primatología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 187-206.
- CHUVIEGO, E (Ed.) (2010). *Earth observation of global change. The role of remote sensing in monitoring the global environment*. Department of Geology, University of Alcalá, España. 21 p.
- CLOUGH Y., Faust H. y Tscharnkte T. (2009). *Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation*. *Conservation Letters* 2:197-205.
- ESTRADA A. (2013) *Socioeconomic Contexts of Primate Conservation: Population, Poverty, Global Economic Demands, and Sustainable Land Use*. *American Journal of Primatology* 75:30–45.
- ESTRADA A., Harvey C., Sáenz J., Muñoz D., Naranjo E. y Rosales-Medina M. (2005). *Valor de algunas prácticas agrícolas para la conservación de poblaciones de primates en paisajes fragmentados en Mesoamérica*. *Universidad y Ciencia*. Número Especial II: 85-94.
- ESTRADA A., Raboy B. E. y Oliveira L. (2012). *Agroecosystems and Primate Conservation in the Tropics: A Review*. *American Journal of Primatology* 74:696-711.
- ESTRADA, A., Sáenz, J., Harvey, C. A., Naranjo, E., Muñoz, D., Rosales-Medina, M. (2006). *Primates in agroecosystems: conservation value of agricultural practices in Mesoamerican landscapes*. In: Estrada A, Garber PA, Pavelka MSM, Luecke LG, editors. *New perspectives in the study of Mesoamerican primates: distribution, ecology, behavior and conservation*. New York: Springer Press.437–470 p.
- MANDUJANO S. y Estrada A. (2005). *Detección de umbrales de área y distancia de aislamiento para la ocupación de fragmentos de selva por monos aulladores (Alouatta palliata) en los Tuxtlas, México*. *Universidad y Ciencia*. Número especial 2:11-21.

MUÑOZ D, Estrada A. y Naranjo E. (2005). *Monos saraguatos (Alouattapalliata) en una plantación De Cacao (Theobroma Cacao) en Tabasco, México: aspectos de la ecología alimentaria*. Universidad y Ciencia. Número Especial II: 35-44.

NARANJO G. J. A. (2011). *Caracterización de productos tradicionales y no tradicionales derivados de cacao (Theobroma cacao L.) en el estado de Tabasco, México*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 60 p. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/489>

PARRISH J., Reitsma R., Greenberg R., McLarney W., Mack R. y Lynch J. (1999). *Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento*. Agroforestería En Las Américas. Vol. 6. N°22.

RICE R. A. y Greenberg R. (2000). *Cacao Cultivation and the consevation of Biological Diversity*. Ambio Vol. 29 N° 3. 167-173 pp.

SÁNCHEZ G. F. (2012). *Recursos Maderables en el Sistema Agroforestal Cacao En Cárdenas, Tabasco*. Tesis De Maestría. Colegio De Postgraduados. 77 p.

SOMARRIBA E. y Beer, J. (1999). *Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá*. Agroforestería en las Américas 6(22):7-11.

TUDELA, F. (1998). *Modernización forzada del Trópico Mexicano*. Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados. México. 475 pp.

VALENZUELA Cordova B., Mata-Zayas E.E., Pacheco-Figueroa C.J., Chávez-Gordillo E., Díaz-López H.M, Gama L., Valdez-Leal, J.D.D (2015). *Potencial ecoturístico de los cacaotales con monos saraguatos (Alouatta palliata Gray), de la región de la Chontalpa, Tabasco, México*. Agroporoductividad 8(5):3-10.

VÁZQUEZ Navarrete, C. J., Mata-Zayas E.E. y Palma-López D. J. (2010). *Valoración económica de los servicios ambientales de los humedales de la Chontalpa, Tabasco: un enfoque exploratorio a nivel local*. 493-508 p. En: Botello A.V., Villanueva-Fragoso S., Gutiérrez, J. y Rojas Galaviz J.L. (Ed.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 514p.

WEST R.C., Psuty N.P. y Thom B.G. (1985). *Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México*. Gobierno del Estado de Tabasco. 409 p.

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MOLUSCOS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO, MÉXICO

Jaquelina Gamboa Aguilar
Luis José Rangel Ruiz
Silvia Arias García
Juan Armando Arévalo de la Cruz
Joel Montiel Moreno

I. RESUMEN

Para Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, se determinó la composición, estructura y similitud de moluscos, se realizaron cuatro muestreos durante las temporadas de estiaje y lluvia de 2010 y 2011, se muestrearon 21 estaciones. Los organismos fueron recolectados sobre *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo). Se recolectaron un total de 29 especies, 18 gasterópodos y 10 bivalvos. Las especies que caracterizan la RBPC son *A. clenchi*, *H. excentricus*, *P. coronatus* y *P. flagellata*, por *B. obstructa*, *C. franceasa*, *M. impluviata*, *M. polita* y *S. transversus*). Las localidades con mayor riqueza específica fueron Sn. Pedrito, Sn. Isidro El Jobo, Sn. Isidro, El Viento, Larga. Se obtuvo una abundancia total de 520,797 organismos, 264,731 en estiaje y 256,066 en lluvias, las especies más abundantes fueron: *T. granifera*, *A. clenchi*, *P. coronatus*, *C. franceasa*, *C. franceasa*. Los valores más altos de Dominancia de Simpson fueron D. Narváez Norte, L. Narváez, Concepción y D. Narváez Norte. Las estaciones que presentaron la mayor similitud fueron Tintal y Loncho, Sauzo con Chichicaste, Sn Isidro el Jobo con Sn Isidro y El Coco con Cantemoc y Landero con Guanal. La estaciones más disimiles fueron D. Narváez Sur y D. Narváez Norte.

II. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos son muy importantes ya que guardan una gran cantidad de organismos, por lo que, los impactos como la contaminación, la materia orgánica, el enriquecimiento de nutrientes así como la eliminación del bosque de ribera, la construcción de canales a los ríos, afectan a las comunidades biológicas provocando cambios en la estructura de las comunidades, en su función biológica de los sistemas acuáticos y a los organismos afecta los ciclo de vida, crecimiento y reproducción (Prat y Ward, 1994; Ian, 1995).

En México se ha dado mucha importancia al estudio de moluscos marino y se ha dejado a los continentales, a pesar de que se cuenta con una fauna rica de moluscos terrestres y dulceacuícolas, ya que pueden ser considerados como plaga agrícola o como transmisores de parásitos tanto animales como al hombre (Avendaño et al., 2010).

Los moluscos pueden ser considerados como bioindicadores ecológicos del suelo y agua, ya que son organismos muy sensibles a los cambios producidos en los ecosistemas y además por ser susceptibles al monitoreo con diferentes técnicas con el sistema de información geográfica (Imaicela, 2013).

Los macroinvertebrados y en particular los moluscos, forman una parte importante del componente biológico ya que cumplen un rol de gran importancia en la estructura y el funcionamiento de los cuerpos de agua. Estos cambios en la calidad del agua ocasionan la desaparición de taxa intolerantes y provocan modificaciones en la estructura de la comunidad en general, así como disminución en la diversidad y la eficiencia de purificación debido al enriquecimiento orgánico excesivo (Muñoz et al., 2001). Esta destrucción ha traído como consecuencia la pérdida de estos ecosistemas con su consecuente pérdida de diversidad biológica o que muchas especies se encuentren en peligro de extinción (Eichler, 1972).

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) fue creada por el Ejecutivo Federal por decreto el 6 de agosto de 1992, con una superficie de 302,707 ha se localiza al noreste del Estado de Tabasco, en la región hidrográfica Grijalva – Usumacinta, los ríos más importantes y caudaloso de México (SEMARNAP-INECOL., 2000).

III. OBJETIVOS Y METAS

- Evaluar la distribución, estructura y composición de las comunidades de moluscos en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.
- Realizar cuatro muestreos de comunidades de moluscos durante las épocas de secas y lluvias de 2010 y 2011, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) se ubica en los Municipios de Centla, Jonuta y Macuspana, que forma parte de la Región de los Ríos. Corresponde a la llanura aluvial del reciente en el delta de los ríos Grijalva – Usumacinta, en el Estado de Tabasco, México. Se localiza entre las coordenadas geográficas 17° 57' 53" y 18° 39' 03" de latitud norte y los 92° 06' 39" y 92° 47' 58" de longitud oeste. Su superficie corresponde al 12.2% del total estatal, o sea 302, 706 ha. Limita al Norte con el Golfo de México, al Este con los Municipios de Jonuta y Macuspana y el Estado de Campeche, al Sur con el Municipio del Centro y al Oeste con Paraíso y Nacajuca.

El área se encuentra dividida en dos Zonas Núcleo, la primera se ubica al sur con una superficie de 57,738 ha, la segunda al norte con 75,857 ha y la tercera de Amortiguamiento envuelve a las zonas núcleo manteniendo una extensión de 169,111 ha.

Dos sistemas fluviales son los más importantes que drenan la Reserva: el Grijalva y el Usumacinta. En la Reserva se localizan 110 cuerpos de agua dulce con una superficie de 13,665 ha.

Se muestrearon un total de 21 localidades de estas 19 son lagunas (Sn. Pedrito, Punteada, El Guanál, Sn. Isidro, El Coco, El Cometa, Narváez, El Viento, Concepción, Larga, Los Idolos, Tintal, Landeros, Sargazal, El Loncho, Chichicastle, Sauzo, Sn. Isidro El Jobo y Cantemoc) y dos drenes (D. Narvaez Norte y D. Narvaez Sur).

Se realizaron cuatro muestreos, dos en las temporadas de estiaje (abril-mayo 2010, 2011) y dos en lluvia (septiembre-octubre 2010, 2011) para cada localidad se tomaron 10 muestras al azar, cada muestra se realizó por unidad de tiempo de 10 minutos, las muestras se tomaron sobre raíces de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y para los asociados a raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Las muestras se fijaron con alcohol al 70% para su posterior identificación y cuantificación. Con los datos obtenidos para cada localidad se determinó la Abundancia (N), Riqueza específica (S); Índice de Diversidad de Shannon Weiner (H'); Dominancia de Simpson (D); Índice de Similitud de Morisita-Horn (Magurran, 2006). Los índices ecológicos se calcularon con el software Bio-DAP. Ecological Diversity and its Measurement (Magurran, 2006) y Morisita-Horn. MVSP ver. 3.12c (Multi-Variate Statistical Package).

V. RESULTADOS

La composición de moluscos estuvo representada por 29 especies agrupadas en dos Clases: la Gastropoda y Bivalvia. La Gastropoda presentó cuatro Órdenes, siete Familias, 18 Géneros y 18 Especies y un morfotipo, la Bivalvia con dos Órdenes, seis Familias, siete Géneros y 10 Especies en la Figura 1.

En general la mayoría de las especies de gasterópodos (29 especies) presentan una amplia distribución geográfica dentro de la RBPC (21 localidades), las especies que presentaron la mayor distribución fueron: *A. clenchi*, *H. excentricus*, *P. coronatus* y *P. flagellata* (21 localidades), *B. obstructa*, *C. franceasa*, *M. impluviata*, *M. polita* y *S. transversus* (20) y las de menor distribución fueron *N. virginea*, *P. artacta* y *R. fleuxosa* (3) y *A. auberiana* y *P. caroliana* (2). Las localidades con mayor riqueza específica fueron Sn. Pedrito (24) y Sn. Isidro El Jobo (23), seguidos por Sn. Isidro. El Viento, Larga con (21), localidades con menores especies fueron el D. Narvaez Norte (11) y D. Narvaez Sur (8).

Se recolectaron un total de 520,797 organismos asociados a lirio acuático y raíces de mangle, de estos 264,731 fueron en estiaje y 256,066 en lluvias. Las especies más abundantes durante la temporada de estiaje fueron *T. granifera* (63,477), *A. clenchi* (55,944), *P. coronatus* (47,777), *C. franceasa* (30,793) las especies con menor abundancia *R. fleuxosa* (11), *N. virginea* (4) y *B. obstructa* (2), en la temporada de lluvias fueron *P. coronatus* (82,822), *C. franceasa* (36,870) *A. clenchi* (27,577) las especies con menor abundancia *L. sphinctostoma* (33), *T. circumstriata* (24) y *R. fleuxosa* (7).

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

Las localidades con mayor abundancia total durante la temporada de estiaje fueron Concepción (40,014), El Guanal (34,975), Sn. Isidro (29,961) y en lluvias Sauzo (30,345), Sn. Isidro (23,508), Concepción (19,135).

La Dominancia de Simpson (D) vario en las dos temporadas de muestreo de 0.15 a 1.0 (\bar{X} 0.33), las localidades que presentaron los valores más altos fueron D.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	
Mollusca	Bivalvia	Unionida	Unionidae	<i>Psoroniaias</i>	<i>P.crocodilorum</i>	
				<i>Potamilus</i>	<i>P. alata</i>	
		Veneroidea	Corbiculidae	Corbiculidae	<i>Polymesoda</i>	<i>P. artacta</i>
					<i>Polymesoda</i>	<i>P. caroliana</i>
			Dreissenidae	Dreissenidae	<i>Mytilopsis</i>	<i>M. leucophaeata</i>
					<i>Rangia</i>	<i>R. cuneata</i>
			Mactridae	Mactridae	<i>Rangia</i>	<i>R. fleuxosa</i>
					<i>Sphaerium</i>	<i>S. partenium</i>
			Pisidiidae	Pisidiidae	<i>Sphaerium</i>	<i>S. trasversus</i>
					<i>Anomalocardia</i>	<i>A. auberiana</i>
	Architaenioglosa	Architaenioglosa	Ampurallaridae	<i>Pomacea</i>	<i>P. flagellata</i>	
				Ancyliidae	Ancyliidae	<i>Hebetancylus</i>
	Basommatophora	Physidae	Physidae			<i>Ferrisia</i>
				<i>Mexinauta</i>	<i>M. impluviata</i>	
		Planorbidae	Planorbidae	<i>Mayabita</i>	<i>M. polita</i>	
				<i>Biomphalaria</i>	<i>B. obstructa</i>	
		Drepanotrema	Drepanotrema	<i>Drepanotrema</i>	<i>D. lucidum</i>	
				<i>Biomphalaria</i>	<i>H. duryi</i>	
	Gastropoda	Neotaenioglosa	Hidrobiidae	Hidrobiidae	<i>Aphaostracon</i>	<i>A. tehiocrenetus</i>
					<i>Aroapyrgus</i>	<i>A. clenchi</i>
Cochliopina			Cochliopina	<i>Cochliopina</i>	<i>C. franceasa</i>	
				<i>Littoridina</i>	<i>L. sphinctostoma</i>	
Littoridinops			Littoridinops	<i>Littoridinops</i>	<i>L. tenuipes</i>	
				<i>Pyrgophorus</i>	<i>P. coronatus</i>	
Tryonia			Tryonia	<i>Tryonia</i>	<i>T. circumstriata</i>	
				<i>Melanoides</i>	<i>M. tuberculata</i>	
Thiaridae			Thiaridae	<i>Tarebia</i>	<i>T. granifera</i>	
				<i>Neritina</i>	<i>N. reclivata</i>	
Neritopsina	Neritopsina	Neritidae	<i>Neritina</i>	<i>N. virginea</i>		

Clasificación taxonómica de las especies recolectadas en la RBPC.

Narváez Norte con 1.00 (E2010), L. Narváez con 0.97 (LL2010), Concepción con 0.67 (E2011) y D. Narváez Norte con 0.58 (LL2011), las localidades que presentaron los valores más bajos fueron Concepción con 0.18 (E2010), Cantemoc con 0.17 (LL2010), Ídolos con 0.18 (E2011) y Landeros con 0.15 (E2011).

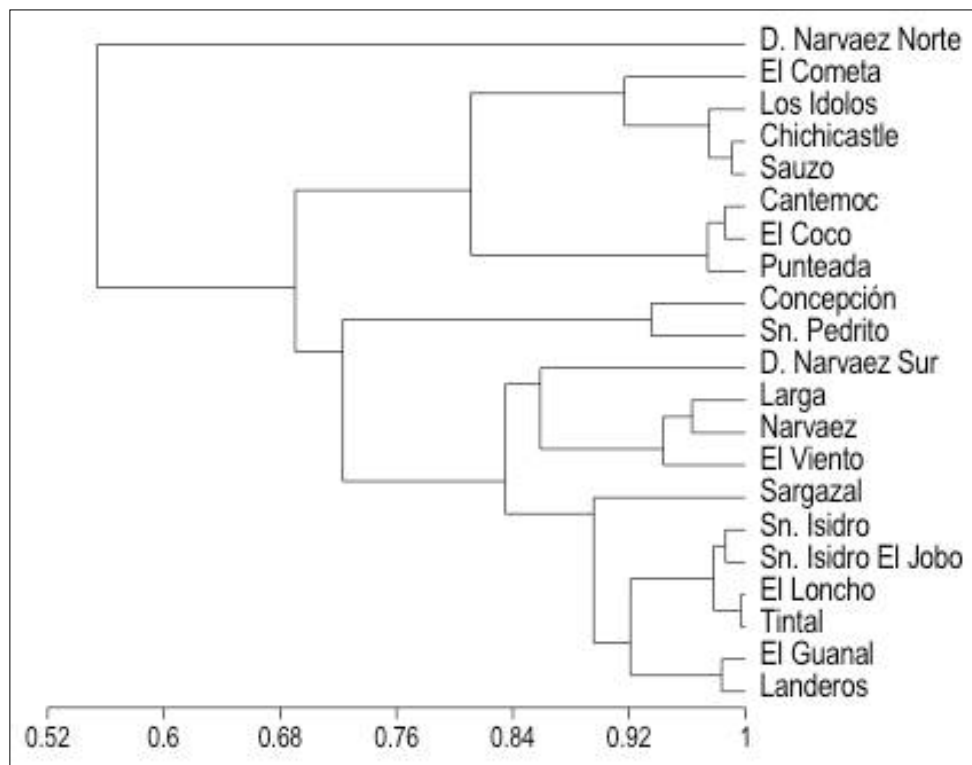
La diversidad de Shannon encontrada en las diferentes épocas vario 0.04 a 2.10 (\bar{X} 1.55), la mayor diversidad se presentó en Concepción con 1.90 (E2010), Loncho con

1.99 (LL2010), Ídolos con 2.10 (E2011) y Landero con 2.08 (LL2011) y las localidades que presentaron los menores valores durante fueron: Narváez, Coco y D. Narváez Sur:

Las estaciones que presentaron la mayor similitud fueron Tintal y Loncho (1.00), Sauzo con Chichicaste, Sn Isidro el Jobo con Sn Isidro y El Coco con Cantemoc (0.99) y Landero con Guanál (0.98), las que tienen los valores más bajos o disimilitud son D. Narváez Sur y D. Narváez Norte Figura 2.

VI. DISCUSIÓN

Una de las problemáticas encontradas tanto para México como para el continente americano es la escasa información sobre la composición de comunidades de macroinvertebrados acuático y en especial los moluscos (Naranjo, 2003; Rangel y Gamboa, 2005).



Índice de Similitud de Morisita-Horn de las comunidades de moluscos en las localidades de la RBPC.

Este estudio da a conocer las especies que se encuentran conformando la fauna malacológica de esta importante área natural la RBPC. La riqueza de especies de moluscos encontrados en las 21 localidades estudiadas de la RBPC puede ser considerada como alta (29 especies) si la comparamos con las registradas en la Isla de Youth en Cuba en donde se encontraron 12 especies en 17 localidades (Perera et al., 1986) o la obtenida para los Pantanos de Villa en el Perú con cinco especies en cinco localidades (Vivar et al., 1996).

En la RBPC, la familia que presento el mayor número de especies fueron la Hydrobiidae con siete especies, le siguieron Ancyliidae, Physidae, Planorbidae, Thiaridae y Neritidae con dos especies cada una. La composición por familias es semejante a las registradas en Cuba con presencia de las familias Hydrobiidae, Planorbidae, Thiaridae, Pilidae pero con otras especies solo *D. lucidum* y *M. tuberculata* son iguales a la registradas en la RBPC (Perera et al., 1986; Perera y Yong, 1984), de igual manera en Perú se ha registrado a la familia Planorbidae y Physidae (Paraense, 2003). En el listado de la malacofauna continental del Pacífico de Nicaragua de organismos terrestres y dulceacuícolas reportaron un total de 89 especies y dentro de estas, nueve son dulceacuícolas y cuatro son iguales a las encontradas en la RBPC (*P. flagellata*, *P. coronatus*, *M. tuberculata* y *H. excentricus*) (Pérez y López., 2003), por lo que se trata de especies con una amplia distribución geográfica en la región Mesoamericana.

