

DAÑO FOLIAR CAUSADO POR INSECTOS HERBÍVOROS Y SU ASOCIACIÓN CON LA ASIMETRÍA FLUCTUANTE EN *Croton suberosus* (Domínguez *et al.*, 1989) EN BOSQUES MADUROS Y SECUNDARIOS EN CHAMELA, JALISCO

José Gerardo González-Esquivel¹✉, Luis Daniel Ávila-Cabadilla², Mariana Yolotl Álvarez-Añorve², Antonio González-Rodríguez³ Pablo Cuevas-Reyes⁴ y Yurixhi Maldonado-López⁵

¹Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Av. San Juanito Itz'icuaró S/N, Nueva Esperanza, Morelia, C.P.58330, Michoacán, México,

²Escuela nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Morelia, C.P 58190, Michoacán, México,

³Laboratorio de Genética de la Conservación, IIES UNAM, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Morelia, C.P 58190, Michoacán, México,

⁴Laboratorio de Ecología de la Conservación e Interacciones Bióticas, Francisco J. Mújica S/N Col. Felicitas del Río, Ciudad Universitaria, Morelia, C.P. 58030, Michoacán, México,

⁵Cátedras CONACYT. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH, Av. San Juanito Itz'icuaró S/N, Nueva Esperanza, Morelia, C.P.58330, Michoacán, México.

✉Autor de correspondencia: gonzalezgerardolep@gmail.com

RESUMEN. Los bosques tropicales secos ocupan el 46% de superficie de bosques tropicales a nivel mundial, en México los bosques tropicales secos se distribuyen en Yucatán y a lo largo de la costa del Pacífico. Las principales amenazas a estos bosques son el cambio climático global, deforestación, agricultura y ganadería. En México el 60% de la vegetación original se ha perdido dando paso a vegetación con distinto grado de sucesión. El objetivo de este trabajo fue determinar las frecuencias de herbivoría y los niveles de asimetría fluctuante en dos tipos de bosque. Seleccionamos cuatro parcelas de bosque maduro y cinco parcelas de bosque secundario, para cada individuo seleccionamos 25 hojas al azar de los tres estratos del dosel para determinar los niveles de herbivoría y asimetría fluctuante. Se tomaron imágenes digitales para estimar el área foliar consumida por herbívoros y la asimetría fluctuante. Encontramos mayor porcentaje de área foliar removida en el bosque maduro y mayor nivel de asimetría fluctuante en el bosque secundario. Encontramos que existe una relación positiva entre la herbivoría y la asimetría fluctuante para el bosque maduro, mientras que en el bosque secundario no encontramos una relación significativa.

Palabras clave: área foliar removida, sucesión, frecuencia.

Foliar damage caused by herbivore insects and their association with fluctuating asymmetry in *Croton suberosus* (Domínguez *et al.*, 1989) in mature and secondary forests in Chamela, Jalisco

ABSTRACT. The tropical dry forests occupy 46% of tropical forest area worldwide, in Mexico dry tropical forests are distributed in Yucatan and along the Pacific coast. The main threats to these forests are global climate change, deforestation, agriculture and livestock. In Mexico 60% of the original vegetation has been lost giving way to vegetation with different degree of succession. The objective of this work was to determine the frequencies of herbivory and the levels of fluctuating asymmetry in two types of forest. We selected four plots of mature forest and five plots of secondary forest, for each individual we selected 25 random leaves of the three strata of the canopy to determine the levels of herbivory and fluctuating asymmetry. Digital images were taken to estimate the leaf area consumed by herbivores and the fluctuating asymmetry. We found a higher percentage of leaf area removed in the mature forest and higher level of fluctuating asymmetry in the secondary forest. We found that there is a positive relationship between the herbivory and the fluctuating asymmetry for the mature forest, whereas in the secondary forest we did not find a significant relationship.

Key words: foliar area removed, succession, frequency.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales secos ocupan alrededor del 46 % de la superficie de los bosques tropicales a nivel mundial (Miles *et al.*, 2006). En América los bosques tropicales se distribuyen de México hasta el norte de Argentina (Dirzo *et al.*, 2011), en México los bosques tropicales secos se encuentran en la Península de Yucatán y a lo largo de la costa del Pacífico (Rzedowski 1978). Este tipo de ecosistemas cuenta con gran extensión de territorio y son catalogados como centros de biodiversidad por el gran número de endemismos (Lambin y Ehrlich 1997, Gillespie *et al.*, 2000).

