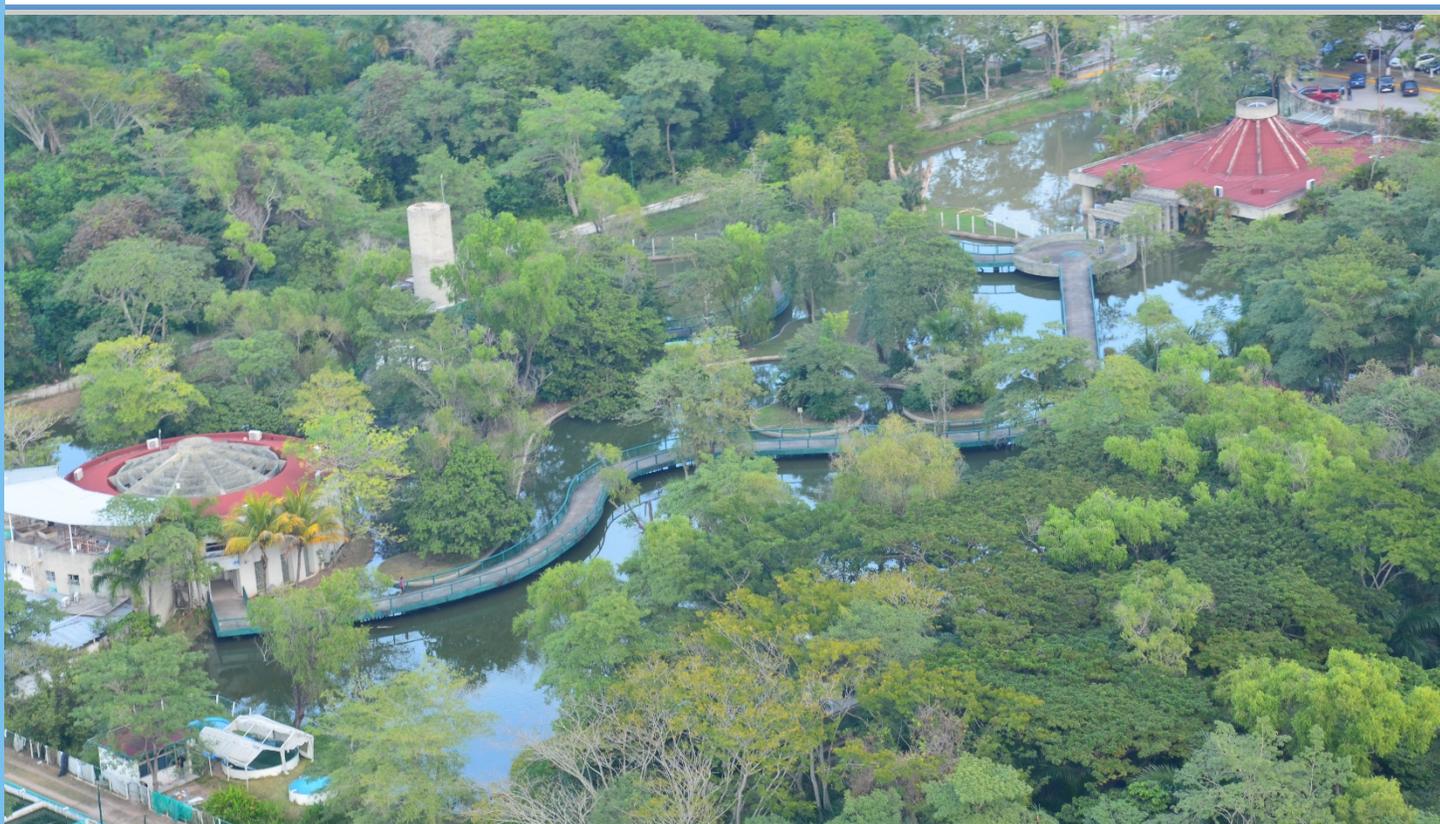


# Aportaciones a la ciencia y tecnología ambiental



**Coordinadores**  
*Arturo Garrido Mora*  
*Carolina Zequeira Larios*



# Aportaciones a la ciencia y tecnología ambiental

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

**José Manuel Piña Gutiérrez**  
*Rector*

**Arturo Garrido Mora**  
*Director de la División Académica de  
Ciencias Biológicas*

# Aportaciones a la ciencia y tecnología ambiental

## **Coordinadores**

*Arturo Garrido Mora*

*Carolina Zequeira Larios*



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

Aportaciones a la ciencia y tecnología ambiental / Garrido Mora, A. & Zequeira Larios, C. (Coords.). -- Primera edición. – Villahermosa, Centro, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2019.

106 páginas -- (Colección: José N. Roviroso. Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo).

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN: 978-607-606-508-2

Primera edición, 2019

D. R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura  
Col. Magisterial, C. P. 86040  
Villahermosa, Centro, Tabasco.  
[www.ujat.mx](http://www.ujat.mx)

ISBN: 978-607-606-508-2

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 a la fuente.

Apoyo editorial: Calíope Bastar Dorantes  
José Manuel Vázquez Broca

Revisión de la edición: Dra. Silvia Cappello García  
Dra. Carolina Zequeira Larios  
Dra. Lilia María Gama Campillo  
Dra. Verónica Isidra Domínguez Rodríguez  
Dr. Nicolás Álvarez Pliego  
Dr. Rafael Ávila Flores  
Dr. Rafael Martínez García  
Dr. Raúl Germán Bautista Margulis

Responsables de la edición: Dra. Carolina Zequeira Larios  
Biól. Fernando Rodríguez Quevedo  
M.I.P.A. Rocío López Vidal

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.



# ÍNDICE

<b>CAMBIO DE USO DE SUELO EN LOS HUMEDALES HERBÁCEOS EMERGENTES DE TABASCO</b>	<b>9</b>
<i>Ruth del C. Luna Ruiz, Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Juan de Dios Valdez Leal, Eduardo Javier Moguel Ordóñez &amp; Luis José Rangel Ruiz</i>	
<b>ECUACIONES DE ALOMETRÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN SELVAS</b>	<b>23</b>
<i>José Luis Martínez Sánchez, Antonio García Domínguez, Ofelia Castillo Acosta, Humberto Hernández Trejo &amp; Luisa del Carmen Cámara Cabrales</i>	
<b>PALINOLOGÍA DE 5 GÉNEROS (<i>Pachira</i>, <i>Bauhinia</i>, <i>Gliricidia</i>, <i>Cassia</i> y <i>Tabebuia</i>) DE LOS JARDINES DE LA DACBiol</b>	<b>33</b>
<i>Marcela Alejandra Cid Martínez, Karla Yanet Reyes García &amp; Sarife Vera Ramírez</i>	
<b>ESTRUCTURA Y ABUNDANCIA DE LA POBLACIÓN DE SAUCE (<i>Salix humboldtiana</i>) EN EL HUMEDAL DE CHASCHOC, EMILIANO ZAPATA</b>	<b>43</b>
<i>Fredi Ignacio López Pérez, Ofelia Castillo Acosta, José Alberto Gallardo Cruz, José Luis Martínez Sánchez &amp; Mónica Alejandra Alamilla Landero</i>	
<b>ADN METAGONÓMICO MICROBIÓTICO DE AMBIENTES EXTREMOS EN ACUÍFEROS SUBTERRÁNEOS DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO</b>	<b>53</b>
<i>Fátima M. Retta Hernández, L.G. Alfaro Hernández, Verónica I. Domínguez Rodríguez, Randy Adams Howard Schroeder &amp; Rodolfo Gómez Cruz</i>	
<b>DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEAPA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GRIJALVA</b>	<b>61</b>
<i>Antonio de Jesús Jiménez Hidalgo, Silvia del C. Ruiz Acosta, Adalberto Galindo Alcántara &amp; Miguel Ángel Palomeque de la Cruz</i>	
<b>CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE UNA SUBCUENCA EN LA CUENCA BAJA DEL GRIJALVA</b>	<b>81</b>
<i>Lupita Herminia Triana Acevedo, Silvia del C. Ruiz Acosta, Adalberto Galindo Alcántara &amp; Miguel Ángel Palomeque de la Cruz</i>	
<b>DATOS GENERALES DE LOS AUTORES</b>	<b>99</b>



# **GAMBIO DE USO DE SUELO EN LOS HUMEDALES HERBÁCEOS EMERGENTES DE TABASCO**

Ruth del C. Luna Ruiz, Coral Jazvel Pacheco Figueroa<sup>✉</sup>,  
Juan de Dios Valdez Leal, Eduardo Javier Moguel Ordóñez & Luis José Rangel Ruiz

✉ coral.pacheco@ujat.mx

## **RESUMEN**

Los humedales alojan a una gran diversidad biológica y proveen de beneficios. Sin embargo, son sistemas que se ven amenazados por lo que han disminuido su superficie a nivel mundial. Con el fin de analizar las transiciones y persistencia de esta cobertura se realizó un análisis de cambio de uso de suelos entre el año 2003 y 2016 por medio de Sistemas de Información Geográfica para la cobertura de popal-tular presente en el estado de Tabasco. En análisis indicó que la persistencia de esta cobertura es del 76.08 %; sin embargo, su tasa de cambio es negativa con -1.22 % debido a la pérdida de parches y disminución de superficie. Su transformación hacia pastizales y acahuales representan su principal pérdida y de acuerdo a las métricas del paisaje esta cobertura se está reduciendo en el estado a nivel de parche. La persistencia del popal-tular se vincula con su presencia en zonas destinadas a la conservación, sin embargo, la tendencia de esta cobertura es disminuir, resultado negativo tanto a la diversidad de flora y fauna que resguarda como a los seres humanos por lo que es necesario reducir las actividades que provocan su transformación e implementar acciones para su resguardo.

## INTRODUCCIÓN

Tabasco cuenta con una gran extensión de humedales con una riqueza y diversidad de flora y fauna, que aportan una gran cantidad de servicios ecosistémicos. Estos sistemas se caracterizan por presentar una gran cantidad de nichos ecológicos, por tal efecto a nivel mundial alojan una gran diversidad biológica (Pacheco-Figueroa, 2014).

Igualmente contribuyen al bienestar humano y a la disminución de la pobreza, por los servicios de aprovisionamiento (comida, agua dulce, bioquímico, materiales genéticos, fibra y combustible), regulación (climática, agua, erosión, polinización, regulación de peligros naturales, purificación del agua y tratamiento de desechos), culturales (recreacional, estético, educacional, espiritual e inspirador) y de soporte (formación del suelo y ciclo de nutrientes) (Camacho-Valdez y Ruíz-Luna, 2012; MEA, 2005).

En tal sentido existe una importante superficie de humedales herbáceos emergentes en el estado, que representan los continuos de vegetación natural más amplios en la planicie tabasqueña (Pacheco-Figueroa, 2014). En estos ecosistemas se incluyen principalmente a las coberturas de tular, popal y los carrizales (Moreno-Casasola *et al.*, 2010). Los tulares están constituidos por plantas herbáceas enraizadas las cuales presentan hojas angostas y largas (conocidas como tules) y se ubican en las orillas de lagos, lagunas o terrenos pantanosos (López-Portillo, Vásquez-Reyes, Gómez-Aguilar, y Priego-Santander, 2010).

En Tabasco los tulares se encuentran dominados por el tule (*Thypha domingensis*) (Novelo y Ramos, 2005). Los popales (*Thalia geniculata*) son plantas herbáceas que poseen hojas anchas y grandes de color verde, se encuentran presentes en aguas pantanosas o en agua dulce estancada (López-Portillo *et al.*, 2010).

Además, se considera que forman un complejo de riqueza de especies y la mezcla de dicotiledóneas y monocotiledóneas como por ejemplo la presencia del carrizo (*Phragmites australis*), el pico de pato (*Pontederia sagittata*) y el chintul (*Cyperus articulatus*), por lo que se ha sugerido denominarlos con el termino popal-tular (Moreno-Casasola *et al.*, 2010) por su dominancia.

A escala mundial los humedales están disminuyendo en extensión y calidad (Gardner *et al.*, 2015). Lo que conduce a cambios en las funciones ecológicas, pérdida de biodiversidad y cambios en los flujos de servicios ecosistémicos, impactando a los medios de subsistencia y bienestar de las comunidades, así como a la salud y a la actividad económica (Ten Brink *et al.*, 2013). Para reducir el impacto por la pérdida y degradación de humedales, es clave identificar los factores que lo ocasionan y que componen la problemática. Sin esa información, es poco probable encontrar medidas de mitigación y prevención efectivas.

Por lo que es relevante identificar los cambios y pérdidas de la cobertura de humedales herbáceos emergentes presentes en el estado. Por ello se planteó, como objetivo analizar el cambio de uso de suelo (CUS) entre el año 2003 y 2016, para identificar la tasa anual que presenta esta cobertura y sus principales transiciones. El presente documento fungirá como una referencia para futuras investigaciones y ofrecerá conocimiento al estado de arte de cambio de uso de suelo de esta cobertura, específicamente en el estado de Tabasco.

## **OBJETIVO**

Analizar la transformación de los humedales herbáceos emergentes por medio de un análisis de cambio de uso de suelo en el estado de Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con los mapas creados por Luna-Ruiz (2017) en donde se engloban las coberturas naturales y no naturales del estado de Tabasco. Estos mapas se crearon a partir de imágenes Landsat 7 y 8 de los años 2003 y 2016 existiendo un intervalo de tiempo de 13 años. Las capas se sometieron a un análisis de cambio de uso de suelo utilizando programa TerrSet® módulo “Land Change Modeler”, herramienta que facilita la determinación de la reconversión entre coberturas y modelación de escenarios futuros (Eastman, 2012).

Las transiciones correspondientes de popal-tular en relación con otras coberturas (de tipo natural y no natural) durante el periodo analizado se realizaron en el panel de “CHANGE MAPS”. Los cambios menores a 300 ha se descartaron en el análisis, por ser poco significativos (Vidal-Sierra, 2013), particularmente se resaltaron las transiciones más significativas, especialmente aquella que implicaban más de 10,000 ha.

La tasa de cambio del popal-tular se realizó utilizando la fórmula recomendada por “Food and Agriculture Organization of the United Nations” (FAO, 1996) en donde:

$$S_n = \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

$S_n$  = Tasa de cambio

$S_1$  = Superficie (cobertura/ uso de suelo) en la fecha 1

$S_2$  = Superficie (cobertura/ uso de suelo) en la fecha 2

$n$  = Número de años transcurridos entre las dos fechas

Para ubicar el proceso de transformación a la que estuvo sujeta la cobertura popal-tular se utilizó el módulo “HABITAT AND BIODIVERSITY MODELER”.

Este análisis se realizó de manera automatizada utilizando un procedimiento de tipo árbol en donde se lleva a cabo la comparación entre los dos mapas por número de parches y las modificaciones en los niveles de área y perímetro (Eastman, 2016).

Para la descripción de los procesos resultantes se consultaron las definiciones de Bogaert, Ceulemans, y Salvador-Van Eysenrode (2004). Por último, se realizó la comparación de la estructura del paisaje en el popal-tular en los dos tiempos (2003-2016). Para ello se utilizó el programa Fragstats 4.2.1 y se calcularon cuatro índices de composición (Tabla 1).

## **RESULTADOS**

El popal-tular es una de las coberturas con mayor superficie de ocupación en el estado de Tabasco. Presenta su mayor concentración en los municipios de Centla y Paraíso y generalmente se encuentra en conjunto con otras coberturas naturales, aunque también se presentan zonas en donde la matriz dominante corresponde a coberturas antrópicas como son los pastizales.

En el periodo analizado esta cobertura mantuvo aproximadamente 76.08 % de su superficie original (Figura 1). Su expansión a nuevas áreas fue de 1.44 % (35,598 ha), pero su pérdida resulto mayor con el 3.47 %. El número de parches del año 2003 (NP: 824) al 2016 (NP: 300) se redujo en un 36.40 %. Debido a la reducción que presentó, su tasa anual de cambios es negativa, con -1.22 %.

La transformación del popal-tular resulto muy dinámica, debido a la escala de tiempo analizada. Esta cobertura se ha desplazado especialmente para dar

lugar a zonas de aprovechamiento, de este modo la conversión hacia pastizales utilizados para la ganadería involucra un total de 60,681.78 ha.

Además, de una transformación menor a actividades agrícolas y a la construcción de asentamientos humanos. La eliminación y modificación del popal-tular puede dar lugar a la expansión de otras coberturas. La segunda transformación con mayor relevancia es de popal-tular a acahual (14,165.91 ha), porque indica una recuperación de la cobertura arbórea. Sin embargo, también favorece la pérdida de humedad evitando que sea inundable, y de esta forma dando lugar a la expansión de coberturas antrópicas. Por otra parte, si hay recuperación del popal-tular, este desplaza los pastizales. Aunque, esta recuperación de áreas de pastizal a popal-tular es realmente baja, comparada con las pérdidas que presenta.

Las métricas del paisaje muestran que el porcentaje de ocupación (PLAND) del popal-tular se redujo en un 2.3 %. En el análisis del paisaje esta cobertura estuvo sujeta a un proceso de desgaste, lo que indica que en el periodo analizado se presentaron pérdidas a nivel de parche. Esta reducción también se ve reflejada en el análisis de densidad de fragmentos (PD) en donde se observa que la densidad del primer tiempo (PD: 0.033) disminuyó para el segundo (PD: 0.012).

El tamaño promedio del fragmento (MPS) y el Índice de fragmento más grande (LPI) muestran una dinámica de pérdida. Se pudo observar que el tamaño promedio del fragmento (MPS) del año 2016 (MPS: 1,128.47) es mayor al obtenido para el año 2003 (MPS: 472.31), por lo que existe la posibilidad que los parches que se perdieron fueran aquellos con superficies pequeñas y aislados.

Este proceso de eliminación de parches se refleja en el mapa del año 2016 (Figura 1), en donde se observa la disminución de los parches pequeños,

persistiendo principalmente aquellos parches con poco aislamiento y grandes superficies.

Sin embargo, a pesar de la persistencia de los parches de mayor tamaño los resultados obtenidos del índice de fragmento más grande (LPI) muestran una reducción del 1.33 % entre ambos tiempos (LPI 2003: 4.60 % y LPI 2016: 3.27 %). En consecuencia, el parche de mayor tamaño del popal-tular se redujo en superficie.

## **DISCUSIÓN**

El popal-tular presenta una reducción de área y pérdida de sus parches. Una de las causas de disminución se relaciona con las actividades productivas que se realizan en el Estado. Para el caso específico de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) a pesar de ser una zona destinada a la conservación, no está exenta de presentar alteraciones por las actividades agrícolas y pecuarias realizadas por sus habitantes (Barba-Macías, Rangel-Mendoza y Ramos-Reyes 2006).

Para los humedales en general se ha descrito que las actividades de tipo productivas de extracción, relleno, drenado, urbanización, desarrollo de infraestructura carretera, explotación del manto freático y expansión ganadera (Estrada, Barba y Ramos, 2013) son factores que favorecen su disminución. La conversión hacia pastizales es uno de principales cambios que está presentado el popal-tular, lo que es un factor en detrimento del hábitat para muchas especies. En el estado de Veracruz el desplazamiento de esta cobertura se ha relacionado con especies invasoras de pasto, como lo es el zacate alemán (*Echinochloa pyramidalis*) (Casasola-Barceló, 2010; Rosa-Velazquez, 2016). Se ha descrito que esta especie es agresiva y provoca

cambios físicos en el medio, puede inhibir el establecimiento y germinación de las especies nativas y causa la interrupción de la sucesión natural de este ecosistema (Casasola-Barceló, 2010). Esta especie es identificada como común en la RBPC (Novelo, 2006) y es introducida para los humedales de agua dulce (López-Portillo y Ezcurra, 2002).

Los incendios son otro factor que altera los procesos ecológicos en las coberturas naturales (Barba-Macías, Valadez-Cruz, Pinkus-Rendón y Pinkus-Rendón, 2014). Para Tabasco en el periodo de 1979 a 1998 se perdió un total de 41,202 ha por incendios (Guerra y Ochoa, 2005) y durante el periodo analizado para este trabajo (2003 a 2016) se reportaron un total de 387 incendios, afectando 31,394.31 ha. El 65 % de estos incidentes se presentó en zonas de vegetación arbustiva, por lo que se pierden más de 2,000 ha anuales por incendios (CONAFOR, 2016).

Para la RBPC, los incendios son uno de los principales causantes de la transformación de uso de suelo (Guerra y Ochoa, 2005). Su origen puede deberse a factores naturales o bien como consecuencia de efectuar actividades agrícolas o de cacería de tipo furtiva y comercial, afectando a las comunidades de flora como las la palma tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*) y el guanal (*Sabal mexicana*); y a la fauna como el caso de quelonios tales como la hicotea (*Trachemys scripta*) y el guao tres lomos (*Staurotypus triporcatus*); (Rosa-Velazquez, 2016).