Es importante la relación biótica de los moluscos con la vegetación acuática ya que dependen de las macrófitas para determinadas funciones como puede ser la ovoposición, la alimentación, también pueden ser necesarias las plantas como sustrato de apoyo o como refugio (Perera et al., 1995). La mayoría de las especies recolectadas en este trabajo fueron obtenidas de las raíces de lirio acuático. La fauna malacológica en Cuba se ha colectado sobre *Typha dominguensis* e *Hymenachne amplexicaulis* donde se han encontrado a *Biomphalaria helophila*, *B. havanensis*, *Planorbella duryi*, *Biomphalaria* spp y *Drepanotrema* spp (Perera et al., 1986).

En general las 29 especies de gasterópodos recolectadas durante este estudio tuvieron una amplia distribución en la RBPC. Las especies que están caracterizando el área por su amplia distribución y por su abundancia son: *A. clenchi*, *H. excentricus*, *P. coronatus* y *P. flagellata*. En cuanto a su amplia distribución es parecida a la registrada por (Pérez y López, 2003) en el listado de la malacofauna continental del Pacífico de Nicaragua donde se han reportado a *N. virginea*, *P. flagellata*, *P. coronatus* y *M. tuberculata*.

Los resultados de los indicadores ecológicos obtenidos en este estudio demuestran condiciones favorables para la RBPC, una alta riqueza específica y una dominancia alta con valores cercanos a 1.0 propias de comunidades sanas.

El índice de Shannon toma en cuenta los dos componentes de la diversidad: número de especies y equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie. De acuerdo con esto, un mayor número de especies incrementa la diversidad y, además una mayor uniformidad también lo hará (Magurran, 1989). Los valores de diversidad promedio encontrados en la RBPC fueron altos en ambas temporadas. En general la diversidad (H') en la RBPC es considerada a alta, esto puede atribuirse también a una alta dominancia (0.97 y 1.00), la dominancia de Simpson varía de 0 a 1; es decir, cuando se presenta un valor de 0.00 significa que no existen especies dominantes y cuando se tiene un valor de 1, la dominancia es máxima de alguna especie(s). Por tal razón, las comunidades que mantienen valores bajos a medios de dominancia poseen buena

diversidad, así como una alta riqueza específica (29 especies). Observándose además variaciones importantes entre localidades y entre temporadas de muestreo, esto es similar a lo encontrado en el lago Habanilla en Cuba, la mayor diversidad fue de (1.8) y la mayor equitatividad de (0.9) con una riqueza de seis especies y también presentándose grandes variaciones a lo largo de un período de seis años (Perera et al., 1995).

Los valores del Índice de Similitud de Morisita-Horn varían de 0.00 cuando no hay similitud entre las especies de las comunidades a comparar a 1.00 cuando todas las especies son iguales, como es el caso de los moluscos que habitan en las localidades de la RBPC que son cercana a 1.0.

Es importante la presencia de especies como *P. flagellata* como un recurso alimenticio para los habitantes del área de la RBPC (Rangel y Gamboa, 2000), así como algunas especies de bivalvos como *P. crocodilorum*, *P. artacta*, *P. caroliana*, *R. fleuxosa*.

En el caso de especies como *M. tuberculata* y *T. granifera* que han sido reportada como introducidas y que tienen gran relevancia por establecer competencias entre sus poblaciones siendo *T. granifera* la más favorecida al competir por el espacio y el alimento (Ojasti, 2001; Naranjo et al., 2005), presentan una alta tasa de crecimiento, fuerte capacidad de dispersión, carecen de enemigos naturales por lo cual es considerada como una especie invasora (Rangel et al., 2011) y se mencionan pérdidas de biodiversidad malacofaunística por la introducción de *M. tuberculata* en cuatro localidades de Coahuila.

Los humedales recientemente han sido reconocidos como los ecosistemas más productivos en la tierra, por la gran diversidad de especies de fauna silvestre que dependen de este hábitat para satisfacer parte o la totalidad de sus necesidades de su ciclo biológico, ya que hay una gran diversidad de plantas que se encuentran dentro de estos ecosistemas (Convención sobre los Humedales Ramsar).

En México el sistema de clasificación de humedales es reciente, en febrero de 2006 se alcanzó el segundo lugar mundial por incluir el mayor número de humedales en la lista de sitios Ramsar. Con ello se reconoce la importancia internacional de los 64 humedales mexicanos, que abarcan una superficie de 5 millones 261 mil hectáreas (Contreras et al., 1995), de estos la RBPC es hidrológicamente uno de los sitios más importantes de Mesoamérica, influyendo en la ecología desde el sur de México hasta el norte de Guatemala.

VII. CONCLUSIONES

Los datos aportados en el presente estudio sobre la estructura de las comunidades de moluscos en la RBPC, como uno de los humedales prioritarios de la República Mexicana, permiten las siguientes conclusiones:

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

Los organismos recolectados 29 especies se encuentran agrupados en dos Clases: la Gastropoda y Bivalvia. La Gastropoda con cuatro Órdenes, siete Familias, 18 Géneros y 18 Especies y uno por definir su estatus taxonómico, la Bivalvia con dos Órdenes, seis Familias, siete Géneros y 10 Especies.

De las 29 especies recolectadas, las que caracterizan el área debido a su distribución y abundancia son: *A. clenchi*, *H. excentricus*, *P. coronatus* y *P. flagellata*, por *B. obstructa*, *C. franceasa*, *M. impluviata*, *M. polita* y *S. transversus* mientras que las especies consideradas como restringidas o raras fueron *N. virginea*, *P. artacta* y *R. fleuxosa*, *A. auberiana* y *P. caroliana*. Las localidades con mayor riqueza específica fueron Sn. Pedrito, Sn. Isidro El Jobo, Sn. Isidro, El Viento, Larga, y con menores D. Narvaez Norte (11) y D. Narvaez Sur.

Se recolectaron un total de 520,797 organismos, 264,731 fueron en estiaje y 256,066 en lluvias. Las especies más abundantes *T. granifera*, *A. clenchi*, *P. coronatus*, *C. franceasa*, *C. franceasa*. Las localidades con mayor abundancia total durante la temporada de estiaje fueron Concepción, El Guanal, Sn. Isidro y en lluvias Sauzo, Sn. Isidro, Concepción.

La Dominancia de Simpson (D) vario en las diferentes temporadas de muestreo las localidades que presentaron los valores más altos fueron D. Narvárez Norte, L. Narvárez, Concepción y D. Narvárez Norte y los más bajos fueron Concepción, Cantemoc, Ídolos y Landeros.

La diversidad de Shannon encontrada en las diferentes temporadas, la mayor diversidad se presentó en Concepción, Loncho, Ídolos y Landero y las localidades que presentaron los menores valores fueron: Narvárez, Coco y D. Narvárez Sur:

Las estaciones que presentaron la mayor similitud fueron Tintal y Loncho, Sauzo con Chichicaste, Sn Isidro el Jobo con Sn Isidro y El Coco con Cantemoc y Landero con Guanal. Las estaciones más disimiles fueron D. Narvárez Sur y D. Narvárez Norte.

VIII. REFERENCIAS

PRAT N., & Ward J.V. (1994). *The tamed river*, In: Margalef, R. (ed.), *Limnology now: A paradigm of planetary problems*. Elsevier Science, 219-236.

ALLAN J.D. (1995). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman & Hall, Londres, Great Britain, 400.

AVENDAÑO Gil M.J., Carbot Chanona G., Naranjo García E. (2010). *Moluscos gasterópodos terrestres y dulceacuícolas del área focal Ixcán. Chiapas, México, Lacandonia*, 4 (1): 29-36.

ORDOÑEZ, Imaicela M.A. (2013). *Patrones de diversidad de la fauna de moluscos (Gastrópodos) en un bosque tropical de montaña (Estación Científica San Francisco) al Sur de Ecuador*. Tesis, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 68.

- MUÑOZ E., Mendoza G., Valdovinos C. (2001). *Evaluación rápida de la Biodiversidad en cinco sistemas lenticos de Chile Central: Macroinvertebrados Bentónicos*. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográfica, 65 (2): 1-3.
- EICHLER A. (1972). *Parques nacionales y reservas afines, Política y Planificación*. Inst. de Invest. Econ. Fac. de Ecom., Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, 85.
- SEMARNAP-INECOL. (2000). *Áreas Naturales Protegidas de México*, 64.
- MAGURRAN, A.E. (2006). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts, 256.
- NARANJO García E. (2003). «Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas». *Revista de Biología Tropical*, 51 (Suppl. 3): 495-505.
- RANGEL Ruiz L.J., y Gamboa Aguilar J. (2005). *Moluscos gasterópodo*, Cap. (7): 167-176, En: Eds. Bueno, J., F. Álvarez, y S. Santiago. *Biodiversidad del Estado de Tabasco*, 386, Instituto de Biología. UNAM-CONABIO, 2005.
- PERERA G., Sánchez, J., Yong M., Ferrer C.J., Amador O. (1986). *Ecology of some freshwater pulmonates from Cuba*. *Malacological Review*, 19: 99-104.
- VIVAR R., Hernani H., Huaman P., Yong M., Perera G. (1996). *Some ecological aspects the freshwater molluscan fauna of Pantano de Villa*. Lima, Peru. *Malacological Review*, 29: 65-68.
- PERERA G., Yong M. (1984). *A preliminary study of the freshwater mollusks of the isle of Youth (Isle of Pines)*. Cuba. *Walkerana*, 2: 121-123.
- PARAENSE W.L. (2003). *Planorbidae, Lymnaeidae and Physidae of Peru (Mollusca: Basommatophora)*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98: 767-771.
- PÉREZ A.M., López A. (2003). «Listado de la malacofauna continental (Mollusca: Gastropoda) del Pacífico de Nicaragua». *Rev. Biol. Trop.* 51(Suppl.3): 405-451.
- PERERA G., Yong M., Ferrer C.J., Gutierrez A., Sánchez J. (1995). *Ecological structure and factors regulating the population dynamics of the freshwater snail populations in Habanilla Lake, Cuba*. *Malacological Review*, 28: 63-69.
- MAGURRAN A. (1989). *Diversidad Ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona, España, 200 p.
- RANGEL Ruiz L.J., y Gamboa Aguilar J. (2000). *Gasterópodos epicontinentales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco*. *Universidad y Ciencia*, 15 (30): 129-140.
- OJASTI J. (2001). *Especies exóticas invasoras en Estrategia Regional de Biodiversidad para los países del trópico Andino*. Convenio de cooperación técnica no reembolsable, ATN/JF-5887-RG CAN-BID. (<http://supervivir.org/archi01/einvasor.pdf> verificado 02/julio/2016).
- NARANJO García E., Diupotex Chong M.E., Familiar G.R. (2005). *Tarebia granifera (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Prosobranchia: Pachychilidae) en el Lago de Catemaco*,

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

Veracruz, México. VI Congreso Latinoamericano de Malacología, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 101.

RANGEL Ruiz L.J., Gamboa Aguilar J., García Morales M., Ortíz Lezama O.M. (2011). *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México, Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 27 (1): 103-114.

CONTRERAS Arquieta, A., Guajardo M.G., Contreras B. S. (1995). *Thiara* (*Melanoides tuberculata*, Muller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae), su probable impacto ecológico en México. Publicaciones Biológicas – F.C.B./U.N.L., México, 8: 17-24.

CONANPM. (2006). Humedales Prioritarios de México, 80.

TROGOSÍTIDOS (COLEOPTERA: TROGOSSITIDAE) ASOCIADOS A ECOSISTEMAS DE TABASCO, MÉXICO

Josué García León
Manuel Pérez De la Cruz
Aracely de la Cruz Pérez

I. RESUMEN

Se estudió la riqueza, abundancia y la fluctuación poblacional de la familia Trogossitidae en ecosistemas del estado de Tabasco, México. Los especímenes se capturaron con trampas de alcohol. Se obtuvieron un total de 261 especímenes, pertenecientes a 16 especies de cinco géneros. Se obtuvo 15 especies como nuevos registros para el estado. Las especies con mayor abundancia fueron: *Temnochila chlorodia* con 107 especímenes (41%) y *Nemosoma* sp1 con 82 (31.42%). Se encontró que los sitios que presentan mayor riqueza y abundancia fueron las plantaciones de cacao; la localidad que mostró la mayor riqueza de especies fue Km 21 con un total de siete especies. La fluctuación poblacional de las especies de Trogossitidae en las plantaciones de cacao presentó los máximos picos poblacionales de Marzo a Julio.

II. INTRODUCCIÓN

La familia Trogossitidae; antes conocida como Peltidae, Temnochilidae y Ostomidae (Arias et al., 2009). La mayoría de las especies de la subfamilia Trogossitinae son depredadores y se encuentran debajo o dentro de las galerías de los escarabajos barrenadores de la madera. Las especies de trogosítidos en las subfamilias: Peltinae, Lophocaterinae y Calitinae se alimentan de hongos y son típicamente encontrados bajo la corteza o asociados con varios hongos (Majka, 2011). Algunos son plagas de productos almacenados. Otras especies se alimentan de frutos durante el estado larval y adulto (Barron, 1996; Webster et al., 2012). Las especies de esta familia juegan un papel importante en los ecosistemas naturales y agroecosistemas, dado que se ha documentado que algunas participan activamente en la regulación de poblaciones de insectos plagas de especies maderables y cultivos agrícolas.

La familia Trogossitidae ha sido poco estudiada en el mundo. Actualmente se conoce un total de 59 especies, principalmente de Norteamérica. En México no existen estudios detallados sobre esta familia, se han reportado aproximadamente 20 especies de Trogossitidae; sin embargo, esta cifra es resultado de reportes aislados de especies que se han encontrado en estudios generales sobre otros grupos de insectos. Por tal motivo es importante su estudio, dado el escaso conocimiento de las especies de Trogossitidae en los ecosistemas tropicales, ya que la mayoría

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

de las investigaciones se han realizado en Chile, Canadá, Norteamérica y parte de Europa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la composición de trogositidos asociados a los ecosistemas del estado de Tabasco.

III. OBJETIVO Y METAS

Determinar la composición de Trogossitidae asociados a ecosistemas de Tabasco, México.

Metas

Lograr identificar la riqueza y abundancia de las especies de Trogossitidae asociados a manglares, selvas, cacaotales, sabana, plantación de hule comercial y en un Jardín Botánico en Tabasco, México.

Analizar la fluctuación poblacional de Trogossitidae asociados a cuatro plantaciones de cacao en Tabasco, México.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en Manglares de: Andrés Sánchez Magallanes (SM), Barra de San Pedro (SP) e Isla Rebeca (IR). Selva: Parque “Cerro el Madrigal” (CM), Monumento Natural “Grutas de Coconá” (GC), en el Centro Ecoturístico senderos de Tabasco “Kolem Chen” (KC), Malpasito (M) y Lázaro Cárdenas (LC). Plantaciones de cacao: Las Delicias (D), el Bajío (B), Km-21 (KM21) y Río Seco (RS). Sabana: Campo Alto (CA). Plantación de hule comercial: Km 29.5 Francisco Rueda (FR). Y El Jardín Botánico José Narciso Roviroso (JB) en Tabasco, México.

Ecosistema Manglar

El manglar de “Andrés Sánchez Magallanes” se encuentra en el municipio de Cárdenas localizado entre las coordenadas 18°14'47.642” de latitud norte y 93°48'57.338” de longitud oeste. El manglar “Barra de San Pedro” se encuentra en el municipio de Centla localizado entre las coordenadas 18°39'01.463” de latitud norte y 92°28'15.186” de longitud oeste. El manglar de “Isla Rebeca” se encuentra en el municipio de Paraíso localizado entre las coordenadas 18°25'16.184” latitud norte y 93°17'37.805” longitud oeste (Anónimo, 2000).

Ecosistema Selva

El “Cerro el Madrigal” se localiza en el municipio de Teapa, con coordenadas 17°31'38.820” latitud norte, 92°55'35.992” longitud oeste. El Monumento Natural “Grutas de Coconá” se encuentra ubicado en el mismo municipio a dos kilómetros de su cabecera municipal, con coordenadas 17°33'55.821” latitud norte, 92°55'31.018” longitud oeste. El Parque Estatal Sierra Centro Eco-turístico senderos de Tabasco “Kolem Chen” se encuentra situado en el municipio de Tacotalpa, con coordenadas 17°26'35.797” latitud norte, 92°45'34.033” longitud oeste. Malpasito se encuentra ubicado en el municipio

de Huimanguillo entre las coordenadas 17°25'52.006" de latitud norte y 93°35'57.729" de longitud oeste. Lázaro Cárdenas se localiza en el municipio de Tenosique, con coordenadas 17°23'49.964" latitud norte, 91°23'50.988" longitud oeste (Anónimo, 2005a).

Plantaciones de Cacao

La primera plantación se localiza entre las coordenadas 17°38'18" de latitud norte y 92°55'50" de longitud oeste (Anónimo, 2006) en el Ejido "Las Delicias", Teapa. La segunda plantación se localiza entre las coordenadas 18°01'12.59" de latitud norte y 93°40'05.55" de longitud oeste, en el kilómetro 21 de la carretera Cárdenas, Tabasco-Coatzacoalcos, Veracruz, México. La tercera plantación se localiza entre las coordenadas 17°58'12.902" de latitud norte y 93°20'54.973" de longitud oeste en el Ejido "El Bajío" 2a sección, municipio de Cárdenas. La cuarta plantación se localiza entre las coordenadas 18°02'37.9" de latitud norte y 93°22'43.997" de longitud oeste en el "Ejido Río Seco" 2a sección, municipio de Cárdenas (Río Seco) (Anónimo, 2005b).

Ecosistema Sabana

Campo Alto se encuentra en el municipio de Balancán entre las coordenadas 17°52'21.788" de latitud norte y 91°29'05.596" longitud oeste.

Plantación de Hule (*Hevea brasiliensis*) comercial:

La plantación de Hule se localiza en el Km 29.5 de la Carretera Huimanguillo-Francisco Rueda en el municipio de Huimanguillo, se encuentra ubicado entre las coordenadas 17°48'20.660" de latitud norte y 93°37'19.054" de longitud oeste.

Jardín Botánico José Narciso Roviroza

El Jardín Botánico José Narciso Roviroza se encuentra establecido dentro de las instalaciones de la División Académica de Ciencias Biológicas, ubicado al oeste de la ciudad de Villahermosa en el km 0.5 de la carretera 180 (costera del golfo, tramo Villahermosa-Cárdenas) en el municipio de Centro. Se localiza entre las coordenadas 17°59'23.888" latitud norte y 92°58'24.993" longitud oeste (Hernández, 2012).

Las áreas de estudio se encuentran a una altura que va desde el nivel del mar hasta los 1,000 m; con clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) y cálido húmedo con lluvias todo el año (Af). Cuentan con un rango de Temperatura promedio anual de 24°C a 26°C, con una precipitación promedio anual de 1993.7-4500 mm (Anónimo, 2000; 2005a,b; 2006).

Método de captura

Captura de Trogossitidae con trampas cebadas con alcohol etílico. La trampa de alcohol utilizado consta de un embudo de plástico, en cuyo extremo inferior posee un recipiente para recolectar los insectos y en la parte superior una pantalla de plástico transparente, por encima de la cual se adiciona una tapa de plástico. Dentro de la pantalla se colocó un tubo de plástico con diámetro de 15 mm, en el cual se agregó alcohol etílico de uso comercial al 70%, como material atrayente. Se instalaron 10 trampas de alcohol en forma lineal (para SM, SP, IR, CM, GC, KC, LC, M, FR y CA), para el JB se instalaron dos trampas y para las plantaciones de cacao (D, B, KM21 y RS) se

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

colocaron cinco trampas por sitio, a una altura de 1.50 m, separadas aproximadamente a 100 m de distancias entre cada trampa. La recolección de los insectos atraídos en cada trampa se realizó quince días después de haberlas colocado y permanecieron en campo durante un año en el JB y en las plantaciones de cacao, en los otros sitios las trampas permanecieron en campo 15 días por única ocasión, los especímenes fueron conservados en alcohol etílico al 70% para su posterior determinación.