Los bosques tropicales secos son poco considerados para incluirlos en programas de conservación en el mundo, a pesar de son ecosistemas muy degradados, transformados y fragmentados del mundo en comparación con los bosques tropicales húmedos (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005). Las principales amenazas a los bosques tropicales secos incluyen el aumento en la densidad poblacional, el cambio climático global, deforestación, cambio de uso de suelo causado por la ganadería, la agricultura y el turismo (Miles *et al.*, 2006). En México permanece intacto solo el 26 % de bosque maduro y en algunas regiones alrededor del 60% de la vegetación original se ha perdido dando paso a vegetación con distinto grado de sucesión (Trejo y Dirzo 2002, Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010; Meave *et al.*, 2012). Es probable que los estados de vegetación secundaria y/o regeneración sean el estado más frecuente de los bosques tropicales secos durante las siguientes décadas (Wright *et al.*, 2006). Comprender la sucesión de los boques tropicales es fundamental para desarrollar estrategias de conservación debido a que los bosques tropicales secundarios son considerados como los bosques del futuro (Sánchez-Asofeifa *et al.*, 2005). El cambio de un bosque maduro a un bosque secundario ejerce un efecto directo sobre los factores bióticos, ya que reduce y cambia la diversidad y abundancia de especies y afecta la intensidad de las interacciones bióticas (e.g. interacción planta-animal) (Bustamante *et al.*, 2005). La herbivoría es la relación antagónica entre las plantas y los animales, un gran número de estudios revela que el daño causado por insectos herbívoros afecta de manera negativa el crecimiento, reproducción y supervivencia de las plantas (Mariano, 2005). La respuesta de las plantas al ataque por herbívoros depende de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la edad de la planta (Cuevas-Reyes *et al.*, 2018, Maldonado-López *et al.*, 2014, Sánchez-Ramos *et al.*, 2010). Cuando un insecto herbívoro remueve parte del tejido foliar, existe una reducción del área fotosintética y se produce una pérdida de reservas de nutrientes, perdiendo recursos que la planta tiene destinados para su crecimiento y reproducción (Mariano 2005). Un indicador para evaluar el estrés ambiental en las plantas causado herbívoros es la asimetría fluctuante (Cuevas-Reyes *et al.*, 2018), la cual es una medida particular de la estabilidad durante el desarrollo de algún atributo fenotípico en rasgos bilaterales o radialmente simétricos (Cuevas-Reyes *et al.*, 2018). Los factores bióticos y abióticos aumentan los niveles de asimetría fluctuante ya que alteran el desarrollo a nivel cromosómico y epigenético (Albarran-Lara *et al.*, 2010). La asimetría fluctuante se utiliza para indicar el estrés que sufre la planta por insectos herbívoros (Cuevas-Reyes *et al.*, 2011b; Fernandes *et al.*, 2015), Por lo tanto el objetivo principal de este trabajo es comparar los niveles de herbivoría presentes en *Croton suberosus* en una condición de bosque maduro y una condición de bosque secundario, además de determinar los cambios que existen en los niveles de asimetría fluctuante y si existe relación con la herbivoría.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en la Reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala y zonas aledañas situadas en la Costa suroeste de Jalisco. El Clima es cálido subhúmedo. La temperatura promedio es de 22 a 26°C y la precipitación total anual varía de 400 a 1300 mm distribuyéndose en un periodo de cuatro a seis meses, lo que determina su marcada estacionalidad. La época seca se presenta de