## **CONCLUSIONES**

El popal-tular ha mantenido amplias superficies debido a que la mayor parte se ubica en zonas donde lo conservan las Áreas Naturales Protegidas, como son la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y la Laguna de Mecoacán. Pero la pérdida de superficie identificada y especialmente su transformación hacia pastizales indica una amenaza a las coberturas naturales del estado de

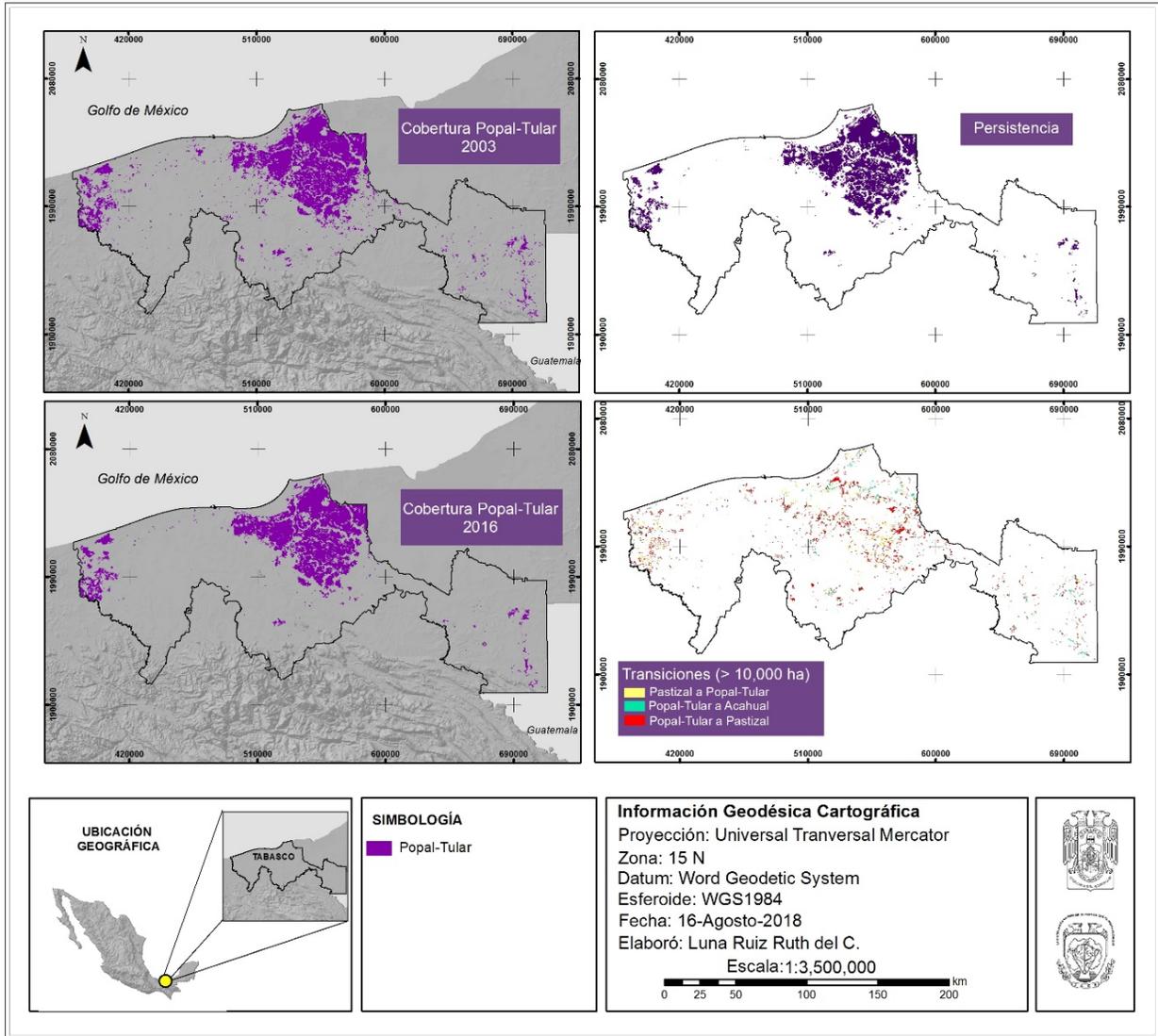
Tabasco. La reducción de los humedales también involucra la pérdida de servicios ecosistémicos, haciendo más vulnerable a las comunidades que se mantienen de los popales-tulares. Es recomendable incentivar la protección del popal-tular, por su importancia en la protección de otros ecosistemas y su aporte en servicios ecosistémicos. El popal-Tular es un guardián que impide y limita el acceso de amenazas que eliminan las coberturas naturales asociadas.

**Tabla 1.** Índices del paisaje de composición.

Índice	Descripción	Unidad	Referencias
Porcentaje del paisaje (PLAND)	<p>Porcentaje ocupado por un tipo de cobertura en el total del paisaje. Es la métrica más elemental en el estudio de los patrones de paisaje. Los cambios del porcentaje en el tiempo dan información acerca del incremento y el decrecimiento de las áreas de cierto tipo de cobertura.</p> <p>Interpretación: PLAND se aproxima a 0 cuando el tipo de cobertura disminuye su área y se acerca a 100 cuando domina el total del paisaje.</p>	Porcentaje (%)	Turner (1990)
Tamaño Promedio del Fragmento (MPS)	<p>El tamaño promedio del fragmento (MPS) es el promedio aritmético del tamaño de cada fragmento de cierto tipo de cobertura, este índice mide qué tan dividido se encuentra un tipo de cobertura.</p> <p>Interpretación: Si el fragmento ocupa el total del paisaje, el área del paisaje será el valor máximo del MPS.</p>	Hectáreas (ha)	Forman y Gordon, (1981); Gergel y Turner (2002)
Índice de fragmento	Porcentaje que ocupa el fragmento más grande en el total del tipo de	Porcentaje (%)	Forman (1995); With y King (1999); Saura y

Índice	Descripción	Unidad	Referencias
más grande (LPI)	coberturas si se calcula en el nivel de clase.  Interpretación: LPI se aproxima a 0 cuando el área de fragmento más grande de la clase correspondiente es muy pequeña y es igual a 100 cuando el total del paisaje consiste de un solo fragmento que ocupa el 100% del área del mismo.		Martínez-Millán (2001)
Densidad de Fragmentos (PD)	Número de fragmentos de un tipo de cobertura en 100 hectáreas.  Interpretación: El valor mínimo de NP ocurre cuando el total del paisaje es dominado por un solo fragmento que ocupa toda el área del mismo.	Número de fragmentos/100 ha	Franklin y Forman, (1987); Saura y Martínez-Millán (2001)

Fuente: Adaptada de los datos de Correa, Mendoza y López (2014)



**Figura 1.** Ubicación de la cobertura popal-tular en Tabasco en el año 2003 y 2016, indicando las zonas de persistencia y las principales transiciones.

## REFERENCIAS

- Barba-Macías, E., Valadez Cruz, F., Pinkus Rendón, M. A., Pinkus Rendón, M. J.** (2014). Revisión de la problemática socioambiental de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (60), 50-57.
- Barba-Macías, E., Rangel Mendoza, J., Ramos Reyes, R.** (2006). Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*, 22(002), 11.
- Bogaert, J., Ceulemans, R., Salvador-Van Eysenrode, D.** (2004). Decision Tree Algorithm for Detection of Spatial Processes in Landscape Transformation. *Environmental Management*, 33(1), 62-73. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0027-0>
- Camacho-Valdez, V., Ruiz-Luna, A.** (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4), 7-13.
- Casasola Barceló, P.** (2010). Proyecto: Restauración experimental de un popal invadido por el zacate alemán ('*Echinochloa pyramidalis*', POACEAE) en el sitio Ramsar No. 1336 La Mancha y El Llano. México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).** (2016). *Incendios: Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales*. Recibido el 24, 2017, de <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/incendios/>
- Correa, A. C. A., Mendoza, M. E., López, G.** (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México 1. *Rev. Geogr. Norte Gd.*, 23, 7-23. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000300002>

- Eastman, J. R.** (2016). *TerraSet Manual*. Geospatial Monitoring and Modeling System.
- Estrada, L. F., Barba, M. E., Ramos, R. R.** (2013). Cobertura temporal de los humedales en la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 29(2), 141-151. <http://www.redalyc.org/pdf/154/15428946004.pdf>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).** (1996). *Forest resources assessment 1990: survey of tropical forest cover and study of change processes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gardner, R.C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C.M., Galewski, T., Harrison, I., Paganini, M., Perennou, C., Pritchard, D.E., Rosenqvist, A., and Walpole, M.** (2015). *State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses*. Ramsar Briefing Note no. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Guerra, V., Ochoa, S.** (2005). Identificación y variación de la vegetación y uso del suelo en la Reserva Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000) mediante sensores remotos y sistemas de información geográfica. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 1, 325-346.
- Luna-Ruiz, R.C.** (2017). *Transformación de la conectividad espacial en Tabasco, México*; (Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales). Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- López Portillo, J., Ezcurra, E.** (2002). Los manglares de México: una revisión. *Madera*, 8(1), 27-51.
- López-Portillo, J. A., Vásquez-Reyes, V. M., Gómez-Aguilar, L. R., Priego-Santander, Á. G.** (2010). *Humedales. Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz*, (pp. 227-248). Veracruz, México. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9655/09HUMEDALESB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Millennium Ecosystem Assessment.** (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.

<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>

- Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Campos-Cascaredo, A.** (2010). Composición Florística, Diversidad y Ecología de Humedales Herbáceos Emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 87(87), 29-50. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-21282010000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282010000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Novelo A. Ramos L.** (2005). Vegetación Acuática. En: Bueno, J, Álvarez F & Santiago S (Eds.); *Biodiversidad del estado de Tabasco*; (pp. 111-143). México: CONABIO.
- Novelo, R. A.** (2006). *Plantas Acuáticas de la Reserva de la Biosfera pantanos de Centla*. México.
- Pacheco Figueroa, C. J.** (2014). *Medición del estado de conservación de los humedales de la planicie Tabasqueña*; (Tesis de doctorado en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales). Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Rosa Velázquez, M. I.** (2016). *Evaluando la eficacia de un área protegida costera ante el cambio del uso del suelo; la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla*, México. El Colegio de la Frontera Sur.
- Ten Brink P., Russi D., Farmer A., Badura T., Coates D., Förster J., Kumar R. y Davidson N.** (2013) *La Economía de los ecosistemas y la biodiversidad relativa al agua y los humedales*; (Resumen ejecutivo). [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/teeb\\_waterwetlands\\_execsum\\_2013-sp.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/teeb_waterwetlands_execsum_2013-sp.pdf)
- Vidal Sierra, C.** (2013). *Análisis espacio-temporal de los humedales naturales de una porción de la subcuenca del río Grijalva*; (Tesis de Maestría). Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco.



# EGUACIONES DE ALOMETRÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN SELVAS

José Luis Martínez Sánchez✉, Antonio García Domínguez, Ofelia Castillo Acosta, Humberto Hernández Trejo & Luisa del Carmen Cámara Cabrales

✉ jose.martinez@ujat.mx

## RESUMEN

Se evaluó la distribución de la abundancia de sausal por estrato arbóreo en el humedal de la Laguna de Chaschoc, Emiliano Zapata, Tabasco. Se estableció un muestreo sistemático de cuatro unidades de muestreo (cuadrantes) de 25 x 25 m (625 m<sup>2</sup>). Y una distancia entre unidades de 100 m a lo largo de un transecto de 400 m longitud. El censo consistió en medir el diámetro a la altura de 1.30 m desde la superficie y la altura de cada individuo. Los resultados son que se censaron 588 individuos; la unidad de muestreo tres presentó el mayor número de individuos (200) en el estrato tres entre 5.1 y 10 m. El sausal presenta una alta abundancia de individuos y cada año se incorporan nuevos después de las inundaciones.

## INTRODUCCIÓN

La estimación de la biomasa aérea de los árboles de las selvas tropicales al igual que de otros ecosistemas arbóreos, alcanza gran relevancia en la actualidad debido entre varios procesos ecológicos y socio-ambientales (Henry *et al.*, 2013; Rojas-García *et al.*; 2015, Réjou-Méchain 2017), a la alta cantidad de carbono que almacenan estos ecosistemas terrestres (Lewis *et al.*, 2009; Pan *et al.*, 2011; Banin *et al.*, 2014) que son los más productivos y diversos del mundo (Sullivan *et al.*, 2017).

Los modelos alométricos, junto con los inventarios forestales, representan una parte clave en la metodología para la estimación de la biomasa aérea de los ecosistemas arbolados (Henry *et al.*, 2013). Sin embargo, en las selvas tropicales por ser los ecosistemas terrestres con mayor biodiversidad, la tarea no ha sido fácil al existir una alta riqueza de especies arbóreas con diferentes formas y tamaños. El nivel de incertidumbre asociado a los resultados existentes de estimación de biomasa aérea a nivel global, en lo general es alto (Chave *et al.*, 2014).

En busca de alcanzar una mayor precisión en las estimaciones, en la última década se han desarrollado modelos alométricos generales más precisos (Chave *et al.*, 2014) así como un mayor número de ecuaciones alométricas para las especies en particular (Henry *et al.*, 2013). Como resultado de este último esfuerzo, se continúan haciendo intentos por recopilar en bases de datos cada vez un mayor número de modelos alométricos de especies arbóreas (Henry *et al.*, 2013; Rojas-García 2015).

Ante esta situación, al estimar la biomasa aérea de una comunidad arbolada se presenta la disyuntiva de usar un modelo alométrico general probado, o recurrir a las bases de datos de ecuaciones alométricas en busca de una mayor precisión en la estimación (Tabla 1). Teniendo en consideración lo anterior, en el presente trabajo se planteó comparar la estimación de biomasa aérea de la selva húmeda mediante el uso de los modelos generales más aceptables y los modelos alométricos de las especies disponibles en las bases de datos para recomendar alguna de las dos vías de análisis. Considerando la variación de las especies en su forma, ramificación y densidad de la madera, entre otras, el principio de la aplicación de las ecuaciones específicas, es simple. Si se desea estimar la biomasa aérea de una especie en particular ¿cuál ecuación se aplicaría razonablemente?, ¿una desarrollada específicamente para esa especie en particular, o una desarrollada para el ecosistema al cual pertenece

dicha especie? Si en lugar de una especie se tienen diez o 20 con sus respectivas ecuaciones ¿se obtendría mayor precisión aplicando estas ecuaciones, o una ecuación general para todas? La respuesta consideramos que es la aplicación de ecuaciones específicas. Al no existir ecuaciones alométricas específicas de todas las especies arbóreas de un ecosistema en particular, se han desarrollado ecuaciones generales. Sin embargo, hoy en día que hay más ecuaciones específicas, se pueden realizar estimaciones más precisas de biomasa de las comunidades arboladas.

## **OBJETIVOS**

El objetivo del presente trabajo fue conocer la diferencia en las estimaciones de biomasa arbórea realizadas con el uso de ecuaciones alométricas generales y ecuaciones específicas de las especies, para el caso de siete selvas tropicales del sureste de México. La pregunta particular fue: ¿existe diferencia en la biomasa aérea de una comunidad arbórea estimada con los modelos alométricos generales de Chave *et al.* (2005, 2014) y los modelos de ecuaciones alométricas particulares de las especies?

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Todas las estimaciones de biomasa aérea se realizaron en la hoja de cálculo de Excel de Microsoft introduciendo directamente las ecuaciones y usando básicamente las funciones potencia, exponente y log base 10. Las ecuaciones específicas para la estimación de la biomasa para cada especie en particular se tomaron de la base de datos de Henry *et al.* (2013) que contiene ecuaciones de especies de Norteamérica, Europa y África, y de Rojas-García *et al.* (2015) con ecuaciones para especies principalmente de México.

Se buscó en primera instancia una ecuación para la misma especie, y en caso de no encontrarse, se buscó para otra especie del mismo género. Como tercera opción, se buscó la ecuación solo para el género taxonómico de la especie de interés. Cuando existían más de dos modelos alométricos para una misma especie o género, se prefirió la ecuación que fue desarrollada exclusivamente para esa especie o género en particular, sobre ecuaciones desarrolladas para esa especie/género y otras más, así como que contenían los parámetros más precisos y completos tales como un tamaño de muestra (n) alto utilizado para su elaboración, rango diamétrico,  $R^2$  mayor, y que contuviera DAP, altura total del árbol y densidad de la madera de preferencia, y que arrojara el resultado en biomasa aérea (AGB) en lugar de volumen. De esta manera, se considera que los modelos alométricos específicos utilizados fueron de validez.

**Análisis estadístico.** Para las especies que se encontró una ecuación específica en particular para la estimación de su biomasa, se comparó este valor con el valor de la biomasa estimada con la ecuación general de Chave *et al.* (2005 y 2014). Lo anterior se realizó mediante la prueba de t de Student para muestras pareadas debido a que las muestras no eran al azar, sino que eran la misma muestra antes y después del tratamiento o aplicación de la ecuación específica (Zar 2014). La comparación anterior se realizó para todas las especies que tuvieron una ecuación específica, y para los siete sitios en conjunto, esta última incluyó todas las especies de la comunidad con y sin ecuación específica.

Con el fin de una ilustración gráfica, para algunas especies en particular, se comparó la biomasa estimada por los dos métodos en relación al DAP mediante la comparación de sus dos regresiones lineales. En todos los análisis se usó un nivel de significancia de  $P \leq 0.5$ . Todos los análisis fueron completados utilizando el software “Statgraphics Centurion” (versión 17.1.04, Statpoint technologies, Inc., Warrenton, VA, USA).

## RESULTADOS

**Parámetros estructurales de la vegetación arbolada.** En total se determinaron 168 especies diferentes en las siete comunidades arboladas, 20 morfoespecies a nivel de género, y siete a nivel de familia. Doce morfoespecies no fueron determinadas a ningún nivel.

El sitio con mayor riqueza de especies fue la selva húmeda 3 (77), y el de menor riqueza fue la selva subhúmeda 1 (9).

Más de la mitad de las especies (53.6 %, ver a continuación) se les aplicó un modelo alométrico específico, y estas siempre incluyeron a las especies dominantes. Considerando solo a estas especies que presentaron un modelo alométrico, la biomasa relativa de las especies presentes en las comunidades estudiadas fue variable y alcanzó valores máximos de 41.0 como en la subhúmeda 1, y mínimos de 0.002. Con base en el número de especies y los valores estructurales de densidad relativa, biomasa relativa e IVI, la subhúmeda 1 fue la comunidad estudiada relativamente menos diversa en su vegetación arbolada, y las selvas húmedas 2 y 3 las relativamente más diversas.

El valor de biomasa aérea estimado con el modelo 4 (sin altura de árboles) para la localidad de selva húmeda 2, fue mayor (383.6 Mg ha<sup>-1</sup>) que el estimado con la inclusión de las ecuaciones específicas (303.2 Mg ha<sup>-1</sup>). Sin embargo, los valores estimados por este modelo fueron 245 % más altos que los estimados por el modelo 3 (con altura del árbol) para arboles del mismo DAP. Chave *et al.* (2014) estimó un CV de la media de 71.5 % vs. 56.5 del modelo 3, y un bias de 9.71 vs. 5.31 del modelo 3.

Debido a esto, los valores estimados por el modelo 4 se consideraron relativamente altos y se decidió no incluirlos en la comparación de medias de las localidades (Figura 1). En esta selva HTF2, es curioso que a pesar que las especies dominantes como '*T. mexicanum*' y '*P. oxyphyllaria*' disminuyeron su biomasa al aplicarles su fórmula específica, la biomasa total del sitio aumentó en comparación a la estimación con el modelo 1. Esto se debió a que los cambios fueron proporcionalmente mayores en las especies que aumentaron su biomasa como las del genero *Ficus*, que en las que disminuyeron (Figura 1).

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo, no se aplicaron todos los modelos alométricos específicos disponibles en la literatura, debido a que algunas especies tuvieron una baja densidad o biomasa relativa y el efecto para el sitio era despreciable. Así también, la falta de la variable altura del árbol para el caso de Veteranos limitó la aplicación de los modelos específicos ya que en la mayoría se incluye esta variable dasométrica.

En el presente trabajo se obtuvo un resultado significativo aplicando su fórmula específica al 30 % de las especies de la comunidad. Sin embargo, consideramos que, para el caso de las selvas tropicales, debido a su alta riqueza de especies, con base la Figura 1, el aplicar las formulas especificas a las cinco especies dominantes de ser posible, o a las especies con  $\geq 5\%$  de biomasa relativa, es suficiente para arrojar una estimación de biomasa del sitio más precisa, haciendo innecesario el uso de todas las ecuaciones alométricas disponibles.

## CONCLUSIÓN

La validación y aumento de precisión de los modelos alométricos de los ecosistemas en particular, se ha propuesto como una solución a la imprecisión en las estimaciones de la biomasa aérea arbórea (Urquiza-Haas *et al.*, 2007; Chave *et al.*, 2014; Rojas-García *et al.*, 2015).

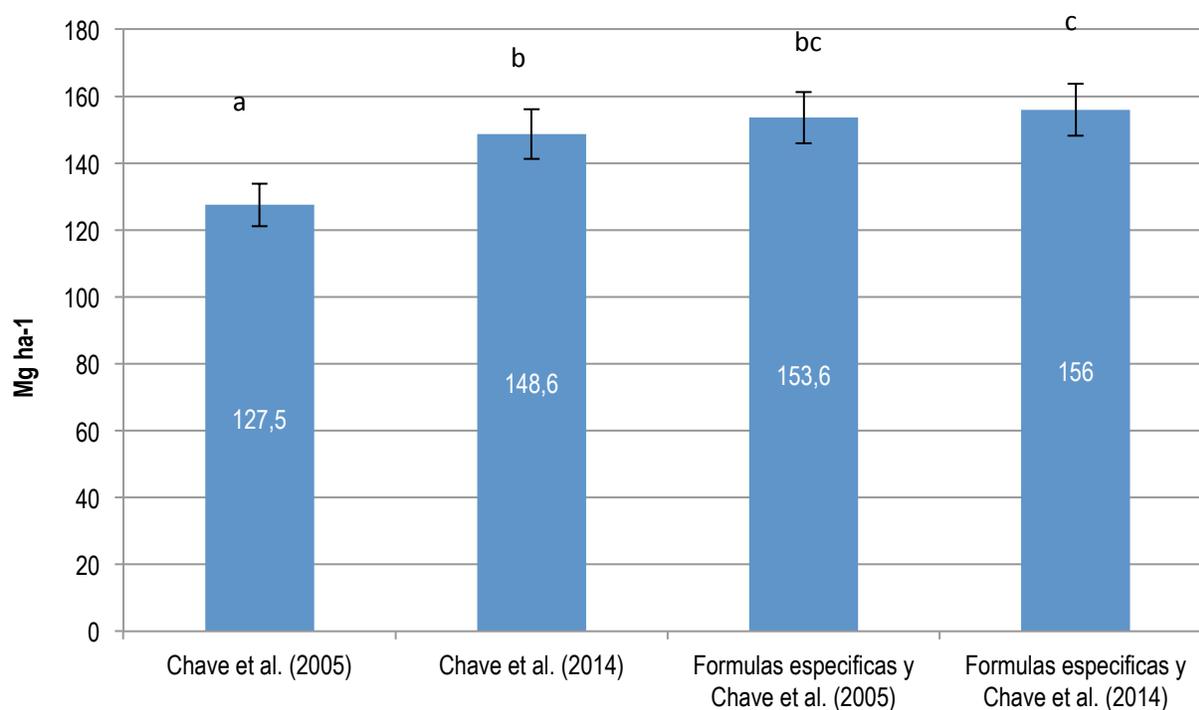
Debido a la alta riqueza de especies arbóreas de las comunidades tropicales, el desarrollo de ecuaciones alométricas para cada especie se ha mencionado como un protocolo poco práctico para la estimación más precisa de su biomasa aérea. Sin embargo, el resultado del presente trabajo, permite justificar y proponer la continuación del desarrollo y completado de las bases de datos de ecuaciones alométricas de especies arbóreas, para la obtención de estimaciones más precisas de la biomasa aérea de las comunidades arbóreas.

**Tabla 1.** Ecuaciones alométricas generales más utilizadas para la estimación de la biomasa aérea de árboles en selvas húmedas tropicales.

Ecuación	Ecosistema	Autor
$V = 10^{(-4.22+2.76 \log D)}$	Sub-humid tropical forest	Abbot <i>et al.</i> (1997)
$AGB = 13.2579 - 4.8945(D) + 0.6713(D^2)$	Humid tropical forest	Brown <i>et al.</i> (1989)
$AGB = \exp(-3.3012 + 0.9439 \ln (D^2H))$	Humid tropical forest	Brown <i>et al.</i> (1989)
$Biomass = \exp(-2.289 + 2.649 \times \ln dbh - 0.021 \times \ln dbh^2)$	Sub-humid tropical forest	Brown (1997)
$Biomass = 21.297 - 6.953 \times dbh + 0.740 \times dbh^2$	Humid tropical forest	Brown (1997)
$AGB = \exp[-2.0 + 2.42 \ln(D)]$	Humid tropical forest	Chave <i>et al.</i> (2001)
$\ln(AGB) = -1.562 + 2.148 \ln(D) + \ln(D)^2 + \ln(D)^3 + \ln(q)$	Sub-humid tropical forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\ln(AGB) = -1.302 + 1.98 \ln (D) + 0.207(\ln(D))^2 - .0281(\ln(D))^3 + \ln(q)$	Humid tropical forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$AGB = 0.0673 \times (pD^2H)^{0.976}$	Humid tropical forest	Chave <i>et al.</i> (2014)

$AGB = \exp^{-1.803 - 0.976E + 0.976\ln(p) + 2.673\ln(D) - 0.0299\ln(D)^2}$	Humid tropical forest	Chave et al. (2014)
$AGB = \exp(-3.081 + 0.966 \ln(DBH^2H) + 0.305 \ln(WD))$	Humid tropical forest for Vietnam	Vu Than Nam (2016)

V = volumen, AGB = above-ground biomass, exp = 2.81828, D = DAP, H = tree height, q = wood density.