V. RESULTADOS

Un total de 261 especímenes de trogositidos fue colectado, pertenecientes a 16 especies, agrupadas en cinco géneros. *Temnochila* fue el género que registró el mayor número de especies con siete, seguido de *Tenebroides* con tres y *Corticotomus*, *Eronyxa* y *Nemosoma* con dos especies cada género. De las 16 especies registradas 15 son nuevos registros para el estado de Tabasco.

ESPECIES	D	B	KM2	R	S	S	I	C	G	K	L	J	F	C	TOTA	%	
			1	S	M	P	R	M	C	C	C	B	M	R	A	L	
<i>Corticotomus parallelus*</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1.15%
<i>Corticotomus sp.*</i>	0	2	1	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	8	3.07%
<i>Eronyxa pallidus*</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.38%
<i>Eronyxa sp.*</i>	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1.92%
<i>Nemosoma sp1*</i>	4	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	12	4 6	0	12	82	31.42%
<i>Nemosoma sp2*</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.38%
<i>Temnochila acuta**</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.77%
<i>Temnochila chlorodia**</i>	1	2 4	9	27	0	24	1	0	0	0	0	0	0	15	6	107	41.00%
<i>Temnochila omolopha*</i>	1	0	1	0	1	3	0	0	0	1	0	2	0	0	6	15	5.75%
<i>Temnochila sp1*</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0.77%
<i>Temnochila sp2*</i>	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.92%
<i>Temnochila sp3*</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.38%
<i>Temnochila virescens**</i>	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	2.30%
<i>Tenebroides mauritanicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.38%
<i>Tenebroides sp1*</i>	0	0	0	0	18	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	21	8.05%
<i>Tenebroides sp2*</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.38%
Total de especímenes	7	3 3	18	34	20	33	1	1	3	3	1	18	4 6	17	26	261	100.00 %
Total de especies	4	5	7	5	3	5	1	1	2	3	1	5	1	2	5		

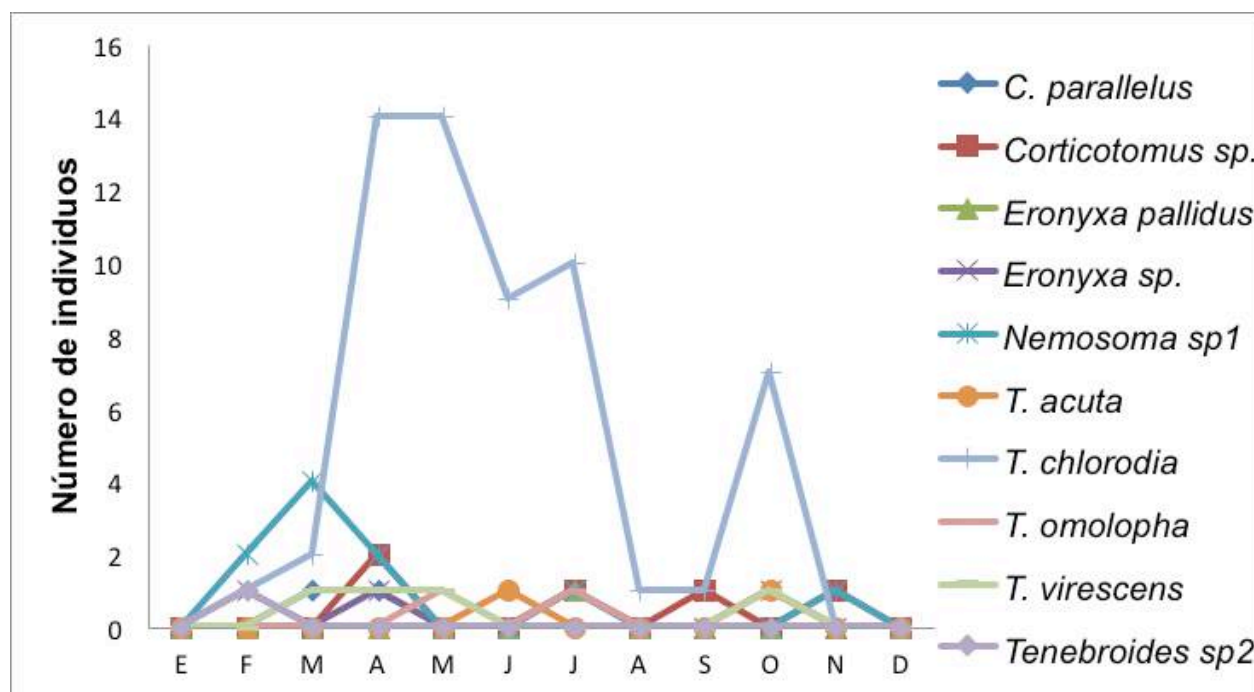
Especies de Trogossitidae colectados en Tabasco, México.

Las especies con mayor abundancia fueron *Temnochila chlorodia* con 107 especímenes (41%) y *Nemosoma sp1* con 82 (31.42%). Las especies menos abundantes fueron *Eronyxa pallidus*, *Nemosoma sp2*, *Temnochila sp3*, *Tenebroides sp2* y *Tenebroides mauritanicus* con un espécimen cada una. La mayor riqueza de especies se encontró en KM21 con un total de siete especies y la mayor abundancia en M con 46 especímenes (Cuadro 1).

Las Delicias (D), El Bajío (B), Km 21 Carretera Cárdenas-Coatzacoalcos (KM21), Río Seco (RS), Sánchez Magallanes (SM), Barra “San Pedro” (SP), Isla Rebeca (IR), Cerro “El Madrigal” (CM), Grutas de Coconá (GC), Kolem Chen (KC), Lázaro Cárdenas (LC), Jardín Botánico “José Narciso Rovirosa” (JB), Malpasito (M), Km 29.5 Carretera Huimanguillo-Fco. Rueda (FR) y Campo Alto (CA). ** Nuevos registros para México. * Nuevos registros para Tabasco.

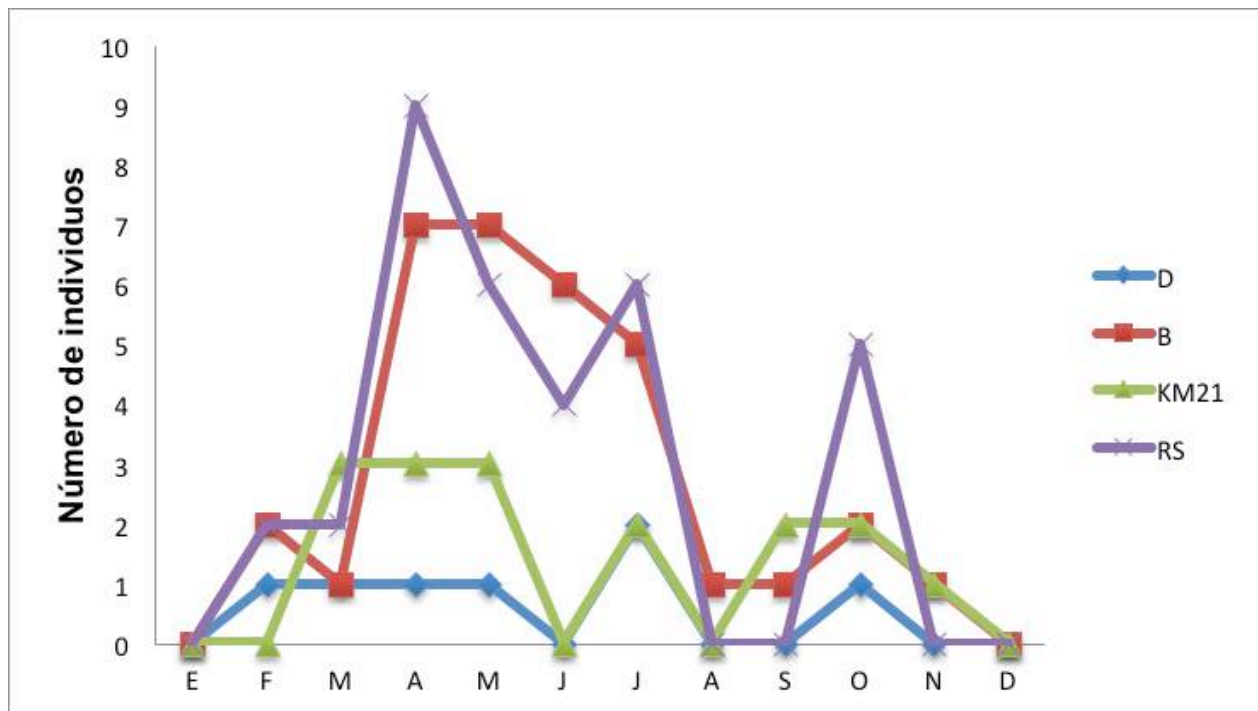
Fluctuación poblacional de Trogossitidae en cacao

La fluctuación poblacional de las especies de Trogossitidae en las plantaciones de cacao presentó los máximos picos poblacionales durante los meses de Marzo a Julio y Octubre, mientras que en los demás meses las capturas fueron escasas y esporádicas (Figura 1).



Fluctuación poblacional por especies de Trogossitidae en plantaciones de cacao en Tabasco, México.

La fluctuación poblacional de Trogossitidae por sitios en las plantaciones de cacao presentó su máximo pico poblacional durante los meses de Abril a Julio para B y RS, en D y KM21 la captura de los especímenes fue baja (Figura 2).



Fluctuación poblacional de trogosítidos por sitios en plantaciones de cacao en Tabasco, México. Delicias (D), Bajío 2ª Secc. (B), Kilómetro 21 (KM21) y Río Seco 2ª Secc. (RS).

VI. DISCUSIÓN

Al comparar la fluctuación poblacional de Scolytinae (Pérez-De la Cruz et al. 2009) y Platypodidae (Pérez de la Cruz et al., 2011), con la de Trogossitidae; se observó que los escolítidos tienen su pico poblacional más alto en los meses de Febrero a Abril y de Septiembre a Noviembre; los platipódidos tienen su mayor pico en los meses de Mayo, Julio y Noviembre; mientras que para los trogosítidos se registró en los meses de Marzo a Julio y Octubre. Esto muestra que coinciden de manera intermedia con las poblaciones de escolítidos y platipódidos, lo cual sugiere que estos insectos dependen de las poblaciones de estos últimos. Esto se debe a que estas especies están relacionados con dichos grupos de insectos (Scolytinae y Platypodinae) ya que son depredadores naturales de los mismos.

La fluctuación poblacional de los trogosítidos en las cuatro plantaciones de cacao coincide con el trabajo de Pérez et al. (2009), en el cual reporta que los adultos inician el vuelo en primavera. Este tipo de estudio nos permite conocer la dinámica que tienen estos insectos durante todo el año, y así saber en qué meses o temporadas son más factibles de capturar la mayor cantidad de especímenes y en qué lugares específicos se pueden encontrar, por tanto es importante sugerir conocer su fluctuación poblacional en otros ambientes.

Dentro de la familia Trogossitidae se encontró que las especies *Temnochila chlorodia*, *Nemosoma* spp. y *Tenebroides* spp., están relacionadas con los escarabajos barrenadores de la madera de la subfamilia Scolytinae; lo cual parece coincidir con los trabajos de Swezey et al. (1982); Baier (1994); Sakamoto (2007) y Pérez et al. (2009); los cuales comentan que estos trogosítidos son depredadores naturales de los barrenadores y que son atraídos por los olores volátiles de los árboles moribundos o recién cortados y por las feromonas de agregación de los escolítidos.

Aunque la mayoría de los trabajos realizados para describir a algunos miembros de la Familia Trogossitidae han sido en otras partes de mundo tales como Europa (Baier, 1994; Ibáñez-Orrico, 2002; Buder et al., 2008), Asia (Ogura & Hosoda, 1995), Norteamérica (Arias et al., 2009; Majka, 2011; Webster, 2012), también se han encontrado estos mismos géneros en el Sur de México (Veracruz y Tabasco); aunque posean diferentes climas esto es posible ya que también se han descrito especies de los mismos géneros en Centro América (Guatemala y Panamá), Chile (Arias, 2009, Van Dyke, 1915). Y que de acuerdo a Ibáñez-Orrico 2002; estas especies suelen encontrarse en medios forestales, bajo la corteza de árboles enfermos o muertos, especialmente en pinos.

VII. CONCLUSIONES

Para la captura de estos especímenes se utilizó por primera vez este método de colecta que consistió en trampas con alcohol etílico como atrayente, en comparación con otros métodos de captura donde se utilizan feromonas de agregación de escolítidos tal y como lo sugieren Baier (1994) y Pérez et al., (2009) o compuestos orgánicos llamados α -pineno de los aceites de los pinos utilizados por Ogura & Hosoda (1995). Aunque los métodos de captura utilizados para estos organismos son diferentes; el que se utilizó en este estudio mostró que puede ser eficaz para la obtención de estos trogosítidos; de acuerdo a Pérez-De la Cruz et al., (2015) los escolítidos son atraídos por las trampas donde se utiliza como atrayente el alcohol, por lo que los trogosítidos al ser depredadores de estos insectos, también son atraídos por el alcohol de la trampa, además de que los materiales se pueden conseguir en cualquier parte y a un bajo costo.

VIII. REFERENCIAS

Anónimo. (2000). *Cuaderno estadístico Municipal, Paraíso, Tabasco, México*. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 171p.

Anónimo. (2005^a). *Anuario estadístico de Tabasco*. México. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 187p.

Anónimo. (2005^b). *Cuaderno estadístico Municipal, Cárdenas, Tabasco, México*. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 187p.

Anónimo. (2006). *Cuaderno estadístico Municipal, Teapa, Tabasco*. México. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 211p.

ARIAS ET, Slipinski AL, John F & Elgueta M. (2009). A Review of the Chilean Egoiini (Coleoptera: Trogossitidae) with Description of a New Species of *Necrobiopsis* Crowson. *Zootaxa* 2170:37-45.

BAIER VP. (1994). *Untersuchungen zur Abundanzdynamischen Relevanz der Beifänge von Nemosoma elongatum (L.) (Col., Ostomidae) in CHALCOPRAX® Beköderten Flugbarrierefallen für Pityogenes chalcographus (L.) (Col., Scolytidae)*. *J. Appl. Ent.* 117:51-57.

BARRON JR. (1996). Review of Nearctic species of *Ostoma* (Coleoptera: Cleroidea, Trogossitidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89:193-202.

BUDER G, Grossmann C, Hundsdoerfer A & Klass KD. (2008). A Contribution to the Phylogeny of the Ciidae and its Relationships with Other Cucujoid and Tenebrionoid Beetles (Coleoptera: Cucujiformia). *Arthropod. Syst. Phylogeny.* 66(2):165-190.

HERNÁNDEZ May MA. (2012). *Diversidad y Abundancia de Coleópteros Ambrosiales (Coleoptera: Scolytinae & Platypodinae) Asociados a la Reserva Ecológica de La Chontalpa y al Jardín Botánico José Narciso Roviroso, en Tabasco, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 34p.

IBÁÑEZ Orrico MA. (2002). Algunos Coleópteros de la Sierra de Malacara (Valencia). *Bol. S.E.A.*, 30:186-187.

MAJKA CG. (2011). The Trogossitidae (Coleoptera) of Atlantic Canada. *J. Acad. Entomol. Soc.* 7:25-31.

OGURA O & Hosoda R. (1995). Rearing of a Coleopterus Predator, *Trogossita japonica* (Col.: Trogossitidae), on Artificial Diets. *Entomophaga.* 40:371-378.

PÉREZ G, Martín AB, Sierra JM, Álvarez G, Díez JJ & Pajares JA. (2009). Estudio de la Biología del Predador de Escolítidos *Temnochila coerulea* (Coleoptera: Trogossitidae) en Castilla y León. En: 5° Congreso Forestal Español. 10p.

PÉREZ De la Cruz M, Equihua-Martínez A, Romero-Nápoles J, Sánchez-Soto S & García-López E. (2009). *Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México*. *Rev. Mex. de Biod* 80:779-791.

PÉREZ De la Cruz M, Valdéz-Carrasco JM, Romero-Nápoles J, Equihua-Martínez A, Sánchez-Soto S & De la Cruz-Pérez A. (2011). *Fluctuación poblacional, plantas huéspedes, distribución y clave para la identificación de Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México*. *Acta Zool. Mex.* (n.s.), 27(1):129-143.

PÉREZ De la Cruz M, Zavaleta-Bastar PG, De la Cruz-Pérez A. (2015). *Aproximación al conocimiento de la diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a selvas de Tabasco, México*. *ENTOMOTROPICA* 30(20):201-211.

SAKAMOTO JM. (2007). Notes on the Occurrence of *Nemosoma attenuatum* Van Dyke, 1915 (Coleoptera: Trogossitidae), in California with a Literature Review and Museum Survey of *Nemosoma* spp. Pan-Pac. Entomol. 83(4):342-351.

SWEZEY SL, Page ML & Dahlsten DL. (1982). Comparative Toxicity of Lindane, Carbaryl and Chlorpyrifos to the Western Pine Beetle (*Dendroctonus brevicomis*) (Coleoptera: Scolytidae) and two of its Predators, *Enoclerus lecontei* (Coleoptera: Cleridae) and *Temnochila chlorodia* (Coleoptera: Trogossitidae). Division of Biological Control, University of California, Berkeley 94720. Cant. Ent. 114:397-401.

VAN Dyke EC. (1915). Some new beetles in the family's Ostomidae (Trogossitidae) and Cleridae from California. Bull. Brooklyn Entomol. Soc. 2(2):9.

WEBSTER RP, Sweeney JD & DeMerchant I. (2012). New Coleoptera Records from New Brunswick, Canada: Trogossitidae, Cleridae and Melyridae, with an addition to the Fauna of Nova Scotia. Zookeys 179:141-156.

CARACTERIZACIÓN DE PARTÍCULAS FRACCIÓN RESPIRABLE EN 3 MUNICIPIOS DEL ESTADO DE TABASCO

Ma. Teresa Gamboa Rodriguez
Jesús Roberto Gamboa Aldeco
Beatriz Adriana López Hernández
Rodolfo Gómez Cruz

I. RESUMEN

Una descripción completa de las partículas atmosféricas requiere la especificación no solamente de su concentración sino también de su tamaño, composición química, fase y morfología. La exposición a contaminantes particulados ha sido investigada extensivamente y asociada con excesos en la morbilidad y mortalidad [4,8], las partículas de mayor interés son las de tamaños menores a PM₁₀ (partículas ≤ 10 micrómetros de diámetro), ya que estas, pueden penetrar profundamente hasta los pulmones y algunas pueden incluso entrar en el torrente sanguíneo. En el presente estudio se identifican diferentes tamaños de partículas inhalables asociadas a procesos naturales y antropogénicos en tres municipios del estado de Tabasco, con diferente actividad; colectadas en el mes de Mayo de 2015, por medio de un impactador de cascada tipo Andersen, los muestreos se realizaron cada 7 días con un flujo de aire de 0.2 m³/s basándose en la normatividad aplicable NOM-024 y 025-SSA-SEMARNAT. Las concentraciones de partículas presentaron rangos de 1 µg/m³ a 10.1 µg/m³, las actividades asociadas a este rango de partícula son: quema de pastizales cercanos, temperaturas elevadas, procesos de combustión incompleta, velocidad de viento intenso entre otras.

II. INTRODUCCION

Las fuentes de partículas suspendidas son diversas y abarcan desde las naturales, como polvo volcánico y tolvaneras, hasta las de origen antropogénico, que incluyen fábricas de acero, plantas de generación de energía, cementeras, fundidoras, obras de construcción y demolición, hornos y chimeneas que utilizan madera como combustible, áreas sujetas a erosión y motores diésel (Bravo, 1984; Báez, 1987; Anónimo, 1996).

Otros factores importantes que determinan el riesgo a la salud; son la composición química de las partículas (contaminantes atmosféricos), además de su tamaño y área superficial (Sun et al., 2010)

Estas partículas, transportadas por el viento pueden contener sustancias tóxicas como bifenilos policlorados, ozono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

de carbono, benceno, butadieno y plaguicidas las cuales pueden tener un efecto en la salud a corto y largo plazo (Perez et al., 2010).

La fracción que representa un mayor riesgo para la salud son las partículas PM10 y PM2.5 que por su reducido tamaño pueden penetrar directamente a la región torácica y ser tóxicas, cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas (Pope y Dockery, 2016).

Hasta ahora no se han realizado estudios sobre la naturaleza morfológica de las partículas inhalables dentro de la ciudad de Villahermosa, que podrían proveer información acerca de los efectos que cada una de estas partículas tienen sobre la salud humana.