Noviembre a Junio (Trejo y Dirzo 2000). La vegetación predominante es el bosque tropical seco, con algunas bandas de bosque tropical semidecídulo al borde de los arroyos. El género *Croton* es el segundo género más común y diverso de la familia Euphorbiaceae con un aproximado de 1300 especies de árboles y arbustos (Webster *et al.*, 1996). Se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Salatino *et al.*, 2007). *Croton suberosus* es un arbusto caducifolio que produce hojas durante la temporada de lluvias. Es endémico de la costa sur del Pacífico Mexicano, distribuido localmente en los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. (Domínguez *et al.*, 1989). Se seleccionaron cuatro parcelas al interior de la reserva las cuales presentan vegetación en estado de conservación las cuales fueron Tejón 1, Tejón 2, UNAM y Limón 2. Para el bosque secundario se seleccionaron cinco parcelas Limón 1, José María Morelos, Hidalgo Nuevo 2, Ana Castillo 2 y Ley Federal de Hidalgo, que consisten en campos agrícolas de tres a ocho años de abandono. Las parcelas tienen un área delimitada de 20 x 50 metros en un área cuya pendiente no excede los 20°. Para cada individuo se seleccionaron tres ramas de los tres estratos del dosel de manera aleatoria (inferior, medio y superior) de los cuales se seleccionaron 25 hojas al azar para determinar los niveles de herbivoría y asimetría fluctuante. Se tomaron imágenes digitales para poder estimar el área foliar consumida por herbívoros y luego se estimó el área total mediante el software Image J (Cuevas-Reyes *et al.*, 2018), la asimetría fluctuante fue calculada como el valor absoluto de las diferencias entre las distancias del lado derecho e izquierdo tomando como punto de referencia la vena central de la hoja ($A_i - B_i$) usando el software Image J, dividido por la distancia promedio ($(A_i + B_i)/2$) para corregir el efecto del tamaño (Cuevas-Reyes *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer análisis (Figura 1) muestra la distribución de frecuencia del daño de las 2,543 hojas de individuos de bosque maduro. La distribución de las categorías muestra que el 62.32 % de las hojas presentaron niveles de daño más bajos que la media ($x = 3.53$ %) y el 37.67 % fue el porcentaje de hojas con daño por encima de la media y solamente el 0.27 % de las hojas presento más del 24 % de área foliar removida. Para los individuos de bosque secundario (Figura 2) la distribución del daño en 319 hojas muestra que el 60.81 % de las hojas presento menos daño que la media ($x = 3.34$ %) y el 39.28 % de los individuos presentaron daño por encima de la media con un mínimo porcentaje de 0.62 % de hojas con daño superior al 21 %.

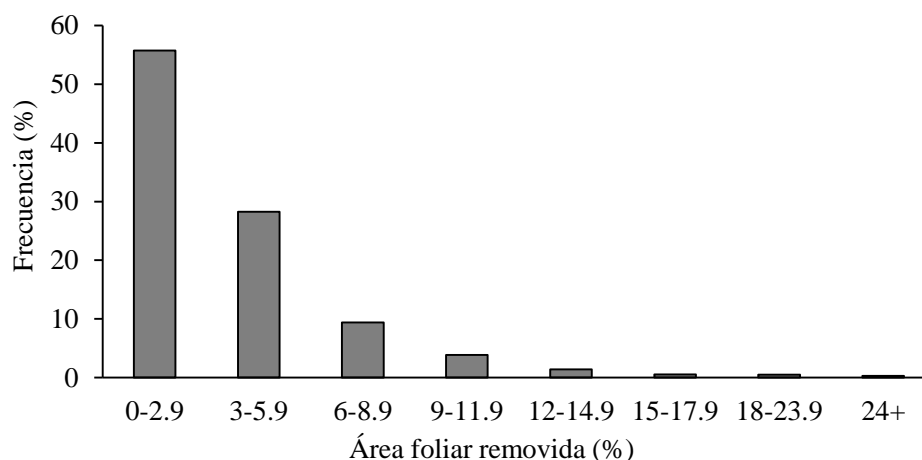


Figura 1. Distribución de frecuencia del daño en 2543 hojas de individuos que ocurren en el bosque maduro, con una media de $x = 3.53$ %, el daño fue medido en cm^2

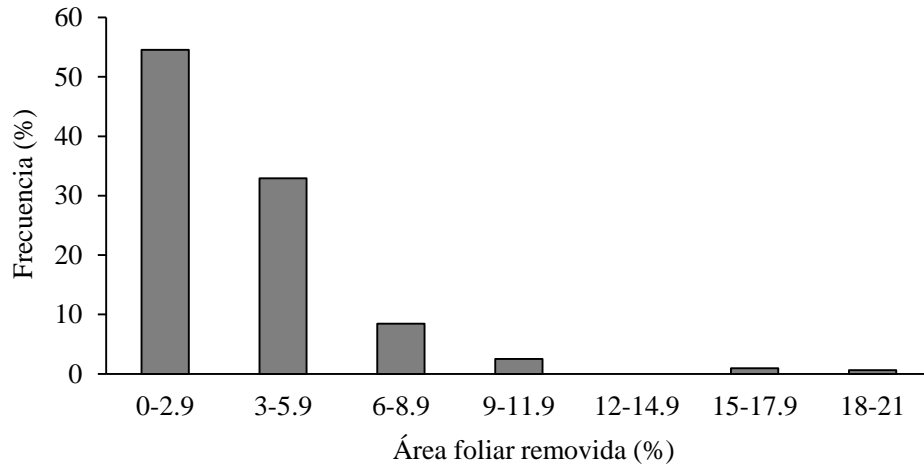


Figura 2. Distribución de frecuencia del daño en 319 hojas de individuos que ocurren en el bosque secundario, con una media de $x = 3.34\%$, el daño medido en cm^2 .