**Figura 1.** Comparación de cuatro métodos de estimación de biomasa aérea para las siete comunidades arboladas de selva en el sureste de México. Las letras diferentes denotan diferencia significativa de las medias a un valor de  $0.02 \geq P \leq 0.03$ .

## REFERENCIAS

- Abbot, P., Lowore, J., Werren, M.** (1997). Models for the estimation of single tree volume in four Miombo woodland types. *For. Ecol. Manage.*, 97, 25-37.
- Banin L., Simon L. Lewis, Gabriela Lopez-Gonzalez, et al.** (2014). Tropical forest wood production: a cross-continental comparison. *Journal of Ecology*.
- Brown S., Guillespie A.J.R., Lugo, A.E.** (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35, 881-902.
- Brown, S.** (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer* UN FAO Forestry Paper 134; (p. 55). Rome.
- Chave J., Rie´ra, B., Dubois, M.A.** (2001). Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *J Trop Ecol.*, 17, 79-96.
- Chave J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., et al.** (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87-99.
- Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., et al.** (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20, 3177-3190.
- Henry, M., Bombelli, A., Trotta, C., Alessandrini, A., Birigazzi, L., Sola, G., Vieilledent, G., Santenoise, P., Longuetaud, F., Valentini, R., Picard, N., Saint-André, L.** (2013). GlobAllomeTree: international platform for tree allometric equations to support volume, biomass and carbon assessment. *iForest*, 6, 326-330 [online 2013-07-18] URL: <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor0901-006>.
- Lewis, S.L., et al.** (2009). Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature*, 457, 1003-U1003.

- Rejou-Mechain, M, A. Tanguy, C. Piponiot, J. Chave and B. Herault.** (2017). BIOMASS: an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. *Methods in Ecology and Evolution*, DOI: 10.1111/2041-210X.12753
- Rojas-García, F., B. H. J. De Jong, P. Martínez-Zurimendí & F. Paz-Pellat.** (2015). Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests. *Annals of Forest Science*, 72, 835-864.
- Sullivan, M.J.P., Talbot J., et al.** (2017). Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. *Nature*, doi:10.1038/srep39102
- Urquiza-Haas, T., Dolman, P.M., Peres, C.A.** (2007). Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: effects of forest disturbance. *For Ecol Manag.*, 247: 80-90.
- Vu Thanh Nam, Marijke van Kuijk, Niels P. R. Anten.** (2016). *Allometric Equations for Aboveground and Belowground Biomass Estimations in an Evergreen Forest in Vietnam.*
- Zar, J.H.** (2014). *Biostatistical Analysis*; (5<sup>th</sup> Edition). Essex, U.K.: Pearson Limited.

# **PALINOLOGÍA DE 5 GÉNEROS (*Pachira*, *Bauhinia*, *Gliricidia*, *Cassia* y *Tabebuia*) DE LOS JARDINES DE LA DACBIOL**

Marcela Alejandra Cid Martínez✉, Karla Yanet Reyes García & Sarife Vera Ramírez

✉ [marcela.cid@ujat.mx](mailto:marcela.cid@ujat.mx)

## **RESUMEN**

La palinología es el estudio de los pólenes y las esporas, pero no solo se trata de describir, sino de aportar datos a otras áreas o disciplinas en las que sea útil para el beneficio de la población y de la ciencia. El objetivo de este trabajo fue la generación de una palínoteca en fresco que sirva como colección de referencia para los estudios aerobiológicos de la región. Se seleccionaron algunos de los taxa que florecieron durante el primer semestre del año el curso, posteriormente se colectaron, se procesaron y se describieron. Los taxa *Pachira*, *Bauhinia* y *Cassia* presentan aberturas compuestas, mientras que *Gliricidia* y *Tabebuia* tienen aberturas simples, todos los pólenes coinciden con una APS de mónada, isopolares y radioisométricos. La exina oscila entre 1.5 a 3  $\mu\text{m}$  de espesor. La forma descrita fue de oblado, subprolado, prolado.

## **INTRODUCCIÓN**

La palinología es una disciplina propuesta por Hyde y Williams en 1944 (del griego “Paluno” que significa distribuir o dispersar, emparentado con el latín “Poll-en” que significa harina o polvo) con el objetivo de estudiar al grano de polen y esporas, así como su dispersión y aplicación de los mismos (Hesse et al., 2009).

Los pólenes son muy diversos en morfología y tamaño, este hecho sugiere que la tipología polínica ha surgido a partir de un extraordinario proceso de adaptación a factores como el medio ambiente, las interacciones polen-estigma y el medio de dispersión por medio del aire, agua y animales (Perea, 2008). Sin embargo, la estratificación (estructura) del esporoderma se mantiene en todos los pólenes y puede variar únicamente en las dimensiones (grosor). Los estudios palinológicos son importantes no solo porque reflejan la variedad de climas y vegetación que existe en diversos lugares donde se realizan, sino también por las aplicaciones en la agronomía (previsión de cosecha de interés agrícola), en la medicina (polinosis o alergias en los habitantes de una determinada región) y en la ecología urbana (el papel de la flora ornamental en la calidad biológica del aire urbano).

## **OBJETIVOS**

Contribuir con la formación de la palínoteca «en fresco» con registro no solo de forma física y digital, sino también descriptivos y fotográficos, que sirva como colección de referencia para los estudios aerobiológicos de la región.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se recorrieron los jardines de la DACBIOL durante el periodo febrero-junio del 2018 y se colectó flores de los taxa que estaban floreciendo. Una vez colectados en bolsas de papel, se procedió a sacar las flores y colocarlas en cajas de Petri para poder obtener las anteras, cuando las anteras se habían secado se les agregó agua para hidratarlas.

Con ayuda de una lupa se extrajeron los granos de polen y se coloraron en portaobjetos con una gota de gelytol teñido con fucsina, posteriormente se cubrió y se llevaron al microscopio óptico para revisar la muestra; si era

necesario se repetía el procedimiento hasta obtener los pólenes. Posteriormente se observaron al microscopio óptico para su descripción.

La literatura recomienda observar 20 a 25 granos de polen. Por cada muestra a manipular, las pinzas se limpiaron y se procuró la asepsia pertinente para evitar transferencia de muestras. Para describir se utilizó la siguiente literatura: McAndrews *et al.* (1973), Basset *et al.* (1978), Moore *et al.* (1991), Roubik y Moreno (1991), Martínez *et al.* (1993), Velásquez (1999), Kapp *et al.* (2000), Valero y Cadahía (2002), Hesse *et al.* (2009), Jaramillo y Trigo (2011), García y Reyes (2011), Montoya-Pfeiffer *et al.* (2014).

## RESULTADOS

A continuación se presentan las descripciones palinológicas considerando los siguientes caracteres morfológicos del polen: a) el tipo polínico, basándose en el número y tipos de abertura; b) las aberturas, considerando la forma, estructura, tamaño y posición; c) la exina, estructura y ornamentación señalando el tipo, la forma, la distribución de los elementos; d) la asociación, simetría y polaridad (ASP); e) la forma del grano, indicando el ámbito visto en polar y ecuatorial; f) el tamaño en micras; g) la forma de vida (FV) de la especie; h) familia a la que pertenece (Fam).

**'Pachira sp.'** (zapote de agua)

**Abertura:** brevitricolporado, colpos 14-17 longitud x 2.5 - 2.8 de ancho  $\mu\text{m}$ . **Exina:** semitectada, reticulada, heterobrocada, son elementos suprategmiales (espinas) de 3  $\mu\text{m}$ . **A.P.S.:** mónada, isopolar, radioisométrica. **Forma:** oblado, ámbito subtriangular (v.p). **Tamaño:** LP= 60-65  $\mu\text{m}$ , LE= 70 a 75  $\mu\text{m}$  **FV:** árbol. **Fam:** Bombacaceae. Figura 1.

**'Bauhinia sp.'** (pata de buey o de vaca)

**Abertura:** trizonocolporado, colpos de 4 x 58 (60)  $\mu\text{m}$ , endoabertura lolongada, membrana de los colpos con elementos ornamentales (pequeñas báculas de 1-2  $\mu\text{m}$ ). **Exina:** semitectada, microestriado, heterobrocada de 2.5 a 3  $\mu\text{m}$ . **A.P.S.:** mónada, isopolar, radioisométrica. **Forma:** prolado-subprolado, ámbito triangular a cuadrado (v.p). **Tamaño:** LP= 52.3  $\mu\text{m}$  (49-60  $\mu\text{m}$ ), LE= 41.5  $\mu\text{m}$  (35-38  $\mu\text{m}$ ). **FV:** arbusto o árbol. **Fam:** Leguminosae. Figuras 1 y 2.

**'Gliricidia sp.'** (cocoite)

**Abertura:** trizonocolporado, colpos largos de 15  $\mu\text{m}$  x 1-2  $\mu\text{m}$  de ancho, endoabertura lalongada. **Exina:** semitectada, microreticulado, homobrocado, de 1-2  $\mu\text{m}$  de grosor. **A.S.P.:** mónada, isopolar, radioisométrico. **Forma:** prolado, ámbito circular (v.p). **Tamaño:** LP= 17-19  $\mu\text{m}$ , LE= 11-14  $\mu\text{m}$ . **FV:** árbol. **Fam:** Fabaceae. Figura 2.

**'Cassia fistula'** (lluvia de oro)

**Abertura:** trizonocolporado, colpos largos de 30  $\mu\text{m}$ , endoabertura lolongada, membrana de los colpos con elementos ornamentales (pequeñas báculas de 1-2  $\mu\text{m}$ ). **Exina:** tectada, patrón micro-reticulado 1.5  $\mu\text{m}$  de espesor. **A.P.S.:** mónada, isopolar, radioisométrica. **Forma:** subprolado, ámbito circular (v.p) y elíptico (v.e.). **Tamaño:** LP= 35  $\mu\text{m}$  (30-40  $\mu\text{m}$ ), LE= 27  $\mu\text{m}$  (25-31 $\mu\text{m}$ ) **FV:** arbusto o árbol. **Fam:** Leguminosae. Figura 2 y 3.

**'Tabebuia rosea'** (macuili)

**Abertura:** trizonocolpado, colpos de 21.5 longitud x 6-10  $\mu\text{m}$  de ancho. **Exina:** 2-3  $\mu\text{m}$  de grosor homogéneo, microreticulada, homobrocada. **A.P.S.:** monada, isopolar, radioisométrico. **Forma:** Prolado, ámbito triangular (v.p). **Tamaño:** LP= 35-60  $\mu\text{m}$ , LE= 30-42  $\mu\text{m}$ . **FV:** árbol. **Fam.** Bignoniaceae. Figura 3.

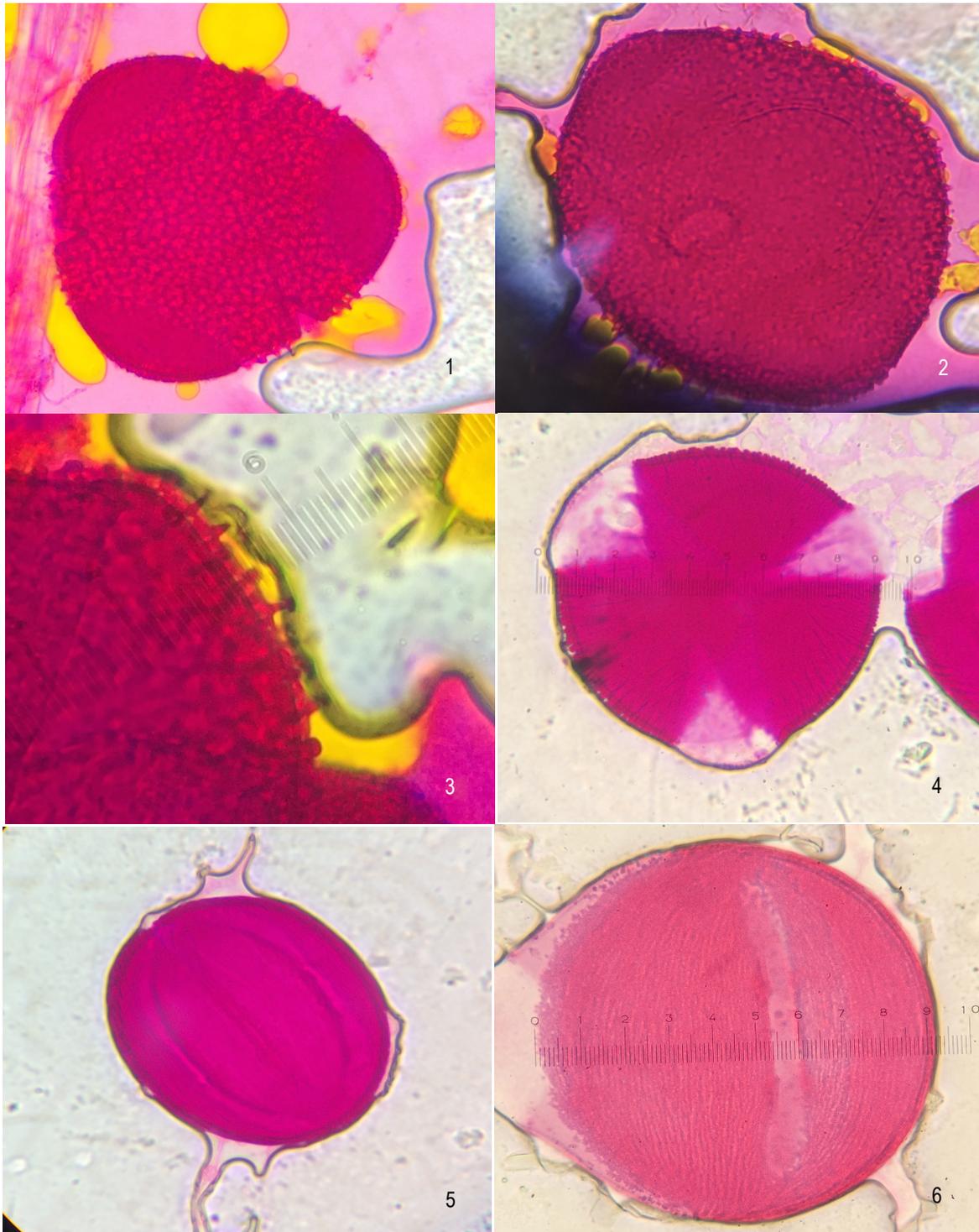
## DISCUSIÓN

En la última década se han realizado descriptivos en zonas tropicales en diferentes aplicaciones de la palinología, ello ha generado atlas y catálogos que te sirven para confirmar dudas específicas, entendiendo también que cuando se trabaja con polen directamente de las anteras encontraremos diferencias en tamaños y maduración de los mismos. Las descripciones morfológicas de *Bauhinia*, *Cassia*, *Gliricidia* y *Tabebuia* coinciden en términos generales con Sánchez *et al.* (2009) y Montoya-Pfeiffer *et al.* (2014), las diferencias que existieron son en el tamaño de los pólenes, pero solo en 1 o 2  $\mu\text{m}$ .

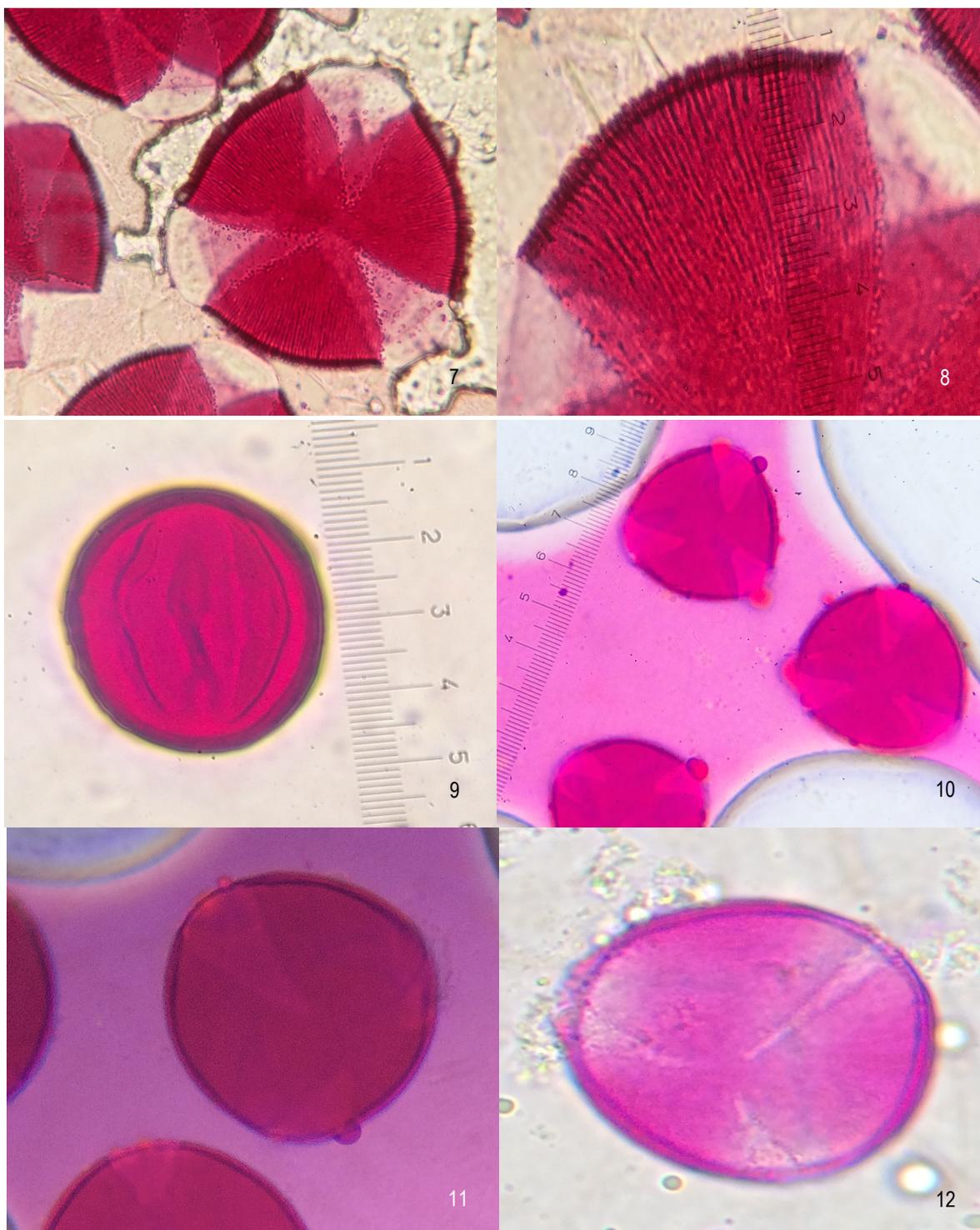
## CONCLUSIONES

Los pólenes descritos son grandes, con ornamentaciones llamativas y no presentan estructuras morfológicas (sacos aéreo o cavas) que les ayude a mantenerse en el aire (anemófilos); sin embargo, *Gliricidia* tiene un tamaño y ornamentación diferente al resto de los taxa.

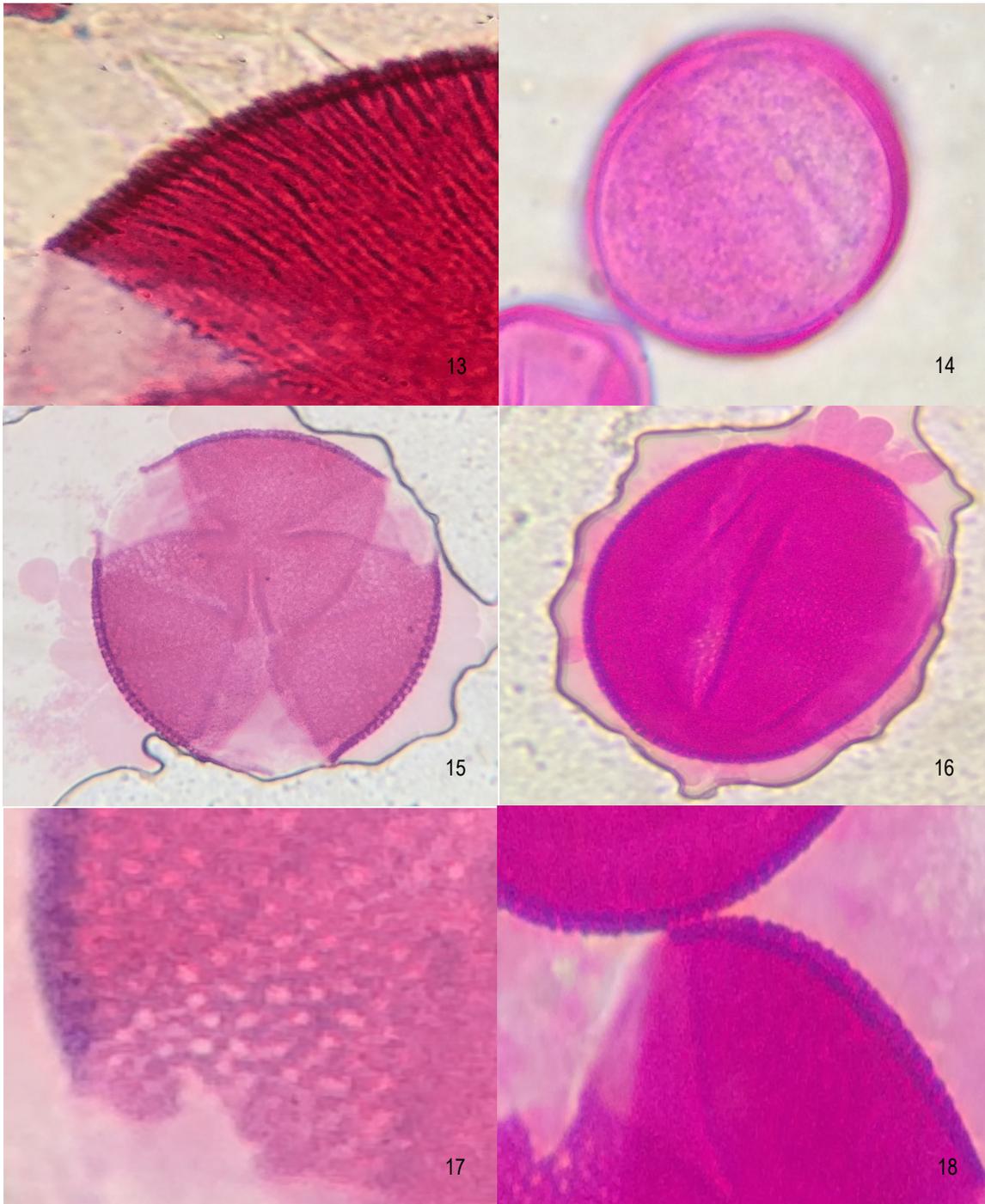
Dada la diversidad de vegetación que hay en Tabasco, es imperativo realizar estudios descriptivos de los tipos polínicos, no solo por el conocimiento complementario de la flora de la región sino por la aportación que pueden generar una palínoteca para estudios aerobiológicos presentes y futuros.