En la presente investigación se consideraron 3 puntos de la ciudad de Villahermosa durante dos meses para conocer la presencia y cantidad de partículas inhalables en tres zonas con características poblacionales diferentes. También se busca la identificación de los componentes y las fuentes de emisión de dichas partículas.

III. OBJETIVOS Y METAS

1. Caracterizar el tamaño de las partículas inhalables en tres municipios del estado de Tabasco con diferente actividad, por medio de un impactador inercial de cascada tipo Andersen, durante un periodo de secas en 2015.
2. Determinar los parámetros meteorológicos de los 3 sitios para relacionarlos con las concentraciones de partículas.

Metas

Identificar el tamaño de partícula fracción respirable (<PM10) presentes en los municipios de Cárdenas, Centro y Macuspana, durante los meses de secas, identificar los tamaños de partículas que puedan desencadenar problemas de salud y por consecuencia afectaciones a la sociedad en los sitios de estudio.

IV. MATERIALES Y METODOS

El muestreo se realizó en tres municipios del estado de Tabasco; Macuspana, Cárdenas y Centro, durante el mes de Mayo, Junio y Julio del 2015; realizando los muestreos cada 7 días, durante 24 horas cada uno.

Los sitios seleccionados para la recolección de muestras pertenecen a zonas con distinta actividad de tipo industrializada, vehicular y agrícola.

A continuación se muestra una tabla con la ubicación exacta de los tres sitios y sus características.

Sitio de Muestreo	Localización	Uso de Suelo	Observaciones
Sitio 1: Macuspana	17°59'28.36"N 92°58'20.17"O	Residencial Rural	Bajo tráfico vehicular Y con actividad agrícola.
Sitio 2: Centro	17°45'51.47"N 92°34'58.84"O	Residencial Urbana	Alto tráfico vehicular e Industrial, pavimentación.
Sitio 3: Cárdenas	17°59'21.05"N 93°22'13.54"O	Residencial Suburbana	Alto tráfico vehicular calles pavimentadas, zona industrial.

Características y ubicación de los sitios de muestreo.

El primer punto se ubicó en una área rural, del Municipio de Macuspana, en la calle Prolongación a la Torre 259, Colonia Centro localizada por la carretera Macuspana – ciudad Pemex aproximadamente a 1.2 Km de la zona CFE. En dirección norte se encuentra el Reten de tránsito a 850 m y de igual manera a 1.3 Km se localiza el caudal del río carrizal, la zona es una ranchería y los alrededores son usados por casas-habitación, ranchos y pastizales.

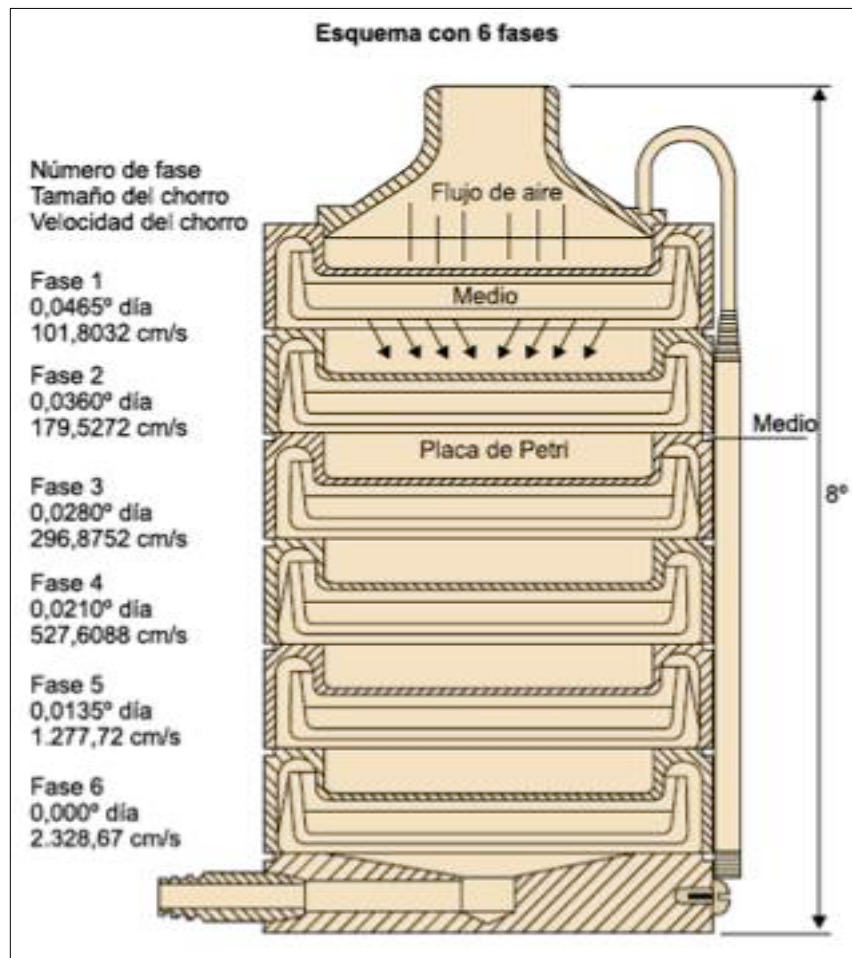
El segundo sitio de muestreo fué una zona urbana del Municipio del Centro, en la Carretera hacia Bosques de Saloya, dentro de la División DACBiol, esta zona está conformada principalmente por viviendas familiares y en sus alrededores existen actualmente zonas industriales de soldadura, bloqueras, deshuesaderos, talleres mecánicos y aproximadamente a 900m. se encuentra el Parque Industrial utilizado por empresas para manufactura, también se encuentran actividades de ampliación de la Carretera principal Villahermosa-Cárdenas.

El tercer punto se encontró en el Municipio de Cárdenas; se caracterizó por ser una zona agrícola suburbana en las que los procesos de combustión de origen fósil son la principal fuente de industrialización, así como los procesos de combustión de madera para utilizarla como leña es una de las actividades más comunes de la población.

Los monitoreos se realizaron utilizando un muestreador inercial tipo Andersen de 6 etapas, ubicados en el techo de una casa por cada punto de muestreo, a una altura de 6 m, libre de obstáculos en 20 metros (horizontalmente) y 3 m (verticalmente).

Para los datos meteorológicos se utilizó un equipo multiparametro para medir la velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y dirección del viento.

El equipo Andersen es un impactador en cascada de seis etapas tipo ANDERSEN marca TISCH (TE-10-800) que capta las partículas en una serie de placas a un caudal de aire de 28,3 l/min. Suele tener seis niveles de captación, cada uno separado del



Impactador de Cascada

siguiente por un elemento perforado por 400 orificios, debajo del cual se coloca la placa con medio de cultivo, con orificios que van disminuyendo el tamaño al bajar el nivel, lo que provoca un aumento de la velocidad del aire al pasar de un nivel a otro. La captación se basa en la inercia de las partículas, que son retenidas de mayor a menor tamaño, a medida que pasan de un nivel al siguiente.

El resultado final es una separación por tamaño de partícula. Los diámetros de corte teóricos van de 0.046 μm a 0,00 μm . El muestreador Andersen es uno de los aprobados para los metodos Normados por la USA-EPA y designados como equipo de referencia en las pruebas de ensayo para la validación de otros muestreadores fraccionados (World Health Organization, 2005).

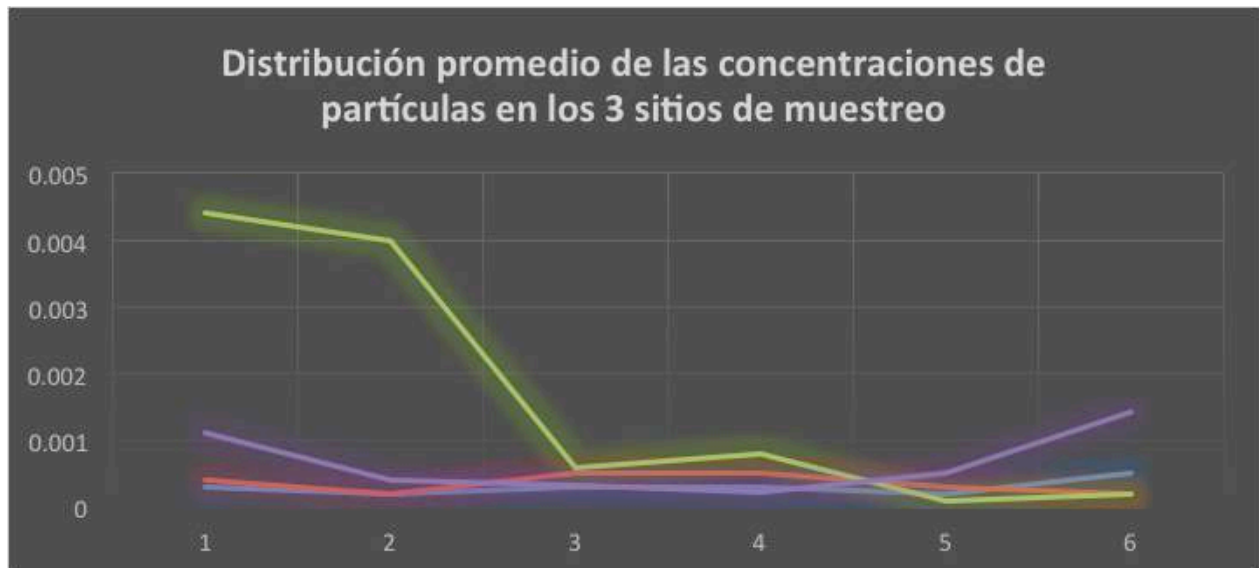
V. RESULTADOS

A continuación se muestra en la Figura No. 2 el análisis gravimétrico promedio de las partículas por diferencia de pesos de los flitros entre los sitios de muestreo

antes y después del monitoreo para obtener concentración final de partículas, observando que las concentraciones presentan un rango de partícula entre 0.001 a 0.005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Equipo Andersen multietapas con filtro de aluminio.



Distribución promedio de la concentración de partículas en los 3 sitios de muestreo obtenidas en cada etapa del equipo Andersen correspondientes a diferentes tamaños de partícula impactadas.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

La gráfica muestra como se comportan las partículas según el tamaño representado en 6 etapas del equipo Andersen, en donde se observa que los tamaños de partícula predominantes se encuentran en las etapas 1 a 2 que corresponden a 0.0046 a

SITIO	Diametro de partícula por Etapa (μm)	W ₀ (g)	W _F (g)	C.T. por etapa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Datos Promedio Meteorológicos
MACUSPANA	7	0.1681	0.1684	0.0003	Temp. 31°C H.R. 44.1% Vel. Viento 0.6 m/s Presión Atm. 1005.8 mm Hg
	4.7	0.1686	0.1688	0.0002	
	3.3	0.1664	0.1667	0.0003	
	2.1	0.1680	0.1683	0.0003	
	1.1	0.166	0.1662	0.0002	
	0.65	0.1642	0.1647	0.0005	
	SUMATORIA (C.T.)			0.0018	
CENTRO	7	0.1641	0.1645	0.0004	Temp. 32°C H. R. 45% Vel. Viento 0.5 m/s Presión Atm. 1002.6 mmHg
	4.7	0.1650	0.1652	0.0002	
	3.3	0.1654	0.1659	0.0005	
	2.1	0.1623	0.1628	0.0005	
	1.1	0.1638	0.1641	0.0003	
	0.65	0.1687	0.1689	0.0002	
	SUMATORIA (C.T.)			0.0021	
CARDENAS	7	0.1707	0.1718	0.0011	Temp. 30°C H. R. 42% Vel. Viento 0.4 m/s Presión Atm 1007.3 mmHg
	4.7	0.1701	0.1705	0.0004	
	3.3	0.1716	0.1719	0.0003	
	2.1	0.1693	0.1695	0.0002	
	1.1	0.1692	0.1697	0.0005	
	0.65	0.1690	0.1704	0.0014	
	SUMATORIA (C.T.)			0.0035	

0.00135 μm .

Concentración de partículas por sitio de muestreo. W₀: Peso Inicial del filtro. W_F: Peso Final después del muestreo de 24 hrs. CT: Concentración Total de Partículas Depositadas en el periodo de 24 hrs. Los datos meteorológicos son los promedios de los valores registrados en el sitio de muestreo durante los periodos de muestreo.

Los resultados por sitio de monitoreo muestran las diferencias en la concentración de partículas en cada etapa del equipo Andersen. La concentración más importante se registró en el sitio CARDENAS, es probable que se relacione a emisiones a la atmósfera por las quemadas agrícolas (zona cañera), así como por combustión incompleta de hidrocarburos de origen petrogénico (el punto de muestreo está ubicado en el centro de la región petrolera del estado). Las concentraciones totales de Partículas Fraccionadas en el sitio CENTRO son probablemente asociadas a

actividad humana (viviendas y comercio), así como de tráfico vehicular ya que el sitio de muestreo se encontraba colocado en las inmediaciones de vías de comunicación con tráfico vehicular denso (carretera Villahermosa-Cárdenas).

Pope and Dockery (2016), llevaron a cabo estudios de riesgo por exposición a partículas PM₁₀ y señalan que exposiciones mayores a 1.4 µg/m³ se pueden presentar efectos en la salud humana de tipo cardiovascular y respiratorio. Las partículas actúan como transportadores de compuestos biogénicos así como de microorganismos patógenos y alérgenos. El incremento de Aero partículas menores a 10 µm (PM₁₀), consideradas como partículas inhalables, afectan la salud de una población (Pope y Dockery, 2016).

Otros estudios relacionados con las fuentes de emisión asociadas a partículas menores a 10 micras señalan que los principales aportes de contaminantes son: sales marinas, procesos de transformación de combustibles fósiles, construcción y mantenimiento de carreteras, fertilizantes y comunes en el estado de Tabasco. Por lo que la presencia de partículas en concentraciones altas puede ser un indicador de que la población de los lugares de estudio se encuentra en riesgo de desencadenar algún tipo de enfermedad crónico degenerativa por estar expuesta a alguno de los procesos mencionados (Jorquera, 2009).

VI. DISCUSION

De acuerdo a los datos obtenidos durante los días de muestreo, se observa que las concentraciones variaron en un rango de concentración de 0.01 µg/m³ a 0.08 µg/m³, los factores que afectaron el muestreo están determinadas por el incremento en la quema de pastizales cercanos, temperatura elevada en comparación a las que se registraron los otros días muestreados, la velocidad del viento más intensa registrada en los días muestreados fué de 0.7 m/s.

El valor de la concentración media diaria de partículas menores a 10 en la ciudad de Madrid ha sido de 1.91 µg/m³, según los Valores Guía citados de protección para la salud de la OMS para valores medios anuales, son de 1.0 µg/m³ y sería el nivel más bajo a partir del cual se ha detectado asociación entre efectos cardiopulmonares y mortalidad por cáncer de pulmón debido a la exposición prolongada a PM_{2,5}. Por tanto, con los valores encontrados para la ciudad de Madrid es de esperar la existencia de una asociación entre los valores de partículas inhalables y patologías cardiovasculares.

Si nos centramos en los efectos a corto plazo, es decir, para valores medios en 24 horas en el que el valor guía de la OMS está situado en 2.5 µg/m³. Por otro lado, la fracción PM_{2,5}/PM₁₀ en el caso de Madrid es de 0.59 µg/m³, es decir el 59% del contenido de PM₁₀ lo constituyen las PM_{2.5} µm. El valor de este coeficiente es ligeramente superior al utilizado por la OMS, que establece esta proporción en 0.5 µm, pero se encuentra dentro del intervalo propuesto para áreas urbanas

en países desarrollados, que fija esta proporción en el intervalo 0.5 – 0.8 μm . Este factor de conversión, además de indicar que la contaminación por partículas presentes en la atmósfera de Madrid tiene un componente fundamentalmente de tipo antropogénico, podría extrapolarse a otras ciudades de características similares a Madrid y que en la actualidad no miden este importante contaminante primario (Wadden y Scheff, 1987).

Otros estudios que se han realizado en la ciudad de México, como la campaña Milagro analizaron la composición de las partículas, y encontraron que la mayor contribución la aportan los compuestos orgánicos, seguidos de los nitratos, los sulfatos y el amonio; el porcentaje de estos últimos varía de acuerdo con el sitio donde se colectaron las muestras. Las fuentes identificadas de los compuestos orgánicos fueron quema de biomasa/madera, fuentes primarias urbanas y fuentes secundarias (Paredes-Miranda et al., 2009).

Los factores físicos que afectan el tiempo de residencia de las partículas ambientales son sus propiedades termodinámicas, que se refieren a la distribución de la masa entre la fase gaseosa y de aerosol, lo cual depende de la temperatura y la humedad. Si hay cambios en la temperatura y la humedad en la atmósfera, también habrá cambios en las concentraciones de partículas como sulfato de amonio y algunos aerosoles orgánicos. Por ejemplo, las concentraciones de partículas PM10 y PM2.5 asociadas con sulfatos de amonio son bajas en verano y altas en invierno.

VII. CONCLUSIONES

El impactador inercial de cascada Andersen como simulador del tracto respiratorio humano, es un buen instrumento para fraccionar por tamaño el material particulado en suspensión para evaluar riesgo a la salud. La captación de aire por medio de los equipos inerciales (impactadores de cascada) obliga a cambiar de dirección a las corrientes de aire que ingresan al equipo, así como a las partículas contenidas en ellas que son separadas del flujo de aire impactando sobre una superficie, esto permite conocer como se comportan las partículas del aire de acuerdo a su tamaño y al tipo de molécula asociada. Las partículas actúan como transportadoras de compuestos biogénicos así como de microorganismos patógenos y alérgenos.

Se registran en los tres sitios cantidades significativas de aeropartículas menores a 10 μm (PM10). Este tipo de partículas son consideradas como partículas inhalables y de acuerdo a múltiples autores afectan la salud de una población. La estación colocada en Cardenas mostró los niveles más altos de este tipo de partículas inhalables. Así mismo es en este sitio donde las partículas menores a 1 μm se presentan en mayor proporción. Aunque son valores relativamente bajos, la exposición crónica de la población a este tipo de partículas genera una condición de mayor riesgo para la salud de las mismas, principalmente de los

individuos más sensibles, como pueden ser los ancianos y los niños (Pope y Dockery, 2016).

Se recomienda llevar a cabo caracterizaciones de partículas por medio de microscopia de barrido para determinar tipos, fuentes y origen de partículas.

VIII. REFERENCIAS

Anónimo., 1996, *Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995-2000*, Departamento del Distrito Federal, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salubridad y Asistencia. 244 pp.

BÁEZ A.,1987, *La calidad del aire serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos Volumen II*. Centro de Ecodesarrollo. México D.F. 56 pp.

BRAVO AH., 1984, *La contaminación del aire en México*. Ed.Fundación Universo Veintiuno, México D.F. 64 pp.

BRUNEKREEF, B., Holgate, S.T., 2002, *Air pollution and health*. Ed. *The Lancet* 360 (9341), 1233–1342 pp. European Commission (2004), “Second Position Paper on Particulate Matter”. press.com/2008/04/13 pp.

JORQUERA H., 2009, *Source apportionment of PM10 and PM2.5 at Tocopilla Chile*. Ed. *Environ Monit Assess* 153:235-251 DOI 10.1007/s 10661-008-0352-0 pp.

PAREDES Miranda G., Arnott W. P., Molina L. T., Sosa G., y Jimenez J. L.,2009, *Mexico City Aerosol Analysis during MILAGRO using High Resolution Aerosol Mass Spectrometry at the Urban Supersite (T0)–Part 1: Fine Particle*

PÉREZ, H; Lunagomez, M; Acosta, Ll., 2010, *Análisis de partículas Suspendidas Totales (PST) y Partículas Fracción Respirable (PM10)*, en Cunduacán, Tabasco. Universidad y Ciencia; Universidad y Ciencia. 26(2):151-162.

POPE, C.A., Dockery, D.W.,2016, «Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect», *Journal of the Air and Waste Management Association*: 56, 1368–1380,.

NOM-025-SSA1., 2014, *Salud Ambiental, valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios*.

NOM-035-SEMARNAT.,1993, *Métodos de Medición para determinar los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición*.

SUN Q, Hong X, Wold LE.,2010. *Cardiovascular effects of ambient particulate air pollution exposure*, *Circulation*: 121(25), 2755-2765.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

WADDEN AR, Scheff A.,1987, *Contaminación del aire en interiores*, editorial Limusa, México. 67 pp.