El porcentaje de asimetría fluctuante para hojas de individuos de bosque maduro muestra que el 63.27 % de los individuos presentan menores niveles de asimetría con respecto a la media ($x = 0.1141\%$) y solamente el 36.72 % de las hojas presentaron mayores niveles de asimetría fluctuante foliar (Figura 3). En las hojas de los individuos de bosque secundario el 57.99 % de las hojas presentaron menor asimetría fluctuante donde la media es ($x = 0.1326\%$) y solamente el 42 % de los individuos presentaron mayor nivel de asimetría fluctuante (Figura 4).

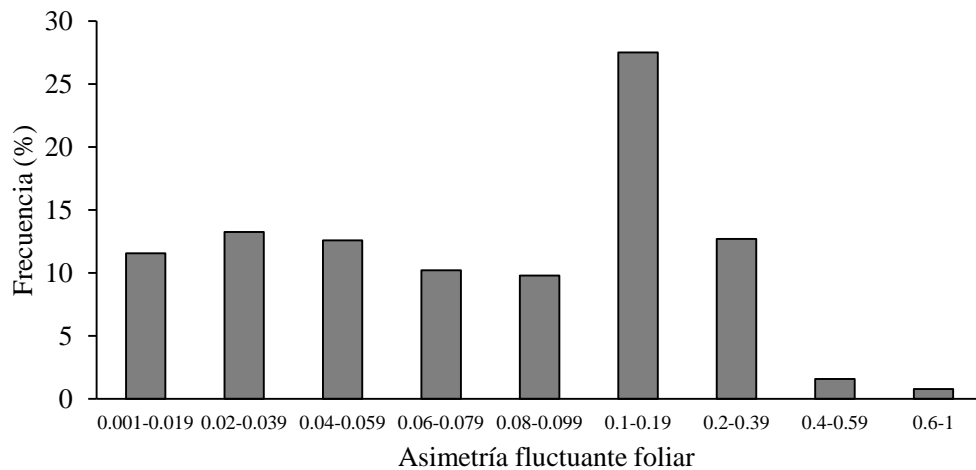


Figura 3. Distribución de frecuencia de la asimetría fluctuante en 2543 hojas de individuos que ocurren en el bosque maduro, con una media de $x = 0.1141\%$, el daño fue medido en cm.

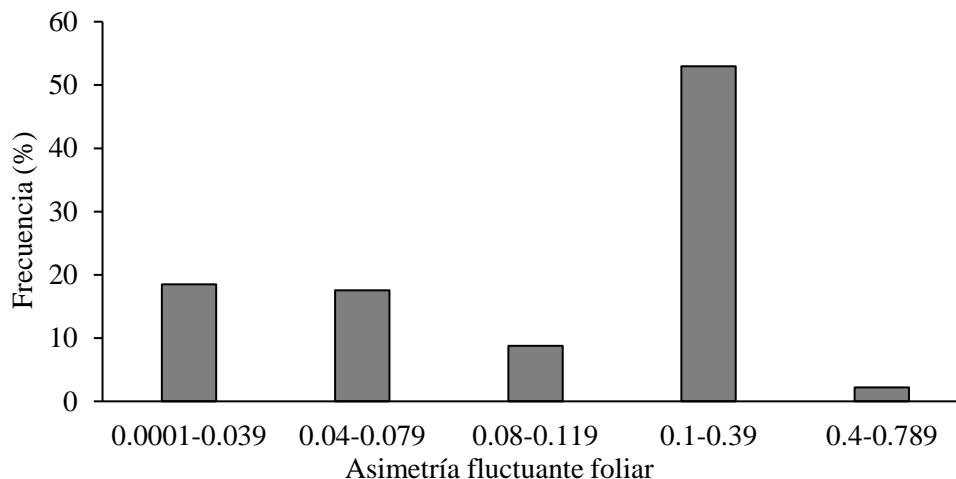


Figura 4. Distribución de frecuencia de la asimetría fluctuante en 319 hojas de individuos que ocurren en el bosque secundario, con una media de $x = 0.1326\%$, el daño fue medido en cm.