**Figura 1.** '*Paquira sp.*' (1. Observación de las aberturas y de los casquetes; 2. Tipo y tamaño de abertura; 3. Exina y ornamentación). '*Bauhinia sp.*' (4. Tamaño de aberturas; 5. Forma; 6. Longitud y ancho de la abertura).



**Figura 2.** *Bauhinia* (7. Membrana colpá; 8. Exina y ornamentación). *Gliricidia* (9. Forma; 10. Longitud de las aberturas; 11. Exina y corte óptico). *Cassia* (12. Tipo de abertura).



**Figura 3.** *Cassia* (13. Corte óptico y exina; 14. Tipo de abertura). *Tabebuia* (15. Longitud de las aberturas, vista polar; 16. Forma; 17. Ornamentación; 18. Grosor de la exina).

## REFERENCIAS

- Basset, J.; C.W. Crompton & J.A. Parmelee.** (1978). *An Atlas of airborne pollen grains and common fungus spores of Canada*. Canada: Department of Agriculture.
- Bermejo Ramos, D.** (2011). *Evolución y situación actual de los estudios atmosféricos: Referencia a la polinización de Zaragoza*. España: Colegio oficial de farmacéuticos de Zaragoza.
- Perea, Daniel.** (Ed). (2008). *Fósiles de Uruguay*. Uruguay: DIRAC Facultad de Ciencias.
- Danielsen, R. & Mendes M.P.** (s.f.). *Pollen Atlas of Portugal*. [http://www.patrimoniocultural.gov.pt/static/data/patrimonio\\_arqueologico/larc/pollenatlasofportugal.pdf](http://www.patrimoniocultural.gov.pt/static/data/patrimonio_arqueologico/larc/pollenatlasofportugal.pdf)
- García, M.E. & Reyes, N.J.F.** (2011). Morfología polínica de dos especies de *Bauhinia* cultivadas en el Noreste de Argentino (Leguminosae: Caesalpinoideae). *Lilia*, 48(1), 65-73.
- Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Ravido, A. & Ulrich, S.** (2009). *Pollen terminology: an illustrated handbook*. Austria: Springer-Verlag/Wien.
- Jaramillo-Díaz, P. & Trigo, M.M.** (2011). *Guía rápida de polen de la Isla Galápagos*. España: Fundación Charles Darwin.
- Kapp, R.O., O.K. Davis & J.E. King.** (2000). *Pollen and spores; (Second edition)*. U.S.A.: AASP Foundation.
- Martínez, E., J. Cuadrilero., O. Téllez, E. Ramírez, M. Sosa, J. Melchor & Lozano, M.** (1993). *Atlas de las plantas y el polen utilizados por las 5 especies principales de abejas productoras de miel en la región del Tacana, Chiapas, México*. México: UNAM Instituto de Geología.
- McAndrews, J.H., A.A. Berti & G. Norris.** (1973). *Key to the Quaternary Pollen and Spores of the Great Lakes Region, The Royal Ontarios Museum*. Canada.

- Montoya-Pfeiffer, P.M., León-Bonilla, D. & Nates-Parra, G.** (2014). Catálogo de polen en mieles de '*Apis mellifera*' provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, 38(149), 1-44.
- Moore, P.D., Webb, J.A. & Collison, M.E.** (1991). *Pollen analysis*; (Second edition). London: Blackwell Scientific Publications.
- Roubik, D.W. & Moreno, J.E.** (1991). *Pollen and spores of Barro Colorado Island*. E.U.A.: Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden.
- Sánchez-Dzib, Y., Sosa-Najera, S. y Lozano-García, M.S.** (2009). Morfología polínica de especies de la selva mediana subperennifolia en la cuenca del Río Candelaria, Campeche. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, (84), 83-104.
- Sainz, L.C.** (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*, (25), 93-112.
- Valero, S.A.L. & Cadahía, G.A.** (Eds). (2002). *Polinosis: polen y alergia*. España: MRA ediciones.
- Velásquez, R.C.A.** (1999). *Atlas palinológico de la flora vascular Paramuna de Colombia: Angiospermae*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

# **ESTRUCTURA Y ABUNDANCIA DE LA POBLACIÓN DE SAUCE (“*Salix humboldtiana*”) EN EL HUMEDAL DE CHASCHOC, EMILIANO ZAPATA**

Fredi Ignacio López Pérez, Ofelia Castillo Acosta<sup>✉</sup>, José Alberto Gallardo Cruz,  
José Luis Martínez Sánchez & Mónica Alejandra Alamilla Landero

✉ ofelia.castillo@ujat.mx

## **RESUMEN**

Se evaluó la distribución de la abundancia de sausal por estrato arbóreo en el humedal de la Laguna de Chaschoc, Emiliano Zapata, Tabasco. Se estableció un muestreo sistemático de cuatro unidades de muestreo (cuadrantes) de 25 x 25 m (625 m<sup>2</sup>). Y una distancia entre unidades de 100 m a lo largo de un transecto de 400 m longitud. El censo consistió en medir el diámetro a la altura de 1.30 m desde la superficie y la altura de cada individuo. Los resultados son que se censaron 588 individuos; la unidad de muestreo tres presentó el mayor número de individuos (200) en el estrato tres entre 5.1 y 10 m. El sausal presenta una alta abundancia de individuos y cada año se incorporan nuevos después de las inundaciones.

## **INTRODUCCIÓN**

Las selvas inundables son un tipo de humedal formado por una comunidad arbórea con características particulares adaptadas a periodos de inundación de forma temporal o permanente (Mitsch y Gosselink, 2000). Se les puede encontrar en planicies de inundación de los ríos y en las orillas de las lagunas tropicales (Muñiz y Hernández, 2013).

En este ecosistema se pueden diferenciar distintos estratos de árboles con base en su altura, los que alcanzan los 25-30 m se les conoce como selva mediana inundable, los que tienen entre 8 a 15 m como selvas bajas inundables y los de menor altura entre 2-5 m conocidos como arbustos (Moreno e Infante, 2016).

Dentro de las selvas bajas inundables encontramos una gran variedad de plantas y animales, y son de gran importancia ecológica ya que sirven de enlace entre los sistemas acuáticos y terrestres (Molles, 2005), además, proporcionan múltiples servicios ambientales, como son la provisión y filtración de agua, brindan protección contra las inundaciones, huracanes y la erosión, fertilización y aporte de sedimentos, además pueden almacenar una gran cantidad de carbono debido a sus altas tasas de productividad (Suatunce *et al.*, 2009.; Rodríguez *et al.*, 2017).

En México los humedales más importantes se ubican en las partes bajas de la cuenca del río Usumacinta, pero en lo que respecta a su biodiversidad ha sido escasamente estudiada (Gordillo *et al.*, 2015). El sausal (*Salix humboldtiana*) forma parte de la vegetación inundable de las lagunas, ubicadas frecuentemente en las vegas húmedas de los ríos y lagos del interior (Miranda y Hernández, 1963), también conocida como vegetación de galería (INEGI, 2005) o bosques de galería. Las comunidades de plantas contiguas al medio acuático presentan una serie de factores limitantes como la temperatura, luminosidad, pH, salinidad, concentración de oxígeno, entre otras. El género *Salix* tolera en buena medida varios de los factores antes mencionados, por lo que están ampliamente distribuidos en este tipo de selvas (Rzedowski, 1978).

Nuestra pregunta de investigación es ¿cuál es la estructura en diámetros y alturas de la población del sausal?, ¿cuál es la densidad de individuos por hectárea?

## OBJETIVO

Evaluar la estructura vertical y diamétrica de la vegetación del sausal en la Laguna Chaschoc en Emiliano Zapata, Tabasco, México.

Objetivos particulares

Comparar las alturas y diámetros entre unidades de muestreo a lo largo de un transecto.

Elaborar un diagrama del transecto con el relieve.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El sistema lagunar Chaschoc forma parte de la cuenca del río Usumacinta. Se localiza en una amplia franja que va del sureste al centro-norte del estado de Tabasco, se localiza en la provincia fisiográfica del Golfo Sur, en los márgenes del río Usumacinta en el municipio Emiliano Zapata. Las coordenadas del área de estudio son: 17° 41' N, 96° 16' O.

La elevación en la región en promedio está entre los 10 y 15 m.s.n.m. El tipo de clima es Am (cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano). La precipitación media total es de 1,860 mm anuales con un promedio máximo de 318 mm mensual en septiembre y un promedio mínimo de 12 mm en el mes de abril (INEGI, 2001). Tiene una temperatura media anual de 26.5 °C, la máxima media mensual en mayo con 30.9 °C y la mínima media en enero y febrero con 22.7 °C. La máxima y mínima registradas corresponden a 43 y 14°C, respectivamente. El suelo que predomina es de tipo gleysol, de textura arcillosa (franca) y presenta problemas de exceso de humedad por drenaje deficiente (Palma-López *et al.*, 2007).

Se estableció un transecto de 400 m de longitud. Se establecieron cuatro unidades de muestreo, cada una consistió de un cuadro de 25 x 25 m (625 m<sup>2</sup>). Las unidades de muestro se establecieron de forma sistemática a lo largo del transecto, en una distancia de 100 m entre cada unidad. Se censaron todos los individuos a partir de 2.5 cm de diámetro a una altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo con una cinta diamétrica marca Qualitats-bandmaB. La altura de los árboles se obtuvo con la ayuda de balizas graduadas por metros. Se elaboró una base de datos en el programa Excel en donde se consideró el diámetro y la altura de cada individuo.

La densidad se obtuvo al contar todos los individuos censados por unidad de muestreo entre área muestreada y el total de individuos de todas las unidades de muestreadas entre área (Brower y Zar, 1984). Los análisis estadísticos que se realizaron son: promedio, desviación estándar y varianza de altura y diámetro de individuos por sitio, y comparación estadística de medias entre las cuatro unidades de muestreo censados con la prueba de Tukey en programa SPSS ver 23.

## **RESULTADOS**

La distribución de individuos por clase diamétrica entre las unidades de muestreo uno no hay ningún individuo de la clase diamétrica menor a 5 cm de diámetro, mientras en la unidad de muestreo tres presento el mayor número de individuos (100) en esta categoría (Figura 1).

Como se observa en la figura 2 hay mayor número de individuos (200) en el estrato dos en la unidad de muestreo tres. Y no se localizó ningún individuo en el estrato uno de la unidad de muestreo uno. Además, se presentó con el análisis de comparación de medias diferencia significativa  $p < 0.05$  entre las unidades de muestreo (Cuadro 1).

En cuanto a la comparación de medias de alturas y diámetros si hubo una diferencia significativa  $p < 0.05$  entre las unidades de muestreo debido al cambio en el relieve de la zona de borde hacia la llanura de inundación (Figura 3).

## DISCUSIÓN

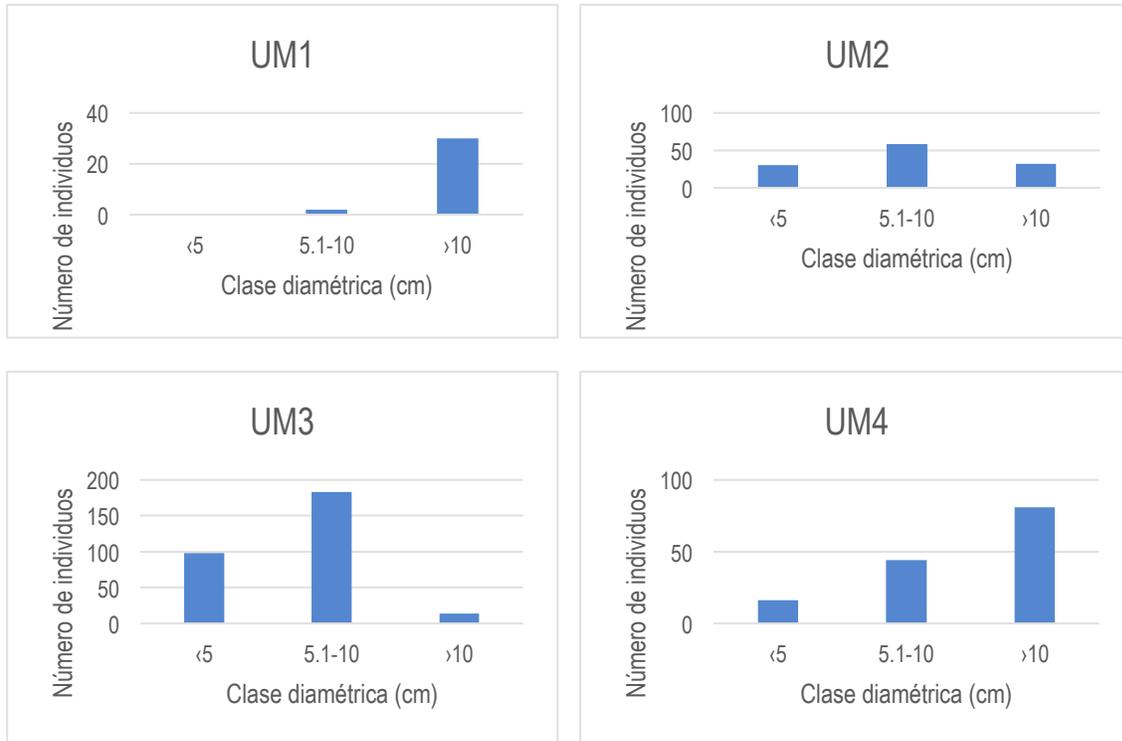
La distribución de la abundancia del sausal entre las unidades de muestreo fue diferente, esto se debe a los siguientes factores, en primer lugar, el sitio no presenta un relieve plano, sino que existe una diferencia de 12 m de altitud entre la unidad de muestreo uno y la cuatro. El periodo de inundación anual en el lugar llega hasta los 12 m lo que ha provocado que no se presente ningún individuo en las categorías diamétricas menores de 5 cm, mientras que en la unidad de muestreo tres, intermedia en periodos de inundación presentó la mayor abundancia de individuos menores a 5 cm diámetro.

También esta diferencia en estructura y abundancia del sausal entre sitios se debe al tipo de suelo como en otros lugares (Liotta, 2011). En este caso en la unidad de muestreo uno se localizó a 12 m de altitud y se presenta sobre fluvisol, mientras que la unidad de muestreo tres y cuatro es Gleysol (Palma et al., 2007; Castillo et al., 2015; Zavala et al., 2016; Salgado et al., 2017).

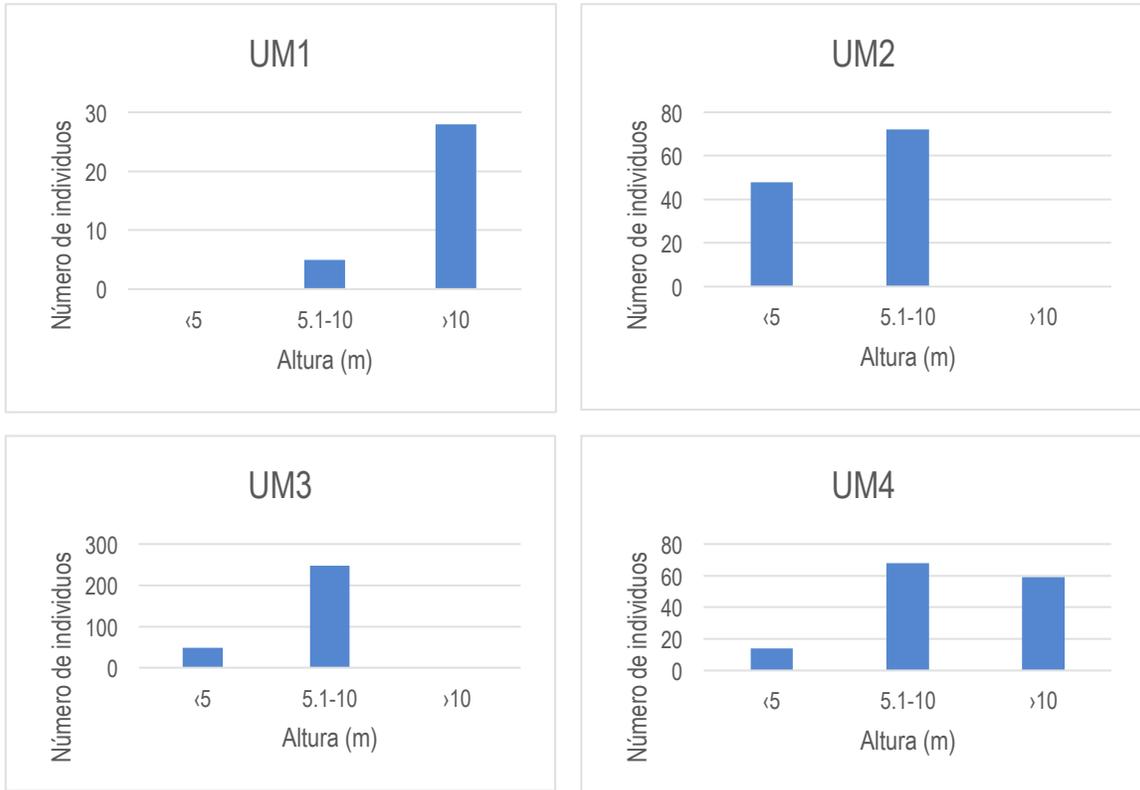
## CONCLUSIONES

Se censaron 588 individuos en 2,500 m<sup>2</sup> la unidad de muestreo tres presento el mayor número de individuos (200) en el estrato tres entre 5.1 y 10 m. El sausal presenta una alta abundancia de individuos y cada año se incorporan nuevos

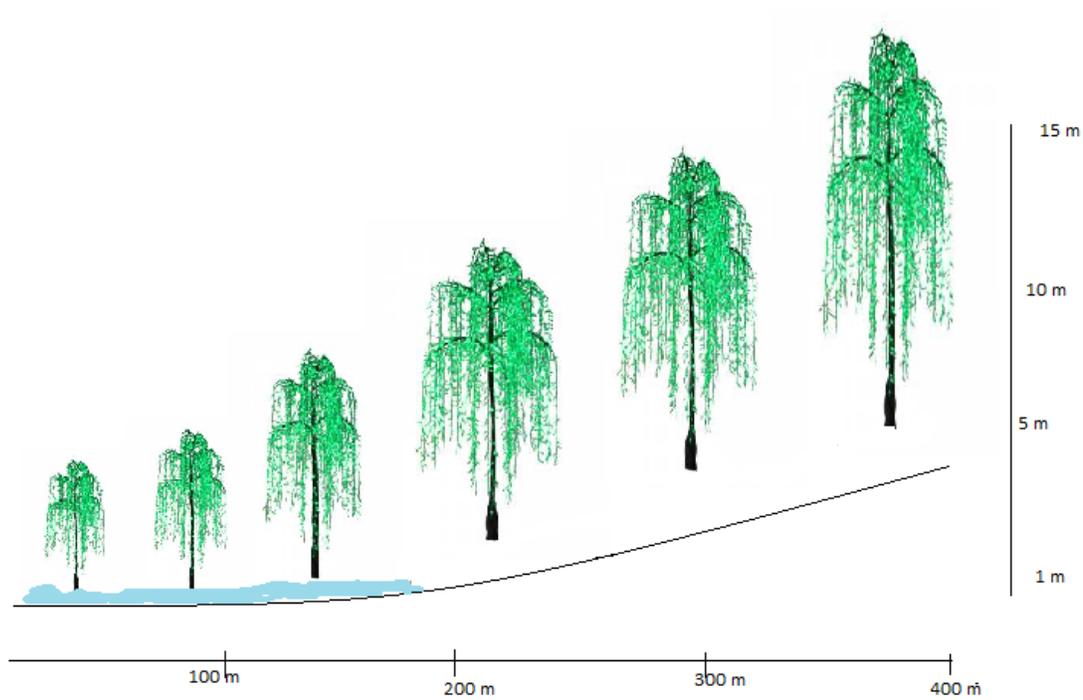
después de las inundaciones. Hay diferencias significativas de los diámetros y alturas entre las cuatro unidades de muestreo.



**Figura 1.** Distribución del diámetro de todos los individuos censados de sauce en las cuatro unidades de muestreo en el humedal de Chaschoc, Emiliano Zapata, Tabasco.



**Figura 2.** Distribución de alturas de todos los individuos censados de sauce en las cuatro unidades de muestreo en el humedal de Chaschoc, Emiliano Zapata, Tabasco.



**Figura 3.** Perfil del área de estudio con la distancia total censada del sausal en el humedal de la Laguna de Chaschoc, Emiliano Zapata, Tabasco.

**Cuadro 1.** Medias y desviación estándar de diámetros y alturas de los individuos de *Salix humboldtiana* Will en las unidades de muestreo.

Unidad de Muestreo	N	M dap	DE	M altura	DE
1	32	21.09*	7.01	12.80*	2.99
2	120	7.93*	3.351	5.74*	1.82
3	295	6.57*	2.26	6.79*	1.44
4	141	10.71*	4.19	9.52*	2.42
<b>Total</b>	<b>588</b>				

La diferencia de medias es significativa al nivel \* $p < 0.05$ .

## REFERENCIAS

- Brower, J., Zar, J.** (1984). *Field & laboratory methods for general ecology*; (2<sup>nd</sup> edition; p. 226). W.C. Brown Publishers.
- Castillo-Acosta, O., C. Arias Montero & M. Sánchez-Pérez.** (2015). *Informe Técnico de la fenología de la vegetación del Proyecto FOMIX 2015*.
- Gordillo-Chávez, E., Mata Zayas, E., García-Morales, R., Morales Garduza, M., Villanueva García, C. & Valdez-Leal, J.** (2015). Mastofauna del humedal Chaschoc-Sejá en Tabasco, México. *Therya*, 6(3), 535-544.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).** (2001). *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco*.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).** (2005). *Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación*. Aguascalientes: autor.
- Liotta, J.** (2001). Rasgos biológicos de '*Salix humboldtiana*' Willd. y régimen de pulsos de inundación. *Interciencia*, 26(9), 397-403.
- Marín Muñiz, J., Hernández Alarcón, M. & Moreno-Casasola Barceló, P.** (2011). Secuestro de carbono en suelos húmedales costeros de agua dulce en Veracruz. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 13(3), 365-372.
- Miranda, F. & E. Hernández X.** (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28, 29-179.
- Mitsch, W.J., J. Gosselink.** (2000). *Wetlands*; (3<sup>th</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Molles, M. C. Jr.** (2005). C: N: P stoichiometry of dominant riparian trees and arthropods along the Middle Rio Grande. *Freshwater Biology*, 50, 1882-1894.
- Moreno-Casosola, P. & Infante Mata, D.** (2016). *Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos*; (p. 128). Xalapa, Veracruz; México: INECOL-OIMT-CONAFOR.
- Palma-López, D.J., Cisneros, D.J., Moreno, C.E., Rincón-Ramírez, J.A.** (2007). *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*; (p. 196). Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB.