World Health Organization Europe., 2005., *Air Quality Guidelines. Global update 2005. Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide.*

XAVIER, G., 2012, *Medición de contaminantes biológicos en aire.* Universitat Oberta, Catalunya. 4, 17–48.

FUNGICIDAS PROTECTANTES CON EFECTIVIDAD IN VITRO SOBRE MONILIOPHTHORA RORERI, AGENTE CAUSAL DE LA MONILIASIS DEL CACAO EN TABASCO

Magdiel Torres-de la Cruz¹
Carlos Fredy Ortiz-García²
Aracely de la Cruz-Pérez¹
Ana Cintia González-Heredia³

I. RESUMEN

La moniliasis (*Moniliophthora roreri*) es la enfermedad fúngica más destructiva del fruto del cacao en América, con pérdidas hasta del 100%. El control químico es poco utilizado debido al costo-beneficio; sin embargo, la selección de fungicidas adecuados contra *M. roreri* puede dar resultados favorables en plantaciones de alto rendimiento. Se evaluó la efectividad de siete fungicidas de contacto sobre *M. roreri*. El Patógeno se aisló de frutos de cacao del estado de Tabasco, México. Los fungicidas fueron: sulfato de cobre, hidróxido cúprico, óxido cuproso, oxiclورو de cobre, polisulfuro de calcio, clorotalonil, azufre elemental + oxiclورو de cobre. Se registró el efecto de cada fungicida sobre el crecimiento micelial (CM) y la germinación de conidios (GC). Cuatro dosis con cuatro repeticiones por fungicidas fueron evaluadas, en medio PDA a 25 °C, bajo un diseño completamente al azar. Todos los fungicidas de contacto inhibieron la GC al 100% en las dosis evaluadas; sin embargo, hubo diferencias ($P < 0.0001$) en su efectividad sobre el CM, donde el sulfato de cobre (0.62-2.5 g.i.a.L-1), hidróxido cúprico (1.87-7.5 g.i.a.L-1), óxido cuproso (0.93-3.75 g.i.a.L-1) y oxiclورو de cobre (1.25-5 g.i.a.L-1) mostraron efectividad del 100%. El sulfato de cobre, hidróxido cúprico, óxido cuproso y el oxiclورو de cobre pueden ser evaluados en futuras investigaciones bajo condiciones de campo.

II. INTRODUCCIÓN

La “moniliasis del cacao” es una de las enfermedades más limitantes de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en América. Esta enfermedad es causada por el hongo basidiomycete *Moniliophthora roreri* (Cif y Par.; Evans et al.) (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007) y está distribuida en Ecuador, Colombia, Perú, países de América central, hasta México (Torres-de la Cruz et al., 2011). Actualmente *M. roreri* es la principal limitante parasítica del cultivo del cacao en México, con pérdidas que superan el 75% de la producción anual (Torres-de la Cruz et al., 2011), con efectos socioeconómicos y ambientales negativos. Este

¹ Profesor Investigador, DACBiol – UJAT . * biomag75@hotmail.com

² Profesor Investigador COLPOS Campus Tabasco.

³ Estudiante de Licenciatura en Biología, DACBiol – UJAT

patógeno sólo ataca a los frutos a los que les provoca necrosis interna y externa, y consecuentemente finaliza con la destrucción de las semillas, el principal producto comercial del cacao (Phillips-Mora, 2003; Evans, 1981). Los frutos son más susceptibles cuando son juveniles y conforme maduran son más tolerantes (Ampuero, 1967). La infección se desarrolla internamente mientras el fruto crece (Suárez, 1971); por lo que algunos frutos pueden estar infectados sin mostrar síntomas externos. Las prácticas culturales han sido el método más aplicado para el combate de la moniliasis del cacao. En México, el control químico de *M. roleri* ha sido una práctica poco utilizada, principalmente debido a que no se cuenta con fungicidas evaluados y seleccionados por su eficiencia sobre este patógeno. En otros países, el uso de fungicidas ha sido una práctica poco empleada, debido a los erráticos resultados (Evans, 1981) y al precio fluctuante del cacao que hacen incosteable la aplicación; sin embargo, la selección de fungicidas adecuados contra *M. roleri* podría dar resultados favorables en plantaciones de alto rendimiento (Murillo y González, 1984). Por lo anterior, en el presente estudio se evaluó, in vitro, la efectividad de fungicidas protectantes sobre *M. roleri*.

III. OBJETIVOS

Evaluar la efectividad de fungicidas protectantes sobre *Moniliophthora roleri*, agente causal de la moniliasis del cacao, in vitro.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento e identificación de Moniliophthora roleri

La cepa de *M. roleri* se obtuvo a partir de frutos de cacao en estado inicial de necrosis externa, procedentes del estado de Tabasco. Los frutos fueron desinfestados con hipoclorito de sodio al 2.5% durante 1 min, y enjuagados por tres veces con agua destilada estéril (López, 1954). La epidermis fue removida y fracciones de tejido interno se transfirieron sobre medio papa dextrosa agar (PDA) de acuerdo a metodología propuesta por (Evans, 1981). Posteriormente, aislamientos monoconidiales de *M. roleri* se obtuvieron a partir de colonias maduras de 10 d de edad, se cultivaron en medio V8 clarificado y se incubaron a 25 °C en oscuridad. La especie fue identificada morfológicamente con las claves taxonómicas de (Phillips-Mora et al., 2006; Evans, 1981) de acuerdo al color de la colonia, forma del conidióforo, largo y ancho de conidios.

Fungicidas evaluados

Siete fungicidas protectantes se evaluaron in vitro en medio PDA (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA), de acuerdo con (Zavala-León et al., 2005). Cada fungicida se evaluó en cuatro dosis, con cuatro repeticiones. La dosis varió en cada fungicida. Los fungicidas y sus respectivas concentraciones se muestran en la tabla 1.

Colonias de *M. roleri* de 10 d de edad se utilizaron para preparar una solución de 5×10^6 conidios/ml, de la cual 30 μ L se distribuyeron en cuatro regiones de la caja de

QUÍMICOS	Dosis (g.i.a.L-1)			
	1	2	3	4
Sulfato de cobre 250	0.62	1.25	1.87	2.50
Hidróxido cúprico	1.87	3.75	5.62	7.50
Óxido cuproso	0.93	1.87	2.81	3.75
Oxicloruro de cobre	1.25	2.50	3.75	5.00
Polisulfuro de calcio	4.00	8.00	12.00	16.00
Azufre elemental + oxicloruro de cobre	0.45/0.04	0.9/0.08	1.35/0.12	1.8/0.10
Clorotalonil	0.25	0.50	0.75	1.00

Fungicidas protectantes evaluados sobre *Moniliophthora roreri*
Efectividad de fungicidas sobre la germinación de conidios de *M. roreri*, in vitro.

Petri con medio PDA. La suspensión de conidios se cubrió con cubreobjetos y las cajas con medio PDA + inóculo se incubaron a 25 ± 0.5 °C. La germinación (%) se determinó con base en la lectura de 100 conidios por repetición y tratamiento (cada uno de los fungicidas). Las lecturas se realizaron inicialmente cada 2 h durante las primeras 24 h. Posteriormente, las lecturas se realizarán cada 24 h hasta que el testigo (sin fungicida) superó el 90% de germinación. Se consideraron conidios germinados cuando el tubo germinativo alcanzó la longitud de la mitad del conidio (4-6 μ m).

Efectividad de fungicidas sobre el desarrollo micelial de *M. roreri*, in vitro.
De una colonia de *M. roreri* de 15 d de edad, fragmentos de micelio de 5 mm de diámetro se extrajeron con un sacabocados y se transfirieron al centro de cajas de Petri con medio PDA con las concentraciones de fungicidas mostrados en la tabla 1. Las cajas con medio PDA + inóculo se incubaron a 25 ± 0.5 °C. El crecimiento micelial (cm), medido en dos ejes (horizontal y vertical), se registró cada 24 h con ayuda de un vernier digital (Trupper ®). Las mediciones terminaron cuando el testigo (sin fungicida) llenó la caja de Petri.

Análisis estadístico

Los ensayos para evaluar la efectividad de los fungicidas sobre la germinación y el desarrollo micelial se establecieron bajo un diseño completamente al azar. Los porcentajes de inhibición de la germinación y del crecimiento micelial (efectividad) in vitro se obtuvieron mediante la fórmula de (Abbott, 1925). Los datos, transformados al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción, se sometieron a un análisis de varianza y prueba de separación de medias (Tukey; $P \leq 0.05$) mediante SAS (SAS Institute Inc., 1988).

V. RESULTADOS

Confirmación del patógeno

La colonia del hongo aislado en medio V8 clarificado mostró un crecimiento inicial blanquecino, posteriormente se tornó color salmón-crema y finalmente café oscuro debido a la formación de esporas. La colonia presentó conidióforos ramificados, dando lugar a una cadena de conidios. Las esporas fueron de pared gruesa, color amarillo pálido y heteromórficas, pero comúnmente (74 %) globosas a subglobosas (5 a 10 μm de diámetro), con un 20 % elipsoide (6-10 x 9-20 μm). Las características del aislamiento coincidieron con las reportadas por (Phillips-Mora et al., 2006; Evans, 1981) para *M. roleri*.

Efectividad de fungicidas

Todos los fungicidas de contacto inhibieron la germinación de conidios al 100% en las dosis evaluadas. (Tabla 2). En ausencia del fungicida, la germinación promedio fue 98 % después de las 96 h (Figura 1).

Hubo diferencias ($P < 0.0001$) en la efectividad de fungicidas de contacto sobre el crecimiento micelial (Cuadro 1). El sulfato de cobre (0.62-2.5 g.i.a.L⁻¹), hidróxido cúprico (1.87-7.5 g.i.a.L⁻¹), óxido cuproso (0.93-3.75 g.i.a.L⁻¹) y oxiclورو de cobre (1.25-5 g.i.a.L⁻¹) mostraron efectividad del 100% en las cuatro dosis evaluadas. El polisulfuro de calcio (8-16 g.i.a.L⁻¹) fue 100% efectivo sobre el crecimiento micelial; sin embargo permitió crecimiento micelial seis días después de la evaluación. El clorotalonil y la mezcla de azufre elemental + oxiclورو de cobre fueron los fungicidas con menor efectividad sobre el crecimiento micelial de *M. roleri*.

Tratamientos	Dosis (g.i.a.L ⁻¹)	Desarrollo Micelial	Germinación
		Eficacia Abbott ^y (% inhibición)	Eficacia Abbott ^y (% inhibición)
Testigo	0	---- ^z	---- ^z
Sulfato de cobre 250	0.62	100 a	100 a
	1.25	100 a	100 a
	1.87	100 a	100 a
	2.5	100 a	100 a
Hidróxido cúprico	1.87	100 a	100 a
	3.75	100 a	100 a

Efectividad de fungicidas de contacto sobre el crecimiento micelial y la germinación de conidios de *M. roleri*.

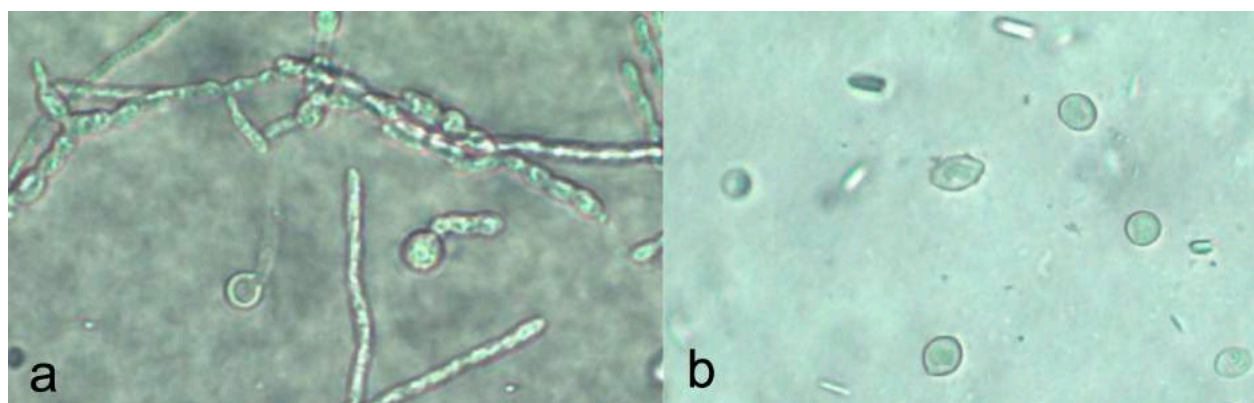
	5.62	100 a	100 a
	7.5	100 a	100 a
Óxido cuproso	0.93	100 a	100 a
	1.87	100 a	100 a
	2.81	100 a	100 a
	3.75	100 a	100 a
Oxicloruro de cobre	1.25	100 a	100 a
	2.5	100 a	100 a
	3.75	100 a	100 a
	5	100 a	100 a
Polisulfuro de calcio	4	97.42 b	100 a
	8	100 a	100 a
	12	100 a	100 a
	16	100 a	100 a
Azufre elemental + oxicloruro de cobre	0.45/0.04	69.57 d	100 a
	0.9/0.08	79.24 c	100 a
	1.35/0.12	79.25 c	100 a
	1.8/0.1	80.49 c	100 a
Clorotalonil	0.25	37.55 g	100 a
	0.5	60.79 f	100 a
	0.75	64 ef	100 a
	1	67.21 de	100 a

^yMedida con letras iguales dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, P < 0.05)

^zValores no calculados debido a la naturaleza de la fórmula de Abbott.

VI. DISCUSIÓN

El hongo *Moniliophthora roreri*, aislado del estado de Tabasco, mostró sensibilidad *in vitro* a todos los fungicidas de contacto evaluados en la presente investigación; sin embargo, los fungicidas más efectivos fueron: sulfato de cobre, hidróxido cúprico, el óxido cuproso y el oxiclورو de cobre, con efectividad del 100%. El sulfato de cobre ha sido ampliamente utilizado en la entidad para el combate de la mancha negra del cacao, cuyo agente causal es *Phytophthora capsici* (Ortiz-García, 1996); así también, es reportado en Colombia para el combate de la moniliasis del cacao (Jaimes y Aranzazu, 2010). El oxiclورو de cobre fue otro de los fungicidas efectivos contra *M. roreri*. Al respecto, (Argüello, 2000) recomendó este producto



a) Conidios germinados de *M. roreri*, b) Conidios no germinados por efecto del fungicida.

para el combate de *M. roreri* en Colombia. El hidróxido cúprico fue otro de los fungicidas con potencial sobre *M. roreri*. Este fungicida ha sido poco utilizado en la entidad para el combate de *M. roreri*; sin embargo, (Hidalgo et al., 2003; Bateman et al., 2005), lo reportaron como efectivo para el manejo de la moniliasis del cacao en Costa Rica. El óxido cuproso es otro fungicida que no se ha evaluado para el control de la moniliasis en el estado de Tabasco; sin embargo, (Arévalo y Zúñiga, 2004) recomendaron este fungicida para el control de la moniliasis en Perú. A pesar de la efectividad del óxido cuproso sobre el crecimiento micelial y la germinación de conidios de *M. roreri*, relevante cuidado deberá tomarse al aplicarlo en campo, ya que (Murillo y González., 1984; Ram, 1989) reportaron incremento de marchitez fisiológica (Cherelle wilt) en cacao al utilizar este producto.

El polisulfuro de calcio inhibió 100% la germinación de conidios y el crecimiento micelial de *M. roreri* en dosis de 8 a 16 g.i.a.L⁻¹, similar a lo reportado por (Ramírez-González et al., 2011); sin embargo, se observó crecimiento de *M. roreri* en este fungicida seis días después de la evaluación, por lo que no se incluyó en la lista de fungicidas potenciales, dado que se requiere confirmar su tiempo de efectividad. La mezcla de azufre elemental + oxiclورو de cobre mostró efectividad del 100 % en la inhibición de la germinación, sin embargo, su efectividad fue menor al 81% en la inhibición del crecimiento micelial; este nivel de efectividad pudo deberse a las dosis utilizada, debido a que se tomó como referencia la concentración recomendada por

el fabricante para frutales. El clorotalonil también mostró efectividad al inhibir el 100% de la germinación, sin embargo, su efectividad sobre el crecimiento micelial fue inferior al 70%. A pesar de la efectividad del clorotalonil sobre *M. roreri*, este fungicida está clasificado como I o II en la escala de toxicidad para los aplicadores de fungicidas de acuerdo a los criterios de la World Health Organization (WHO)/EPA).

El sulfato de cobre, hidróxido cúprico, el óxido cuproso y el oxiclورو de cobre son los fungicidas con potencial de ser evaluados en condiciones de campo. Estos fungicidas se suman a fungicidas sistémicos evaluados en la entidad, tales como el azoxystrobín (Torres-de la Cruz et al., 2013), trifloxystrobin, tebuconazole y propiconazole (Quevedo-Damián, 2012). Un programa de manejo químico de la moniliasis del cacao en condiciones de campo debe ser evaluado en la entidad.

VII. CONCLUSIONES

El hongo fitopatógeno *M. roreri* es sensible a los siete fungicidas protectantes, evaluados en la presente investigación. El crecimiento micelial de *M. roreri* fue menos sensible al Clorotalonil. Los fungicidas sulfato de cobre, hidróxido cúprico, óxido cuproso y oxiclورو de cobre mostraron 100 % de efectividad in vitro sobre el crecimiento micelial y la germinación de conidios de *M. roreri*, en todas las dosis evaluadas. Los fungicidas seleccionados tienen potencial para ser evaluados en condiciones de campo sobre la moniliasis del cacao.

VIII. REFERENCIAS

- PHILLIPS Mora W., Wilkinson M.J. (2007). *Frosty pod of cacao: A disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage*. *Phytopathology*, 97:1644-1647.
- TORRES de la Cruz M., Ortiz-García C.F., Teliz-Ortiz D., Mora-Aguilera A., Nava-Díaz C. (2011). *Temporal progress and integrated management of frosty pod rot [Moniliophthora roreri (Cif. Par.) Evans et al.] of cocoa (Theobroma cacao) in Tabasco, Mexico*. *Journal of Plant Pathology*, 93:31-36
- PHILLIPS Mora W. (2003). *Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (Theobroma cacao L.) fungus Moniliophthora roreri (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence*. Ph.D. Thesis, University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- EVANS H.C. (1981). *Pod rot of cacao caused by Moniliophthora (Monilia) roreri*, *Phytopathological Papers*, 24:1-44.
- AMPUERO C.E. (1967). *Monilia pod rot of cocoa*. *Cocoa Grower's Bulletin*, 9:15-18.
- Suárez, C. (1971). *Estudio del mecanismo de penetración y proceso de infección de Monilia roreri Cif y Par. en frutos de cacao (Theobroma cacao L.)*, Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 59 p.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

MURILLO D., González L.C. (1984). *Evaluación en laboratorio y campo de fungicidas para el combate de la moniliasis del cacao*. Agronomía Costarricense, 8:83-89.

LÓPEZ R. (1954). *Fisiología de la germinación de esporas de Monilia sp., Cacao en Colombia*. 3:183-207.

PHILLIPS Mora W., Coutiño A., Ortiz C.F., López A.P., Hernández J., Aime M.C. (2006) *First report of Moniliophthora roreri causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico*. Plant Pathology, 55:584.

ZAVALA León M.J., Tun-Suárez J.M., Cristóbal-Alejo J., Ruíz-Sánchez E., Gutiérrez-Alonso O., Vázquez-Calderón M., Méndez-González R. (2005). *Control postcosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Sacc. a fungicidas organosintéticos*. Revista Chapingo Serie Horticultura, 11:251-255.

ABBOTT W.S. (1925). *A method of computing the effectiveness of an insecticide*. Journal of Economic Entomology, 18:256-267.

SAS Institute Inc. (1988). *SAS User's Guide: Statistics, Release 6.03 Ed.* SAS Institute INC. Cary, NC. USA.

ORTIZ García C.F. (1996). *Etude de la diversité génétique de populations de Phytophthora pathogène du cacaoyer (Theobroma cacao L.) et du cocotier (Cocos nucifera L.)*, Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencia, Université Paul Sabatier-Centre de Fisiología Vegetal – CNRS. Toulouse, Francia, 85 p.

JAIMES Y., Aranzazu F. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia, con énfasis en Monilia (Moniliophthora roreri)*. En: Hoyos L.M. (ed.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Colombia. p. 90

ARGÜELLO O. (2000). *Manejo Integrado de la moniliasis del cacao en Santander*. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Impresores Colombianos, 74-84.