Encontramos que la asimetría fluctuante se relacionó de manera positiva con el área foliar removida los individuos del bosque maduro mostraron una relación positiva entre asimetría fluctuante y el área foliar removida ($F=30.43$, $R^2= 0.2281$ $P < 0.0001^*$) (Figura 5). Para los individuos que ocurren en el bosque secundario no se encontró relación entre el área foliar removida y la asimetría fluctuante ($F=4.38$, $R^2= 0.2852$ $P < 0.0601$) (Figura 6).

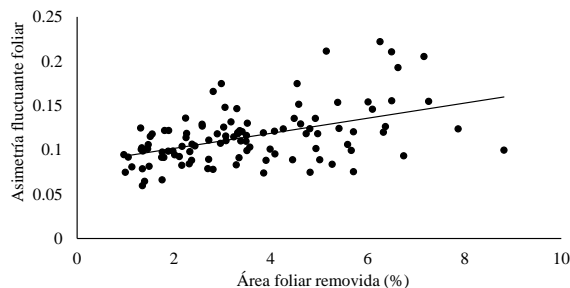


Figura 5. Relación entre el área foliar removida y la asimetría fluctuante en individuos del bosque maduro ($F=30.43$, $R^2= 0.2281$ $P < 0.0001^*$).

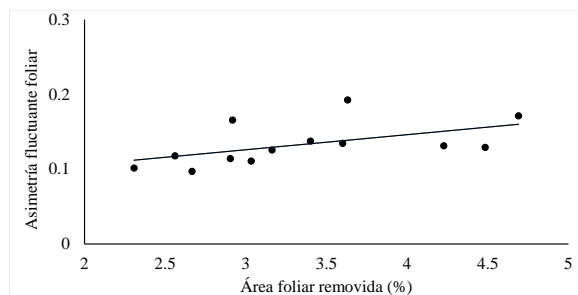


Figura 6. En las hojas de individuos presentes en bosque secundario no se encontró una relación entre el área foliar removida y el índice de asimetría fluctuante ($F=4.38$, $R^2= 0.2852$ $P < 0.0601$).

La proporción de área foliar removida está relacionada con el contenido de agua y tamaño que presentan las hojas, (Poorter *et al.*, 2004), esta sería una de las principales razones por la cual el porcentaje de herbivoría es menor en el bosque secundario debido al estrés hídrico que presentan las hojas en esta condición. De acuerdo con Cuevas-Reyes *et al.*, (2018) el elevado nivel de asimetría fluctuante en el bosque secundario está relacionado con el estrés ambiental al que se encuentran sometidos los individuos. Según lo reportado por (Fernandes *et al.*, 2015) se cumple el supuesto ya que demostramos que existe una relación positiva entre el nivel de asimetría fluctuante y el porcentaje de herbivoría donde a mayor frecuencia de herbivoría los niveles de asimetría fluctuante se incrementan, contrario a lo que pasa en el bosque secundario donde no se cumple esta regla.

CONCLUSIONES

La proporción de área foliar removida fue menor en el bosque secundario debido al estrés ambiental e hídrico que les representa encontrarse en esta condición, por esta razón las hojas al tener menos cantidad de agua se vuelven más duras y son menos palatables para los herbívoros, además la edad de la planta y la edad de las hojas juega un papel determinante en la incidencia de los herbívoros, entre más nuevas son las hojas presentan mayor frecuencia e incidencia de daño que las hojas más viejas y más duras en una misma planta, la composición química juega un papel importante en la defensa de las plantas, las hojas más viejas presentarían una mayor concentración de defensas químicas que las hojas más nuevas y por esta razón la frecuencia de daño puede variar según la edad de las hojas y de la planta. Los altos niveles de asimetría fluctuante en el bosque secundario no estarían explicados por la incidencia de los herbívoros, más bien podrían estar influenciados por la presión ejercida por el ambiente en el desarrollo de las plantas.

AGRADECIMIENTOS

“Uso de la reflectancia espectral de la vegetación para el estudio de la funcionalidad, diversidad y procesos ecológicos operando en las comunidades de plantas tropicales” UNAM-CONACyT 222202”.

LITERATURA CITADA

- Albarrán-Lara A. L., Mendoza-Cuenca L, Valencia-Avalos S, González-Rodríguez A y K. Oyama. 2010. Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and introgression between *Quercus magnoliifolia* and *Quercus resinosa* (Fagaceae) through an altitudinal gradient in Mexico. *Int. J. Plant Sci.*, 171(3):310–322.
- Bustamante R.O., Simonetti J.A., Grez A.A., y J. San Martín. 2005. Fragmentación y dinámica de regeneración de bosque maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras. *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*, 555-564.
- Cuevas-Reyes P, Fernandes GW, González-Rodríguez A, Pimenta M. 2011b. Effects of generalist and specialist parasitic plants (Loranthaceae) on the fluctuating asymmetry patterns of ruprestrian host plants. *Basic Appl Ecol.*, 12:449–455.
- Cuevas-Reyes P, Pereira G.C.N., Gelvez-Zuñiga I, Fernandes G.W., Venancio H, Santos JC y Y. Maldonado Lopez. 2018. Effects of ferric soils on arthropod abundance and herbivory on *Tibouchina heteromalla* (Melastomataceae): is fluctuating asymmetry a good indicator of environmental stress? *Plant Ecology*, 1-10.
- Dirzo R, Young H. S., Mooney H. A., G. Ceballos 2011. Seasonally Dry Tropical Forests ecology and conservation. *Island Press*, Washington, DC 20009, USA.
- Dominguez C. A., Dirzo R. y S. H. Bullock. 1989. On the function of floral nectar in *Croton suberosus* (Euphorbiaceae). *Oikos*, 56: 109–114.
- Fernandes GW, de Oliveira SCS, Campos IR, Barbosa M, Soares LA, Cuevas-Reyes P. 2015. Leaf fluctuating asymmetry and herbivory of *Tibouchina heteromalla* in restored and natural environments. *Neotrop Entomol*, 45:44–49.
- Guillespie TW, Grijalva A, Farris CN. 2000. Diversity, composition and structure of tropical dry forest in Central America. *Plant Ecol.*, 147: 37-4.
- Lambin EF, Erlich D. 1997. The identification of tropical deforestation fronts at broad spatial scales. *Int. J. Remote Sens.* 18: 3351-3568.
- Maldonado-López Y, Cuevas Reyes P, Sánchez Montoya G, Oyama K, y M. Quesada. 2014. Growth, plant quality and leaf damage patterns in a doecious tree species: is gender important? *Arthropod-Plant Interactions*, 8(4), 241-251.
- Mariano N. 2005. Herbivoría y cosexualidad en plantas: efectos indirectos del daño foliar (en línea). *Tropisilva*. 1(1): sp. Consultado 6 jun 2011. Disponible en <http://www.uaem.mx/ebe/april/nelstor->

april05.htm

- Meave J. A., Romero-Romero M. A., Salas-Morales SH, Pérez-García E. A., Gallardo-Cruz JA. 2012. Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas*, 21(1): 85-100.
- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forest *J. Biodeogr.* 33: 491-505.
- Poorter L, de Plassche MV, Willems S, Boot RGA, 2004. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. *Plant Biol.* 6, 746–754.
- Portillo-Quintero CA, Sanchez-Azofeifa GA. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143:144-155.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México.
- Sánchez- Azofeifa AG, Quesada M, Rodriguez JP, Nassar JM, Stoner KE, Castillo-Garvin AT, Zent EL, Calvo J, Kalacska M, Fajardo L, Gamon J, Cuevas-Reyes P. 2005. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica*, 37: 477-485.
- Sánchez-Ramos G, Reyes Castillo P, Mora Olivo A y Martínez Avalos J. G. 2010. Estudio de la herbivoría de la palma camedor (*Chamaedorea radicalis*) Mart., en la Sierra Madre Oriental en Tamaulipas, México. *Acta zoológica Mexicana*, 2010, vol. 26, no 1, p. 153-172.
- Salatino A, Faria Salatino ML y G. Negri. 2007. Traditional uses, Chemistry and Pharmacology of Croton species (Euphorbiaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(1), 11-33.
- Trejo I. y Dirzo R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*. 94: 133-142.
- Trejo I. y Dirzo R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiv. Conserv.* 11: 2063–2048.
- Webster G, Del Arco-Aouilar D y S. Smith. 1996. Systematic distribution of foliar trichome types in Croton (Euphorbiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 121: 41-57.
- Wright SJ y Muller-Landau HC. 2006. The future of tropical forest species. *Biotropica*, 38:287-301. *Ecosistemas* 21 (1-2). Enero-Agosto 2012.