- Rodríguez-Medina, K. & Moreno-Casasola, P.** (2017). Efecto de la ganadería y la variación estacional sobre la composición florística y la biomasa vegetal en los humedales de la costa centro oeste del Golfo de México. *Acta Botánica Mexicana*, 79-99.
- Rzedowski, J.** (1978). *Vegetación de México*. México: Limusa.
- Salgado, S., Salgado, G.S., Palma, D., Zavala, J., Córdova, S. & Rincón, J.** (2017). Clasificación de los suelos por fertilidad de la subregión ríos de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(12), 9-15.
- Suatunce, J., Véliz, A. & Cunuhay, D.** (2009). Composición florística y estructura del remanente de bosque de galería de la Corporación Agrícola San Juan, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 22(1), 45-50.
- Zar, J.H.** (1999). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Zavala-Cruz, J., Jiménez Ramírez, R., Palma-López, D., Bautista Zúñiga, F. & Gavi Reyes, F.** (2016). Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(8), 161-171.

# **ADN METAGENÓMICO MICROBIÓTICO DE AMBIENTES EXTREMOS EN ACUÍFEROS SUBTERRÁNEOS DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO**

Fátima M. Retta Hernández, L.G. Alfaro Hernández, Verónica I. Domínguez Rodríguez,  
Randy Adams Howard Schroeder & Rodolfo Gómez Cruz✉

✉ [rodolfo.gomez@ujat.mx](mailto:rodolfo.gomez@ujat.mx)

## **RESUMEN**

Este trabajo expone la experiencia del Laboratorio de Biotecnología y Genómica Ambiental, del Cuerpo Académico «Ciencias Ambientales» de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), relacionada con la extracción de ADN metagenómico íntegro y puro en la microbiota de ambientes extremos de acuíferos subterráneos, mediante el kit FastDNA® SPIN para suelo (MP Biomedicals, Santa Ana, California, EE. UU.) y la amplificación por PCR de las regiones hipervariables V1-V4 del gen 16S rRNA bacteriano. Los resultados mostraron que con la extracción del kit comercial FastDNA® SPIN, se consiguió el 60 % del ADN metagenómico de 10 muestras ambientales colectadas en las Cuevas de Villa Luz.

## **INTRODUCCIÓN**

Las técnicas de secuenciación masiva marcaron un incremento importante en el número de reportes sobre la caracterización de comunidades bacterianas con el gen ARNr 16S como marcador. Pero, las secuencias son parciales y corresponden a distintas regiones variables.

Las discrepancias en estos hallazgos fomentaron estudios comparativos entre algunas regiones variables y el gen completo (Sun *et al.*, 2013). Así, los índices de diversidad son una forma de evaluar las comunidades bacterianas, por lo que la capacidad del par de iniciadores, y la región del gen ARNr 16S que amplifican, tiene un efecto determinante en la descripción de la diversidad bacteriana de muestras ambientales.

En el contexto de los nuevos campos de investigación «ómicas» y del interés de estudiar de forma integral las comunidades bacterianas de ambientes específicos, surgió la metagenómica, que, a través de diversos enfoques y metodologías, permite la comprensión de las funciones de una comunidad microbiana. El término meta significa trascender y en el concepto metagenómica es estratégico porque este campo de la ciencia incluye investigación a tres niveles interrelacionados (procesamiento de muestras, secuenciación de ADN y análisis funcional) para comprender la función e importancia de los genes en una comunidad y analizar su influencia en las actividades de otros genes al realizar una función colectiva (NRC, 2007).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las muestras ambientales (mocotitas, biovermiculitas y sedimentos) se colectaron de 10 sitios seleccionados en las Cuevas de Villa Luz (CVL; Figura 1). Las CVL es un acuífero subterráneo, constituidas por dos cuevas y alimentadas por 26 manantiales sulfídicos identificados, con concentraciones de H<sub>2</sub>S entre 300 y 500 mg.L<sup>-1</sup>, y O<sub>2</sub> menor a 0.1 mg.L<sup>-1</sup> (Hose *et al.*, 2000). Se extrajo ADN metagenómico de 0.5 g de cada una de las muestras ambientales con el kit FastDNA® SPIN para suelo (MP Biomedicals, Santa Ana, California, EE. UU.), siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Las muestras de mocotitas se congelaron con nitrógeno líquido y luego se molieron para lograr una mejor desintegración de las células embebidas dentro de las capas similares a moco y para facilitar la lisis mecánica y química. Las muestras de sedimento se centrifugaron a 10.000xg durante 20 minutos (Eppendorf 5810 R, Hamburgo, Alemania) para extraer por completo el exceso de agua y precipitar las células bacterianas.

En cuanto a las muestras de biovermiculitas, el ADN se extrajo directamente. El ADN obtenido se usó para amplificar 1,400 pares de bases (pb) del gen ADNr 16S bacteriano (rADN) utilizando los oligonucleótidos diseñados por Relman (1993): 8FPL 5'-GCG GAT CCG CGG CCG CTG CAG AGT TTG ATC CTG GCT CAG-3 'Y 806R 5'-GGC TCG AGC GGC CGC CCG GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3' (Invitrogen™, Carlsbad, CA, EE. UU.). La mezcla de reacción de PCR y la evaluación de los productos, se realizó de acuerdo con Gómez-Cruz *et al.* (2018).

## RESULTADOS

La extracción de ADN metagenómico con el kit FastDNA® SPIN muestra una concentración 685.6 ng.µL<sup>-1</sup> y 10.8 ng.µL<sup>-1</sup> de ADN en UJAT-4 y UJAT-5, respectivamente (Figura 2a). La relación de absorbancia 260/280 (A260/280) es muy estable para detección de contaminantes y se considera que un ADN de pureza óptima tiene un valor entre 1.8-2.0 (Olson & Morrow, 2012).

Un ADN de pureza aceptable debe tener al menos una relación A260/280 > 1.6. El ADN extraído en su mayoría es puro y solamente las muestras UJATG9 y UJATG10 con valores < a 1.6 estaban contaminados (Figura 2b). La electroforesis en gel de agarosa al 1.2 % (p/v), permite la valoración de la integridad de la muestra de ADN. Se considera que una muestra de ADN es

íntegra cuando su perfil en una electroforesis en gel de agarosa se corresponde a una banda discreta.

El nivel de degradación de una muestra está determinado por la pérdida de definición de la banda predominante y el acompañamiento de una estela o “smear” a lo largo del gel. La amplificación del gen ADNr 16S bacteriano de las 10 muestras ambientales por PCR se visualiza por electroforesis en gel de una mayor separación de fragmentos de ADN en las muestras ambientales UJAT-2 y UJAT-4, con un tamaño de 506 a 3,000 pb (Figura 2b).

## DISCUSIÓN

La concentración de fragmentos de ADN metagenómico íntegro y puro amplificados por PCR del gen 16S rRNA bacteriano para muestras de pirosecuenciación debe ser de 20 a 100 ng.µL, con un tamaño de 100 a 1,000 pb. Sin embargo, los índices de diversidad son una forma de evaluar las comunidades bacterianas, por lo que la capacidad del par de iniciadores, y la región del gen ARNr 16S que amplifican, tiene un efecto determinante en la descripción de la diversidad bacteriana de muestras ambientales.

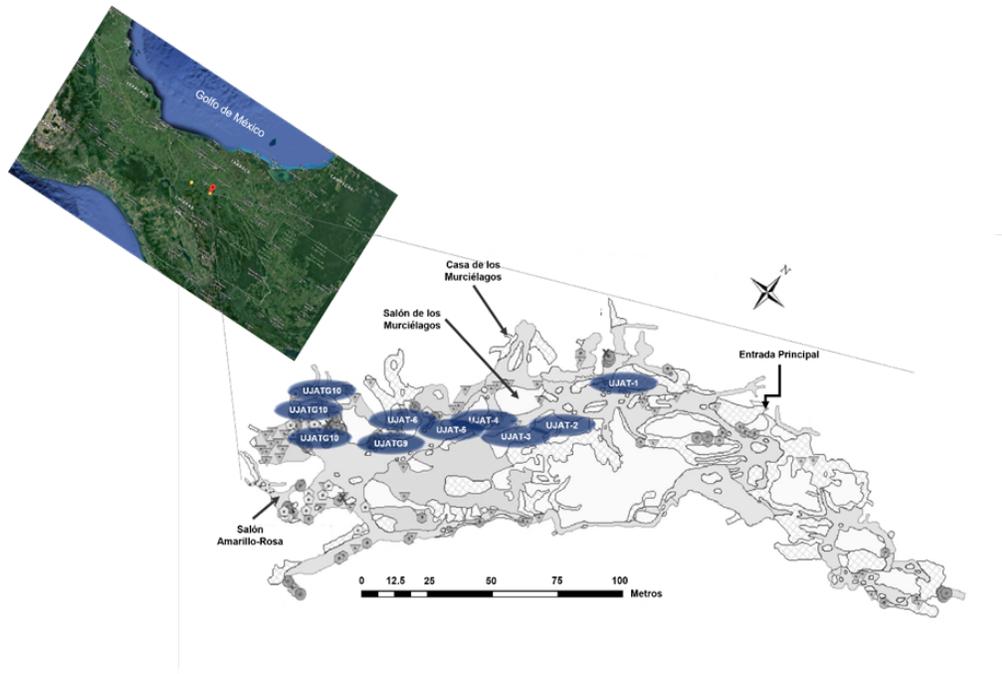
Por ejemplo, en un análisis de poblaciones microbianas de sedimentos, Miller *et al.* (2013) utilizaron como herramienta taxonómica la región V3 en lugar de la secuencia completa y observaron que la diversidad estimada fue menor y el número de Unidades Taxonómicas Operativas (OTUs) que no pudieron ser clasificadas, ni siquiera a nivel de filo, se incrementó de 8.6 % a 34.6 %. En la caracterización de comunidades microbianas de aguas residuales, la información obtenida con un fragmento que contenía a las regiones V1 y V2 no fue suficiente para detectar organismos de los filos *Verrucomicrobia*, *Planctomycetes* y *Chlamydiae* (Cai *et al.*, 2013).

En otro estudio, Huse *et al.* (2008) analizaron muestras tan distintas como de intestino humano y chimeneas submarinas y demostraron que cada región del ARNr 16S proporciona diferentes valores de diversidad microbiana: mientras que con el uso de la región V3 registraron 42 taxones, con la V6 solamente encontraron 26.

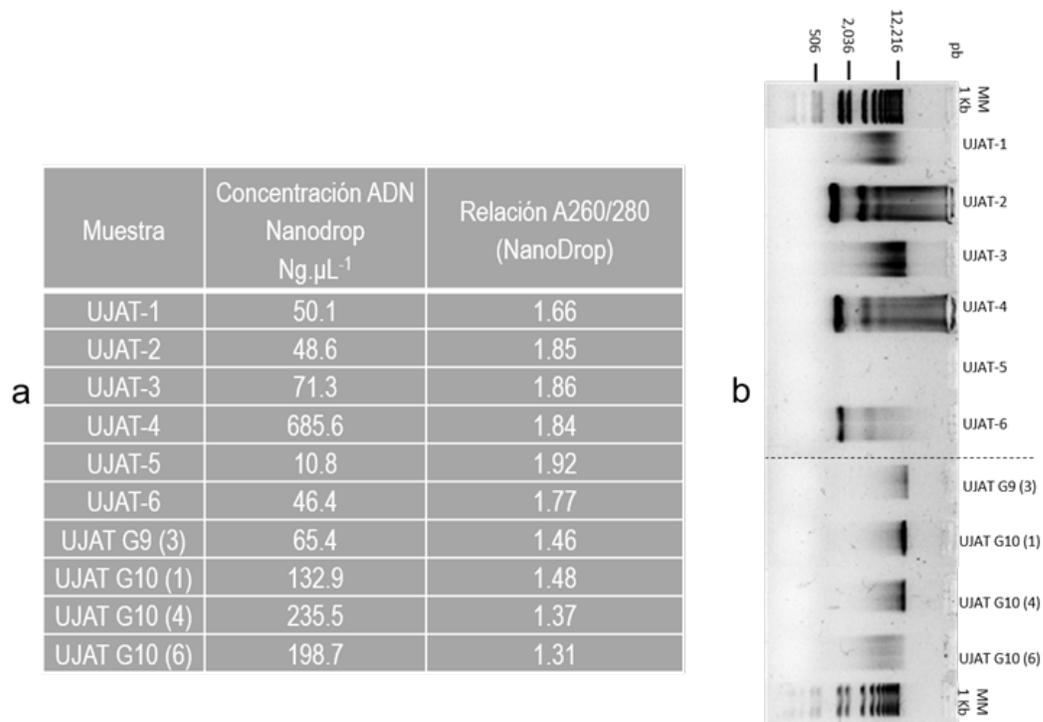
Ante las diferencias de especificidades entre los iniciadores conocidos, a veces altamente específicos para un grupo de bacterias, algunos autores recomiendan el uso combinado de diferentes juegos de iniciadores, diferentes técnicas de extracción de ADN y una secuenciación profunda del material genómico obtenido de la comunidad bacteriana (Hong *et al.*, 2009; Wang y Qian 2009).

## **CONCLUSIONES**

El kit FastDNA® SPIN para suelo (MP Biomedicals, Santa Ana, California, EE. UU.) es factible y recomendable para la extracción de ADN metagenómico de muestras ambientales en acuíferos subterráneos, como las CVL, porque garantiza la obtención de ADN metagenómico íntegro y puro.



**Figura 1.** Ubicación y mapa simplificado de las CVL, y sitios de colecta de muestras ambientales marcados con iconos color azul.



**Figura 2.** Evaluación de muestras de la calidad del ADN metagenómico íntegro y puro por (a) espectrofotometría y (b) electroforesis en gel de agarosa al 1.2% (p/v).

## REFERENCIAS

- Cai, L., Ye, L., Tong, A.H.Y., Lok, S. & Zhang T.** (2013). Biased diversity metrics revealed by bacterial 16S pyrotags derived from different primer sets. *PLOS ONE*, 8, e53649. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053649>
- Gómez-Cruz, R., D'Auria, G., Artacho, A., Rojas, R.A., Bautista, J.S., Méndez, R., Gamboa, M.T. & Gamboa, J.R.** (2018). Metanogenomics of bacterial diversity in Villa Luz cave with sulfur water springs. *Gene*, 9(1), 55. <https://doi.org/10.3390/genes9010055>.
- Hong, S., Bunge, J., Leslin, C., Jeon, S. & Epstein, S.S.** (2009). Polymerase chain reaction primers miss half of rRNA microbial diversity. *The ISME Journal*, 3, 1365-1373. <https://doi.org/10.1038/ismej.2009.89>
- Hose, L.D., Palmer, A.N., Palmer, M.V., Northup, D.E., Boston, P.J., Duchene, H.R.** (2000). Microbiology and geochemistry in a hydrogen-sulphide-rich karst environment. *Chemical Geology*, 169(3-4), 399-423.

- Huse, S.M., Dethlefsen, L., Huber, J.A., Welch, D.M., Relman, D.A., Sogin, M.L.** (2008). Exploring microbial diversity and taxonomy using SSU rRNA hypervariable Tag sequencing. *PLOS Genetics*, 4(11), e1000255. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1000255>
- Miller, C.S., Handley, K.M., Wrighton, K.C., Frischkorn, K.R., Thomas, B.C., Banfield, J.F.** (2013). Short-read assembly of full-length 16S amplicons reveals bacterial diversity in subsurface sediments. *PLOS ONE*, 8(2), e56018. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0056018>
- NRC (National Research Council, US).** (2007). *The New Science of Metagenomics: revealing the secrets of our microbial planet*; (pp. 158). Washington, DC: National Academies Press.
- Olson, N.D. & Morrow, J.B.** (2012). DNA extract characterization process for microbial detection methods development and validation. *BMC Research Notes*, 5, 668. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-668>
- Relman, D.A.** (1993). Universal bacterial 16S rDNA amplification and sequencing. In: D.H., Smith; T.F., Tenover; F.C., White, T.J. (Eds.); *Diagnostic molecular microbiology: principles and applications*; (pp. 489-495). Washington, DC: Persing, ASM Press.
- Sun, D.L., Jiang, X., Wu, Q.L. & Zhou, N.Y.** (2013). Intragenomic heterogeneity of 16S rRNA genes causes overestimation of prokaryotic diversity. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(19), 5962-5969. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01282-13>
- Wang, Y. & Qian, P.Y.** (2009). Conservative fragments in bacterial 16S rRNA genes and primer design for 16S ribosomal DNA amplicons in metagenomic studies. *PLOS ONE*, 4, e7401. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0007401>

# DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEAPA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GRIJALVA

*Antonio de Jesús Jiménez Hidalgo, Silvia del C. Ruiz Acosta,  
Adalberto Galindo Alcántara<sup>✉</sup> & Miguel Ángel Palomeque de la Cruz*

✉ [adalberto.galindo@ujat.mx](mailto:adalberto.galindo@ujat.mx)

## RESUMEN

La subcuenca del río Teapa se localiza en el sureste de la República Mexicana, entre los estados de Tabasco y Chiapas, pertenece a la parte baja de la cuenca del río Grijalva. Se llevó a cabo la delimitación y caracterización de la subcuenca del río Teapa mediante la aplicación de Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución, utilizando el programa ArcGis 10.1 y con el apoyo de documentos y base de datos obtenidos de las paginas oficiales del INEGI y la CONABIO. Se obtuvo una clasificación de la subcuenca, aplicando los factores biofísicos de tipos de suelos, vegetación, fisiografía y uso del suelo. Los resultados finales indican que la subcuenca cuenta con una extensión de 132,360 ha y con una altitud variable de entre 0 y 2,200 m.s.n.m. Su principal uso del suelo y vegetación son los pastizales cultivados ocupando 82,180 ha que representan el 62 % del área total de la subcuenca. El suelo acrisol húmico ocupa un área de 36,214 ha (27.3 %) por lo cual es el tipo de suelo predominante. Por último, en cuanto a la fisiografía de la subcuenca, la mayor parte ésta constituida por las llanuras y pantanos tabasqueños ocupando 91,726 ha (69 %).

## INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la cual el agua se desaloja a través de un sin número de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común, que sirve de eje de la zona (Henaó, J. 1998 citado por Montoya, 2009). Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (*Divortium Aquarum*), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal (Vásquez *et al.*, 2016).

Asegurar la calidad de vida y el desarrollo sostenible de nuestras sociedades exige en la actualidad una gestión racional y equilibrada de los recursos naturales, particularmente del agua, suelo y vegetación (López, 2014), es aquí donde recae la importancia de un manejo integral de las cuencas hidrográficas como los portadores de una abrumadora cantidad de recursos hidrológicos.

El manejo de cuencas establece una serie de medidas con las cuales se quiere disminuir el impacto negativo, tanto en lo económico como en lo social, de las actividades desarrolladas por el hombre en el manejo de los recursos naturales. La importancia del manejo de cuencas hidrográficas se puede analizar a partir de los siguientes aspectos: 1) control de erosión y sedimentación; 2) control de inundaciones; 3) abastecimiento de agua para las ciudades; y 4) desarrollo social y económico (Londoño, 2001).

Cuando una cuenca hidrográfica no está protegida o no se maneja adecuadamente, se provocan inundaciones en tierras abajo. Además de los daños y costos económicos, así como el desperdicio de grandes volúmenes de agua, el mayor costo es la pérdida de vidas humanas.

En México la primera regionalización nacional, que consideró como criterios básicos la orografía e hidrografía, fue elaborada en los años 60 por la entonces Dirección de Hidrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, agrupando para ello las cuencas del país en 37 regiones hidrológicas y que hoy día prevalecen como base de los estudios técnicos en materia de agua y de las diferentes regionalizaciones realizadas a lo largo del tiempo (Breña y Jacabo, 2006).

El estado de Tabasco pertenece a la región hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta, forma parte de la Región Hidrológica Administrativa XI, Frontera Sur; esta última abarca los estados de Tabasco, Chiapas, tres municipios de Oaxaca y uno de Campeche. Por su amplitud se subdivide a su vez en ocho subregiones (Programa Hidráulico Regional, 2003:15 citado en Galindo, A., Ruiz, S., y Morales, A., 2015).

El río Grijalva es el segundo río más caudaloso del país, tiene un área de cuenca aproximada de 58,000 km<sup>2</sup>, el cual nace en la República de Guatemala y desemboca en el Golfo de México, en el estado de Tabasco, después de haber cruzado el estado de Chiapas, en el cuál a lo largo de su cauce medio se han construido las plantas hidroeléctricas más importantes del país las cuáles son la presa Angostura o Belisario Domínguez construida en 1976 y que es la mayor presa de México; la presa Chicoasén construida en 1980 la cual tiene la cortina más alta del país con 261 m; la presa Mal paso o Netzahualcóyotl construida en 1966 y la presa Peñitas inaugurada en 1987 y que es la más pequeña en el sistema Grijalva-Mezcalapa (González, 2009). La subcuenca del río Teapa se localiza entre los estados de Tabasco y Chiapas ocupando un aproximado 132,360 ha entre las dos entidades, es la receptora del agua superficial del cauce principal por el cuál recibe su nombre «el Río Teapa» el cual tiene sus inicios en las serranías del Norte de Chiapas en los municipios de Pantepec, Chapultenango y Solosuchiapa para luego descender hacia el

norte y adentrarse a tierras tabasqueñas a través de los municipios de Teapa y Centro, y, al final se une a una red hidrológica más grande que resulta ser la subregión hídrica de la cuenca del río de la Sierra. El objetivo de este estudio fue delimitar y caracterizar la subcuenca aplicando factores biofísicamente definidos para obtener sus principales componentes. Con el apoyo de las herramientas del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) y utilizando el programa ArcGis 10.1 se obtuvieron los mapas de distribución y un Modelo Digital de Elevación (MDE) que permitieron cumplir con los objetivos propuestos.

## OBJETIVOS

Delimitar y caracterizar biofísicamente la subcuenca del río Teapa como parte de la cuenca baja del Río Grijalva mediante el uso de SIG utilizando un Modelo Digital de Elevación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área de estudio.** La subcuenca del río Teapa se encuentra localizada en una parte de la región centro y la región sierra del estado de Tabasco y en la región norte de Chiapas (Figura 1) ocupando un área de 132,360 ha entre las dos entidades, pertenece a la parte baja de la cuenca del río Grijalva y tiene una altitud variable de entre 10 a los 2,200 m.s.n.m., con una ubicación geográfica entre las coordenadas 17° 36' 50" latitud Norte y 93° 5' 13" longitud Oeste.