HIDALGO E., Bateman R.P., Krauss U., ten Hoopen M., Martínez A. (2003). *A field investigation into delivery systems for agents to control Moniliophthora roreri*. European Journal of Plant Pathology, 109:953-961.

BATEMAN R.P., Hidalgo E., García J., Arroyo C., ten Hoopen, G.M., Adonijah V., Krauss U. (2005). *Application of chemical and biological agents for the management of frosty pod rot (Moniliophthora roreri) in Costa Rican cocoa (Theobroma cacao)*. Annals of Applied Biology, 147:129-138.

ARÉVALO G., Zúñiga C. (2004). *Manejo integrado del cultivo de cacao y transferencia de tecnología en la amazonía peruana*. Tarapoto. San Martín, Instituto de Cultivos Tropicales (ICT).

RAM A. (1989). *Biology, epidemiology and control of moniliasis (Moniliophthora roreri) of cacao*. PhD Thesis, University of London. London, 313 pp.

RAMÍREZ González S., López-Báez O., Guzmán-Hernández T., Munguía-Ulloa S., Moreno-Martínez J.L. (2011). *El polisulfuro de calcio en el manejo de la moniliasis Moniliophthora roreri* (Cif & Par). Evans et al. del cacao *Theobroma cacao* L.. *Tecnología en Marcha*, 24:10-18

TORRES de la Cruz M., Ortiz-García C.F., Teliz-Ortiz D., Mora-Aguilera A., Nava-Díaz C. (2013). «Efecto del azoxystrobin sobre *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao*)». *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31: 65- 69

QUEVEDO Damián I. (2012). *Evaluación de fungicidas sistémicos y de contacto en el control de la moniliasis (Moniliophthora roreri) del cacao (Theobroma cacao)*, Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, México, 72 pp.

IMPACTO AMBIENTAL POR LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO

**Gaspar López Ocaña
Rosa Martha Padrón López
Carlos Alberto Torres Balcazar
Rocío López Vidal
Raúl Germán Bautista Margulis**

I. RESUMEN

Tenosique aunque cuenta con un relleno sanitario desde 2004, presenta contaminación por la disposición inadecuada de RSU, depositados a cielo abierto en las márgenes del arroyo Plevá en el poblado Rancho Grande. Para conocer las afectaciones por contaminantes y establecer alternativas de saneamiento una vez que se clausure el tiradero, es necesario evaluar a situación actual, para el ello se realizó la caracterización de RSU, levantamiento topográfico (13 ha), sondeos de profundidad de residuos (3.5 m), instalación de pozos de monitoreo (10 de agua freática y 6 de suelo), para posteriormente caracterizar las muestras y testigo. Actualmente los RSU se estiman en 63±9 ton/día, la generación de lixiviados aportados al subsuelo y al arroyo Plevá es de 35,310 m³/año y los niveles de concentración de contaminantes básicos y peligrosos es crítica. El área de disposición final consta de 129,970.8 m² y el frente de trabajo es de 38,463.9 m². Toda esta área se encuentra con RSU y aun con quemas al sur y oeste, el volumen de RSU acumulado se estima en 175,000 m³, dicho material tiene que ser removido ya que para tratar in situ o ex situ el suelo contaminado debe estar libre de los RSU.

II. INTRODUCCIÓN

En Tabasco, el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) está a cargo de los municipios quienes realizan la recolección, transporte y disposición final en tiraderos a cielo abierto y algunos rellenos sanitarios, por lo cual es necesario implementar tecnologías de separación, procesamiento, transformación, tratamiento y disposición final (López-Ocaña, 2004). En Tenosique no existe un manejo adecuado en la disposición final de RSU y al igual que en el estado donde la mayoría de las comunidades y municipios que se encuentran a las márgenes de cuerpos de aguas o zonas bajas, utilizan las áreas aledañas a estos para depositar sus residuos, contaminando los cuerpos de aguas presentes, al suelo y del mismo modo emitiendo gases por quema o descomposición microbiana de los residuos (López-Ocaña, 2009).

Uno de los aspectos más importantes que han logrado algunas de las ciudades de Tabasco, es la gestión de rellenos sanitarios como alternativa de disposición final de los RSU, y Tenosique actualmente se encuentra en abandono la construcción del relleno sanitario desde el 2004 que se inició la obra (López-Ocaña, Palma, 2004). Sin embargo, previo a la operación del relleno sanitario es necesario evaluar el grado de afectación, determinando los daños ambientales que la disposición de residuos ha generado (migración de lixiviado) en el suelo, aguas freáticas, vegetación y los efectos principales que se forman por la combustión incompleta a cielo abierto de los RSU (Glynn y Heinke, 1999).

El H. Ayuntamiento de Tenosique en gobiernos pasados (1985 a 1995), utilizaba sitios inundables para la disposición final de residuos, cerca de cuerpos de aguas superficiales como el poblado Boca del Cerro, todo ello con la finalidad de que en tiempos crecientes el nivel del río aumente y de esta arrastrara la mayor parte de los residuos depositados en el sitio, evitando disponer de mayor área para la disposición final, del mismo modo utilizaban la quema para disminuir el volumen de los mismos (Jiménez, 1995; López-Ocaña et al., 2007; López-Ocaña, 2009).

Al finalizar el periodo de 1995 el sitio fue clausurado y sólo se depositó encima cachaza (producto del desecho de la caña de azúcar), para tratar de remediar el daño causado por la deposición de los RSU. La contaminación por los RSU y productos secundarios (gaseosos, sólidos y líquidos), que surgen en un tiradero a cielo abierto, pueden poner en peligro la salud del hombre y de los ecosistemas incluyendo a las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad en el área y producir olores desagradables (Kiely, 1999).

Los RSU aún depositados en los rellenos sanitarios, desprenden gases tóxicos como hidrocarburos ligeros (HCB), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S), compuestos orgánicos volátiles (COV's), monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2). La causa de esto son los residuos orgánicos presentes, que mediante su descomposición natural a través de bacterias y otros microorganismos conducen a un problema ecológico (NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000; Potash & Phosphate Institute, 1997).

Estos gases al no ser controlados son mucho más nocivos por las reacciones ocasionadas en las primeras capas de la atmósfera, el CH_4 es un gas responsable del efecto invernadero (calentamiento global) y es persistente en la atmósfera, ya que no se elimina como el CO_2 en la fotosíntesis de las plantas. Sin embargo los RSU cuando son quemados intencionalmente en los sitios de disposición final producen gases tóxicos muy agresivos ya que la generación de gases de combustión es espontánea generando mayor volumen de gases tóxicos como CO, CO_2 , COV's, HCB, NO_2 , SO_2 , H_2O , dioxinas, furanos, y óxidos metálicos (Glynn y Heinke, 1999).

Otro problema es la degradación del suelo, que se traduce en la pérdida de calidad y cantidad de suelo. Ésta se debe a varios procesos naturales como erosión o drenaje

y por procesos de contaminación como es la acumulación de residuos en tiraderos a cielo abierto. El proceso de degradación más importante es la pérdida de suelo por acción del agua, el viento y los movimientos masivos o, más localmente, la acción de los vehículos y el pisoteo de humanos y animales. Aunque sólo es grave en algunas áreas, sus efectos acumulativos y a largo plazo ofrecen abundantes motivos de preocupación. La pérdida de las capas u horizontes superiores, que contienen materia orgánica y nutrientes, y el adelgazamiento de los perfiles del suelo lo que reduce el rendimiento de cosechas en suelos degradados (Bonet al., 1993; Siebe et al., 1996; Seóñez et al., 2000).

La deposición de residuos a cielo abierto causa problemas de salinización en el suelo en primer instancia por el vertido de lixiviados hacia el subsuelo, el cual generalmente tiende a ser alcalino en su formación, lo que se traduce en una concentración anormal elevada de sales principalmente en los periodos de sequía, por ejemplo el sodio y otras sales contenidas en residuos se depositan por la evaporación de la humedad de los residuos sobre el suelo y el subsuelo, lo que conduce a la muerte de las plantas y a la pérdida de estructura del suelo por el transporte de las sales a áreas aledañas a los tiraderos a cielo abierto (Potash & Phosphate Institute, 1997). Otras causas frecuentes de contaminación de sales y metales son los residuos provenientes de granjas, industrias, lodos de las aguas residuales, etc., que pueden contener concentraciones elevadas de metales pesados. Los suelos también se ven contaminados por isótopos radiactivos y residuos peligrosos procedentes de materiales caseros e industriales (Seóñez et al., 2000).

Los suelos en un tiradero sin control pueden volverse ácidos en diferentes épocas del año (por periodos) debido a la degradación anaeróbica de los lixiviados y de la materia orgánica presente en los residuos del tiradero, pues se forma una gran cantidad de ácidos que van directo al suelo y al subsuelo. Otro de los factores de acidificación de suelos en tiraderos a cielo abierto se debe a la quema de combustibles desechados y materia orgánica presente, pues en tiraderos a cielo abierto estas quemadas forman nubes de gases de SO₂ y NO_x, los cuales en presencia de humedad se transforman en H₂S y HNO₃, depositándose en el suelo en forma de lluvia ácida, afectando grandes extensiones de ecosistemas terrestres y acuáticos aledaños al tiradero. Dichos gases se forman al no llevarse a cabo una combustión ideal (combustión con exceso de aire a partir del cálculo estequiométrico).

La lluvia ácida presente en el área de impacto puede presentar un pH inferior a 5 (Kiely, 1999). Esta lluvia ácida en los alrededores de los tiraderos altera las relaciones ácido-base en algunos suelos, provoca la muerte de los peces en cuerpos de agua aledaños y los invertebrados acuáticos y se incrementa la acidez del suelo, lo que reduce el crecimiento forestal en los ecosistemas aledaños. De esta manera las lluvias provocan la pérdida de materia orgánica debida a la erosión y a la acción de los lixiviados. Sin embargo, la pérdida de estructura del suelo puede deberse a la pérdida de materia orgánica, a la compactación producida por la maquinaria en secciones húmedas, o a la dispersión de los materiales contaminantes en el subsuelo. Este proceso puede llevar a la formación de una

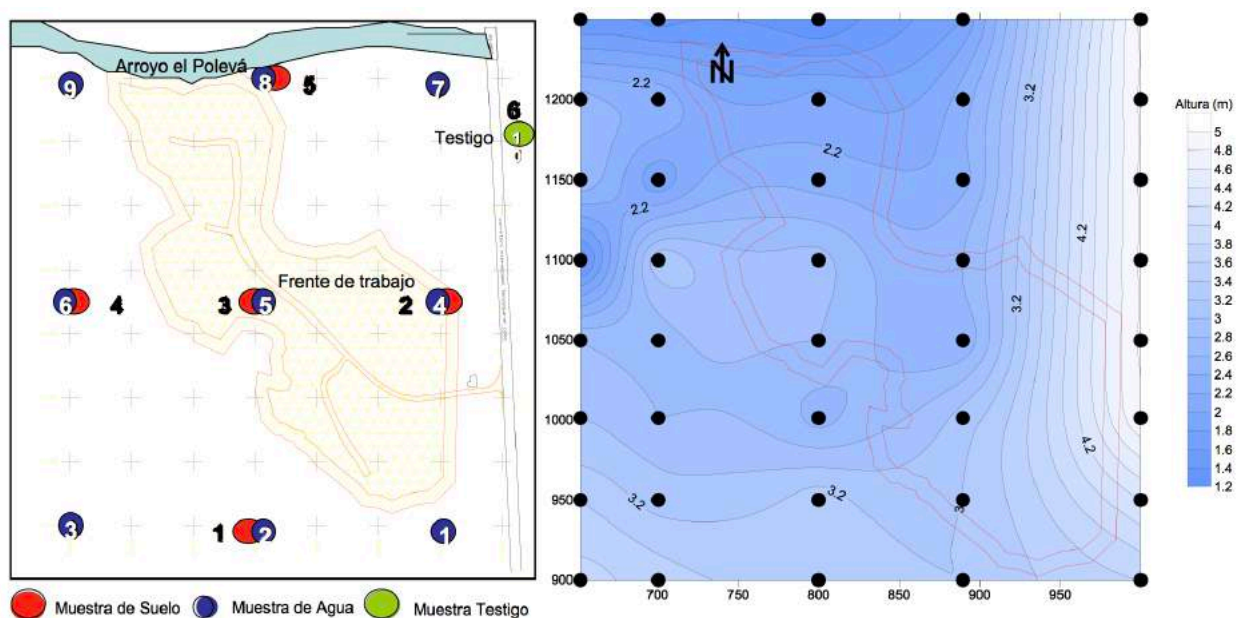
corteza sobre el suelo que reduce la infiltración del agua e inhibe la germinación de las semillas o crecimiento de plantas en las zonas aledañas a los depósitos de residuos (Glynn y Heinke, 1999).

III. OBJETIVOS Y METAS

El objetivo general del presente trabajo es evaluar el grado de contaminación generada por la disposición inadecuada de RSU en el tiradero a cielo abierto de Tenosique Tabasco, para realizar las recomendaciones más viables de saneamiento, sin embargo en esta etapa solo se presente la evaluación del impacto ambiental del escenario actual del suelo y vegetación. Y para llevar a cabo esta fase se cumplieron los siguientes específicos: a) Levantamiento topográfico del terreno natural y sondeos de profundidad de la capa de residuos, b) Ubicar e Instalar los pozos de monitoreo de agua freática y suelos, para muestrear y caracterizar fisicoquímicamente las muestras y muestra testigo, aplicación de una matriz modificada de Leopold, para la identificación de impactos ambientales.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Para fines prácticos estudio de generación se realizó en el sitio de disposición por el método de conteo de carga, en un área de 36 m², a 50 m del frente de trabajo durante 7 días, para este método se conocía la capacidad de cada unidad colectora y la población servida (López-Ocaña, et al., 2007; Tchobanoglous et al., 1994), los parámetros de RSU fueron determinadas por los métodos NMX correspondientes

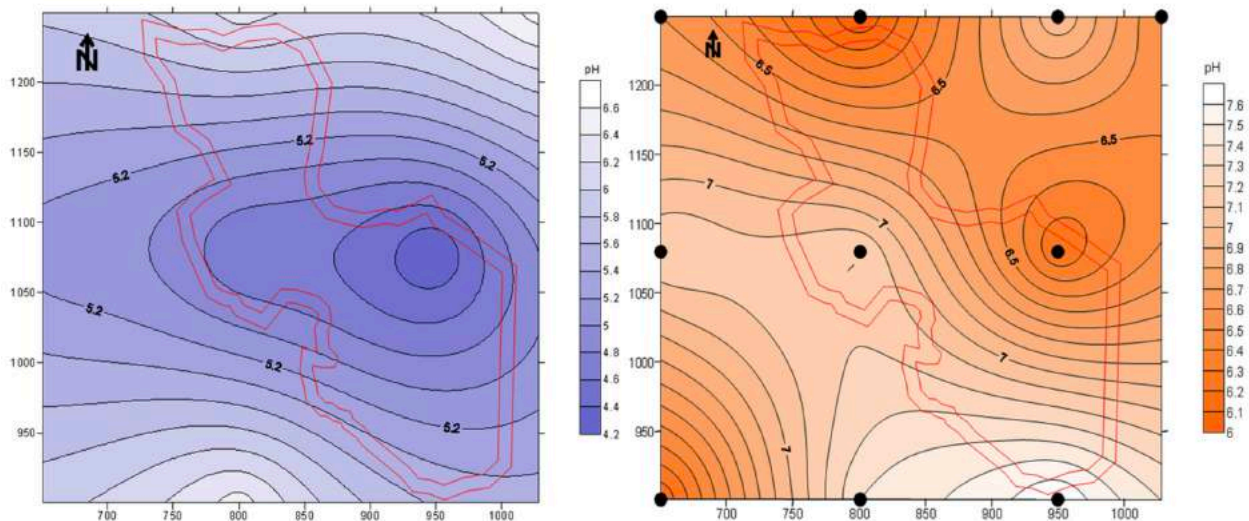


Sitio de muestreo, mapa topografico del tiradero y frente de trabajo.

(Gestión Ambiental Mexicana (GAM). 2000). Posteriormente se realizó el levantamiento del área para identificar los escurrimientos, se determinaron los puntos de muestreo, 6 para las muestras de suelo (0-50 cm), 10 para agua-lixiviados e instalación de los piezómetros (0.5-3.5 m) (Figura 1). El muestreo se realizó tomando como referencia la norma [12]. Se determinaron los metales como cadmio (Cd), níquel (Ni), plomo (Pb), vanadio (V) y cromo (Cr). Se realizó la evaluación de daños ambientales del sitio [2], en donde los resultados de los contaminantes, así como los parámetros principales del suelo fueron modelados por el programa Surfer 8.0 obteniendo mapas de isoconcentración sobre la zona afectada.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el caso particular del tiradero de Tenosique el terreno donde se ha dispuesto RSU ocupa un área de 122,500 m², el tirante actual de material compactado tiene una profundidad promedio de 2 m, este no ha variado significativamente debido a que cada año el material acumulado es reducido mediante la quema a cielo abierto. La pendiente varía de 4 a 8 %. Para la estimación de lixiviados se utilizó el método de Vesilind y Rimer (Glynn y Heinke, 1999). Este análisis inicia con valores promedio anual de precipitación, evaporación e infiltración, en él, la producción de lixiviados es igual a la precipitación que cae en el tiradero menos la evaporación e infiltración, hasta que el tiradero se satura, el agua que entra en él también se reduce en la cantidad de humedad que retiene el suelo y los RSU. Para este análisis se utilizaron los datos de la variables hidrometeorológicas de la estación Boca del Cerro de Tenosique. La producción de lixiviados se estima en 288 mm/año, considerando que se disponen diariamente 70 ton/año, esta cantidad de material agrega una humedad de 17,500 kg/día de agua la cual empieza a fluir a 1.04 años. En este sentido el caudal de lixiviados aportados al subsuelo y al arroyo Polevá es del orden de 35,310 m³/año. Sin embargo si no se practicara



pH encontrado en el suelo superficial (30 cm) y el agua freática (90 cm).

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

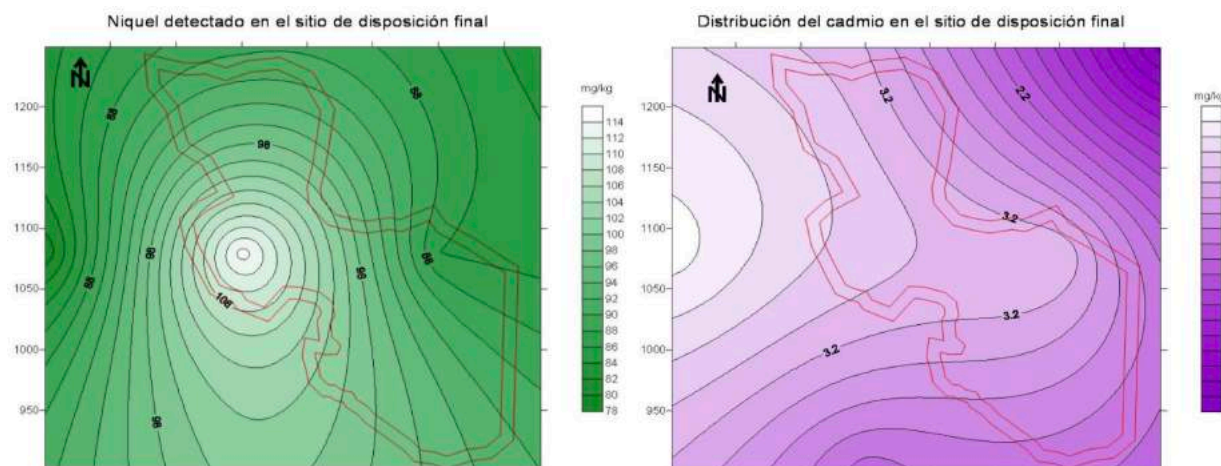
la quema de RSU, la cantidad de lixiviados aportados solo por la humedad de los RSU sería de 6,388 m³/año y 42,283 m³/año de RSU compactados. En cuanto al suelo evaluado presenta características con clasificación fuertemente ácido en el frente de trabajo y en general sobre el tiradero moderadamente ácidos, de manera general el pH del suelo presento un valor de 5.6 (± 1.1) (Figura 2) (López-Ocaña et al., 2007; NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000).

