

## RESPUESTA DE LAS REDES DE INTERACCIÓN ENTRE PLANTAS Y LEPIDÓPTEROS INMADUROS DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO AL IMPACTO DEL HURACÁN PATRICIA EN LA COSTA DE JALISCO, MÉXICO

Ivonne Nohemí Delgado-Álvarez✉ y Ek del Val-de Gortari

Instituto de Investigaciones en ecosistemas y sustentabilidad, UNAM., Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701. Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta. C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

✉Autor de correspondencia: [idelgado@cieco.unam.mx](mailto:idelgado@cieco.unam.mx)

**RESUMEN.** El huracán Patricia ha sido uno de los más intensos (categoría 5) registrados para la zona costera del Pacífico, impactando gravemente en los ecosistemas de bosque tropical caducifolio (BTC) de la región costera de Jalisco; afectó las dinámicas de la biota y a algunos procesos biológicos claves. En esta investigación, se evaluó la respuesta de las redes de interacciones planta-lepidóptero inmaduro en un gradiente de sucesión secundaria de BTC antes (2007-2013) y después del paso del huracán (2016-2017). Los efectos del huracán sobre el BTC se vieron reflejados en las redes de interacción, en particular para el tamaño de red, los enlaces, el número de compartimentos, la especificidad (H2) y las especies núcleo de lepidópteros y plantas disminuyeron, mientras que la conectividad aumentó y no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la solidez. Dado el pronóstico de incremento en la incidencia de eventos extremos en el Pacífico mexicano se discuten las implicaciones de los huracanes para el funcionamiento del BTC.

**Palabras clave:** Sucesión, redes de interacción, huracán, BTC, resiliencia.

### Response of interaction networks between plants and immature lepidopterans of the tropical dry forest to the impact of hurricane Patricia on the coast of Jalisco, Mexico

**ABSTRACT.** Patricia has been one of the most intense hurricane (category 5) registered for the Pacific coastal area, severely impacting the Tropical Dry Forest (TDF) ecosystems of the coastal region of Jalisco; affecting the dynamics of biota and someone key biological processes. In this research was evaluated the response of networks of plant-Lepidoptera immature interactions in a gradient of secondary succession of TDF before (2007-2013) and after the hurricane (2016-2017). The effects of the hurricane on the TDF were reflected in the interaction networks, in particular for the size, the links, the number of compartments, the specificity (H2) and the core species of Lepidoptera and plants decreased, while the connectivity increased, and no significant differences were found in terms of solidity. Given the forecast of an increase in the incidence of extreme events in the Mexican Pacific, the implications of hurricanes for the operation of the BTC are discussed.

**Key words.** Succession, interaction networks, hurricane, BTC, resilience.

### INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en México han tenido un importante incremento los eventos climáticos extremos asociados al cambio climático (Santiago *et al.*, 2008). Por las características particulares de su geografía (extensa línea de costa) y su ubicación en una región intertropical el territorio mexicano se encuentra expuesto a una gran variedad de fenómenos naturales, entre los que destacan por su aumento de frecuencia en las últimas décadas los huracanes y tormentas tropicales (Manson y Jardel, 2009 y CENAPRED, 2001). Acontecimientos como el huracán Jova y Patricia (ciclón tropical más intenso 325km/hr, 872hPa) (SEGOB, 2017) provocaron lamentables pérdidas de vidas humanas, así como significativos daños materiales y afectaron negativamente los ecosistemas naturales de la región costera de Jalisco. Impactando gravemente en los ecosistemas de Bosque Tropical Caducifolio (BTC) derrumbando numerosa vegetación, afectando a la biota y a los

procesos biológicos claves de entrada de energía y nutrientes al suelo, entre otros (Álvarez-Yepiz y Martínez-Yrizar, 2015).

Sin embargo, estos eventos naturales extremos forman parte integral de la dinámica de los ecosistemas y son fuerzas selectivas importantes y necesarias para la evolución y el mantenimiento de la biodiversidad reiniciando procesos de regeneración y sucesión (Manson y Jardel, 2009; Pickett y White, 1985). La naturaleza tiene la capacidad de responder (resiliencia) a cambios graduales en las condiciones ambientales, no obstante, esta capacidad puede verse mermada por un cambio drástico como los fenómenos naturales extremos abriendo camino para que los sistemas tomen un estado alternativo (Scheffer *et al.*, 2001).