La subcuenca es la receptora del agua superficial para el río por el cuál recibe su nombre «el Río Teapa» el cual tiene sus inicios en el altiplano de Chiapas para luego dirigirse hacia el norte y al final adentrarse a tierras tabasqueñas.

**Revisión de literatura.** Esta fue una etapa fundamental para la realización de este proyecto de investigación, ya que se debe garantizar la obtención de la información más relevante para el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso y dado que en la actualidad se dispone de mucha información científica y su crecimiento es exponencial lo que resulta en el problema de cómo manejar de manera eficiente tanta información. Cabe señalar que el tema de las cuencas hidrográficas recibe mucho interés por su importancia en diferentes ámbitos como el social, económico, político, ambiental, etcétera.

Se recabo toda la información posible acerca del área de estudio: sus principales atributos, estudios hidrológicos precedentes y antecedentes. Así como también de los modelos digitales de elevación y los sistemas de información geográfica que fueron las herramientas principales para llevar a cabo los objetivos propuestos en este proyecto.

**Digitalización.** El software utilizado para el manejo de la información cartográfica fue el ArcGis 10.1 en el Laboratorio de Sistemas Información Geográfica de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT), con el que se trabajaron los datos del Modelo Digital de Elevación de Alta Resolución con tamaño de celda de 5 x 5 m aplicando las herramientas del programa para los polígonos necesarios para llevar a cabo la delimitación y proceder a la caracterización biofísica.

Los datos del área de estudio se obtuvieron a partir de la digitalización de mapas y documentos de diversas fuentes como la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) en los cuales se descargaron los mapas y bases de datos de los tipos de suelo, fisiografía, vegetación y uso del suelo de la república mexicana en formato SHAPE para ser utilizados en el programa

correspondiente, lo cual permitió realizar la caracterización del área de estudio. Finalmente, obtenidos los mapas con cada una de las características de la zona se exportaron en formato JPEG para poder ser agregados en el trabajo final y realizar su apropiada descripción.

**Verificación en campo.** Además del trabajo de investigación documental y la digitalización de los mapas, también se llevó a cabo un recorrido por algunos municipios pertenecientes a la subcuenca del río Teapa como Centro, Teapa, Reforma, Juárez y Pichucalco estableciéndose una serie de pláticas informales con los habitantes para obtener información acerca de las problemáticas que se presentan en esa zona, así como escuchar sus opiniones, su visión sobre los cambios que han ocurrido durante el transcurso del tiempo, la utilización de los recursos naturales y desastres.

Otro punto muy importante fue el reconocimiento de la infraestructura como caminos, bordos, drenes, canales y puentes ya que tienen un efecto sobre las características del paisaje (figura 3). Por último, se guardaron algunos puntos con el GPS GARMIN GPSmap 62sc para corroborar que los resultados preliminares coincidieran con la realidad, para esto las coordenadas geográficas fueron convertidas en coordenadas UTM y subidas al programa ArcGis 10.1 para valorar su precisión y veracidad.

## RESULTADOS

**Modelo Digital de Elevación (MDE).** Con ayuda del MDE (Figura 4) se logró determinar los límites de la subcuenca a partir de los puntos más altos de la misma, los cuales forman el parteaguas que divide la cuenca de otras cuencas vecinas.

Otro punto son las diferentes altitudes que se presentan, en donde, los puntos más bajos de 0-100 m.s.n.m. se encuentra en la parte norte de la cuenca hacia las llanuras y los pantanos de Tabasco y las zonas más altas con alturas de hasta los 2,200 m.s.n.m. se encuentran en las zonas montañosas de Chiapas.

También se puede notar en el mapa de distribución que es una cuenca compleja y con una pendiente definida, ya que los puntos más altos empiezan desde las serranías de Chiapas en la zona sur de la cuenca y van descendiendo hacia los pastizales y pantanos de Tabasco que se encuentran en la zona norte. Por lo tanto, se puede definir que la cuenca es de tipo exorreica ya que la corriente principal en este caso el río Teapa evacua el agua fuera de la subcuenca a una red hidrológica más grande que resulta ser la subregión hídrica de la cuenca del río de la Sierra, la que a su vez pertenece a la parte baja de la cuenca del río Grijalva el cual desemboca sus aguas en el Golfo de México.

**Uso del suelo y vegetación.** En la figura 5 se observa que la mayor parte de la subcuenca está cubierta de Pastizales cultivados, que se encuentran distribuidos a lo largo de su territorio, con un área de 82,180 ha que representan el 62 % del total de la subcuenca, seguido por la agricultura de temporal permanente que se localiza principalmente en la región central con un área 8,405 ha (6.35 %), los cuales se distribuyen en zonas semiáridas y de clima fresco, en zonas con un alto grado de declive y sin una suficiente protección se erosionan con mucha facilidad.

La mayoría de los pastizales se utilizan para actividades de producción pecuaria como la cría de ganado bovino y equino, que son importantes fuentes de ingresos para las comunidades que habitan en la zona. En la parte sur de la cuenca se hayan zonas de vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia ubicados en las montañas de Chiapas con un área total de 7,669.5

ha (5.8 %) donde se encuentra vegetación muy exuberante formada por árboles de hasta los 30 m o más de alto y que son unos de los ecosistemas con mayor riqueza de especies; también se encuentran algunas zonas de selvas secundarias bajas perennifolias, agricultura de temporal y riego permanente o semipermanente.

Debido a la gran variedad de uso del suelo, vegetación y cuerpos de agua presentes se puede asegurar que se realizan un gran número de actividades socioeconómicas por parte de las comunidades que habitan dentro de la cuenca y así, una vez más, se ve reflejada la importancia que tienen las cuencas hidrológicas para el desarrollo y sustentabilidad de la sociedad.

**Tipo de suelos.** Dentro de la subcuenca existe una gran cantidad de suelos como el litosol, acrisol, gleysol, cambisol, fluvisol, etcétera, tal como se puede apreciar en la figura 6, en la subcuenca del río Teapa predomina principalmente el suelo de tipo acrisol húmico ocupando un 27.3 % (36,214.5 ha) del área total de la subcuenca. En segundo lugar, tenemos el suelo gleysol eutrítico ocupan el 26.3 % (34,921 ha). Ambos se encuentran distribuidos principalmente en la parte central de la subcuenca.

En la zona norte abundan los suelos del tipo gleysol vertico ocupando un área de 12,126 ha (9 %) y Acrisol plúntico con 7,238 ha (5.5 %) los cuales tienen la característica de ser pantanosos, donde se acumula y estanca el agua si se encuentran en lugares de mucha precipitación, en México estos suelos son aprovechados en la agricultura de hortalizas con resultados muy buenos, cabe señalar que se encuentra en una zona de baja altitud dentro de la cuenca.

Por último, tenemos la zona sur de la cuenca en la cual se encuentra el suelo de tipo cambisol crómico ocupando un porción de 2,533 ha (2 %), estos son suelos jóvenes en general y tienen una moderada susceptibilidad a la erosión;

también se encuentran suelos de andosol ócrico (946.5 ha) los cuales son suelos típicos en las zonas aserradas de Chiapas; al final, pero no menos importante el suelo litosol ocupando un área de 7031 ha (5.3 %), este suelo se caracteriza por tener una profundidad no mayor a los 10 centímetros. El uso de este suelo depende principalmente de la vegetación que lo cubre, sin embargo, debe tenerse en cuenta que es un suelo con alta susceptibilidad de erosión.

**Fisiografía.** Como se puede observar en la figura 7, la fisiografía de la cuenca, en la zona Norte y la mayor parte de la zona central de la subcuenca predominan las llanuras y pantanos los cuales ocupan 91,726 ha que representan el 69 % del área total de la subcuenca, estos se forman debido a los sedimentos aluviales que se depositan por los escurrimientos de las corrientes tributarias y principales de la cuenca que se proyectan a esta región por ser de muy baja altitud, lo cual con lleva a la problemática de tener una alta vulnerabilidad ante desastres hidrológicos extremos, sin embargo como se mencionó anteriormente estas zonas tienen un potencial para la agricultura de hortalizas.

Por el contrario en la zona Sur de la subcuenca predominan las serranías montañosas de Chiapas que ocupan un área de 40,634 representando el 31 %. Estas zonas tienen una altitud máxima de 2,200 m.s.n.m., su suelo es delgado, con alta susceptibilidad a la erosión y poco apto para la agricultura. Es en esta zona donde el río Teapa tiene sus orígenes.

## **DISCUSIÓN**

El crecimiento demográfico y la periurbanización se ha considerado como un motor del cambio de uso del suelo y la pérdida de ecosistemas y biodiversidad. Desde una doble perspectiva histórica y predictiva, de los cambios en la

superficie de los humedales y en la deforestación progresiva entorno a Villahermosa, la urbe más importante de la cuenca del río Grijalva, en el estado de Tabasco (Palomeque *et al.*, 2017). Tal y como se puede observar en los mapas de uso del suelo y vegetación en donde se demuestra que la mayoría del territorio de la subcuenca está ocupada por pastizales cultivados productos del crecimiento demográfico y la necesidad de producir más recursos y alimentos para la población.

El análisis del cambio de uso del suelo demuestra que Villahermosa se ésta expandiendo de forma incontrolable ante un desarrollo sostenible deficiente; de ser una ciudad compacta se transformó en un perímetro sectorial y después en una urbe fragmentada, lo cual es común en las ciudades latinoamericanas. La ciudad muestra un patrón de crecimiento asociado con la industrialización, reglamentos de uso del suelo, economía regional, movimientos de población, demanda de productos agrícolas y entorno político que dan control total al sector inmobiliario y los procesos socioculturales. El territorio también presenta la influencia del relieve, de la escasa pendiente y de las carreteras que facilitan el establecimiento de nuevos centros de población que demandan infraestructura urbana (Galindo *et al.*, 2017).

Según Monterrosa (2015) la gestión de una cuenca se sustenta en dos grupos de acciones complementarias: el primero, orientado a aprovechar los recursos naturales presentes (usarlos, transformarlos, consumirlos), en aras de propiciar el crecimiento económico; el segundo, orientado a manejar dichos recursos (conservarlos, recuperarlos, protegerlos), con el fin de tratar de asegurar mayor sostenibilidad del ambiente.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados muestran que la subcuenca cuenta con una gran diversidad de recursos naturales y un extenso territorio donde se llevan a cabo un gran número de actividades productivas que benefician directamente a las comunidades que allí habitan. Los datos obtenidos de la caracterización de la subcuenca servirán como una herramienta de apoyo para implementar futuros estudios hidrológicos, control de inundaciones, abastecimiento de agua para los asentamientos humanos y el desarrollo social y económico.

Sin embargo, la información obtenida también resalta características preocupantes dentro de la subcuenca, como es el caso del Modelo Digital de elevación (figura 4) que muestra como la mayor parte está ubicada en una zona de muy poca elevación, de entre 0-100 m.s.n.m., lo cual, sumado a que la parte baja de la cuenca del río Grijalva es un territorio de suma fragilidad ante eventos hidrológicos extremos como lo mostraron las inundaciones del 2007 en Tabasco, deja en claro que las comunidades alojadas en esta zona se encuentran en un peligro real ante la posible ocurrencia de un evento similar.

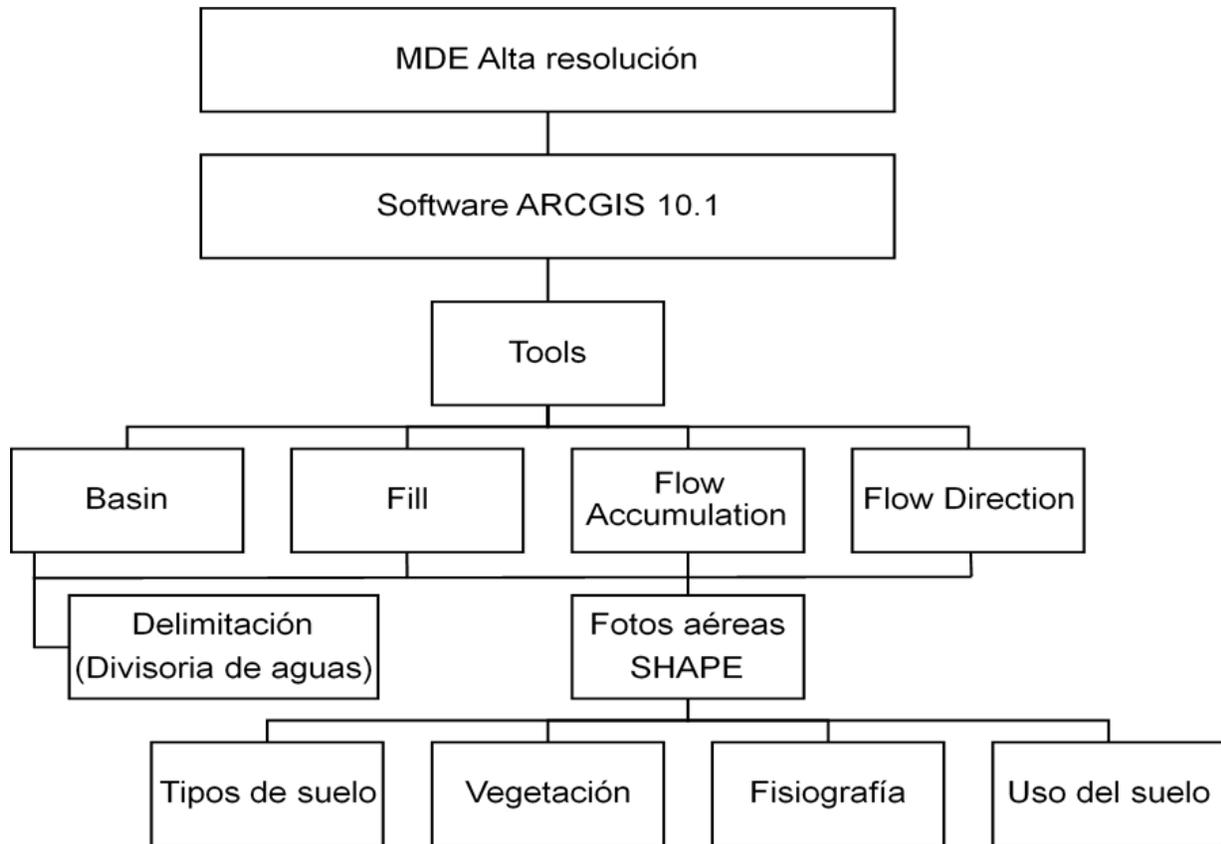
Otro punto que vale la pena mencionar es el gran número de hectáreas que abarcan los pastizales cultivados actualmente (figura 5), ya que estos reflejan principalmente las actividades productivas ganaderas y agrícolas que se realizan dentro de la subcuenca. Como se mencionaba anteriormente, ante el constante crecimiento de las poblaciones humanas se requieren más espacios para urbanización y una mayor producción de alimentos, esto conlleva a la pérdida de ecosistemas, es decir, en un lugar dónde antes había humedales, bosques o selvas que funcionaban como un banco de recursos naturales y de biodiversidad, ahora son destruidos o alterados para construir espacios de asentamiento humano o para realizar actividades de producción.

Durante el recorrido en campo se pudo observar la gran importancia que tienen las cuencas y que no son solo sistemas de drenaje natural, sino que

albergan una gran variedad de recursos naturales, plantas y animales; que brindan muchas oportunidades de esparcimiento y desarrollo; al aplicar un manejo integral y sustentable en las cuencas hidrográficas podemos preservar y mejorar la calidad de vida de los habitantes, de la comunidad y así también de todo el país. En este sentido hay que cuidar más las cuencas presentes en nuestro territorio porque nos brindan un aporte y beneficio económico aunado también a la importancia geopolítica, energética, ambiental, entre otras.



Figura 1. Mapa de localización de la subcuenca del río Teapa.



**Figura 2.** Diagrama metodológico de la digitalización.



**Figura 3.** Puntos de interés en la verificación en campo.

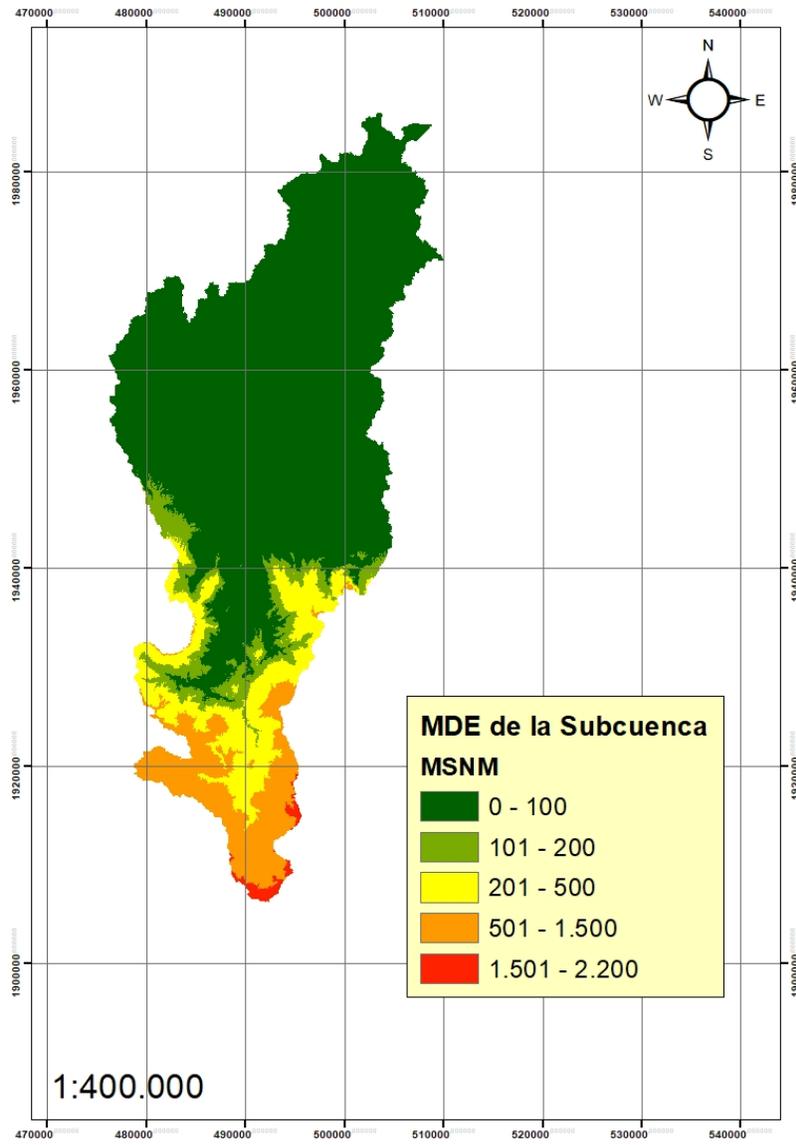


Figura 4. Modelo Digital de Elevación de la subcuenca del río Teapa.

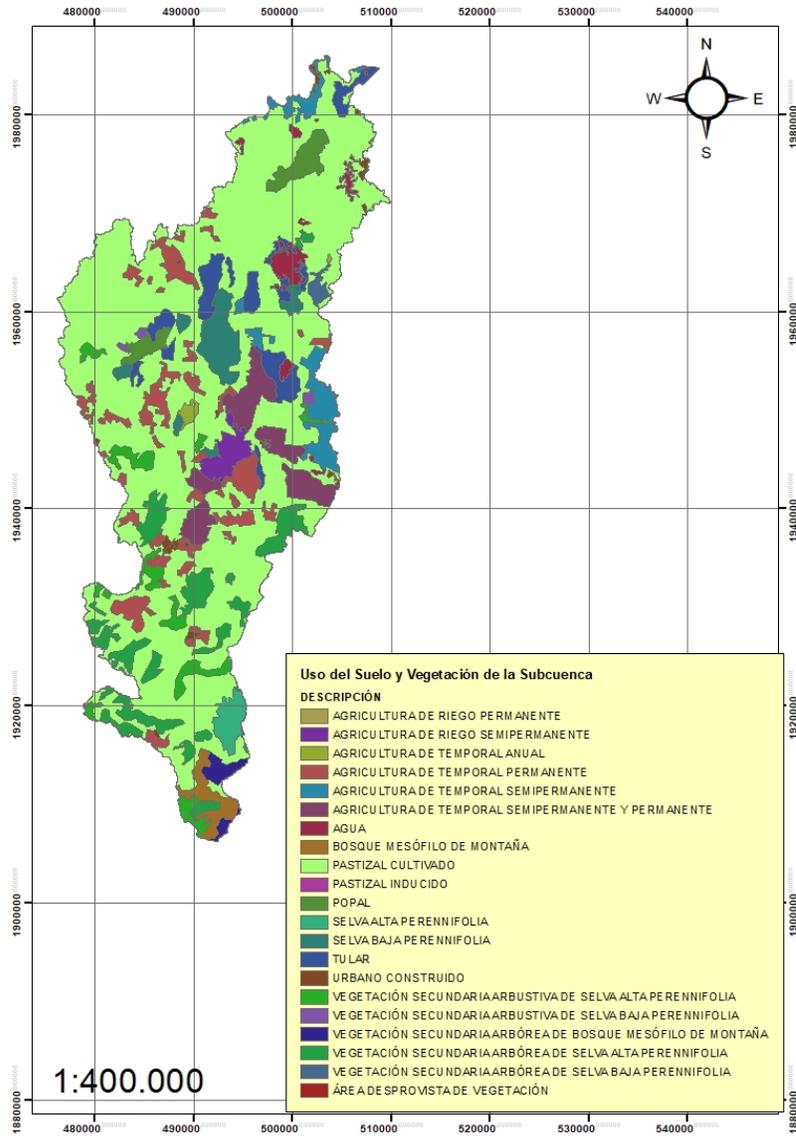


Figura 5. Uso del suelo y vegetación de la subcuenca.

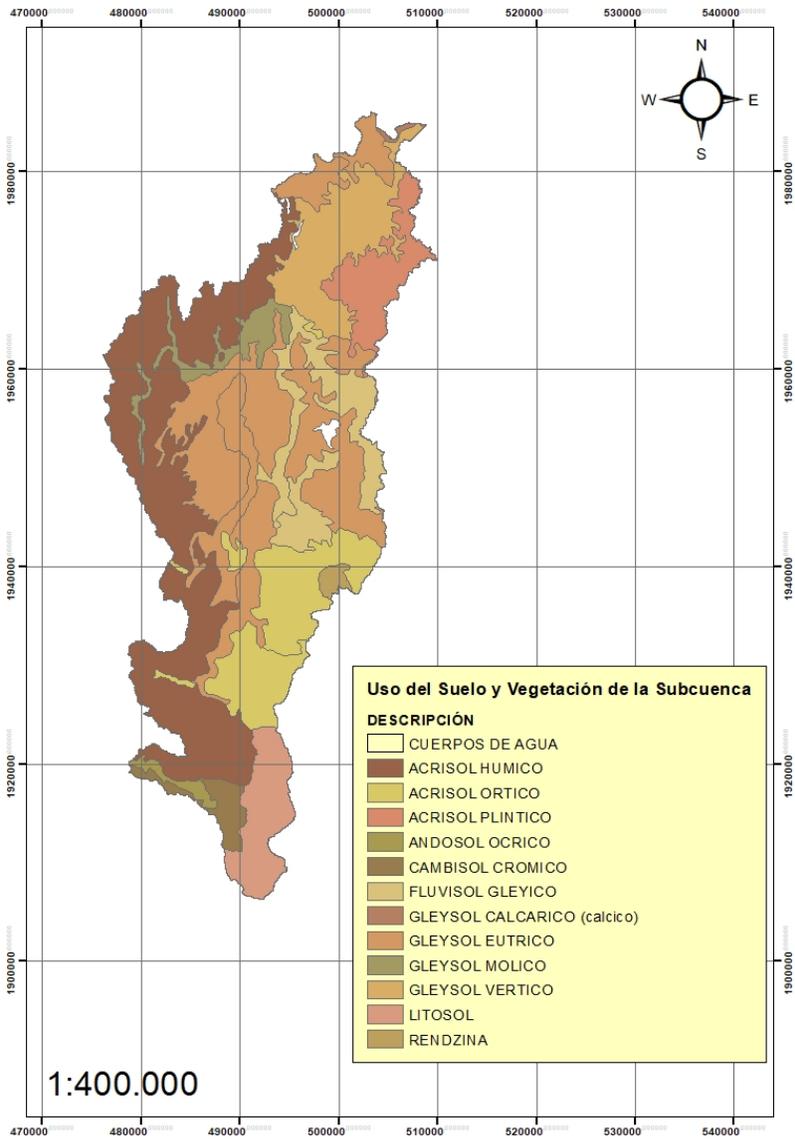


Figura 6. Tipos de suelos de la subcuenca.

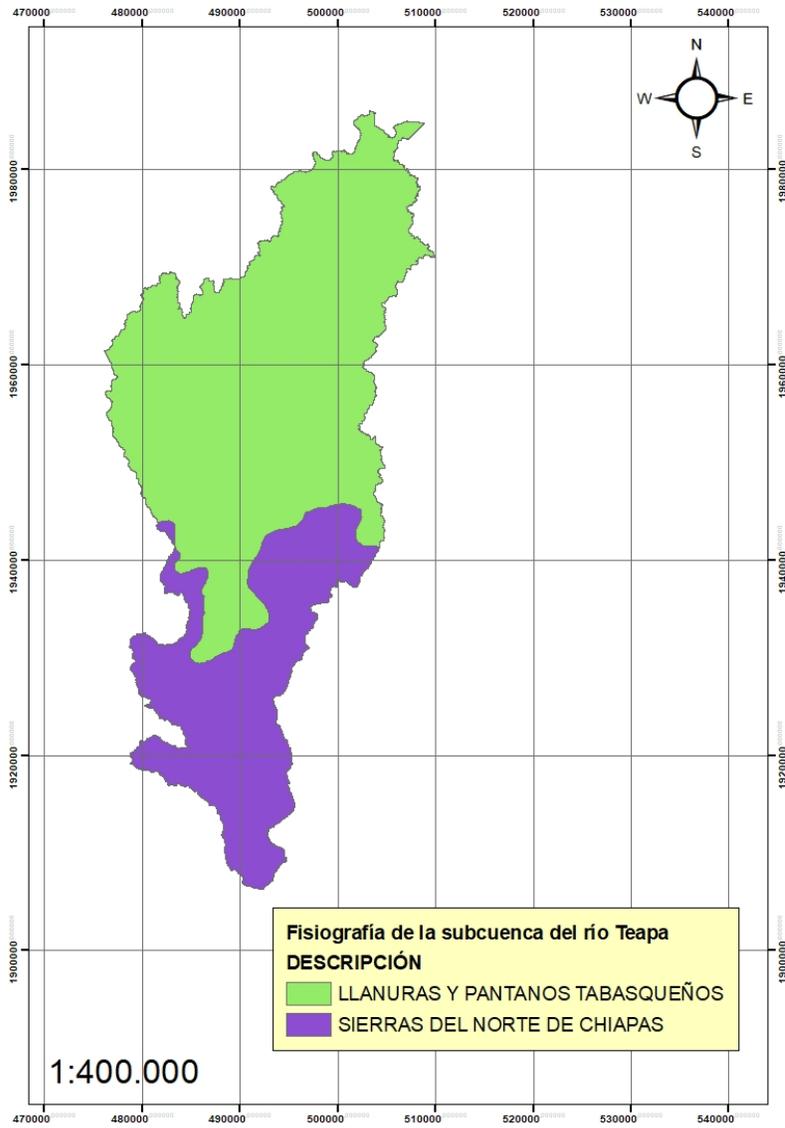


Figura 7. Fisiografía de la subcuenca.

## REFERENCIAS

- Breña, A. & Jacobo, M.** (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*; (pp. 23-45). Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua).** (2014). Estudio para el proyecto hidrológico para proteger a la población de inundaciones y aprovechar mejor el agua (PROHTAB). CONAGUA [web]. México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Capitulo10prohtab.pdf>.
- Galindo, A.A., Ruiz, A.S., Morales, H.A., Sánchez, L.L., Carrizales, E. & Villegas, P. C.** (2015). *Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, 2015*. Tabasco, México: H. Ayuntamiento Constitucional de Centro, Tabasco; Servicios Integrales de Ingeniería y Calidad S.A. de C.V.
- Galindo-Alcántara, A., Escalona-Maurice, M.J., Ruiz-Acosta, S.D.C., Sánchez-Martínez, A.J. & Pérez-Sánchez, E.** (2017). Análisis del cambio de uso del suelo en un ecosistema urbano en la zona de drenaje del río Grijalva, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 23(1), 105-120.
- González, F.** (2009). *Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de presas del río Grijalva ante los impactos del cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), [web]. INECC, Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/ine\\_a1-027\\_2009.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/ine_a1-027_2009.pdf)
- Landgrave, R., & Moreno-Casasola, P.** (2012). Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación ambiental ciencia y política pública*, 4(1).
- Londoño, C.** (2001). *Cuencas hidrográficas: bases conceptuales-caracterización-planificación-administración*. Ibagué, Colombia: Facultad de Ingeniería Forestal, Departamento de Ingeniería, Universidad del Tolima.

- López Báez, W.** (2014). Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XIII(2), 39-45.
- Martínez, S.** (2011). *Aplicación de un modelo distribuido lluvia-escorrentamiento a las cuencas de los ríos de la sierra, Tabasco*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [web]. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/4548>
- Monterrosa, G.** (2015, junio). Cuencas hidrológicas de México. *Cuencas de México*, 1, 9.
- Montoya Moreno, Y. & Montoya Moreno, B.** (2009). Caracterización morfológica de la microcuenca de la quebrada los Andes, el Carmen de Viboral, Antioquia-Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 31-38.
- Palomeque de la Cruz, M.A., Galindo Alcántara, A., Sánchez, A.J. & Escalona Maurice, M.J.** (2017). Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas*, (68), 151-172.
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., Vásquez, C., Castro, A., Tapia, M. & Alcantara, J.** (2016). Manejo y gestión de cuencas hidrográficas; (pp. 13-21). Lima, Perú: Ad Printing S.A.C.

# **CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE UNA SUBCUENCA EN LA CUENCA BAJA DEL GRIJALVA**

*Lupita Herminia Triana Acevedo, Silvia del C. Ruiz Acosta,  
Adalberto Galindo Alcántara✉ & Miguel Ángel Palomeque de la Cruz*

✉ [adalberto.galindo@ujat.mx](mailto:adalberto.galindo@ujat.mx)

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se analizaron algunas de las características morfométricas e hidrográficas de la subcuenca del río Teapa, para establecer el comportamiento de la red de drenaje y sus características físicas. Para conocer tales temas, se emplearon mapas además de un modelo digital de elevación (MED) para posteriormente procesarlos en el software ArcGis 10.1, con esto se obtuvo el área de esta cuenca de 132,360 ha, y para su altitud: comprendidas por zonas altas de 1,501 a 2,200 m.s.n.m. perteneciente al estado de Chiapas donde cruza por los municipios de Juárez, Pichucalco, Ixtacomitan, Chapultenango, Pantepec, Reforma, Ixhuatán, Ixtapangajoya, Solosuchiapa y Tapalapa y la zona baja se ubican en el estado de Tabasco ocupando parte de los Municipios de Teapa y Centro. Agregando que también esta subcuenca tiene importancias socioeconómicas, ambientales, y económico financieras, que son de gran valor en el desarrollo de actividades agroproductivas, para darle un buen manejo sustentable a la cuenca.

## INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas se definen como el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un cauce principal, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas (Ordóñez, 2011).

Con esto en mente la importancia de las cuencas reside en la principal función que desarrollan para las sociedades humanas en la cual, la cuenca hidrográfica representa una fuente de recursos naturales, como lo son particularmente el agua, suelo y vegetación, los cuales aseguran la calidad de vida y desarrollo sostenible de las sociedades cuando se emplea una gestión racional y equilibrada de estos recursos naturales (López, 2013). Sin embargo, su creciente deterioro propiciado por el comportamiento consumista y de desperdicio, ha acelerado los procesos de cambio climático, desastres, contaminación y destrucción de ecosistemas, poniendo de manifiesto la gravedad de la situación en muchos países.

Atender este desafío es complejo, ya que el camino a seguir debe permitir incluir de manera simultánea al menos las siguientes condiciones: luchar contra la erosión de suelo, la deforestación, los desastres por inundación o sequía, satisfacer las necesidades de calidad y cantidad de agua, asegurar la suficiencia agro-alimentaria con un buen manejo de las tierras agrícolas y/o una irrigación apropiada, y combatir la contaminación del agua desde todos los orígenes (López, 2013). Particularmente México vive una degradación significativa de sus cuencas hidrográficas.

La problemática general de pérdida de diversidad y degradación del suelo, así como el mal uso del agua y su contaminación por desechos industriales y domésticos; la pérdida masiva de cubierta vegetal en casi todos los ecosistemas forestales provocada por la deforestación, todo esto deben ser motivo de una seria preocupación (Villanueva, 2002).

De esta manera para poder conocer las zonas de estudio de las cuencas y subcuencas del sureste que conforman a estos ecosistemas, es necesario conocer cómo se dividen, por lo que es importante comprender las regiones hidrológicas de Tabasco las cuales se divide en dos regiones hidrológicas (RH), la 29 o Coatzacoalcos y la 30 o Grijalva-Usumacinta definidas por los principales ríos que las forman.

La RH29 se divide a su vez en siete subcuencas de las cuales la cuenca del río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona es la que influye en Tabasco con aproximadamente 24.8 % de extensión territorial. La corriente principal es el río Tonalá, el cual tiene su origen en la sierra chiapaneca a 1,000 m.s.n.m. donde recibe el nombre de Tancochapa y desemboca en el Golfo de México. La RH30 comprende el 75.2 % de la superficie del estado y se subdivide en tres cuencas: Río Usumacinta (29.2 %), Laguna de Términos (4.5 %) y Río Grijalva Villahermosa (41.5 %). La cuenca Laguna de Términos es la que menor área del estado ocupa con tan solo 4.5 % de la superficie total y se divide en las subcuencas Lagunas del Pom y Atasta, Río Chumpán, y varias zonas de inundación y escaso escurrimiento al inicio de las corrientes San Joaquín y El Pimiental (Ramos, 2009).

El río Grijalva es el segundo río más caudaloso del país, tiene un área de cuenca aproximada de 58,000 km<sup>2</sup>, el cual nace en la República de Guatemala y desemboca en el Golfo de México, en el estado de Tabasco, después de haber cruzado el estado de Chiapas.

Su aportación media anual hasta el sitio de la presa Peñitas es del orden de 22,840 mm<sup>3</sup>. El río Grijalva es un río continuo, que tiene su origen en la sierra guatemalteca de los Cuchumatanes. Resulta de la unión de dos corrientes importantes, el río San Miguel y el río San Gregorio.

Una vez formado el río Grijalva por la convergencia de los ríos San Miguel y San Gregorio –prácticamente en la orilla oriental del vaso de la presa La Angostura–sigue en dirección noroeste por el Valle de Chiapas. La parte de la cuenca del río Grijalva que se encuentra en Guatemala tiene un área de 5,260 km<sup>2</sup>.

En territorio mexicano, el cauce sigue una dirección sureste-noroeste, con sentido hacia el noroeste, a lo largo de la Depresión Central de Chiapas. Posteriormente atraviesa la Meseta Central por el Cañón del Sumidero, recorre las sierras del Norte y desciende en la llanura tabasqueña hasta unirse al río Usumacinta, desembocando juntos en el Golfo de México (González, Carrillo, & Gutiérrez, 2009).

De este modo se encuentra conformada la cuenca del río Grijalva, mientras que la subcuenca del río Teapa cuenta con una área de 132,360 ha, y una altitud de 1,501 a 2,200 m.s.n.m., en sus zonas altas, en zonas bajas tiene de 0 a 100 m.s.n.m., la cual se ubica en la zona central (Centro) y Sur (Teapa) de Tabasco y el Norte (Juárez, Pichucalco, Ixtacomitan, Chapultenango, Pantepec, Reforma, Ixhuatán, Ixtapangajoyá, Solosuchiapa y Tapalapa) de Chiapas, esta subcuenca pertenece a la cuenca baja del río Grijalva antes mencionada, tiene una altitud en sus zonas altas tiene de 1,501 a 2,200 m.s.n.m., en zonas bajas tiene de 0 a 100 m.s.n.m.

De acuerdo con lo antes mencionado, el presente proyecto tuvo como objetivo la caracterización morfométrica de las cuencas, su importancia reside en

conocer la forma, tamaño y el área total donde se encuentra ubicado la cuenca (posicionamiento geográfico) lo que ayuda a conocer el uso eficiente del suelo y al ser la morfometría de las cuencas una herramienta en el análisis hídrico nos ayuda a conocer la división de los cursos de los arroyos, para poder darle un buen manejo y uso sustentable.

## OBJETIVOS

General:

Elaborar la caracterización morfométrica e hidrológica de la subcuenca del río Teapa misma que forma parte de la cuenca baja del Río Grijalva.

Específicos:

Elaborar la cartografía de la red superficial de cuerpos de agua.

Trazar el perfil hipsométrico de la subcuenca.

Caracterizar y clasificar la red de drenaje superficial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Revisión bibliográfica.** Se realizó una búsqueda de información de interés relativa, a la temática en internet, artículos científicos, revistas, libros, cartografía, los temas que se investigaron y desarrollaron fueron: ¿qué es una cuenca hidrográfica?, caracterización, delimitación, forma, área, tamaño geográfico, línea divisoria, análisis morfométrico y su relación con el funcionamiento hidrológico, la importancia de los conocimientos básicos de las cuencas hidrográficas y su relación con el ser humano, importancia en el abastecimiento de agua dulce, buen manejo, importancia de las cuencas hidrográficas, importancia socioeconómica, importancia económico-financiera, importancia ambiental, importancia física, e importancia social.

Una vez recopilada esta información bibliográfica se procedió a almacenarlos con la ayuda del software Microsoft 2007, para así realizar el procesamiento de la información.

**Digitalización.** La fotointerpretación tuvo como fin estudiar y analizar la información extraída mediante la descripción de un diseño con aplicaciones visuales y digitales de percepción remota como lo son las tablas, los mapas y fotos, y en la base de datos se puso todos los datos pertenecientes al tema de interés que se obtuvieron y se almacenaron sistemáticamente en un libro de Excel.

**Instrumentación.** Los mapas que se descargaron fueron del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO); se descargaron archivos en formato “shape” del año 2007 y con una escala de 1:250,000, los cuales contienen información para la caracterización morfométrica e hidrológica de la cuenca.

**Análisis de la información.** El software utilizado para el manejo de la información cartográfica fue el ArcGis 10.1, debido a la factibilidad de este para trabajar con Modelo digital de elevación de alta resolución con tamaño de celda de 5 metros, con lo que se obtuvo, la delimitación de la cuenca. Y gracias esto se pudo observar las pendientes con mayor y menor altitud.

**Verificación en campo.** La aplicación de encuestas se realizó para obtener datos mismos que son utilizados para obtener información de alguna variable de interés y en el levantamiento de Información es el proceso mediante el cual se recopilaron los datos e información de la situación actual del sistema, con el propósito de identificar problemas y oportunidades de mejora. Se visitó el

área de estudio y se estuvo corroborando para ver si lo generado en el programa del software coincidía con la información de campo.

**Vaciado de información.** En la base de datos aquí se procedió a poner toda la información obtenida del levantamiento de información, mediante las encuestas en la base de datos para obtener un parámetro, y saber el estado actual y sus condiciones actuales, y en la validación de información se mira de manera retrospectiva, lo que se hizo detalladamente para obtener los datos, y verificar si no hay ningún error, de igual manera si los datos obtenidos fueron de buena calidad y filiales. Este trabajo se llevó a cabo en un periodo de cinco meses que abarcaron de agosto a diciembre 2017, en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la UJAT, Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5 s/n, entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México.

## RESULTADOS

La subcuenca del río Teapa se ubica en la zona central (Centro) y Sur (Teapa) de Tabasco y el Norte (Juárez, Pichucalco, Ixtacomitan, Chapultenango, Pantepec, Reforma, Ixhuatán, Ixtapangajoyá, Solosuchiapa y Tapalapa) de Chiapas, esta subcuenca pertenece a la cuenca baja del río Grijalva. **Área:** Tiene un área de 132,360 ha. **Altitud:** En sus zonas altas tiene de 1,501 a 2,200 m.s.n.m., en zonas bajas tiene de 0 a 100 m.s.n.m. (Figura 1).

En el mapa de la figura 2 se observa todos los municipios que se encuentran dentro de la subcuenca del río Teapa, de los cuales pertenecen dos municipios al estado de Tabasco siendo: Centro y Teapa y diez municipios al estado de Chiapas siendo: Juárez, Pichucalco, Ixtacomitan, Chapultenango, Pantepec, Reforma, Ixhuatán, Ixtapangajoyá, Solosuchiapa y Tapalapa (Figura 2).

Con ayuda del modelo digital de elevación se analizaron algunas de las características morfométricos e hidrográficas de la subcuenca de Teapa, para establecer el comportamiento de la red de drenaje y sus características físicas, para conocer tales temas, se emplearon mapas, y un modelo digital de elevación (MED) para posteriormente procesarlos en el software ArcGis 10.1 y de esta manera obtener el área, forma, elevación de la subcuenca, con este mapa también obtenemos la orientación de la pendiente (Figura 3).

Gracias a los sistemas de información geográfica se pudo obtener la red de escurrimientos dentro de las cuales se encuentran las corrientes tributarias que se presentan dentro de la cuenca que van desde el primer orden al quinto orden que conforman la cuenca, la cual inician en la parte de Chiapas para adentrarse en los municipios de Teapa y Centro del estado de Tabasco (Figura 4).

En este mapa se observa el cauce principal de río que es de 141,760 km de longitud, debido a que el parte aguas tiene una altitud mayor que el cauce principal, gran parte del agua que es por precipitación se escurre al cause principal (Figura 5).

En este mapa se representan el orden de las corrientes tributarias de la subcuenca de Teapa, con un total de 622 corrientes tributarias de las cuales se clasifican por el nivel de bifurcación, siendo las de primer orden las que no tiene ramificaciones, las de segundo son cuando dos de primero orden se juntan y así sucesivamente (Figura 6). Primer Orden: 346 corrientes tributarias. Segundo Orden: 128 corrientes tributarias. Tercer Orden: 90 corrientes tributarias. Cuarto Orden: 40 corrientes tributarias. Quinto Orden: 18 corrientes tributarias.

En esta figura podemos observar que la altitud mayor del cauce es de 1,800 metros y la menor es de 100 metros la mayor pendiente comienza en el Sur en la serranía de Chiapas y va descendiendo a los pastizales y pantanos de Tabasco en la parte Norte de la cuenca, el tipo de curva hipsométrica que presenta la subcuenca es de curva C: Es una cuenca sedimentaria (Fase de vejez) según Rojas (2015); (Figura 7).

## DISCUSIÓN

En el sureste del estado de Chihuahua y Norte del estado de Durango se encuentra la cuenca Arroyo La India-Laguna Palomas (ALIP), en la cual se aplicaron los principios y conceptos del ciclo hidrológico (Viera *et al.*, 2012) para delimitar y caracterizar la hidrología superficial de la cuenca, En este trabajo, se utilizó las cartas topográficas para digitalizar las corrientes superficiales y en cuanto al tamaño de la cuenca lo calcularon con el módulo de ArcMap 9.2 del programa ArcGIS.

En la zona andina de argentina se presentan inundaciones frecuentes que afectan a la población (Geraldí *et al.*, 2010). Por este motivo Geraldí, decidió estudiar la delimitación de la cuenca encadenadas del Oeste con la finalidad de identificar las zonas de mayor incapacidad para evacuar grandes volúmenes de agua. En este trabajo, se utilizó el ArcGIS para delimitar las subcuencas en función de los escurrimientos de la misma.

En el estado de Oaxaca, se ubica la cuenca del Río Mixteco, en la cual Salas *et al.* (2014) realizaron una cuantificación en la precisión de las simulaciones en el modelo SWAT, para así comprobar si se representaban correctamente los diversos procesos que se originan en la cuenca, para este estudio se usó SWAT, versión para ArcGIS 9.3 con el objetivo de calibrar y validar manualmente el modelo hidrológico SWAT.

El caso de Delgado & Gaspari (2010) estudiaron la cuenca del Arroyo Belisario, en el área serrana del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, el análisis morfométrico se generó con el SIG utilizando dos tipos de información de base topográfica georreferenciada: la vectorial en el cual se usó un mapa vectorial generado de la digitalización en pantalla de la carta topográfica sierra de la ventana y la raster en el que se usó como base el MDE para determinar el límite de la cuenca a través del comando Watershed del SIG Idrisi, todo esto se realizó con el objetivo del trabajo fue realizar un análisis geoespacial de las características morfométricas de la cuenca del Arroyo Belisario, con el uso de SIG.

## CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se obtuvo como resultado que la subcuenca de Teapa cuenta con un área de 132,360 ha, por lo cual es una cuenca grande según la clasificación propuesta por Fuentes (2004). Tiene una altitud en sus zonas bajas de 0 a 100 y en sus zonas altas de 1,501 a 2,200 m.s.n.m. y su cauce principal tiene una longitud de 141,760 km.

El proceso de clasificación de corrientes tributarias dio un total de 622 corrientes tributarias: 1<sup>er</sup> Orden 346 corrientes tributarias, 2<sup>do</sup> Orden 128 corrientes tributarias, 3<sup>er</sup> Orden 90 corrientes tributarias, 4<sup>to</sup> Orden 40 corrientes tributarias, 5<sup>to</sup> Orden 18 corrientes tributarias, esta información se obtuvo usando el programa ArcGis 10.1.

En la caracterización de la forma se usó la clasificación propuesta Gardiner (1974) citado por Guerra & Gonzáles (2002) la cual se usó para facilitar la interpretación de su forma. Por lo tanto, su forma es ovoide con la desembocadura en el extremo angosto, con una elongación alta y con una irregularidad del perímetro alta por lo cual su compactibilidad es baja.

El procesamiento de la curva hipsométrica fue calculado en el ArcGIS en base al MDE. El tipo de curva hipsométrica que representa la subcuenca es curva c: cuenca sedimentaria (Fase de vejez) según Rojas (2015).

Podemos decir que la caracterización morfométrica de las cuencas es una herramienta indispensable para el análisis hídrico, ya que nos permite saber las características morfométricos e hidrográficas de la cuenca y a si llevar a cabo un buen manejo de los recursos, también la información obtenida puede ser usada para futuras investigaciones.



Figura 1. Localización de la cuenca.

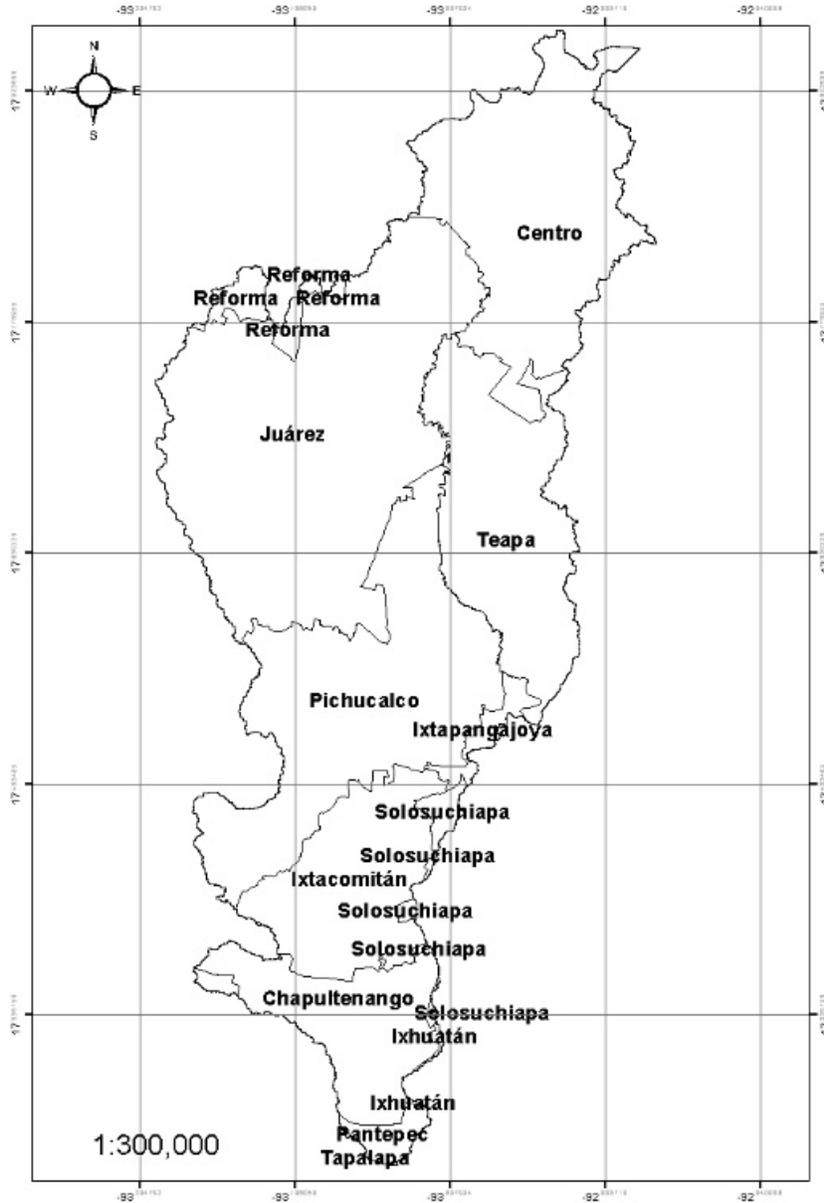
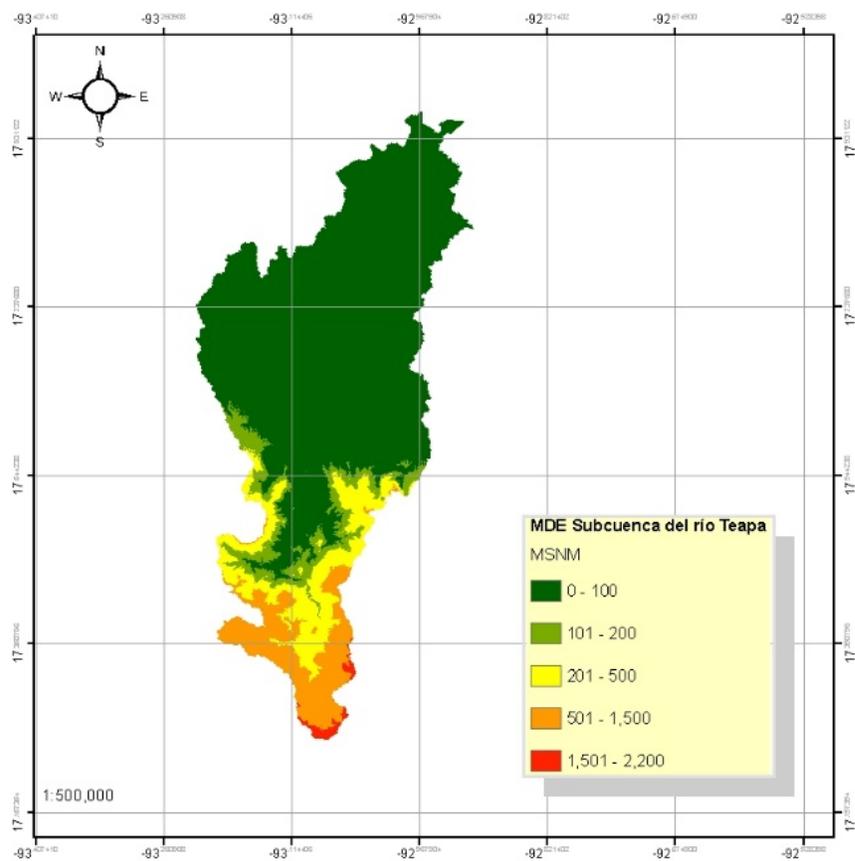


Figura 2. Mapa de los municipios, que se encuentran dentro de la subcuenca del río Teapa.



**Figura 3.** Modelo digital de elevación (MED).

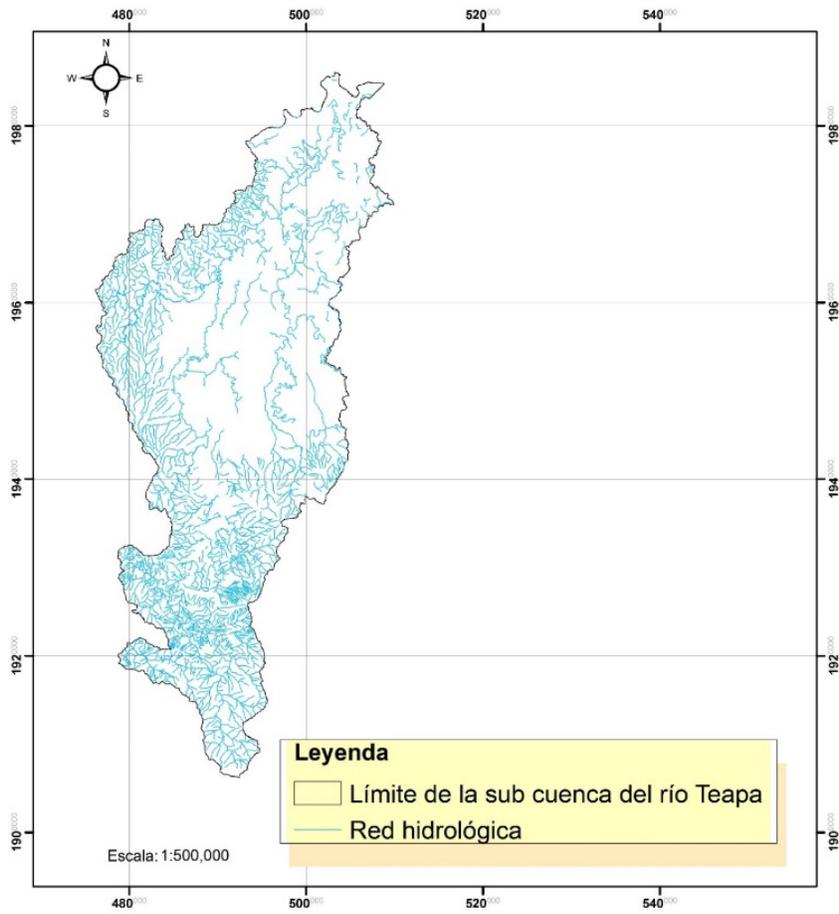


Figura 4. Mapa de escurrimiento.

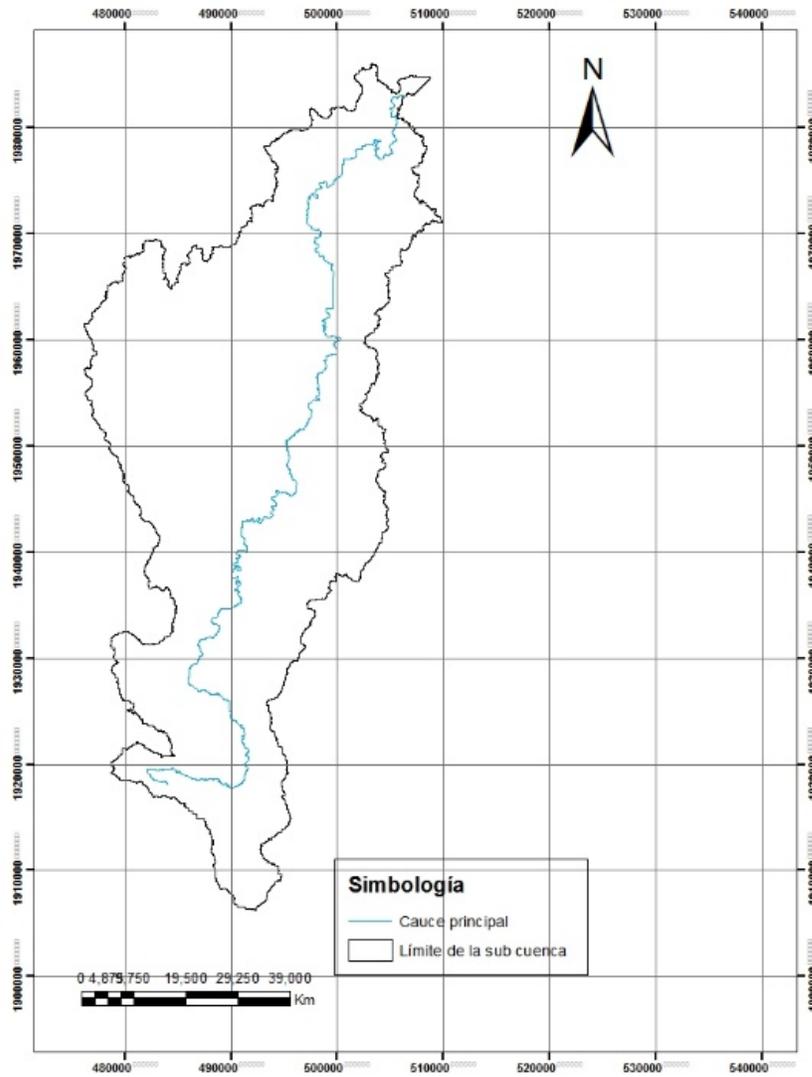


Figura 5. Mapa del cauce principal.

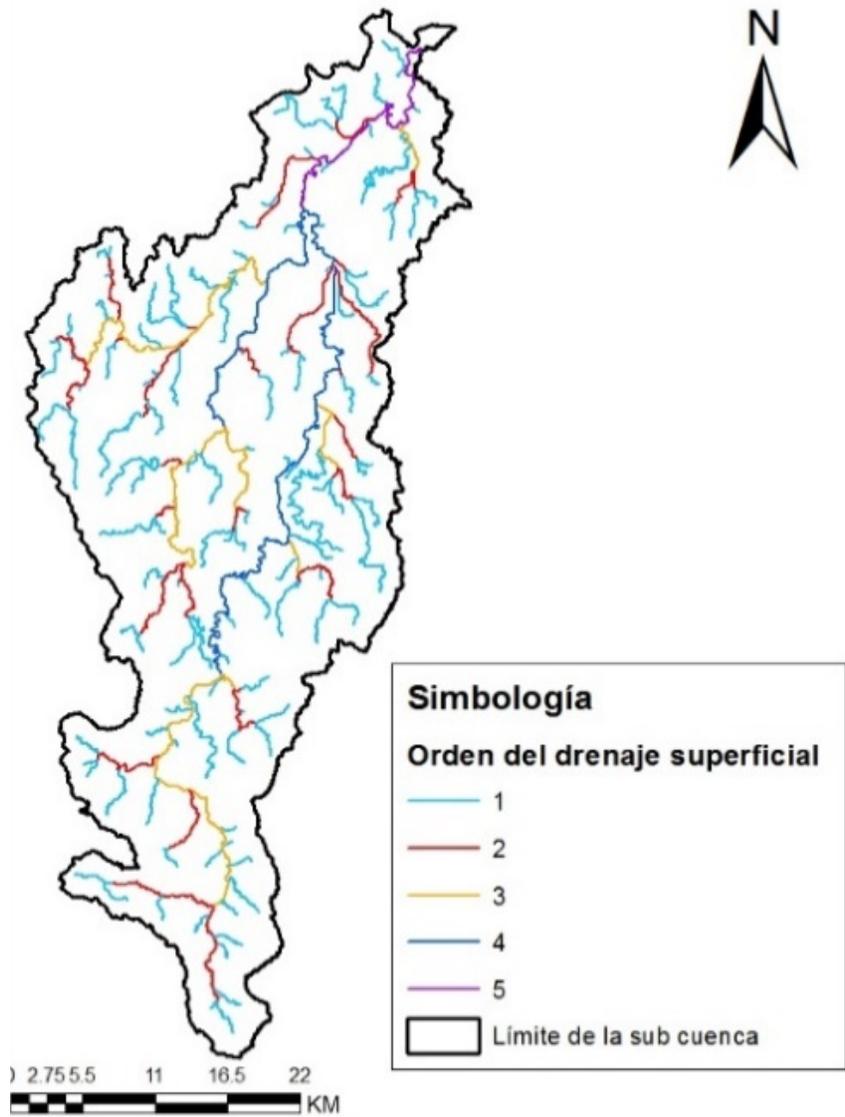


Figura 6. Mapa de clasificación de corrientes tributarias.

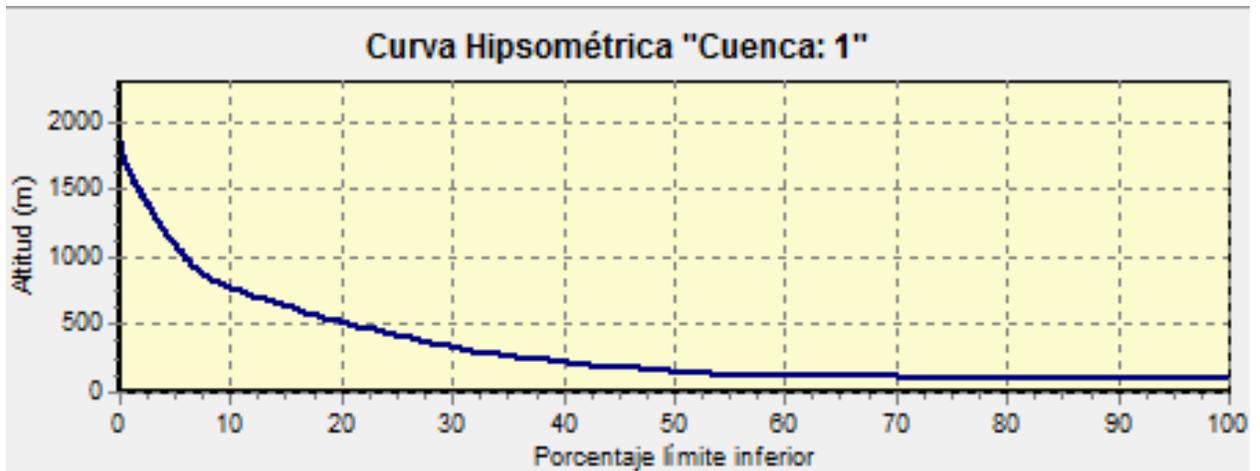


Figura 7. Grafica de curva hipsométrica.

## REFERENCIAS

- Delgado, M. & Gaspari, F.** (2010). Caracterización morfométrica geoespacial: estudio de caso, arroyo belisario, Argentina. *Tecnociencia Chihuahua*, 4, 154-163.
- Geraldi, A., Piccolo, M. & Perillo, G.** (2010). Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (52), 215-225.
- González, F., Carrillo, J. & Gutiérrez, G.** (2009). *Antecedentes del plan hídrico integral de Tabasco*. Comisión Nacional del Agua. Villahermosa, Tabasco; México.
- Guerra, F. & González, J.** (2002). Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada, La Bermeja, San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela. *Geoenseñanza*, 7, 88-108.
- López, W.** (2013). Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XIII(2), 39-45. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2012.06.017>
- Ordóñez, J.** (2011). *¿Qué es cuenca hidrológica?* (Z. I. N. Goicochea, Ed.), Sociedad Geológica de Lima (Sociedad G). Perú. [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)
- Ramos, J.** (2009). *Plan hídrico integral de Tabasco*. Coordinación hidráulica [web]. [http://aestomas.org/wp-content/uploads/2009/05/cap1\\_introduccion.pdf](http://aestomas.org/wp-content/uploads/2009/05/cap1_introduccion.pdf)
- Salas-Martínez, R., Ibáñez-Castillo, L., Arteaga-Ramírez, R., Martínez-Menes, M. & Fernández-Reynoso, D.** (2014). Modelado hidrológico de la cuenca del río mixteco en el estado de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 48(1), 1-15.
- Viera-Briones, A., López-Santos, A., González-Barrios, J. & Trucios-Caciano, R.** (2012). Caracterización de la cuenca Alip con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XI(1), 23-34.
- Villanueva, J.** (2002). *Microcuencas*. Texcoco, México: Universidad Autónoma de Chapingo.

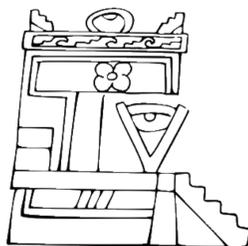
## Datos generales de los autores

<b>Adalberto Galindo Alcántara</b>	Médico Veterinario y Zootecnista por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Conservación y Manejo de Recursos Naturales por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR); Doctor en Ciencias Geográficas, Ordenamiento Ecológico Territorial por la Universidad de La Habana. Profesor-investigador y responsable del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>Antonio de Jesús Jiménez Hidalgo</b>	Estudiante de la Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, del Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca.
<b>Antonio García Domínguez</b>	Estudiante del Doctorado en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales (DEST), en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Coral Jazvel Pacheco Figueroa</b>	Médico Veterinario Zootecnista por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias en Manejo y Conservación de Vida Silvestre por la Universidad Nacional de Costa Rica (UNC); Doctora en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales (DEST) por la UJAT. Profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT) e integrante del Cuerpo Académico en Formación «Conservación y Gestión Ambiental».
<b>Eduardo Javier Moguel Ordoñez</b>	Ingeniero Agrónomo con especialidad en parasitología agrícola por el Colegio Superior de Agricultura Tropical; Maestro en Ciencias en Agrometeorología por el Colegio de Postgraduados (COLPOS). Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) e integrante del Cuerpo Académico en Formación «Conservación y Gestión Ambiental».
<b>Fátima M. Retta Hernández</b>	Licenciada en Biología por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>Fredi Ignacio López Pérez</b>	Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales (MCA), en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Humberto Hernández Trejo</b>	Licenciado en Biología, Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Profesor-investigador y colaborador del Herbario UJAT de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>José Alberto Gallardo Cruz</b>	Investigador titular del Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C.
<b>José Luis Martínez Sánchez</b>	Licenciado en Biología, Maestro y Doctor en Ciencias en Ecología Vegetal. Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>Juan de Dios Valdez Leal</b>	Biólogo por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestro en Ciencias en Manejo y Conservación de Vida Silvestre por la Universidad Nacional de Costa Rica (UNC); Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales (DEST) por la UJAT. Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT) e integrante del Cuerpo Académico en Formación «Conservación

y Gestión Ambiental».

<b>Karla Yanet Reyes García</b>	Estudiante de Licenciatura en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>L.G. Alfaro Hernández</b>	Estudiante de la Licenciatura en Biología; en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Luis José Rangel Ruiz</b>	Biólogo, Maestro y Doctor en Ciencias (Biología) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Responsable del Laboratorio de Malacología, del Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Profesor-investigador de la DACBiol-UJAT e integrante del Cuerpo Académico en Formación «Conservación y Gestión Ambiental».
<b>Luisa del Carmen Cámara Cabrales</b>	Licenciada en Agronomía; Maestra en Ciencias Forestales y Doctora en Ciencias en Manejo de los Recursos del Bosque. Profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>Lupita Herminia Triana Acevedo</b>	Estudiante de la Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, del Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca.
<b>Marcela Alejandra Cid Martínez</b>	Licenciada en Biología por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias Biológicas con orientación en sistemática por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Especialista en palinología y aerobiología; profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>Miguel Ángel Palomeque de la Cruz</b>	Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Mónica Alejandra Alamilla Landero</b>	Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales (MCA), en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Ofelia Castillo Acosta</b>	Licenciada en Biología y Maestra en Ciencias (biología) por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Doctora en Ciencias (Botánica) por el Colegio de Posgraduados. Profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol-UJAT).
<b>Randy A. Howard Schroeder</b>	Biólogo por la University of Washington (Seattle); Doctor en Ciencias del Suelo por la University of California (Riverside). Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Rodolfo Gómez Cruz</b>	Licenciado en Ingeniería Bioquímica; Maestro en Ciencias en Bioquímica y Biología Molecular; Doctor en Ciencias con especialidad en Biotecnología Ambiental. Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Ruth del C. Luna Ruiz</b>	Maestra en Ciencias; colaboradora del Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global del Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

<b>Sarife Vera Ramírez</b>	Estudiante de Licenciatura en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
<b>Silvia del C. Ruiz Acosta</b>	Profesora-investigadora del Tecnológico Nacional de México.
<b>Verónica I. Domínguez Rodríguez</b>	Doctora en Ciencias por el Colegio de Posgraduados (COLPOS campus Tabasco). Profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



Difusión y Divulgación  
Científica y Tecnológica

**José Manuel Piña Gutiérrez**  
Rector

**Raúl Guzmán León**  
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 02 de octubre de 2019; en la División Académica de Ciencias Biológicas, ubicada en la Carretera Villahermosa-Cárdenas km. 0.5 s/n, entronque Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco. 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.