El suelo presenta una textura arcillosa con una densidad aparente promedio de 1 g/cm³, la materia orgánica es muy variable debido a la disposición de carbono, ya que como tiradero se han presentado quemadas en algunas zonas lo que hace presentar un mayor porcentaje clasificándose como suelo no volcánico con una clase alta, la cual no se debe a la presencia de carbono natural en suelo (ver tabla 1), de manera tal que el promedio de este parámetro se encuentra con 3 % (± 1.6) (NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000). El nitrógeno presente esta dentro de la categoría muy baja con concentraciones menores a 10 mgkg⁻¹.

No. Muestra	pH(H ₂ O) Rel. 1:2	CE dSm ⁻¹	MO	N	CIC	NO ₃	SO ₄	Arcilla	Limo	Arena	Textura	DA g/cm ³
			%	mg Kg ⁻¹	mg/L	%						
M. 1	6.5	0.134	1.9	0.09	27.5	10.0	13.0	67	30	3	Arcilla	1.01
M. 2	4.2	0.239	5.1	0.23	7.0	1.0	10.4	17	20	63	Arcilla	1.03
M. 3	4.6	0.228	3.1	0.15	6.0	3.2	9.0	17	28	55	Mig-aren	1.04
M. 4	5.1	0.142	4.1	0.19	12.0	1.1	8.6	31	34	35	Mig-arcill	1.02
M. 5	6.3	0.109	0.7	0.03	12.0	15.1	16.1	19	54	27	Mig-lim	1.06
M. 6 T	6.7	0.178	2.9	0.12	20.5	37.4	18.7	33	52	15	Mig-arcilim	1.03

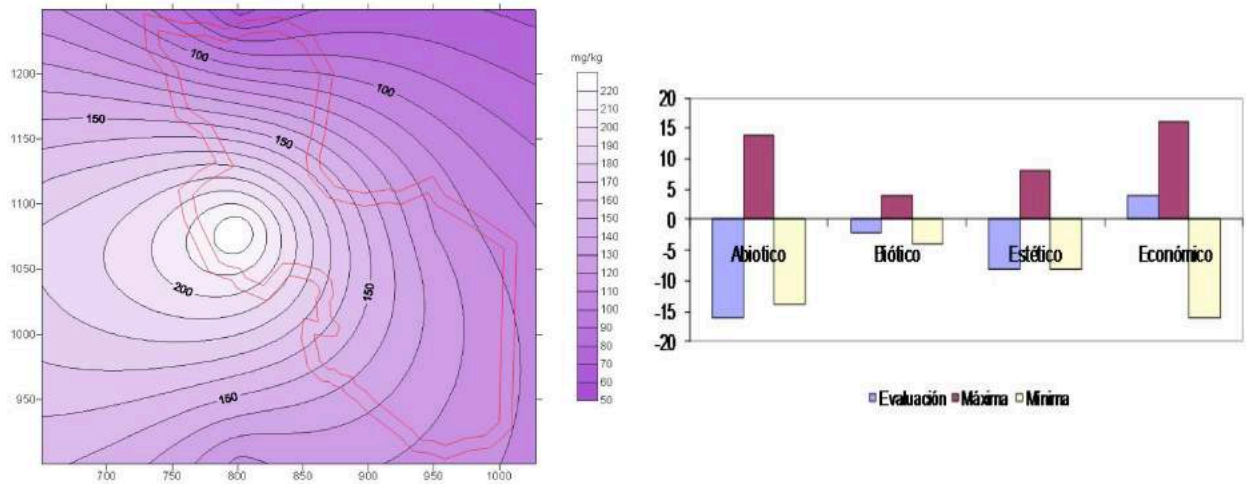
Características del suelo en el tiradero a cielo abierto de Tenosique.

Los metales encontrados (níquel, cadmio y plomo) rebasan significativamente los niveles peligrosos en el suelo. para el caso del níquel se encuentra un área dentro del frente de trabajo con la máxima concentración de 120 mg/kg, siendo



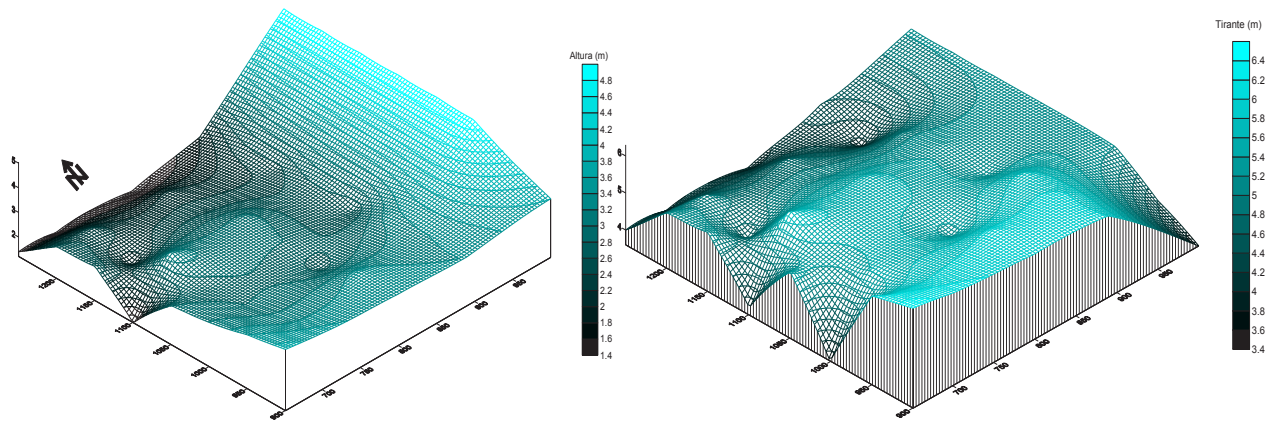
Concentración de níquel y cadmio en el terreno del tiradero a cielo abierto de Tenosique, Tabasco.

la concentración normal 50 mg/kg [12], en cuanto al cadmio se encuentra en concentraciones superiores a 4 mg/kg, siendo la concentración norma de 0.35 mg/kg, lo que hace caer en una categoría de peligrosa, finalmente el plomo se encuentra en concentraciones máximas de 200 mg/kg, siendo la concentración normal de 35 mg/kg. A continuación se presentan los mapas de isoconcentraciones de los metales encontrados y el resultado gráfico de la evaluación de impacto ambiental (figura 3 y figura 4).



Concentración de plomo y resultado de la evaluación de impacto en el sitio de disposición final.

El volumen de RSU acumulado compactado actualmente en el sitio de disposición final se estima en 175,000 m³, dicho material tiene que ser removido ya que para tratar in situ o ex situ el suelo contaminado debe estar libre de los RSU (Figura 5). Para el caso del volumen de suelo contaminado, los resultados muestran que el plomo es el que ocupa el mayor área y por los mismo el volumen con 75,000 m³, los cuales rebasan el nivel de peligrosidad establecido a más de 100 mg/kg para Pb. De este mismo volumen aproximadamente 20,000 m³ están contaminados



Mapa de relieve del sitio de disposición final en terreno natural y con el volumen de RSU.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

con nivel de peligrosidad en Níquel el cual rebasa los 100 mg/kg y dentro del mismo volumen hay 52,500 m³ de material contaminado con cadmio que rebasan los 3 mg/kg que es peligrosa (NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000; Navarro et al., 2006).

Para el caso de las muestras de RSU a las que se les determinó la composición elemental con carbono (40.9%), hidrógeno (5.3%), oxígeno (31.0%), nitrógeno (0.5%), azufre (0.0%), cenizas (14.2%) y humedad (8.0%), de los cuales se puede aprovechar hasta 6793 btu/lb (3774 Kcal/Kg) [6, 10]. Para el estimado de los gases de combustión emitidos por la quema de RSU a cielo abierto se cuantificó que son necesarios para oxidar un kg de RSU 1.21 kg de O₂ o 5.21 kg de N₂O₂, y considerando que se podría presentar favorablemente un exceso de aire de modo natural equivalente al 200 % la cantidad de gases de combustión posible a formar sería de 6 a 16.75 kg de gas por kg de combustible quemado. Considerando que la cantidad de residuos depositados en el tiradero es de 63.3 ton/día en promedio, se pueden producir hasta 387 ton/año de gases por la quema de esa cantidad de residuo.

En cuanto a la caracterización fisicoquímica se observa que en general el agua freática presenta una relación DBO/DQO de 0.46 lo que hace ver que tiene características de difícil degradación a tóxicas según (Potash & Phosphate Institute. 1997; Navarro et al., 2006).

En general debidos a la cercanía del tiradero con el Arroyo Plevá, observamos que hay una fuerte dilución de las sustancias y las concentraciones son mucho más bajas que las reportadas para aguas freáticas y lixiviados, pues el pH se encuentra en 6.9 (±0.4), la DBO₅ con 1008 (±670) mg/l, la DQO se encuentra en 2374

Parámetro	C _{med}	Desv (±)	Parámetro	C _{med}	Desv (±)
Tem Amb. (°C)	31	0.7	P (mg/l)	10	6.9
Tem. Ag. (°C)	28	1.0	Cd	1.4	0.9
pH	7.0	0.5	Cu	3.1	2.2
DBO ₅ (mg/l)	1179	489.7	Cr ⁽⁺⁶⁾	7.6	7.0
DQO (mg/l)	2735	801.4	Ni	53.4	22.1
G y A (mg/l)	22	15.7	Pb	0.5	0.3
Sól. Sed.(ml/l)	15	16.2	Zn	1.5	3.0
SST (mg/l)	239	270.5	Fe	36.6	34.8
SSV (mg/l)	176	171.0	DBO/DQO	0.4	0.2
N total (mg/l)	60	34.4	C.T. NMP/100	1300000	483045.9
NH ₃ (mg/l)	27	28.4			
N org. (mg/l)	33	15.8			

Concentración de agua-lixiviado en los piezómetros dentro del

(± 1201) mg/l, GyA en 21 (± 16) mg/l. Los parámetros encontrados en los puntos de muestreo se presentan a continuación en la tabla 2. Es importante señalar que la cantidad de coliformes totales supera los 2×10^6 NMP/100 ml, y que el caso de estos organismos se encuentran una gran variedad y aunque en este estudio no se determinan cuales, ya se han reportando que están presentes *Escherichia coli*, *Staphylococcus*, hongos, levaduras, *Candida* y *Salmonella* entre otras (Cruz et al., 2002 ; Seóñez et al., 2000).

En tiraderos de Oaxaca (Gestión Ambiental Mexicana (GAM). 2000) reportaron lixiviados con metales con concentraciones que van de 0.57 en Co, 0.92 en Cu, 0.07 en Cr, 1.9 en Pb y 0.13 en Ni (mg/kg). Sin embargo hay mayores concentraciones en este tiradero posiblemente retenidos en el suelo con altos contenidos de materia orgánica.

VI. CONCLUSIONES

El área de estudio comprende una extensión de 122,500 m², presenta características muy ácidas, con problemas de retención de nutrientes en general, altas concentraciones de los metales (Cd, Ni y Pb) lo que implica que se realice necesariamente el saneamiento al área mediante alguna tecnología de remediación. Los resultados de la simulación de contaminantes (metales), indican que el desplazamiento de este es hacia el norte donde se encuentra el arroyo el Polevía. La extensión del suelo con altas concentración de metales se estimó en 50, 000 m².

VII. REFERENCIAS

- BON, H. L., Mcneal, B. L., O'connor G. A. (1993). *Química del Suelo*. Editorial Limusa S. A. de C. V. Noriega Editores. México D. F.
- CONESA FV. (1995). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Grafo, S.A. España. 385 p.
- CRUZ R.R., Orta L.M.T., Sánchez G.J., Rojas V.M.A. (2002). *Cuantificación de efectos ambientales de un tiradero a cielo abierto, caso estudio*. Memorias Técnicas del XXVIII Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiente, Cancún, México.
- Gestión Ambiental Mexicana (GAM). (2000). *Apartado Federal, Normas Técnicas Mexicanas*. D.R. Cultura Ecológica A.C.
- GLYNNHJ, Heinke GW. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Prentice Hall Hispanoamericana. S. A. Segunda Edición. Méx. D. F. págs. 567-620.
- JIMÉNEZ Flores. (1995). *Evaluación de los Sitios de Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales en el Estado de Tabasco*. Tesis de Lic. en Biología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

KIELY G. (1999). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión*. Editorial McGraw Hill. México D. F.

LÓPEZ Ocaña G., Palma Avalos S. (2004). *Diagnóstico del Estado Actual de la Contaminación Atmosférica, Visual, Olores, Áreas Verdes, Manejo de los RSU y Peligrosos del Municipio de Tenosique, Tabasco*. Dirección de Obras Públicas y Servicios del H. Ayuntamiento del Municipio de Tenosique, Tabasco.

LÓPEZ Ocaña, G. (2004). *Determinación de la Eficiencia de Combustión de Residuos Sólidos Municipales en un Combustor Trifásico Bajo Diferentes Condiciones de Operación*. Tesis de Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa-Tabasco. México.

LÓPEZ Ocaña, G, Bautista MRG, Hernández BJR, Chacón NJG. (2007). «La Generación de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio del Centro, Tabasco». *Kuxulkab` Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT*, Volumen XII, No. 24 Enero-Junio. P. 33-41.

LÓPEZ Ocaña, G. (2009). *Combustión de materiales lignocelulósicos derivados de los residuos sólidos urbanos en un combustor experimental de lecho fluidizado*. Tesis de Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa-Tabasco. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Potash & Phosphate Institute. (1997). *Manual Internacional de Fertilidad del Suelo*. México D.F. Research PPI Education.

Navarro M.S.M., Jiménez S.B., Aragón S.M. (2006). *Lixiviación de metales desde un tiradero a cielo abierto ubicado en un lomerío delimitado por arroyos de corriente discontinua*. Memorias Técnicas del XV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Mayo, Guadalajara, México.

SIEBE, C., Jahn, R. y Stahr K. (1996). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. Instituto de Geología de la UNAM, Institut für Bodenkunde und Standortslehre. Universität Hohenheim, Alemania. Sociedad Mexicana de Ciencias del suelo. Chapingo, México.

SEÓANEZ Calvo M. Álvarez Saiz A. Chacón Auge A. Bellas Velasco E. Laradía Sureda P. García-Monge L. Seóanez Oliet P. (2000). *Residuos problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción*. Mundi Prensa. España.

TCHOBANOGLIOUS G., Theisein H., Vigil S. A. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Ed. McGraw-Hill. México D. F.

YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) COMO COADYUVANTE EN LA COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

**Gaspar López Ocaña
Rosa Martha Padrón López
Carlos Alberto Torres Balcazar
Rocío López Vidal
Raúl Germán Bautista Margulis**

I. RESUMEN

La turbiedad y color son indicadores de SST y SDT en el agua residual, al removerlos eliminamos materia orgánica e inorgánica. El estudio evaluó la eficiencia de remoción de turbiedad y color con coagulación-floculación agregando un polímero natural (almidón de yuca, Manihot esculenta Crantz), combinado con sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) y cloruro férrico ($FeCl_3$), para encontrar la dosis con mejor remoción. En el primer experimento la turbiedad fue de 24 UNT y color de 958 UC, la dosis con mejor eficiencia fue la combinación de 250 ppm de $Al_2(SO_4)_3$ con 750 ppm del polímero, que logro remover hasta un 75% de la turbiedad y 78% del color obteniendo una turbiedad final de 6 UNT y un color final de 210 UC. En el segundo experimento la mejor eficiencia de remoción fue la combinación de 250 ppm de $Al_2(SO_4)_3$ con 750 ppm de polímero, teniendo inicialmente una turbiedad de 43.9 UNT y 1430 UC de color, dicha combinación mostró una eficiencia de remoción de 75.4% de turbiedad y un 85.3% del color, reduciendo la turbiedad hasta 10.8 UNT y el color hasta 210 UC, dichas combinaciones son las más significativas en la remoción de contaminantes básicos.

II. INTRODUCCIÓN

La presente investigación evaluó el desempeño del almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) como coadyuvante en el proceso de coagulación-floculación en la remoción de turbiedad y color del agua residual doméstica de la DACBiol-UJAT. El almidón favorece el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas, no sólo por el ahorro económico al disminuir el uso de agentes convencionales como el sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) e hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), sino también al emplear elementos disponibles en la región, más económicos y rápidamente biodegradables, además de ser inofensivos para la salud pública y ecosistemas que permiten cumplir con los parámetros requeridos en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores (NOM-001-SEMARNAT-1996).

Cabe mencionar que estos tubérculos y raíces están disponibles en América Latina como alimento básico (Montaldo, 1991). Es importante mencionar el valor científico de la investigación, ya que fortalece de manera significativa una línea de investigación poco explorada en la región, sobre el manejo de coagulantes-floculantes naturales, desarrollando nuevas tecnologías que coadyuven al cuidado del ambiente, donde se pretende reducir las concentraciones de coagulantes convencionales aplicando un coagulante natural, el cual es un almidón extraído de la yuca (polímero), que en la mayoría de su caso se le usa como comestible y no es tóxico, por lo que es ambientalmente sustentable y socialmente aceptable.

El costo del Sulfato de aluminio varía según sus proveedores y la calidad del producto, el Sulfato de aluminio sólido libre de fierro, es de \$ 4.85/kg y de polímero sintético de \$29.44/kg [3]. El kg de polímero natural de almidón de yuca a partir de su elaboración lo estimamos en un costo de \$31.3 a \$35.0. Si comparamos los precios del polímero natural con el polímero sintético no varían por mucho, el Sulfato de aluminio es mucho más económico, pero presenta riesgos a la salud pública y puede quedar biodisponible el Aluminio en el cuerpo receptor. Existen poca información referente a polímeros en el tratamiento de agua residual, generalmente se ha evaluado como coadyuvante en sistemas de clarificación o potabilización (Solís, 2009; Solís et al., 2012; López et al., 2014).

Un estudio evaluó la eficiencia del Cactus lefaria como agente coagulante en el proceso de clarificación (Martínez et al., 2003). Los ensayos a escala de laboratorio (Pruebas de jarras), se prepararon aguas turbias sintéticas con valores de turbidez inicial de 20 a 150 UNT para comparar con las aguas que entran a la planta de tratamiento de la localidad. Se procedió a realizar ensayos de coagulación para el cactus crudo y tratado con metanol, acetato de etilo y éter de petróleo. Los parámetros a medir fueron turbidez, color y dosis óptima del coagulante. Los estudios indicaron que el Cactus lefaria remueve la turbidez entre un 80 y 90%. Los mejores valores de turbidez se obtuvieron al tratar al Cactus lefaria con metanol y acetato de etilo para una turbidez inicial del agua turbia de 20 y 30 UNT. Esto demuestra que el metanol y el acetato de etilo no extrajeron la sustancia activa del Cactus lefaria. La dosis óptima del agente coagulante fue de 10 mg/L de cactus. Demostrando de esta manera que el Cactus lefaria puede ser usado como coagulante primario, siendo éste muy eficiente para aguas con turbidez inicial de 30 UNT.

Otro polímero natural efectivo es el cochifloc, el cual es extraído de las pencas de la Tuna Opuntia Cochinellífera (planta nativa), para su aplicación en el proceso de clarificación de aguas. El polímero Cochifloc y el sulfato de aluminio se utilizaron como coagulantes primarios en aguas del lago de Managua “Xolotlan” (Piedras Azules). Las condiciones de entrada del agua cruda fueron de 49 NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez), 199 UC (Unidades de Color), y pH 9.14. El Sulfato de aluminio al 2% presenta una unidad de diferencia por turbidez con diferentes pH; en cambio el polímero natural (Cochifloc) al 2% y pH corregido presenta eliminación del 91,33% por turbidez no así para el Color. Sin embargo,

la concentración del 1% tiene influencia en ambos coagulantes a diferentes pH del agua cruda. Esta concentración favorece la eliminación de turbidez de agua cruda con la aplicación del Sulfato de aluminio y reduce la eliminación por turbidez del agua cruda con la aplicación del polímero natural en un 53% (pH = 7,0) y 48% (pH = 9,04) (Almendárez, 2004).