En los últimos años debido a su importancia funcional en el BTC y a que son un grupo biológico con potencial para ser empleados como indicadores en el monitoreo ambiental (Brígido y Velasco, 2016) se han realizado diversos estudios evaluando la diversidad de lepidópteros en diferentes estados sucesionales del BTC así como de las redes de interacción que se establecen entre las orugas y las plantas hospederas (Solís-Gabriel *et al.*, 2017; Hernández *et al.*, 2014; Villa-Galaviz *et al.*, 2012 y López-Carretero, 2010); sin embargo, resulta importante evaluar los cambios que se pudieron haber dado posteriores al huracán Patricia ya que las comunidades de artrópodos, al igual que la vegetación se ven afectadas por las nuevas condiciones originadas por el paso del huracán como son aumento de mortalidad, destrucción de hábitat y desplazamiento geográfico de individuos por los vientos (Wiley y Wunderle, 1993) entre otras. Así mismo, al evaluar estas redes en los diferentes estadios sucesionales que presenta el BTC (naturales o antropogénicos) nos da una idea más amplia de como se está comportando el ecosistema en general ya que las diferentes condiciones ambientales en estos hábitats de sucesión vegetal (microclimas, disponibilidad de especies hospederas, apertura de dosel, insolación, temperatura, humedad, depredación, parasitismo, entre otros) son determinantes para el ensamble de los insectos herbívoros debido a que afecta la estructura, composición y comportamiento de esta comunidad (Poorter *et al.*, 2004 y Basset, 1996).

El conocimiento de las complejas relaciones entre los regímenes de perturbación y la biodiversidad aún es insuficiente, pero constituye un aspecto fundamental para la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas (Manson y Jardel 2009). En el caso de México hacen falta más estudios sobre los efectos e incidencia de diferentes tipos de perturbaciones en distintos ecosistemas, para entender mejor sus consecuencias. Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del huracán Patricia en parcelas de sucesión secundaria sobre las redes de interacción entre lepidópteros inmaduros y plantas en un bosque tropical caducifolio.

## MATERIALES Y MÉTODO

**Área de estudio.** La zona de estudio se localiza en la costa oeste del Pacífico en Jalisco, México; en el área de influencia de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC). El clima de la región es tropical cálido subhúmedo (Aow) con temperatura anual promedio de 21°C y una marcada estacionalidad, el periodo de secas comprendido de noviembre a junio y el periodo de lluvias durante julio a octubre influenciado por huracanes y tormentas tropicales, con una precipitación promedio anual de 700 mm (IBUNAM, 2017; Silva-Bátiz *et al.*, 2009; Noguera *et al.*, 2002 y Bullock, 1986). El tipo de vegetación dominante en la región es el Bosque Tropical Seco (90 %) y Bosque Tropical Subperennifolio (8 %) (Rzedowski, 2006).

**Huracán Patricia.** El huracán Patricia entro a las costas de Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit el 20 de octubre del 2015 como una depresión tropical, sin embargo; el 23 de octubre se intensifico llegando a categoría 5 en la escala Saffir-Simpson siendo catalogado como el ciclón tropical más fuerte a nivel global en términos de viento máximo sostenido (325km/hr) y el más

intenso jamás observado en el hemisferio occidental en cuanto a presión atmosférica (872hPa) (SEGOB, 2017). Finalmente, para el 24 de octubre el huracán se debilitó considerablemente durante su entrada a tierra y volvió a ser considerado tormenta tropical.

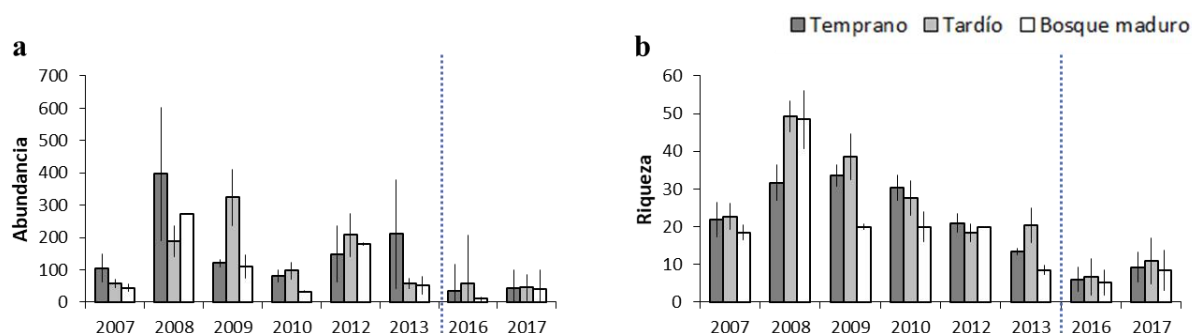
En la zona de estudio se trabajó en ocho parcelas sucesionales (20 x 50m) que representan tres réplicas de tres estadios de la cronosecuencia de la sucesión vegetal en la selva húmeda: (1) estadio sucesional temprano (8-10 años de abandono); (2) estadio sucesional tardío (20-40 años) y (3) bosque maduro (+40 años).

Los muestreos se llevaron a cabo durante la temporada de lluvias (julio-noviembre), en tres parcelas de cada estadio sucesional (a excepción del estadio sucesional temprano donde sólo se tuvieron dos replicas). En cada parcela se establecieron cuatro transectos paralelos de 2 X 20 m (48 transectos en total) donde se identificaron todas las plantas. Se realizó colecta manual directa de lepidópteros inmaduros presentes en hojas y tallos de las plantas dentro de los transectos establecidos. Las larvas recolectadas fueron cuantificadas y clasificadas por morfotipos para, posteriormente, ser identificadas taxonómicamente.

Se analizaron las diferencias de abundancia y composición de especies de herbívoros entre los diferentes estadios sucesionales. Se utilizaron análisis de varianza de medidas repetidas para estimar los efectos de la cronosecuencia sobre la diversidad de especies de lepidópteros antes y después del huracán Patricia. Además, se construyeron redes de interacción entre plantas y herbívoros para cada estadio sucesional en los años 2016 y 2017, con ayuda de los índices de las redes de interacción ecológica (tamaño de red, especificidad, número de interacciones, anidamiento y modularidad) se realizaron modelos lineales de efectos mixtos para determinar si el huracán afectó los parámetros en las redes de interacción. También se determinaron las especies núcleo de cada red de interacción para determinar el efecto del huracán sobre éstas.

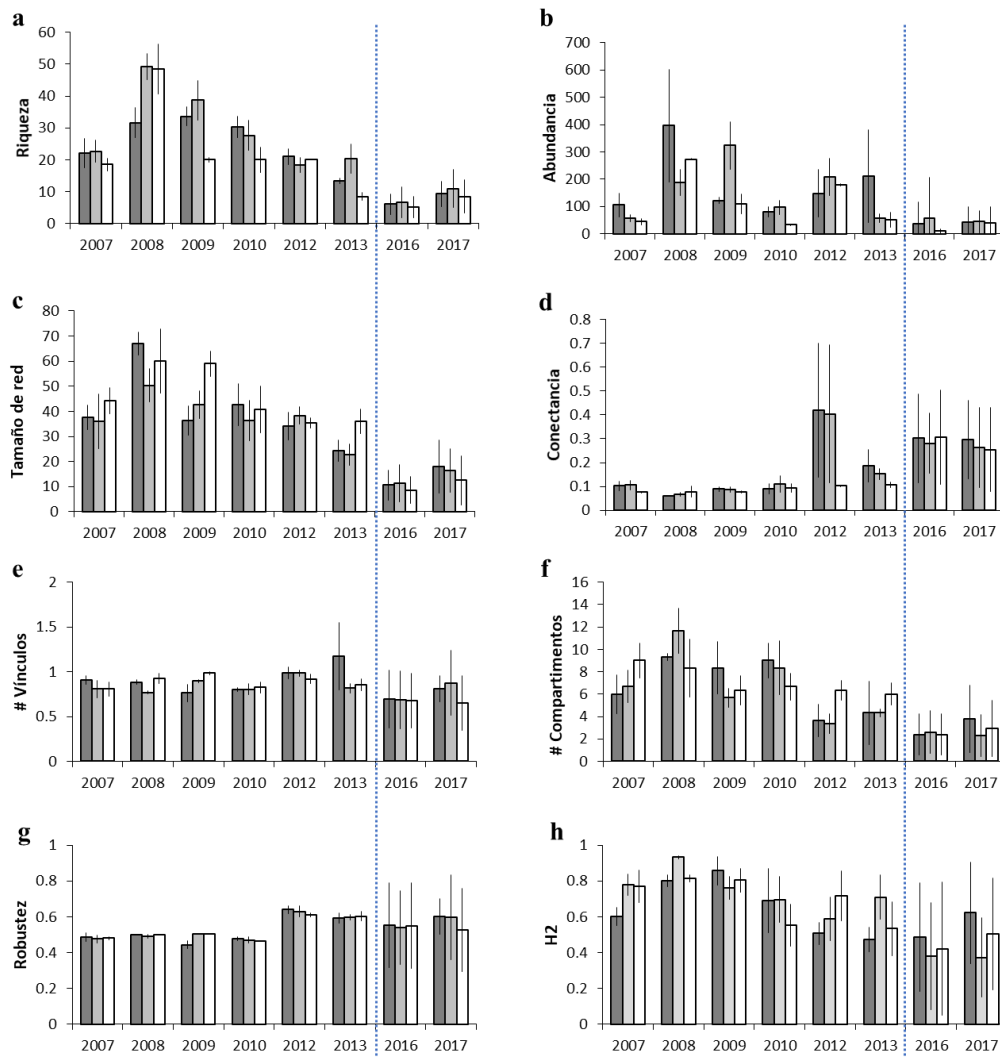
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la época de lluvias de 2016 y 2017 se registraron para los tres estadios sucesionales 1,265 y 1,405 lepidópteros inmaduros respectivamente ( $F_{1,43}=10.05$ ,  $p=0.0028$ ). Estas abundancias entran dentro del rango de abundancias obtenidas en los años anteriores al huracán (2007-2013) las cuales varían de 737 a 2,715 (Luviano *et al.*, 2017) (Figura 1). Al comparar la riqueza con los años anteriores al huracán se observa que éste sí tuvo un efecto sobre ella, en particular 2016 tiene la menor riqueza observada de todos los años de muestreo, para años previos al huracán se tenían reportes de 89 a 270 morfoespecies de lepidópteros inmaduros (Figura 1).



**Figura 1.** Diversidad de lepidópteros (riqueza y abundancia) en el área de estudio, comparando años anteriores (2007-2013) y posteriores (2016, 2017) al paso del huracán Patricia (indicado con la línea punteada). Mostrando la media  $\pm$  EE por etapa sucesional por año.

En contraste las redes de interacción planta-lepidóptero fueron afectadas por el paso del huracán, mostrando una disminución en el tamaño de la red ( $F_{(2,52)}=14.1$ ,  $p=0.009$ ), número de enlaces ( $F_{(2,52)}=10.81$ ,  $p=0.01$ ), número de compartimentos ( $F_{(2,52)}=10.19$ ,  $p=0.01$ ), especificidad (H2) ( $F_{(2,52)}=19.23$ ,  $p=0.004$ ) y especies núcleo de lepidópteros ( $F_{(2,52)}=14.92$ ,  $p=0.008$ ) y plantas ( $F_{(2,52)}=8.08$ ,  $p=0.02$ ); mientras que la conectancia de la red aumentó ( $F_{(2,52)}=5.87$ ,  $p=0.05$ ) y no se encontraron diferencias significativas para los valores de solidez ( $F_{(2,52)}=0.13$ ,  $p=0.72$ ). Al comparar los atributos de las redes de interacción con los años previos al huracán Patricia, se observa una afectación en la mayoría de los índices. Se encontró una disminución en el tamaño de la red ( $F_{(2,52)}=14.1$ ,  $p=0.009$ ), número de vínculos ( $F_{(2,52)}=10.81$ ,  $p=0.01$ ), número de compartimentos ( $F_{(2,52)}=10.19$ ,  $p=0.01$ ), especificidad (H2) ( $F_{(2,52)}=19.23$ ,  $p=0.004$ ) y especies núcleo de lepidópteros ( $F_{(2,52)}=14.92$ ,  $p=0.008$ ) y plantas ( $F_{(2,52)}=8.08$ ,  $p=0.02$ ); mientras que la conectancia de la red aumentó ( $F_{(2,52)}=5.87$ ,  $p=0.05$ ) y no se encontraron diferencias significativas para los valores de solidez ( $F_{(2,52)}=0.13$ ,  $p=0.72$ ) (Figura 2).



**Figura 2.** Parámetros de la red de planta-lepidóptero en el área de estudio, comparando años anteriores (2007-2013) y posteriores (2016, 2017) al impacto del huracán Patricia (indicado con la línea punteada). Mostrando la media  $\pm$  EE para cada parámetro por etapa sucesional por año.

Por otro lado el efecto de los diferentes estadios de sucesión sobre las redes de interacción no tuvo un efecto significativo en la mayoría de los parámetros, a excepción del tamaño de red la cual fue mayor en el bosque maduro ( $F_{(2,52)}=3.23$ ,  $p=0.04$ ). En estudios previos (Luviano *et al.*, 2017 y Solís-Gabriel *et al.*, 2017) la mayoría de los parámetros de la red mostraban diferencias entre estadios, sin embargo, éstas desaparecieron tras el paso del huracán Patricia.

Posterior al huracán se encontraron 16 especies núcleo de lepidópteros inmaduros en el estadio temprano, 12 en el estadio tardío y 9 en el bosque maduro. Las especies núcleo predominantes de orugas fueron *Orgiia* sp, Psychidae sp. 1 y Psychidae sp. 2. En cuanto a las especies núcleo de plantas se identificaron 16 en el estadio temprano, 20 en el estadio tardío y 24 en el bosque maduro. Las especies núcleo más abundantes fueron *Casearia nítida* (L. Jacq.) (con presencia en el 20 % de las redes) y *Apoplanesia paniculata* (Hook y C. Presl), *Guapira macrocarpa* (Miranda), *Caesalpinia ericotachys* (Benth) y *Piptadenia constricta* (Micheli & Rose ex Micheli) (en el 10 % de las redes respectivamente).

Son pocos los estudios que se han realizado sobre los efectos de los huracanes en redes de interacción ecológicas en México; sin embargo existen investigaciones previas de redes de interacciones planta-lepidóptero realizadas en nuestro sitio de estudio; una de ellas es la de Luviano y colaboradores en 2017 en la cual evaluaron el efecto del huracán Jova en las redes de interacción planta-lepidóptero a lo largo de un gradiente sucesional de BTC; donde reportan que los parámetros de las redes cambiaron después del huracán, concordando con los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto a los índices estructurales, mostrando que las redes de planta-lepidóptero en la región de Chamela muestran baja resiliencia; por otro lado se observa una drástica disminución en cuanto al número de especies núcleo de lepidópteros y plantas que se reportan. Es importante tomar en cuenta que las características del BTC de la región de Chamela-Cuixmala se ha visto modificada en los últimos años por dos huracanes consecutivos con diferente intensidad Jova (categoría 2) y Patricia (categoría 5) que afectaron la composición del BTC y su dinámica, por lo que los patrones observados en los índices representan el daño ocasionado por ambos eventos naturales extremos.

Otro estudio en el que se investigaron los efectos de un huracán en las redes ecológicas fue el de Sánchez-Galván y colaboradores en el 2012, en donde evaluaron una red mutualista de planta-hormiga en la costa de Veracruz, México, antes y después del impacto del huracán Karl en el Golfo de México, encontrando una fuerte capacidad de recuperación en las propiedades de la red debido al mantenimiento de los componentes centrales, dando como resultado una resiliencia a corto plazo típica de redes mutualistas. Si bien, en la presente investigación algunas propiedades de la red se vieron disminuidas (tamaño de red, número de enlaces, número de compartimentos, especificidad (H2) y especies núcleo de lepidópteros y plantas), la conectancia aumento y la solidez se mantuvo, esto sugiere que la red planta-lepidóptero aún presenta cierta resistencia a la perturbación, la cual probablemente se esté dando por el mantenimiento de algunas especies centrales generalistas que persistieron al huracán.

La amplia transformación por las actividades humanas, la deforestación y en general el cambio de uso de suelo que se ha dado en la región de Chamela-Cuixmala, han acentuado la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas ante eventos climáticos extremos disminuyendo su capacidad de regresar al estado previo al disturbio (resiliencia) (Álvarez-Yepiz y Martínez-Yrizar, 2015). Ante el inminente incremento en los eventos climáticos extremos asociados al cambio climático (Santiago *et al.*, 2008), se hace necesario conocer las implicaciones de los huracanes para el funcionamiento del BTC; así mismo, los estudios a largo plazo son importantes para comprender procesos ecosistémicos complejos y también permiten conocer la respuesta de los ecosistemas a eventos climáticos extremos como los huracanes.

## CONCLUSIONES

La estructura de las redes de interacción planta-lepidópteros cambio tras el paso del huracán Patricia mostrando poca resiliencia a eventos naturales extremos. Las transformaciones ocasionadas en el BTC en la región de Chamela-Cuixamala por la actividad humana han acentuado la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas ante eventos climáticos extremos disminuyendo su capacidad de regresar al estado previo al disturbio. Dado el pronóstico de incremento en la incidencia de eventos extremos en el Pacífico mexicano se hace necesario conocer las implicaciones de los huracanes para el funcionamiento del BTC.

## AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Laboratorio de Interacciones Bióticas en Hábitats Alterados, por la asistencia de trabajo de campo y al personal de la Estación Biológica Chamela (UNAM). Al posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Este proyecto fue apoyado por el programa Papiit-UNAM IN21196.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Yépiz y A. Martínez-Yrizar. 2015. Huracanes, sequías y heladas: eventos climáticos extremos en México. *Oikos*, UNAM (15) 6-11pp. <http://web.ecologia.unam.mx/oikos>; fecha de consulta: 6-VIII-2017.
- Balvanera, P., Islas, A., Aguirre, E. y S. Quijas. 2000. Las selvas secas. *Ciencias* 57, enero-marzo: 18-24. <http://www.revistaciencias.unam.mx>; fecha de consulta: 3-VIII-2017.
- Basset, Y. 1996. Local communities of arboreal herbivores in Papua New Guinea: predictors of insect variables; *Ecology*, 77: 1906-1919.
- Bullock, S.H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Arch Meteorol Geophys Bioclimatol Ser B* 36:297-316.
- Brígido, F.E. y H. J. Velasco. 2016. Composición faunística y fenología de lepidópteros (Papilionoidea: Rhopalocera) en tres localidades de la parte occidental del Estado de Morelos, México. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, México, 108 pp.
- CENAPRED. 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. SEGOB, Protección Civil y CENAPRED, México, 232 pp.
- Hernández, Y., Boege, K., Lindig-Cisneros, R. y E. Del Val. 2014. Lepidopteran herbivory in restored and successional sites in a tropical dry forest. *The Southwestern Naturalist*, 59(1): 68-76.
- IBUNAM, 2017. Instituto de Biología de la UNAM. <http://www.ibiologia.unam.mx>. Fecha de consulta: 27-IV-2017.
- López-Carretero, A. 2010. Composición y diversidad de lepidópteros en la cronosecuencia sucesional del Bosque tropical caducifolio: consecuencias sobre la herbívora de *Casearia nítida*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. UNAM, México. 83 pp.
- Luviano, N., Villa-Galaviz, E., Boege, K., Zaldivar-Rieverón, A. y E. del Val. 2017. Hurricane impacts on plant-herbivore networks along a successional chronosequence in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.011> Fecha de consulta: 27-IV-2017.
- Manson, R.H. y P. Jardel. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. 131-184 pp.
- Noguera, F. A., Vega-Rivera, J. H. y M. Quesada-Avedaño. 2002. *Historia Natural de Chamela*. D.F., México: Instituto de Biología UNAM. 49 pp.

- Pescador-Rubio, A., Rodríguez-Plafox, A. y Noguera, F. A. 2002. Diversidad y Estacionalidad de Arthropoda. pp. 183-201. In: Noguera F. A, Vega-Rivera J. H. y Quesada-Avedaño M (Eds.). *Historia Natural de Chamela*: Instituto de Biología, UNAM., México. 49 pp.
- Pickett, S.T. y P. S. White. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, Orlando. 455 pp.
- Poorter, L., De Plassche, M. V., Willems, S. y R. Boot. 2004. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. *Plant Biology* 6, 746-754.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ª. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada, M., Cuevas-Reyes, P., Castillo, A. y G. Sánchez-Montoya. 2009. Land cover and conservation in the area of influence of the Chamela- Cuixmala Biosphere reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management*. (258) 907-912.
- Santiago, L. J., López, C. y M. López. 2008. Tendencias del cambio climático global y los eventos extremos asociados. *Ra Ximhai*. Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa 4 (3) 625-633 pp.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C. y B. Walker. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*. 413: 591-596.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2017. Tu gobierno en un solo punto. <https://www.gob.mx/segob/prensa>. Fecha de consulta: 7-VIII-2017.
- Silva-Bátiz, F. A., Hernández-Vázquez, S., Nené-Preciado, A. J. y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar Sistema Chamela–Cuixmala, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. 18pp.
- Solís-Gabriel, L., Mendoza-Arroyo, W., Boege, K. y E. del-Val E. 2017. Restoring lepidopteran diversity in a tropical dry forest: relative importance of restoration treatment, tree identity and predator pressure. *PeerJournal*. 5: e3344; DOI 10.7717/peerj.3344.
- Villa-Galaviz, E., Boege, K. y E., del-Val. 2012. Resilience in Plant-Herbivore Networks during Secondary Succession. *PLoS ONE* 7(12): e53009. DOI:10.1371/journal.pone.0053009
- Wiley, J.W. y J. R. Wunderle. 1993. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands. *Bird Conservation International*. 3:319-349.