Uno de los trabajos más cercanos a nuestro estudio [4], evalúa Mezclas con Potencial Coagulante en el Tratamiento de Lixiviados de un Relleno Sanitario (polímero natural de almidón de plátano). Este determinó el potencial de coagulación-floculación de mezclas con proporciones variables de almidón de plátano, Sulfato de aluminio y arcillas. Para evaluar la efectividad se corrieron testigos de coagulación con Sulfato de aluminio y cloruro férrico. El lixiviado fue pretratado y se desarrollaron prueba de jarras, midiendo turbiedad, color, demanda química de oxígeno, pH, sólidos suspendidos totales y conductividad. La Turbiedad se redujo a <5 UNT con 75mg/l. Los resultados permitieron establecer la factibilidad de aplicar mezclas con propiedades coagulantes para el tratamiento de lixiviados.

III. OBJETIVOS Y METAS

Determinar la dosis optima de una mezcla de almidón de yuca-sulfato de aluminio, yuca-hidróxido de calcio y yuca-cloruro férrico que favorezca la eficiencia de remoción de turbiedad y color en aguas residuales. Las metas son obtener información técnica-científica confiable para implementar almidones (polímeros naturales) en la remoción de contaminantes básicos del agua residual doméstica y proponer una alternativa de tratamiento que no ponga en riesgo los cuerpos receptores y que permitan cumplir la normatividad ambiental vigente de aguas residuales para reúso y descarga.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El agua residual (20 l) que se tomó para realizar las pruebas de tratabilidad, fue del cárcamo de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la DACBiol-UJAT. Para la elaboración del almidón de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), se adquirió el fruto (10 kg de yuca) en un mercado público de la ciudad de Villahermosa. Los coagulantes floculantes se obtuvieron de la PTAR y el periodo de pruebas fue de agosto de 2014 a mayo de 2015, en el Laboratorio de Tecnología del Agua de la DACBiol. En el primer paso se pesaron y lavaron los 10 kg de yuca, acto seguido se pelaron y picaron en porciones de aproximadamente 2 x 1.2 cm, y se remojaron en un recipiente que contenía un volumen de agua de seis veces el peso de la muestra a una temperatura de 40 °C. Terminando de picar, se molieron las fracciones en una licuadora a prueba de impacto, hasta su completa desintegración. Ya molida, se lavó tres veces con la misma agua utilizada para el remojo sobre un tamiz del No.100. La fibra retenida en el tamiz

se eliminó. El filtrado se fue acumulando cada vez más en un recipiente donde se dejó sedimentar por aproximadamente 3 horas. Después el sobrenadante se separó por decantación y el sedimento se dejó reposar en refrigeración durante la noche, al día siguiente se repitió la operación, eliminando el sobrenadante, el sedimento obtenido se centrifugó para separar el agua de la pasta a 850 rpm durante 15 minutos; la pasta se secó en una estufa a 40 °C por 24 horas; se pulverizó en porciones de 5 g por minuto y envasó en frascos de plástico de polietileno tereftalato (PET) (Aparicio, 2003). Como segunda actividad se tomó la muestra del agua residual cruda y se midió la turbiedad y el color. Para el análisis de la turbiedad y color se empleó un equipo Turbidímetro La Motte® TC3000we/WI. Como tercera actividad se llevó a cabo el proceso de coagulación floculación mediante el equipo de prueba de jarras para encontrar la dosis óptima de sulfato de aluminio. Como cuarta actividad se llevó a cabo el proceso de coagulación floculación mediante el equipo de prueba de jarras, para encontrar la mejor mezcla de sulfato de aluminio con almidón de yuca que tuviera el valor más bajo de turbiedad y color que la dosis óptima de sulfato de aluminio. La actividad 3 y 4 se repitieron con el hidróxido de calcio y cloruro férrico.

Preparación de las mezclas

En una balanza analítica se llevó a cabo el pesaje de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) lo cual se pesaron 10 gr del mismo y se diluyeron en 1 litro de agua destilada en un matraz de 1000 ml para posteriormente ser refrigerada en un frasco de vidrio. Posteriormente se llevó a cabo el pesaje de sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ lo cual se pesaron 10 gr del mismo y se diluyeron en 1 litro de agua destilada en un matraz de 1000 ml, este proceso se al hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$ y para el cloruro férrico.

Dosis de las mezclas de coagulantes utilizadas

Se implementaron dosis de coagulantes para el proceso de tratabilidad, en los cuales se incluyeron las sales metálicas inorgánicas y el polímero orgánico, a continuación en la tabla 1 se muestran las dosificaciones específicas que se utilizaron en el tratamiento de aguas. Posteriormente los datos fueron analizados con el software stargrafic 7.0. Realizando el análisis de varianza de una vía.

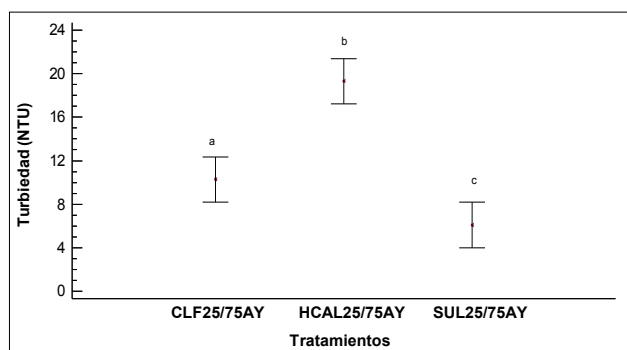
Nomenclatura	ml/l de Coagulante	ml/l de Almidón de yuca
CF -yuca	0	25,50,75
CF -yuca	5	25,50,75
CF -yuca	10	25,50,75
CF -yuca	15	25,50,75
CF -yuca	20	25,50,75
CF -yuca	25	25,50,75

Dosificación de coagulante floculante-yuca utilizado en las pruebas de tratabilidad.

Coagulante floculante (CF): Sulfato de aluminio (SUL), hidróxido de calcio (HCAL) y cloruro férrico (CLF).

V. RESULTADOS

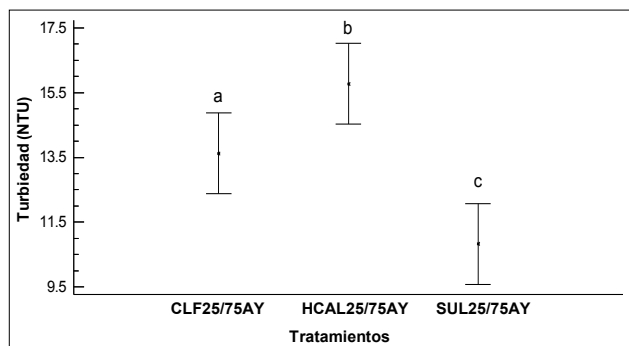
Con la finalidad de evaluar la eficacia de las mezclas de coagulantes con almidón de yuca (*Manihot esculenta* Grantz) se efectuaron pruebas de tratabilidad. La efectividad se evaluó comparando los resultados que fueron obtenidos tras haber realizados las pruebas de tratabilidad de coagulación-floculación. En dichos tratamientos se analizaron los datos obtenidos de turbiedad y color, ya que son los parámetros de calidad del agua más comunes en las pruebas de coagulación-floculación de medición directa, accesibles para analizar, económica y significativa de la remoción de contaminantes básicos. En el experimento uno, las concentraciones iniciales de turbiedad y color fueron 24 NTU y 958 UC, el análisis de varianza (ANOVA) de una vía indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable turbiedad de los diferentes tratamientos de coagulantes (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY) con un 95% de confiabilidad. El coagulante que presenta la mejor remoción turbiedad fue el SUL25/75AY con promedio de 6.1 ± 2.4 , seguidos del coagulante CLF25/75AY con un promedio de 10.3 ± 1.8 . Los valores promedios más altos de turbiedad se presentaron en el coagulante HCAL25/75AY con promedio de 19.3 ± 3.4 respectivamente (Figura 1). El contraste de medias Tukey mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.



Valores promedios de turbiedad (NTU) \pm intervalos de confianza de LSD de los tipos de flujos (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY).

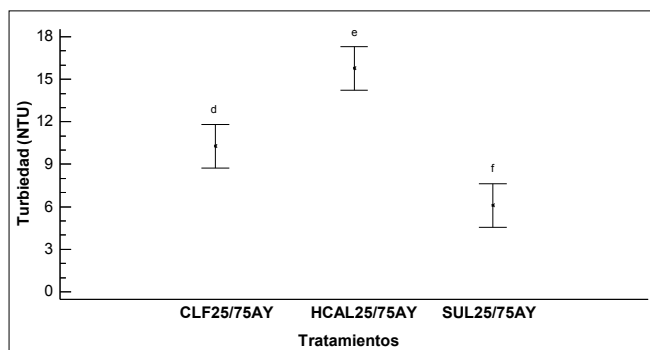
Para un segundo experimento, las concentraciones iniciales de turbiedad y color fueron 43.9 NTU y 1430 UC, el ANOVA indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.050$) entre los valores medios de la variable turbiedad de los diferentes tratamientos de coagulantes (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY) con un 95% de confiabilidad. El coagulante con mejor remoción turbiedad fue el SUL25/75AY con promedio de 10.8 ± 1.5 , seguidos del coagulante CLF25/75AY con un promedio de 13.6 ± 1.7 . Los valores promedios más altos de turbiedad se presentaron en el coagulante HCAL25/75AY con promedio de 15.8 ± 1.5 respectivamente (Figura 2). El contraste de medias Tukey mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS



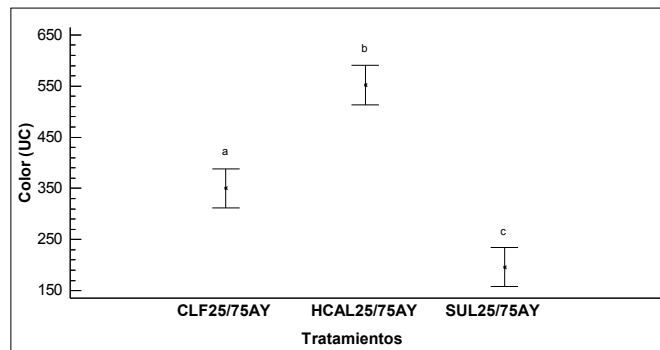
Valores promedios de turbiedad (NTU) \pm intervalos de confianza de LSD de los tipos de flujos (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY).

Por último en un tercer experimento las concentraciones iniciales de turbiedad y color fueron 33 NTU y 1320 UC, en el análisis de varianza de una vía indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable turbiedad de los diferentes tratamientos de coagulantes (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY) con un 95% de confiabilidad. El coagulante que presenta la mejor remoción turbiedad fue el SUL25/75AY con promedio de 6.1 ± 2.4 , seguidos del coagulante CLF25/75AY con un promedio de 10.3 ± 1.8 . Los valores promedios más altos de turbiedad se presentaron en el coagulante HCAL25/75AY con promedio de 15.8 ± 1.5 respectivamente (Figura 3). El contraste de medias Tukey mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.



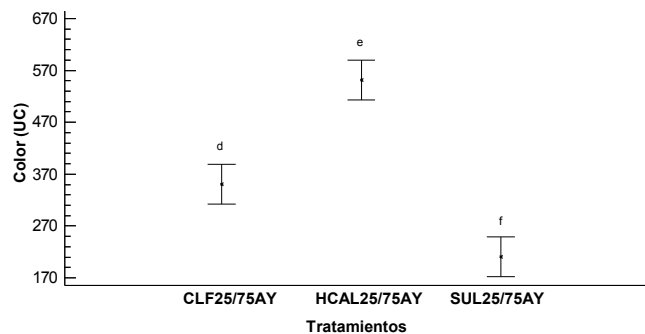
Valores promedios de turbiedad (NTU) \pm intervalos de confianza de LSD de los tipos de flujos (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY).

Durante el primer experimento, el ANOVA indica diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable color de los diferentes tratamientos de coagulantes (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY) con un 95% de confiabilidad. El coagulante que presenta la mejor remoción color fue el SUL25/75AY con promedio de 196.0 ± 22.0 , seguidos del coagulante CLF25/75AY con un promedio de 350.2 ± 58.2 . Los valores promedios más altos de color se presentaron en el coagulante HCAL25/75AY con promedio de 552.0 ± 54.7 respectivamente (Figura 4). El contraste de medias Tukey mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.



Valores promedios de color (CU) ± intervalos de confianza de LSD de los tipos de flujos (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY).

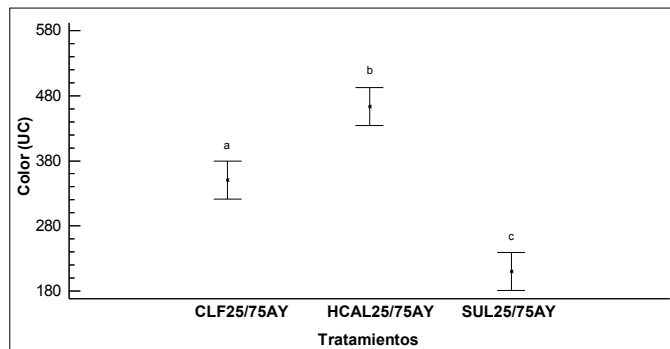
Durante el segundo experimento, el ANOVA indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable color de los diferentes tratamientos de coagulantes (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY) con un 95% de confiabilidad. El coagulante que presenta la mejor remoción color fue el SUL25/75AY con promedio de 210.2 ± 23.3 , seguidos del coagulante CLF25/75AY con un promedio de 350.2 ± 58.2 . Los valores promedios más altos de color se presentaron en el coagulante HCAL25/75AY con promedio de 552.0 ± 54.7 respectivamente (Figura 5). El contraste de medias Tukey mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.



Valores promedios de color (CU) ± intervalos de confianza de LSD de los tipos de flujos (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY).

Por último se realizó la comparación de los coagulantes para encontrar cuál de las tres combinación obtuvo la mejor remoción de color en lo cual se pudo observar q en el análisis de varianza de una vía indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable color de los diferentes tratamientos de coagulantes (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY) con un 95% de confiabilidad. El coagulante que presenta la mejor remoción color fue el SUL25/75AY con promedio de 210.2 ± 23.3 , seguidos del coagulante CLF25/75AY con un promedio de 350.2 ± 58.2 . Los valores promedios más altos de color se presentaron en el coagulante HCAL25/75AY con promedio

de 463.2 ± 7.0 respectivamente (Figura 6). El contraste de medias Tukey mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.



Valores promedio de color (CU) \pm intervalos de confianza de LSD de los tipos de flujos (CLF25/75AY, HCAL25/75AY, SUL25/75AY).

VI. DISCUSIÓN

Las aguas residuales domésticas generalmente consumen por recomendación de fabricantes o patentes de plantas fisicoquímicas concentraciones de coagulantes floculantes como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ rangos de 1000 a 5000 mg/L de concentración de ambos reactivos[11], y aunque se ha utilizado almidones de origen orgánico para remoción de turbiedad y color han sido más empleado en aguas superficiales y sintéticas (Almendárez, 2004; Martínez et al., 2003; Solís, 2009; López Vidal et al., 2014).

La diferencia de las aguas superficiales y sintéticas reportadas para tratamiento con otros polímeros orgánicos, contienen turbiedad de 50 a 120 NTU y color <300 UC [1], mientras que las que se encuentran en este estudio la turbiedad inicial es <50 NTU y con color mayor a 1000 UC, lo cual manifiesta que tiene mayor presencia de material orgánico que las que presenta el agua superficial. Un estudio que evalúa el almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) [9] en el tratamiento de agua de un río inicia con concentraciones de color de 85 CU, turbiedad de 70 UNT, logrando la mayor reducción de color (94% de eficiencia) con una dosis de 2 mg/L de yuca más 28 mg/L de sulfato de aluminio.

En nuestro estudio podemos ver que durante el primer experimento el tratamiento SUL25/75AY, que dosifica 250 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y 750 mg/L de almidón de yuca, redujo la turbiedad 6.1 NTU alcanzando una remoción del 74.6% y el color fue reducido a 196 UC (79.5 %). Con el segundo experimento el tratamiento SUL25/75AY, redujo la turbiedad 10.8 NTU alcanzando una remoción del 75.4% y el color fue reducido a 210 UC (85.3 %). Finalmente en el experimento 3 el mejor tratamiento fue SUL25/75AY, reduciendo la turbiedad 6.1 NTU alcanzando una remoción del 81.5% y el color fue reducido a 210 UC (84.1 %).

En este estudio se pudo observar que la combinación con menor eficiencia es el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con almidón de yuca, reduciendo de un 20 a 54 % la turbiedad y de 61 a 65 % el color. La segunda combinación más efectiva fue la del FeCl_3 con almidón de yuca reduciendo la turbiedad de un 57 a 69 % y el color de 42 a 75 %.

VII. CONCLUSIONES

Se logró comprobar que los polímeros orgánicos son factibles y de gran ayuda para llevar a cabo los tratamientos de las aguas residuales antes de ser descargados a aguas o bienes nacionales. La mezcla de coagulante que mayor eficiencia tuvo fue la combinación del sulfato de aluminio-almidón de yuca puesto que reducían en una cantidad significativa los niveles o índices de turbiedad y color. La mezcla de coagulante Cloruro férrico-almidón de yuca también fue una de las combinaciones que logro disminuir la turbiedad pero en comparación a la mezcla de sulfato de aluminio no fue tan eficiente como la antes mencionada, sin duda alguna el polímero orgánico como el almidón de yuca sirvió como un coadyuvante de manera directa en la desestabilización de las cargas presentes en las partículas contenida en la materia orgánica. La dosificación de las sales metálicas y el polímero dependerá de la turbiedad que contenga la muestra a tratar, de tal manera se requiere caracterizar antes el agua para proponer la dosificación. Este tipo de mezcla de coagulantes no solo puede ser implementado en el tratamiento de aguas residuales sino que también pueden ser utilizados como tratamientos de agua superficiales, industriales y municipales.

VIII. REFERENCIAS

ALMENDÁREZ N., (2004), «Comprobación de la efectividad del coagulante (cochifloc) en aguas del lago de Managua, Nicaragua "piedras azules"», *Revista Iberoamericana de Polímeros*, V. 5(1), pp. 47.

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, México, pp. 118-119.

Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Tabasco (CEAS), 2014, Reporte técnico de operación. Inventario de Plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales, 120 páginas.

LAINES Canepa J., R., (2007), *Desarrollo y aplicación de nuevas mezclas con potencial coagulante para el tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario*, Tesis doctoral. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. pp. 36-40, 66-68.

MARTÍNEZ D., Magaly C., Altamira D., Elsa C, Nola F., (2003), «Eficiencia del Cactus Lefaria para su uso como coagulante en la clarificación de aguas», *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, V.26.

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS

MONTALDO, Álvaro, (1991), *Cultivos de raíces y tubérculos*. 2da ed. Rev. San José, C.R.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1991. Pág. 62.

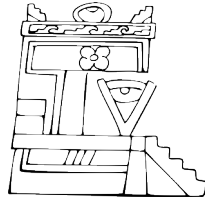
NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Diario Oficial de la Federación. 23 de abril de 2003.

SOLÍS R., (2009), *Coagulación de aguas superficiales mediante el uso de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz), mezclado con coagulantes convencionales*, Tesis de licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México.

SOLÍS Silván R, Laines Canepa J., R., y Hernández Barajas J., R., (2012), «Mezclas con Potencial Coagulante para Clarificar Aguas Superficiales», *Rev. Internacional Contaminación Ambiental*, 28 (3) 229-236, 2012.

LÓPEZ Vidal R., Laines Canepa J., R., Hernández Barajas J., R., y Aparicio Trápala M., A. (2014). «Evaluación de almidones de Malanga (*Colocasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua». *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 13, No. 3, 855-863.

LÓPEZ Ocaña G., Bautista Margulis R. G., Méndez Angulo S., Hernández Barajas J. R., Torres-Balcázar C. A., Padrón-López R. M., de la Cruz Luna E. & Ferrer Sánchez M. I., (2014), *Optimization and evaluation of a domestic wastewater treatment system by dual combination of metallic salts and zeolites filtration*, Water Pollution XII, Wessex Institute of Technology, UK, ISBN: 978-1-84564-776-6, ISSN: 1743-3541 (online), pp 245-256.



Difusión y Divulgación
Científica y Tecnológica

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Arturo Díaz Saldaña
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Andrés González García
Director de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica

Calíope Bastar Dorantes
Jefa del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas

Esta obra se terminó de editar el 23 de octubre de 2017, en la División Académica de Ciencias Biológicas ubicada en Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, entronque a Bosques de Saloya. CP. 86150 Villahermosa, Tabasco, México. El cuidado estuvo a cargo de los coordinadores y del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas de la Dirección de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la UJAT.



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

COLECCIÓN
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo