



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD
MANEJO DE ECOSISTEMAS

**RESPUESTAS DE LAS REDES DE INTERACCIÓN ENTRE PLANTAS Y LEPIDÓPTEROS
INMADUROS DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO AL IMPACTO DEL HURACÁN
PATRICIA (CATEGORIA 5) EN LA COSTA DE JALISCO, MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

IVONNE NOHEMÍ DELGADO ÁLVAREZ

TUTOR(A) PRINCIPAL DE TESIS: DRA. EK DEL VAL DE GORTARI

ENES Campus Morelia e Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y
Sustentabilidad, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. KARINA BOEGE PARÉ

Instituto de Ecología, UNAM

DR. ALEJANDRO ZALDIVAR RIVERÓN

Instituto de Biología, UNAM

MORELIA, MICH.

enero, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

OFICIO CPCB/080/2019

Asunto: Oficio de Jurado para Examen de Grado.

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted, que el Subcomité de Biología Evolutiva y Sistemática, en su sesión ordinaria del día 26 de noviembre de 2018, aprobó el siguiente jurado para la presentación del examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** a la alumna **DELGADO ÁLVAREZ IVONNE NOHEMI**, con número de cuenta **306078657**, con la tesis titulada, "**Respuestas de las redes de interacción entre plantas y lepidópteros inmaduros del Bosque Tropical Caducifolio al impacto del Huracán Patricia (categoría 5) en la costa de Jalisco, México.**" Realizada bajo la dirección de la **DRA. EK DEL VAL DE GORTARI**:

Presidente: Dra. Julieta Benitez Malvido
Vocal: Dra. Ana Laura Wegier Briuolo
Secretaria: Dra. Karina Boege Paré
Suplente: Dr. Alejandro Zaldivar Riverón
Suplente: M. en C. Sergio Stanford Camargo

Sin otro particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 17 enero de 2019


DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
COORDINADOR DEL PROGRAMA



Agradecimientos Institucionales

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, U.N.A.M.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa de Apoyos a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológicas (PAPIIT) con clave IN211916 ya que apoyaron financieramente la elaboración de este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular al Instituto de Investigaciones en Ecología y Sustentabilidad, al Laboratorio de Interacciones Bióticas en Hábitats Alterados y la Estación Biológica de Chamela por brindarme las herramientas y la oportunidad de desarrollar mi trabajo de investigación.

A la Doctora Ek del Val de Gortari por brindarme una segunda oportunidad y apoyarme en un momento tan difícil de mi vida, por siempre recibirme en su oficina con una gran sonrisa, porque con sus enseñanzas, apoyo, guía, motivación y buen consejo pudimos sacar el proyecto adelante. Es usted un gran ser humano, una gran mujer, excelente maestra y una investigadora tenaz. Un placer colaborar a su lado.

A mi comité tutorial conformado por la Dra. Karina Boege Paré y el Dr. Alejandro Zaldivar Riverón por sus aportaciones y correcciones durante la revisión de la tesis

Agradecimientos personales

A **todo el pueblo mexicano** que con sus impuestos financian a las Instituciones Educativas Públicas, entre ellas la UNAM.

A **mis padres** por brindarme su apoyo incondicional y por abrir su mente a mis ideas locas y revolucionarias, los quiero mucho.

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 de Chamela

A **los miembros del Laboratorio de Agroecología** por recibirme cuando comencé el posgrado y por apoyarme en todo momento durante mi estancia en Morelia y por incluirme a su linda familia agroecológica (**Rebeca, Semiramis, Rosa, Paola, Eleonora, Venecia, Ana Lidia, Tigre, Ceci, Fani, Tsiri y Miguel**)

Al **Dr. Pablo Jaramillo**, por ser la persona que me hizo salir de mi zona de confort y mudarme a Morelia a emprender la gran aventura del posgrado.

Al **Dr. Fermín Pascual** por su continuo apoyo, por las largas charlas de expansión de conciencia, por brindarme la oportunidad de ser asistente de profesor a su lado y por ser un gran amigo.

Al **Dr. Carlos** por tener siempre abiertas las puertas de su laboratorio para mí, por las convivencias, las pláticas y los consejos.

A **Dante** por siempre estar dispuesto a ayudar, compartir conocimiento y risas.

A **Andrea** por su hermosa amistad incondicional y cómplice, por su sonrisa contagiosa.

A **Omar** por las pláticas tan interesantes (eres un hombre extraordinariamente inteligente y un increíble ser humano), por toda la ayuda que me brindaste.

A **Karla** por comenzar la aventura del posgrado juntas, te debo una por abandonarte.

A **David** por compartir gratos momentos y largas charlas.

A **toda la gente linda que conocí en Michoacán, la familia que no necesita llevar mi sangre para llamar familia**; por hacerme sentir como en casa.

A **Uriel** por ser mi cómplice en locuras, aventuras, mi pareja favorita de baile y por permitirme siempre vibrar a mi manera.

A **Karen** por su paciencia y cariño, por las pláticas y tus abrazos interminables. Eres la mejor *roomie* que cualquiera pueda tener.

A **Cristian** por ponerle ritmo y candela a mi vida.

A **Gio** por siempre tener tiempo para charlar y por el apoyo moral incondicional que siempre me diste.

A **Jimmy** por estar ahí para mí siempre, por las charlas, los viajes, por compartir tu historia conmigo.

A **Alfredi** por fumarte esos cigarritos que en la plática se hacían interminables, por la ayuda en campo y en las aulas.

A **Rene** por invitarme súper tarde a las fiestas en su casa.

A **Byron** por ser mi carnalito y mi apoyo cuando llegue a Michoacán.

A **Mary** por adoptarme como una hija y enseñarme a cocinar.

A **mis amigos** que desde CDMX me brindaron su apoyo.

A **Aldo**, ahora si no te olvide en mi tesis man. Gracias por el apoyo en campo.

A **Ricardo** por la ayuda con mi trabajo a distancia.

Al **Avatar Arturo**, gracias por las largas charlas telefónicas y por estar ahí, del otro lado del teléfono, en los peores momentos de soledad y en mis múltiples intentos de incendiar el universo entero.

A **Pam**, amiga otro logro, gracias por todo tu apoyo y por la visita, soy muy afortunada por tenerte a mí lado. Te quiero mucho hermanita.

Dedicatoria

A mi hermosa hija, porque hemos logrado muchas cosas creciendo juntas, un triunfo más para nosotras y los que nos falta por conquistar

A la Ivonne del futuro, que estas palabras te reconforten si en un momento lejano tu diálogo interno te miente y te atormenta diciéndote lo que tienes que hacer o cuando te creas incapaz de lograr cualquier cosa recurras a este recuerdo tan bonito que fue tu tesis de Maestría y saques fuerza de todo lo vivido en esta etapa y te des cuenta de que tú puedes manifestar en la 3D todo lo que te propongas, que el universo te sostiene y pone todo a tu alcance para tu máxima expansión.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO	8
Objetivos particulares.....	8
MATERIALES Y MÉTODO	9
Área de estudio	9
Huracán Patricia	11
Diseño experimental	12
RESULTADOS	15
Daño del huracán Patricia sobre la vegetación de los sitios de estudio	15
Diversidad y curvas de acumulación de especies	16
Abundancia y riqueza de lepidópteros	18
Redes planta-lepidóptero	20
Años posteriores al huracán	20
Métricas de las redes de interacción	23
DISCUSIÓN	27
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA	34
ANEXO	43

RESUMEN

El huracán Patricia ha sido uno de los más intensos (categoría 5) registrados para la zona costera del Pacífico Norte, impactando gravemente en los ecosistemas de bosque tropical caducifolio (BTC) de la región costera de Jalisco. Este evento afectó las dinámicas de la biota y algunos procesos biológicos claves. En esta investigación, se evaluó la respuesta de las redes de interacciones planta-herbívoro en un gradiente de sucesión secundaria de BTC antes (2007-2013) y después del paso del huracán Patricia (2016-2017), realizando un comparativo con los efectos del huracán Jova (2011). Se emplearon análisis de varianza de medidas repetidas para estimar los efectos de la sucesión vegetal sobre la diversidad de especies de lepidópteros antes y después del huracán. Se reconstruyeron redes de interacción entre plantas y herbívoros para cada estadio sucesional (2016-2017) y se compararon con las redes anteriores. Se realizaron modelos lineales para determinar si el huracán afectó los parámetros en las redes de interacción. Los efectos del huracán sobre el BTC se vieron reflejados en las redes de interacción en el tamaño de red, los enlaces, el número de compartimentos, la especificidad (H_2) y las especies núcleo de lepidópteros y plantas disminuyeron, mientras que la conectividad aumentó y no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la robustez. La estructura de las redes de interacción planta-lepidópteros se modificó tras el paso del huracán Patricia y muestran cierta resiliencia a eventos naturales extremos; si bien en 2016 todos los parámetros fueron menores, fue evidente una recuperación para 2017. También se observó que el efecto de la sucesión secundaria sobre las redes de interacción perdió su significancia tras el paso del huracán. Las transformaciones ocasionadas en el BTC en la región de Chamela-Cuixmala por la actividad humana podrían acentuar la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas ante eventos climáticos extremos debido a que la disminución de las áreas conservadas impacta su capacidad de resiliencia. Dado el pronóstico de incremento en la incidencia de eventos naturales 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, Chamela.

ABSTRACT

Patricia has been one of the most intense hurricane (category 5) registered for the Pacific coastal area of Mexico, severely impacting the Tropical Dry Forest (TDF) ecosystems of the coastal region of Jalisco. This event affected the dynamics of biota and some key biological processes. In this research was evaluated the response of networks of plant-herbivorous interactions in a gradient of secondary succession of TDF before (2007-2013) and after the hurricane Patricia (2016-2017). Variance analysis of repeated measures were used to estimate the effects of chronosequence on the diversity of lepidopteran species before and after the hurricane. Interaction networks between plants and herbivores were constructed for each successional stage (2016-2017) and compared with the previous networks. Linear models were used to determine if the hurricane affected the parameters in the interaction networks. The effects of the hurricane on the TDF were reflected in the interaction networks for the size, the links, the number of compartments, the specificity (H_2) and the core species of lepidoptera and plants decreased, while the connectance increased and no significant differences were found in terms of robustness. The structure of the plant-lepidoptera interaction networks changed after the passage of Hurricane Patricia and shows some resilience to extreme natural events given that, in 2016 all the parameters were lower, some recovery was evident for 2017. It was also observed that the effect of secondary succession on interaction networks lost its significance after the passage of the hurricane. The transformations caused by the TDF in the Chamela-Cuixmala region due to human activity could accentuate the vulnerability of the socio-ecosystems to extreme weather events because the decrease in the conserved areas impacts their resilience. 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 TDF are discussed.

KEY WORDS. Succession, interaction networks, hurricane, TDF, resilience, Chamela.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en México se ha experimentado un importante incremento en 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 en intensidad y frecuencia en las últimas décadas los huracanes y tormentas tropicales (Manson y Jardel 2009 y CENAPRED 2001).

Los huracanes se caracterizan por presentar vientos intensos, oleaje de gran altura e intensidad y son clasificados de acuerdo con las velocidades máximas que alcanzan sus vientos, según la escala de Saffir-Simpson (categoría 1 a 5), siendo 1 el más débil y 5 el más fuerte (Araya-Orozco 2017). La temporada de huracanes en el Pacífico es un evento cíclico anual, inicia en el mes de mayo y finaliza los últimos días de noviembre; sin embargo, la formación de éstos es posible en cualquier momento (Servicio Nacional Meteorológico 2018).

Acontecimientos como el huracán Jova (categoría 2) y Patricia (325km/hr, 872hPa, categoría 5) (Ramírez, 2017) provocaron lamentables pérdidas de vidas humanas, así como significativos daños materiales y afectaciones negativas a los ecosistemas naturales de la región costera de Jalisco. El BTC fué particularmente afectado por el derrumbe de vegetación, que a su vez afectó a la biota y a los procesos biológicos claves de entrada de energía y nutrientes al suelo, entre otros impactos (Blake et al., 2009).

Los 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 y Pickett y White 1985). La evolución y dinámica de los ecosistemas tropicales se asocia con eventos naturales de magnitud variada (huracanes, incendios, inundaciones, etc.) que generan patrones de distribución y abundancias en los organismos distintos a los previos, promoviendo a largo plazo cambios evolutivos dentro del ecosistema (Salazar-Vallejo 2002; Scheffer et al. 2001 y Woodley et al. 1981).

El impacto ocasionado en los Bosques Tropicales (BT) ante estos eventos depende de la intensidad y duración de los vientos, precipitación, velocidad de avance, topografía y características específicas de cada bosque (estadio sucesional, altura de los árboles, claros, etc.), tiene un efecto directo en la dinámica, estructura y composición del bosque en donde aumenta las tasas de mortalidad, reclutamiento y regeneración modificando el ciclo de nutrientes, entre otros (Vester y Olmsted 2000). La naturaleza tiene la capacidad de responder a cambios graduales en las condiciones ambientales, no obstante, esta capacidad puede verse mermada por cambios drásticos, ya sea aumento en frecuencia o intensidad de los fenómenos naturales extremos, abriendo camino para que los sistemas tomen un estado alternativo que no regrese a su condición original (Scheffer et al. 2001).

Se han realizado diversos estudios para evaluar los efectos de los huracanes sobre los BT, Reilly (1991) evaluó el efecto del huracán Hugo en tres BT en E.U.A., reportando que los bosques en pendientes orientadas frente a los vientos del huracán y a elevaciones más bajas fueron los más afectados. En general, el grado de daño fue poco, lo cual pudo deberse a la trayectoria del huracán o a la resistencia de los bosques a perturbaciones naturales. Lynch (1991) encontró una disminución en la abundancia de especies frugívoras y nectarívoras de aves del BTC tras el paso del huracán Gilbert en la península de Yucatán. Vilella y Fogarty (2005) reportan cambios en la abundancia relativa de especies de ranas tras el paso del huracán Georges (1998). Imbert y Portecop (2008) evaluaron los cambios estructurales y funcionales del BTC en el Caribe 19 años después del paso del huracán Hugo, en el que encontraron que la perturbación de huracanes en el BTC parece presentar en mayor escala cambios estructurales del bosque en una escala de tiempo más larga que los cambios funcionales. Araya-Orozco (2017) estimó los efectos del huracán Otto sobre la estructura y composición florística de un bosque primario en Costa Rica, observó una modificación importante en términos estructurales de la vegetación, pero no en la composición florística ni en la diversidad vegetal. Por último, Vélchez (2017) estudió los efectos a corto plazo del huracán Patricia sobre las comunidades de aves del BTC en Chamela Jalisco, reportó que la supervivencia general de las especies fue alta. Sin embargo, se observó una variación en la composición y estructura de la comunidad de aves del sotobosque.

Si bien la mayoría de los estudios que se han realizado se centran en el efecto de los huracanes sobre la vegetación y vertebrados, son pocos los estudios que se han enfocado en el efecto que tienen sobre las comunidades de insectos, los cuales participan en muchos procesos importantes dentro de estos ecosistemas (polinización, dispersión de propágulos, interacciones tróficas, etc.). Los estudios de la entomofauna aportan información sobre la productividad, niveles de contaminación (acuática y atmosférica) y el estado de los ecosistemas, entre otros (Brown 1991).

Vandermeer y colaboradores (1990) evaluaron la regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana en donde reportan una alta abundancia de lepidópteros adultos tras el paso del huracán. Vázquez et al. (2009) llevaron a cabo un diagnóstico rápido de ocurrencia de plagas en sistemas agrícolas de Cuba por eventos extremos de cambio climático, obteniendo un incremento en algunas plagas tras el impacto de huracanes como son: *Liriomyza trifolii*, *Spodoptera frugipeda*, *Pseudactysta perseae*, entre otros y una disminución drástica de dípteros. Grimmbacher y Stork (2009) investigaron los cambios en los ensambles de escarabajos tras el paso del huracán Larry en un BT fragmentado en Queensland Australia, encontraron que las comunidades eran similares a su condición previa al huracán y que el cambio en el ensamble de escarabajos era consistente con el aumento de aridez, presumiblemente causada por la pérdida del dosel. Un estudio que investigó los efectos de un huracán en las redes ecológicas fue el de Sánchez-Galván y colaboradores (2012), en el cual evaluaron una red mutualista de planta-hormiga en la costa de Veracruz, antes y después del impacto del huracán Karl. Estos autores encontraron 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.

En los últimos años 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) esto 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).

Las larvas de los lepidópteros son consideradas como uno de los grupos de mayor representatividad dentro del grupo de los insectos. Tienen un impacto en las comunidades vegetales de las selvas tropicales ya que son uno de los tres principales consumidores de follaje junto con algunos coleópteros e himenópteros (Janzen 1981; Dirzo 1987 de la Cruz y Dirzo 1987). Los diferentes taxones de lepidópteros se encuentran estratificados en cuanto a un gradiente de luz, viento, humedad y temperatura. Por esta razón constituyen un grupo de trabajo muy sensible a las variaciones climáticas y ecológicas que se presentan en gradientes altitudinales y sucesionales de vegetación, muestran respuestas rápidas a perturbaciones ambientales y tienen numerosas formas de comportamiento especializado, como es su alta especificidad hacia las plantas de las cuales se alimentan (Camero y Calderon 2007). Esta alta especificidad hace de los lepidópteros un excelente modelo para ser empleado en análisis de redes de interacción.

Fernández y colaboradores (1992) reportaron un aumento excesivo en la abundancia de *Hylesia alinda* posterior al paso del Huracán Gilbert debido a la desaparición de sus depredadores naturales (avispas y abejas), lo cual ocasiono brotes severos de dermatitis por contacto de la piel con estas polillas en Cozumel. Luviano (2015) evaluó los efectos del huracán Jova (Categoría 2) en la diversidad y redes de interacciones entre plantas y lepidópteros en un gradiente sucesional del BTC (Jalisco, Chamela). Este autor encontró que estadios sucesionales de BTC avanzados presentaron una mayor riqueza y abundancia de morfoespecies de lepidópteros inmaduros. Por otra parte, el efecto del Huracán Jova en las redes de interacción planta-lepidóptero para los mismos sitios mostraron que las redes cambiaron después del huracán (Luviano et al. 2017). Sin embargo, se desconoce cuál sería el impacto en estas redes tras el paso de huracanes de una magnitud mayor, aunque se sabe que estos fenómenos meteorológicos aumentan la mortalidad, la destrucción de hábitat y el desplazamiento geográfico de individuos por los vientos (Wiley y Wunderle 1993) entre otros.

Los análisis de redes ecológicas de interacción son una herramienta útil para describir las interacciones entre plantas-animales y analizar su papel en la organización y la dinámica de la biodiversidad en los ecosistemas tropicales, además de proveer herramientas de búsqueda de patrones que pueden ser de gran utilidad en la evaluación y predicción de las

consecuencias de las perturbaciones en las interacciones bióticas (Bascompte 2010 y Bascompte y Jordano 2007). Las redes de interacción planta-herbívoro son redes ecológicas antagónicas altamente diversas y especializadas, espaciotemporalmente dinámicas y son el resultado de múltiples procesos no exclusivos en los cuales la estacionalidad, tipo de hábitat, variación en la disponibilidad de recursos, régimen de perturbaciones y atributos específicos de las especies contribuyen a su estructuración (López-Carretero et al. 2018).

La evaluación de las redes de interacción en los diferentes estadios sucesionales (de origen natural o antropogénico) que presenta el BTC nos proporciona una idea más amplia de como se está comportando el ecosistema en general. Esto se debe a que las diferentes condiciones ambientales durante la 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.

Objetivo

Evaluar el efecto del huracán Patricia (Categoría 5) en parcelas de sucesión secundaria sobre las redes de interacción planta-lepidóptero en un BTC de la costa del Pacífico mexicano.

Objetivos particulares

Evaluar cambios en diversidad de lepidópteros después del paso del huracán Patricia en el gradiente sucesional del BTC.

Examinar la resiliencia de las redes de interacción planta-lepidóptero a través de la sucesión secundaria del BTC después del paso del huracán Patricia.

MATERIALES Y MÉTODOS

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). Se sitúa en la provincia de la Sierra Madre del Sur (Rzedowski, 2006) por lo que en su geografía predominan las montañas (85%), así como algunos lomeríos y planicies aluviales (15%) (Ceballos et al 1999). Los principales tipos de suelos son regosol (39%), cambisol (33%), feozem (23%) y solonchak (4%) (Silva-Bátiz, 2009).

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 está comprendido de noviembre a junio, y el periodo de lluvias de julio a octubre, influenciado por huracanes y tormentas tropicales. La precipitación promedio anual de la región es 700mm, pero varía fuertemente entre años (de 366 a 1329mm) (Maass et al. 2017, IBUNAM 2017; Silva-Bátiz et al. 2009; Noguera 2002 y Bullock 1986). El tipo de vegetación dominante en la RBCC es el BTC (90%) y Bosque Tropical Subpernifolio (BTS) (8%) (Rzedowski 2006), los cuales se encuentran conservados al interior de la RBCC. Esto contrasta con los alrededores, donde predominan parcelas agrícolas, ganaderas y vegetación secundaria en sitios agrícolas abandonados (Sánchez-Azofeifa et al. 2009). Se han descrito para la zona 1200 especies de plantas vasculares. En cuanto a la fauna, se han descrito más de 429 especies de vertebrados terrestres (Balvanera 2000) y 1863 especies de artrópodos de los cuales 583 pertenecen al orden Lepidóptera (Pescador-Rubio 2002).

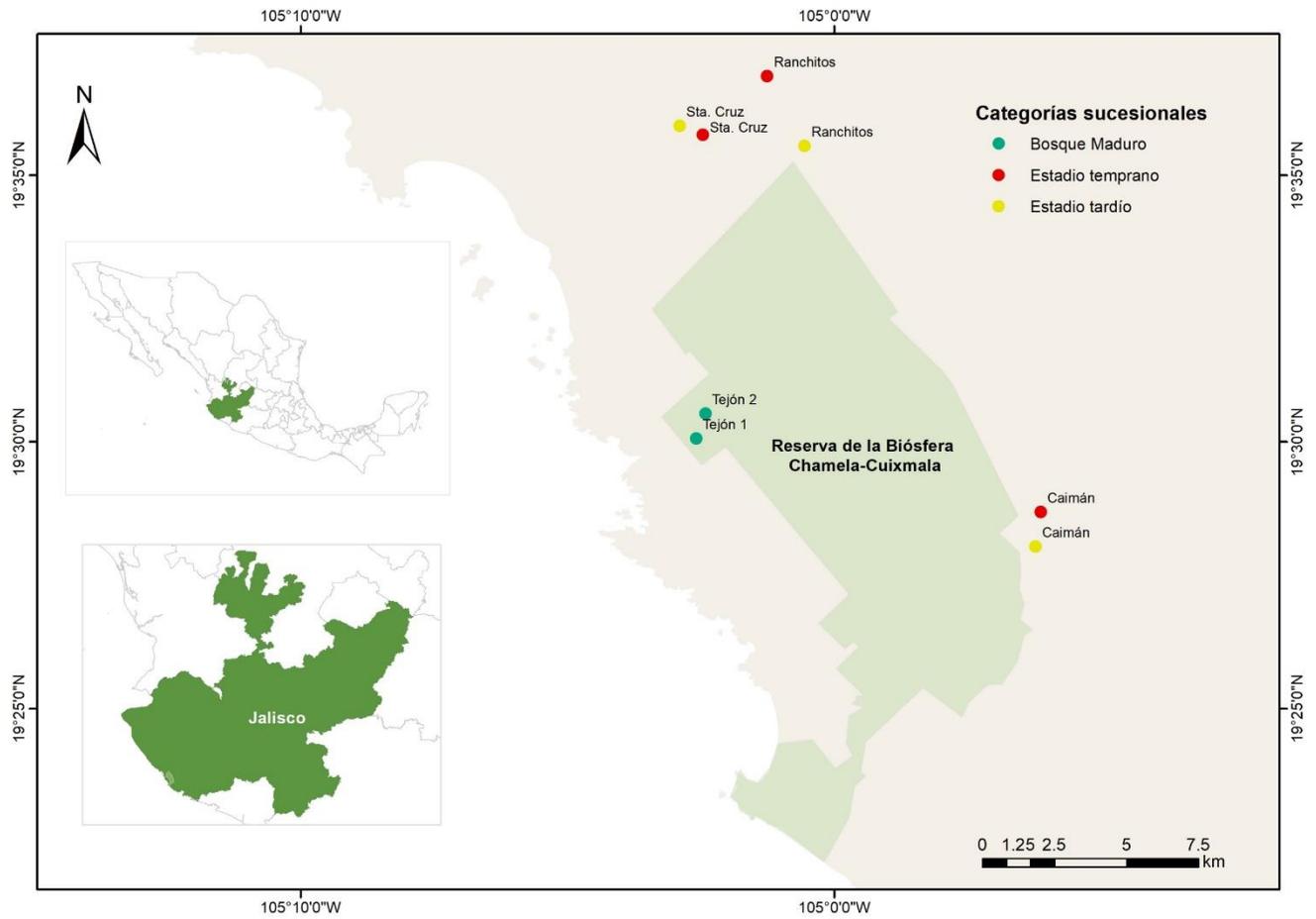


Figura 1. Mapa del área de estudio

Huracán Patricia

El huracán Patricia entró 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 intensificó 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/h) 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 tras su entrada a tierra y volvió a ser considerado tormenta tropical.

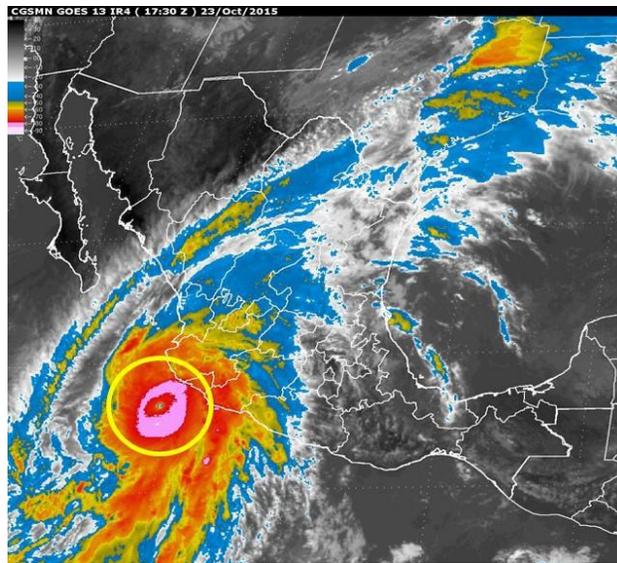


Figura 2. Imagen satelital GOES 13 en canal IR4 del Huracán Patricia el 23 de octubre del 2015 a las 17:30pm. (Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, 2015).

Diseño experimental

En la zona de estudio se trabajó en ocho parcelas sucesionales (20x50m) con tres réplicas de tres estadios de la cronosecuencia de la sucesión vegetal del BTC (a excepción del estadio sucesional bosque maduro donde sólo se tuvieron dos replicas): (1) estadio sucesional intermedio (15-17 años de abandono); (2) estadio sucesional tardío (20-25 años) y (3) bosque maduro (+40 años) (Figura 3).

Los muestreos se realizaron durante la temporada de lluvias (julio-noviembre) de los años 2016 y 2017 en tres parcelas de cada estadio sucesional. En cada parcela se establecieron cuatro transectos paralelos de 2 X 20m (32 transectos en total), en donde se identificaron árboles y arbustos. Se realizó una colecta manual 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 identificarlas taxonómicamente.

Se calculo la tasa de mortalidad de los árboles en los sitios de estudio y se evaluó el daño ocasionado tras el paso del huracán por observación directa, empleando las siguientes categorías: muertos, sin daño, tronco roto, pocas hojas, ramas rotas, sin hojas, desenraizado, caído, ladeado y con arboles encima.

Para la estimación de la diversidad y riqueza de especies se realizaron curvas de acumulación de especies (mediante 100 aleatorizaciones) empleando los estimadores de riqueza total: ACE y Chao 1, y los índices de diversidad: Shannon-Wiener y Simpson; en el programa EstimateS 9.1 (Colwell 2009). Se analizaron las diferencias de abundancia y composición de especies de lepidópteros entre los diferentes estadios sucesionales y se compararon con los datos obtenidos anteriormente del huracán Jova (Luviano 2015).

Se utilizaron análisis de varianza de medidas repetidas para estimar los efectos de la sucesión vegetal sobre la diversidad de especies de lepidópteros antes y después del huracán Patricia. Además, se construyeron redes de interacción entre plantas y lepidópteros para cada estadio sucesional en los años 2016 y 2017 con ayuda de los siguientes índices de redes de interacción ecológica:

- **Tamaño de red.-** Número de especies de lepidópteros y plantas que interactúan (Luviano et al. 2017)
- **Conectancia.-** Proporción de conexiones que realmente ocurren respecto al total posible (Cagnolo y Valladares 2011).
- **Número de vínculos.-** Relaciones que existen entre dos o más nodos (Luviano 2015)
- **Número de compartimentos.-** Grupos de nodos que tienen más interacciones dentro del grupo que fuera de este) (Guimera et al. 2007)
- **Anidamiento.-** Temperatura o grado de desorden de una matriz de interacción de la cual se genera una red compleja bipartita (Munguía-Rosas et al. 2013)
- **Robustez.-** Es el cálculo del área bajo la curva de extinción, es una función del número de extinciones secundarias que resultan de la eliminación de nodos de una red)(Burgos et al. 2007 y Nuwagaba 2013)
- **Especificidad.-** H_2 medida de especialización, mide la desviación entre las interacciones realizadas para una especie y la esperada para cada especie con respecto a las posibles interacciones totales en la red (Blüthgen 2006 citado en Luviano 2017)
- **Número de especies núcleo de lepidópteros y plantas.-** especies que sostienen la mayor parte de las interacciones.

Se emplearon modelos lineales de efectos mixtos para determinar si el huracán afectó los parámetros en las redes de interacción, comparando con redes previamente realizadas para las mismas parcelas tras el paso del huracán Jova (Luviano et al. 2017). También se determinaron las especies núcleo de cada red de interacción para determinar el efecto del huracán sobre estas, empleando la fórmula propuesta por Dáttilo et al. (2013) la cual considera especies generalistas. Los análisis se realizaron en R utilizando *bipartite* y *vegan* (R Development Core Team 2014).

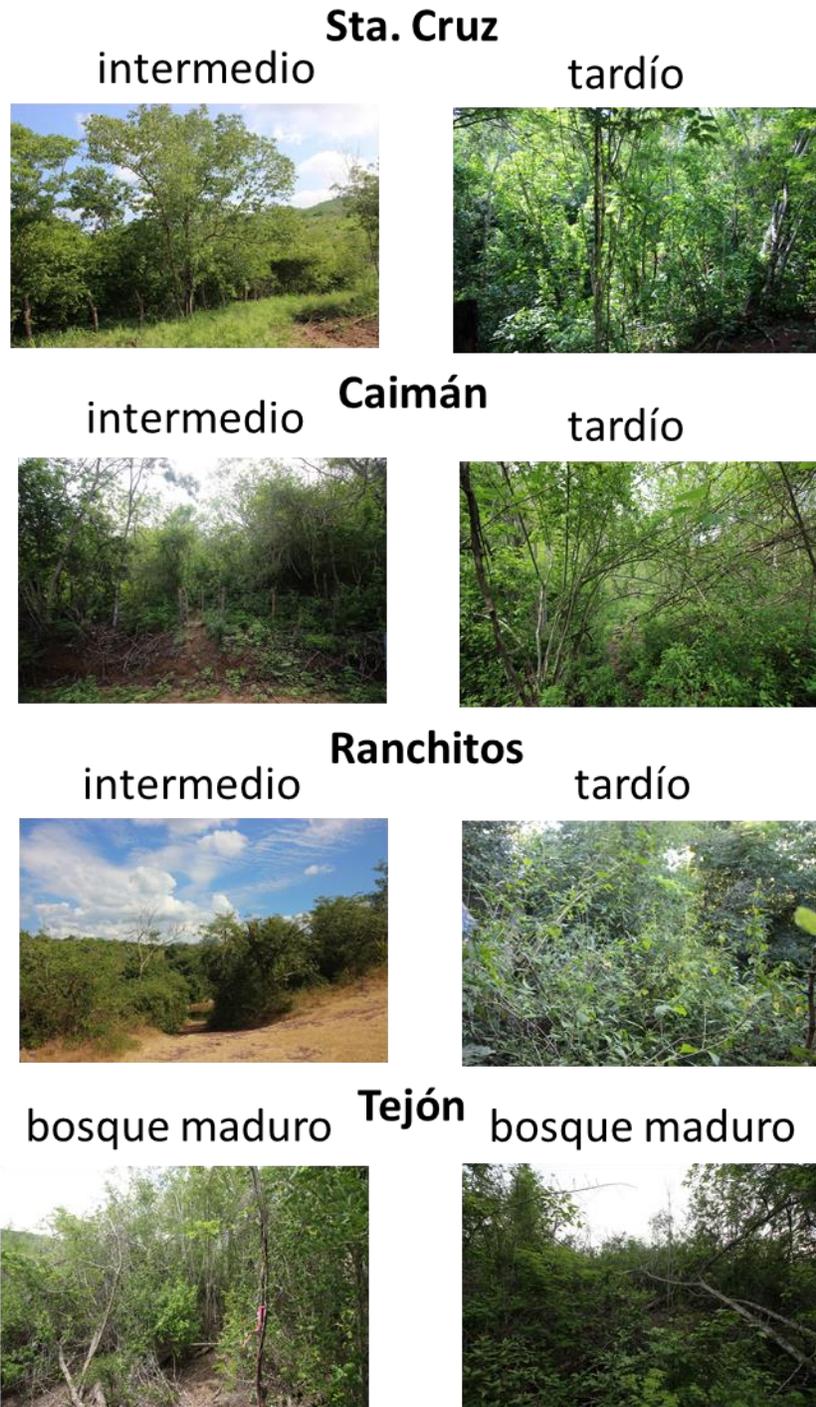


Figura 3. Parcelas sucesionales que representan los tres estadios de la cronosecuencia de la sucesión vegetal del BTC: estadio sucesional intermedio (15-17 años de abandono); tardío (20-25 años) y bosque maduro (+40 años)

RESULTADOS

Daño del huracán Patricia sobre la vegetación de los sitios de estudio

El daño por el huracán Patricia fue severo. Del total de los árboles considerados en los transectos (1025 individuos) el 41% sufrió algún daño (Figura 4). De todos los árboles monitoreados el 15% murió, el 13.3% perdió las hojas por completo y el 13.1% estaba desenraizado, caído, con el tronco ladeado o con otros árboles encima. La mortalidad ocasionada por el huracán no fue igual en todas las parcelas. En particular las parcelas del estadio intermedio presentaron una mayor mortalidad de árboles ($26.5 \pm 1.6\%$) mientras que los estadios sucesionales tardío y el bosque maduro presentaron menores porcentajes de mortalidad ($8.3 \pm 1.9\%$, $16.7 \pm 2.8\%$ y $13.4 \pm 3.7\%$, respectivamente). El porcentaje de árboles sin hojas fue muy variable entre parcelas (entre 10 y 18%) pero no fue diferente entre estadios sucesionales ($P > 0.05$). Los otros tipos de daño agregados variaron entre 15 y 34 % por parcela, pero tampoco presentaron un patrón asociado a la sucesión ($P > 0.05$). Con esta información es posible decir que el huracán Patricia sí tuvo un efecto diferencial sobre las parcelas sucesionales estudiadas.



Figura 4. Vista del BTC dentro de la RBCC posterior al huracán Patricia (octubre 2017).

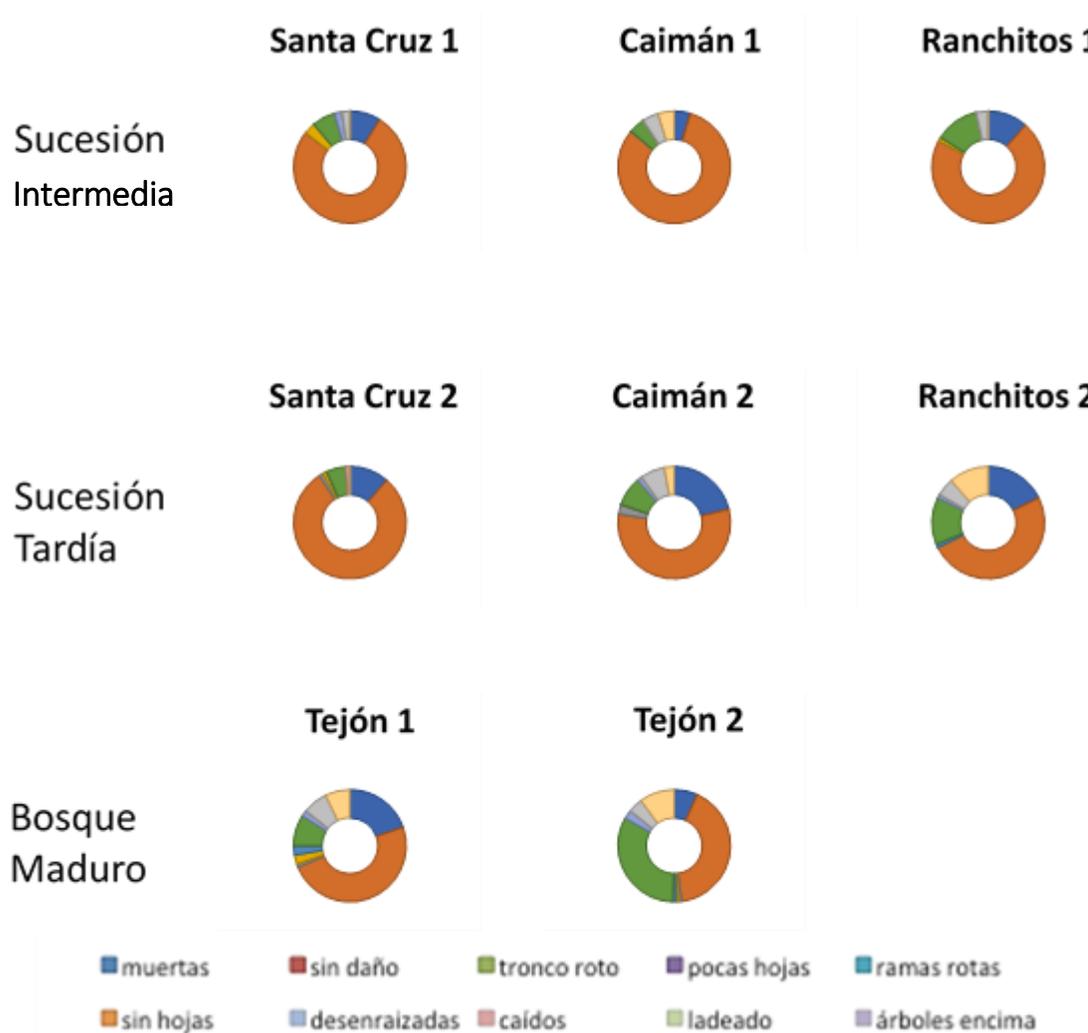


Figura 5. Daño diferencial sobre la vegetación en las parcelas sucesionales evaluadas. Se presentan los datos de todas las parcelas agrupadas por estadio sucesional.

Diversidad y curvas de acumulación de especies

Los estimadores empleados en las curvas de acumulación de especies (Chao1 y ACE) para ambos años indican que el esfuerzo de muestreo no fue suficiente para encontrar la riqueza total de lepidópteros inmaduros. En ninguno de los muestreos se llegó a la asíntota (Fig. 6), quedando en todos los casos por debajo de la mitad de las especies esperadas. De acuerdo con los índices de diversidad en el 2016 se obtuvo una diversidad baja ($H' = 2.44$ y $1-D = 0.65$) y en el 2017 se observa una diversidad alta ($H' = 4.59$ y $1-D = 0.88$) (Tabla 1).

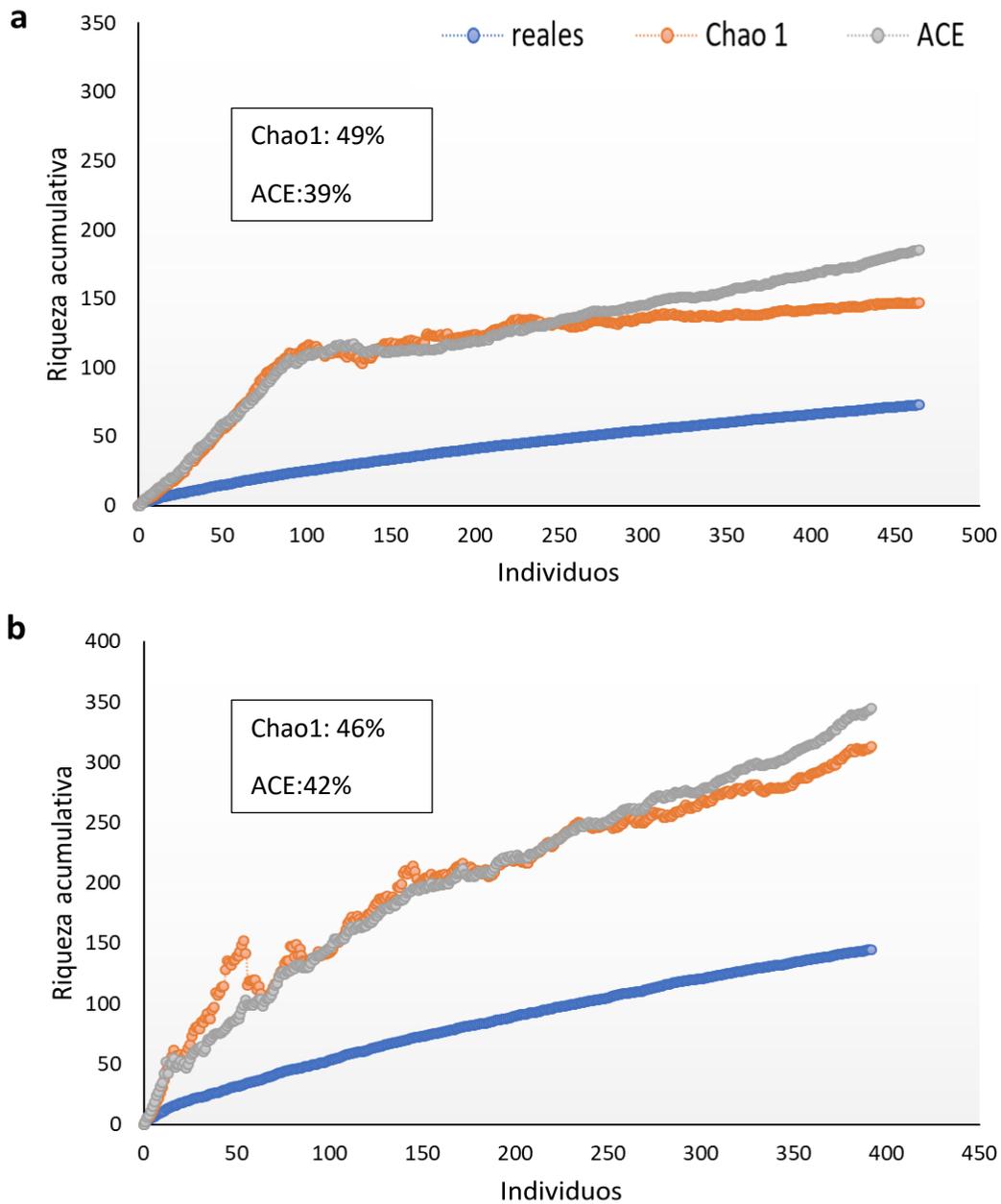


Figura 6. Curvas de acumulación de especies a) 2016 y b) 2017.

Tabla 1. Índices de diversidad y estimadores de riqueza. D=dominancia, 1-D=índice de Simpson, H'=índice de Shannon-Weiner, ACE=estimador de cobertura basado en abundancia

AÑO	D	1-D	H'	Chao1	ACE
2016	0.3419	0.6580	2.4495	46%	42%
2017	0.1165	0.8834	4.5928	49%	39%

Según los índices de diversidad, el estadio sucesional que presentó la diversidad más alta en el 2016 fue el estadio tardío. La más baja se observó en el bosque maduro y, a diferencia de los otros estadios en este año, se presenta una marcada dominancia de especies ($D=0.7879$). En el caso del año 2017, los estadios con la diversidad más alta fueron el intermedio y el tardío, por otro lado el estadio con la menor diversidad fue al igual que para el 2016, el bosque maduro (Tabla 2).

Tabla 2. Índices de diversidad y estimadores de riqueza. S=riqueza, D=dominancia, 1-D=índice de Simpson, H'=índice de Shannon-Weiner, ACE=estimador de cobertura basado en abundancia

2016/Estadio	S	D	1-D	H'
Intermedio	43	0.3640	0.6359	2.3521
Tardío	24	0.2132	0.7867	3.0631
Bosque Maduro	25	0.7879	0.2120	0.8624
2017/Estadio	S	D	1-D	H'
Intermedio	63	0.0811	0.9188	4.3775
Tardío	70	0.0971	0.9028	4.3496
Bosque Maduro	44	0.4187	0.5812	2.5128

Abundancia y riqueza de lepidópteros

Durante la época de lluvias de 2016 y 2017 se registraron diferencias entre el número de lepidópteros inmaduros en las parcelas sucesionales ($F_{1,43}=10.05$, $p=0.0028$), en el 2016 se encontraron 1,265 y 1,405 en el 2017 (Anexo1, Tabla 1 y Cuadro 1). La abundancia de lepidópteros presentó diferencias entre los meses de muestreo en cada año ($F_{4,43}=4.78$, $p=0.0028$); el mes de agosto fue el de mayor variación entre años, siendo mayor la abundancia para el 2017 (Fig. 7a). Estas abundancias entran dentro del rango obtenido en los años anteriores al huracán (2007-2013) las cuales varían de 737 a 2,715 (Luviano et al., 2017) (Fig. 7a).

La riqueza de lepidópteros en los años posteriores al huracán (2016 y 2017) (Fig. 4b) fue diferente entre los años de muestreo ($F_{1,43}=23.36$, $p<0.0001$). Para el 2016 se registraron 73 morfoespecies de lepidópteros inmaduros y para el 2017 hubo un incremento significativo, registrándose, 144 morfoespecies. El estadio con mayor riqueza en ambos años fue el intermedio (94 morfoespecies) y el de menor fue el intermedio (55 morfoespecies) ($F_{2,5}=0.36$

$p < 0.0001$) (Anexo, Tabla 3). Para el año 2016, el estadio con mayor riqueza fue el intermedio, en el 2017 fue el estadio tardío y en ambos años el bosque maduro fue el que presentó la menor riqueza (Tabla 2). El mes que presentó mayor riqueza fue septiembre y julio la menor en ambos años ($F_{4,43}=4.29$ $p=0.0052$). La interacción entre año y mes de muestreo fue significativa ($F_{4,43}=5.58$ $p=0.0010$) debido a que en agosto de 2017 fue mucho mayor. 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 de todos los años de muestreo, ya que para años previos al huracán se tenían reportes de 89 a 270 morfoespecies de lepidópteros inmaduros (Fig. 8b).

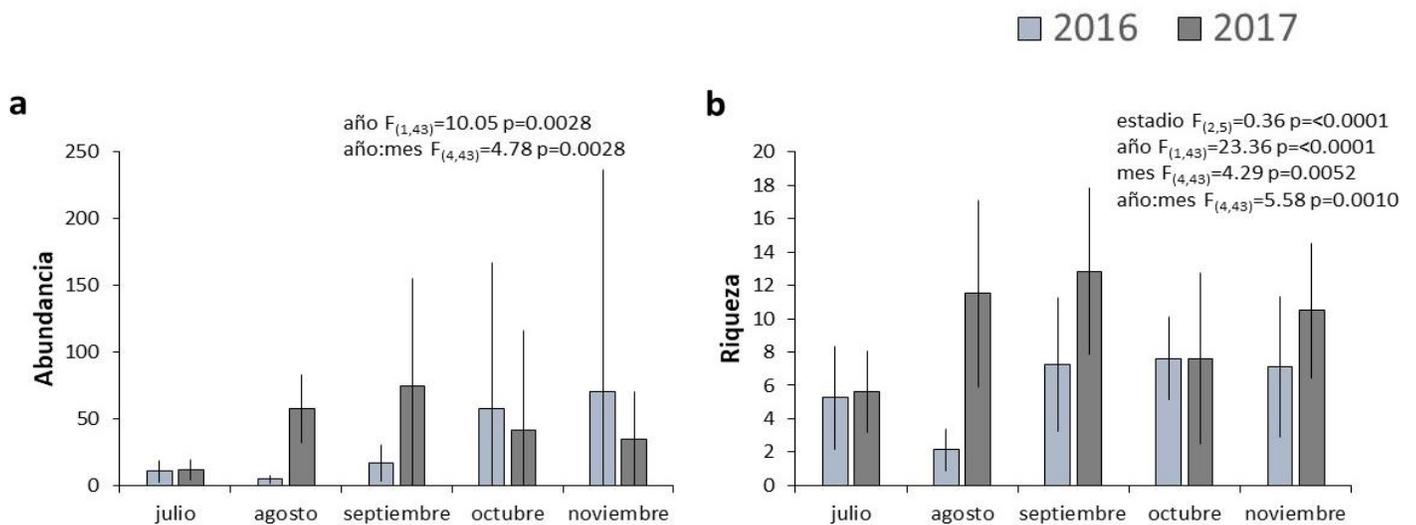


Figura 7. Diversidad de lepidópteros (riqueza y abundancia) en el área de estudio, para los años posteriores al huracán (2016 y 2017). Se muestran promedios y EE para cada parámetro.

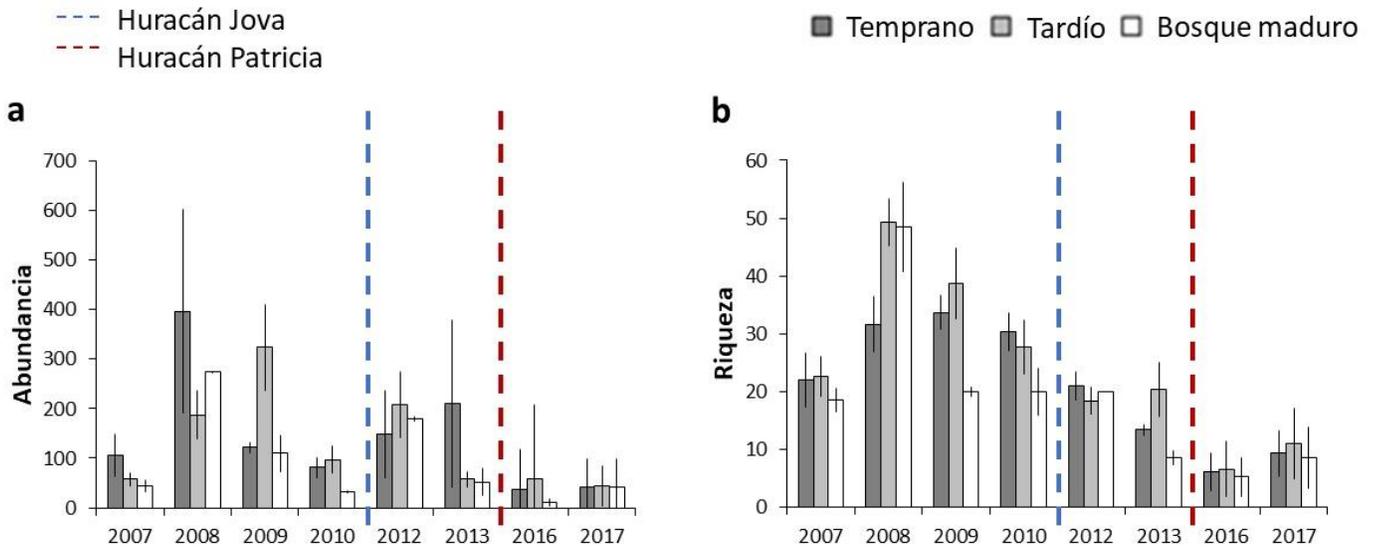


Figura 8. Diversidad de lepidópteros (abundancia y riqueza) en el área de estudio, comparando años anteriores (2007-2013) y posteriores (2016, 2017) al paso del huracán Jova y Patricia. Mostrando la media \pm EE por etapa sucesional por año.

Redes planta-lepidóptero

Años posteriores al huracán

Los atributos de las redes de interacción en los diferentes estadios sucesionales mostraron diferencias entre años. El tamaño de las redes aumentó en 2017 ($F_{(1,43)}=13$, $p=0.0008$). En 2016 la red del estadio intermedio estuvo compuesta por 38 morfoespecies de lepidópteros inmaduros y 38 especies de plantas, representando un potencial de 1444 (morfoespecie de lepidóptero X especies de plantas = 38×38) interacciones posibles, de las cuales se observaron en campo únicamente 109. En el estadio tardío la composición fue de 29 y 27 especies respectivamente con un potencial de 783 (29×27) interacciones posibles, de las cuales se obtuvieron 69 en campo. En cuanto al bosque maduro se encontraron 25 morfoespecies de lepidópteros inmaduros y 26 especies de plantas, con un potencial de 650 (25×26) interacciones posibles, de las cuales se dieron 59 en campo (Fig. 9).

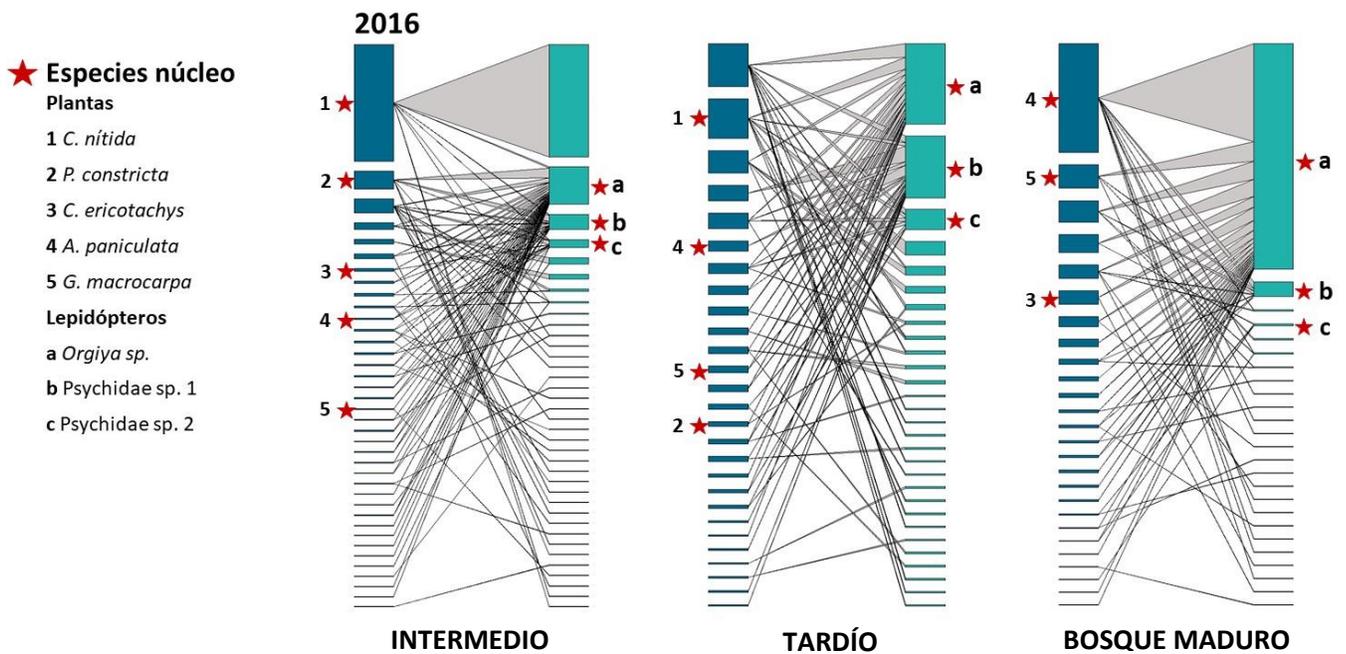


Figura 9. Redes bipartitas planta-lepidóptero de los estadios sucesionales de la zona de estudio para el 2016. Las plantas se representan en el lado izquierdo y los lepidópteros inmaduros en el derecho. El grosor de las barras indica el número de interacciones.

En el 2017, la red del estadio intermedio conto con 70 morfoespecies de lepidópteros inmaduros y 42 especies de plantas, lo que representa un potencial de 2940 (70 X 42) posibles interacciones, de las cuales únicamente se observaron en campo 160. En el estadio tardío se fueron 44 y 61 especies respectivamente, con un potencial de 2684 (44 X 61) interacciones posibles, de las cuales se observaron 134 en campo. Por último, la red del bosque maduro estuvo compuesta por 34 y 40 especies respectivamente, con un potencial de 1360 (34 X 40) interacciones posibles, de las cuales se observaron 93 (Fig. 10).

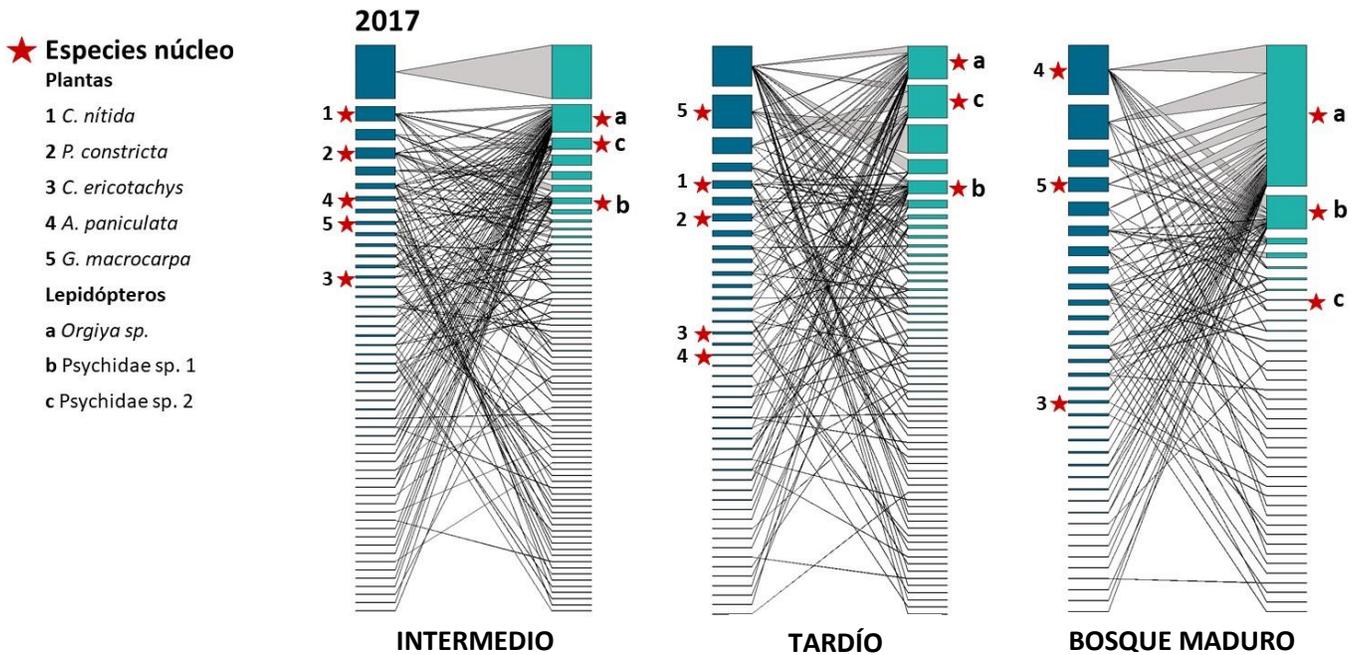


Figura 10. Redes bipartitas planta-lepidóptero inmaduro de los estadios sucesionales de la zona de estudio para el 2017. Las plantas se representan en el lado izquierdo y los lepidópteros inmaduros en el derecho. El grosor de las barras indica el número de interacciones.

Posterior al huracán, se identificaron 16 especies núcleo de lepidópteros inmaduros en el estadio intermedio, 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 intermedio, 20 en el estadio tardío y 24 en el bosque maduro. Las especies núcleo más abundantes fueron *Casearia nítida* (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) (Fig. 9 y 10).

Métricas de las redes de interacción

En las redes de interacción planta-lepidóptero del 2016 y 2017 (posteriores al huracán) se observó un aumento en el tamaño de la red para el 2017 ($F_{(1,43)}=13$, $p=0.0008$) con una interacción significativa entre año y mes de muestreo, siendo julio en ambos casos el mes con menor tamaño ($F_{(4,43)}=6.4$, $p=0.0004$). En el 2016, los meses de agosto y septiembre tuvieron redes significativamente menores ($F_{(4,43)}=2.34$, $p=0.06$, Fig. 10a). También para el 2017 aumentó el número de especies núcleo de lepidópteros ($F_{(1,43)}=4.22$, $p=0.04$) y de plantas ($F_{(1,43)}=13.81$, $p=0.0006$). La interacción entre año y mes de muestreo fue significativa en ambos casos (lepidópteros: $F_{(1,43)}=4.22$, $p=0.04$ y plantas: $F_{(4,43)}=5.34$, $p=0.0014$) ya que las especies núcleo variaron en cantidad en los diferentes meses de cada año (Figs. 11g y h).

El resto de los índices de las redes de interacción mostró diferencias entre los meses de la temporada de lluvias, pero no entre los dos años muestreados. En el caso del número de vínculos se obtuvieron interacciones significativas entre los diferentes meses de muestreo ($F_{(4,43)}=11.05$, $p<0.0001$). Noviembre tuvo el mayor número de vínculos y en el mes de agosto hubo diferencias significativas entre años, siendo mayor para 2017 ($F_{(4,43)}=5.31$, $p=0.001$) (Fig. 11c). El número de compartimientos varió entre los meses de muestreo, en particular en el mes de agosto de 2017 el número de compartimientos se incrementó significativamente ($F_{(4,43)}=5.24$, $p=0.001$, Fig. 10d). En cuanto a la conectancia, sólo se obtuvieron diferencias significativas entre los diferentes meses de muestreo ($F_{(4,43)}=5.88$, $p=0.0007$), noviembre presentó la conectancia mayor y septiembre la menor (Fig. 11b). El anidamiento varió en los diferentes meses muestreados ($F_{(4,43)}=3.88$, $p=0.008$), siendo el mes de julio el del mayor anidamiento y agosto el del menor (Fig. 11e).

En la robustez para las orugas se observa el mismo patrón que para la robustez de las plantas. Se encontró una diferencia significativa entre los meses muestreados ($F_{(4,43)}=2.66$, $p=0.04$) siendo noviembre el mes con mayor robustez, así mismo presentó una interacción significativa de estos meses y el año de muestreo ($F_{(4,43)}=2.74$, $p=0.04$, Fig. 11f).

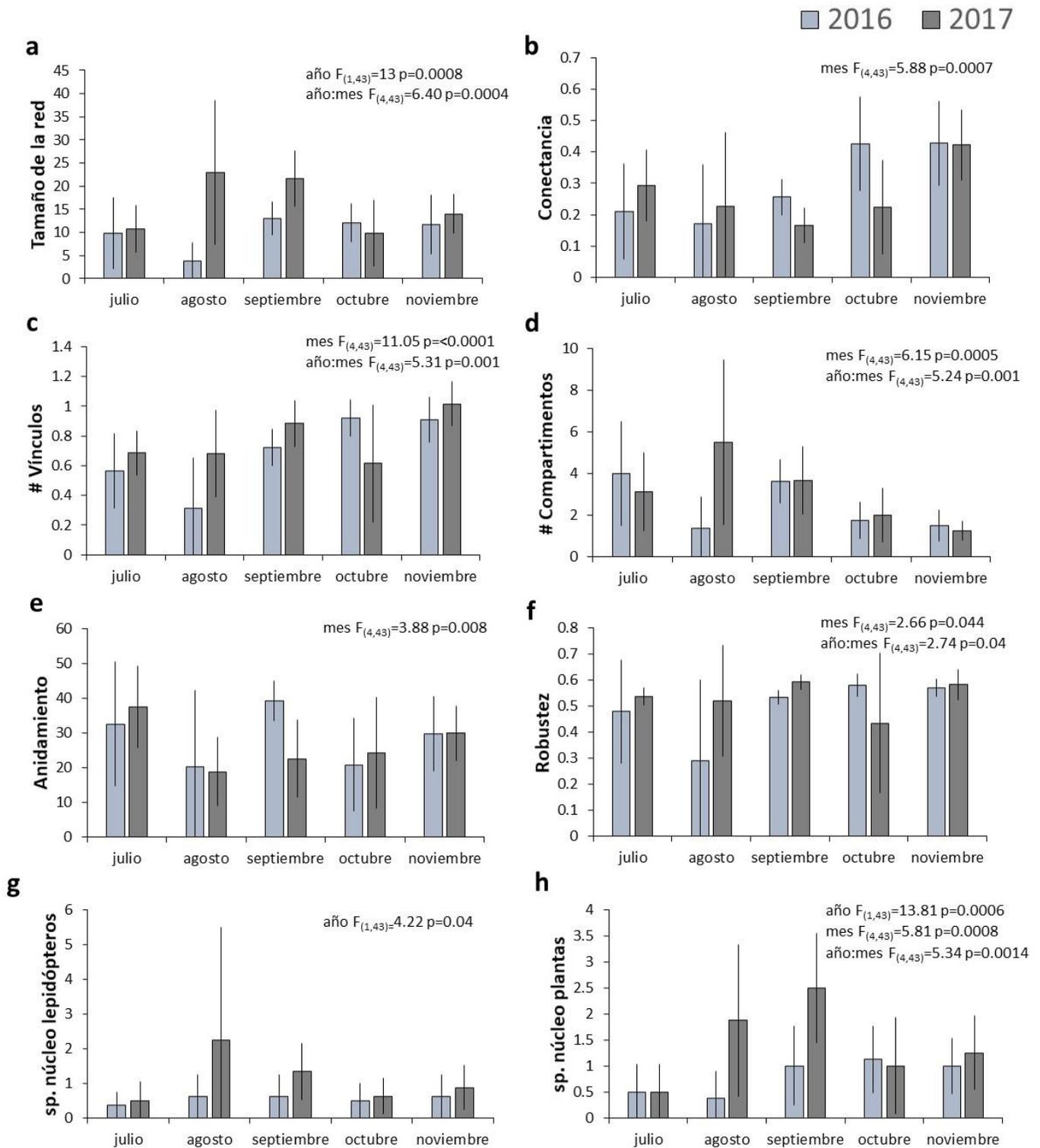


Figura 11. Parámetros de la red planta-lepidóptero en el área de estudio, para los años 2016 y 2017. Se muestran promedio \pm EE por parcela de todos los estadios sucesionales.

Al comparar los atributos de las redes de interacción planta-lepidóptero 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 número de especies núcleo de lepidópteros ($F_{(2,52)}=14.92$, $p=0.008$) y de 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 robustez ($F_{(2,52)}=0.13$, $p=0.72$, Fig. 12).

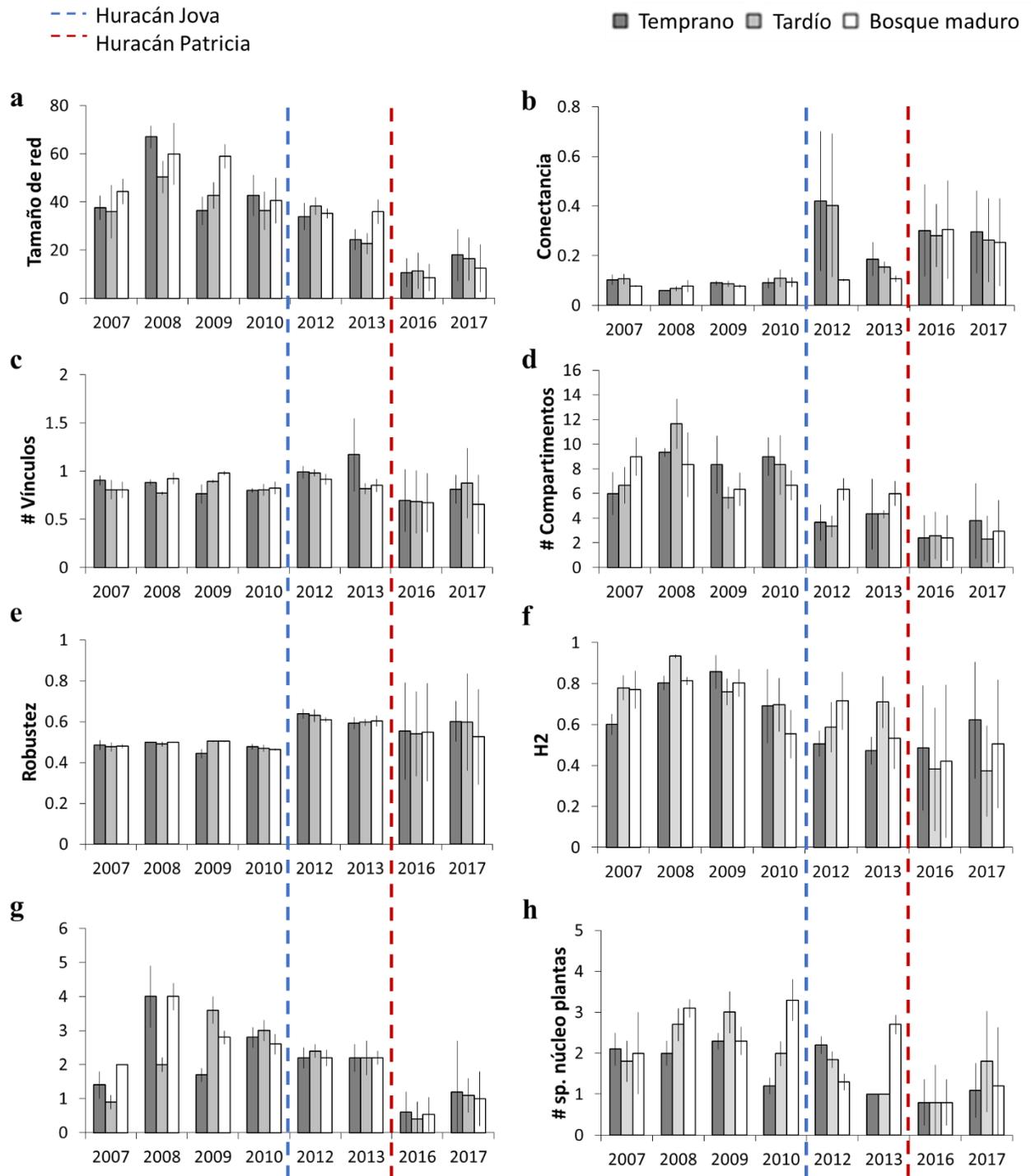


Figura 12. Parámetros de la red de planta-lepidóptero en el área de estudio, comparando años anteriores (2007-2013) y posteriores (2016, 2017) al impacto del huracán Jova y Patricia. Mostrando la media \pm EE para cada parámetro por etapa sucesional por año.

DISCUSIÓN

El BTC de la región costera de Chamela-Cuixmala ha sufrido cambios en su estructura por el cambio de uso de suelo y se ha visto modificado por dos huracanes en los últimos años. Tras el impacto del huracán Patricia la estructura del BTC cambió de forma casi instantánea. Este evento meteorológico provocó la pérdida completa o casi completa del dosel del bosque, la densificación del sotobosque, la acumulación de materia orgánica, así como cambios en el ciclo de defoliación y brote de hojas (Vílchez 2017).

Los efectos de los huracanes sobre la biodiversidad dependen de su frecuencia, magnitud, duración, trayectoria, historia de vida de las especies involucradas y características específicas de cada bosque (ej. estadio sucesional) (Flynn et al., 2010 y Vester y Olmsted, 2000); por lo que resulta difícil establecer un patrón en los posibles efectos sobre el funcionamiento de los ecosistemas (Torres 2018).

La mortalidad de árboles reportada en esta investigación fue mayor en los estadios sucesionales intermedio, contrastando con lo encontrado por Jiménez (2018) quien realizó un estudio de los cambios funcionales en la vegetación del BTC de la región de Chamela-Cuixmala en respuesta al huracán Patricia en el cual observó que los árboles más altos y con área basal más grande fueron los más afectados y correspondían en mayor medida al estadio de bosque maduro. Esta diferencia puede deberse a que el impacto del huracán sobre las laderas de la región no fue homogénea, naturalmente una de las “colas” del huracán tiene mayor energía e impacta en mayor medida sobre la vegetación, y las parcelas del presente estudio estuvieron situadas en esta sección de su trayectoria.

La alta mortalidad en los estadios intermedio se atribuye a que los individuos eran más jóvenes, y se habían establecido recientemente por ello tuvieron menos resiliencia, Sin embargo, las otras medidas de daño a la vegetación (árboles con el tronco roto, pocas hojas, sin hojas, ramas rotas, ladeado, con árboles encima) fueron equivalentes entre estadios sucesionales. Aunque las especies originarias del BTC han evolucionado con estos eventos extremos durante un largo periodo de tiempo y en teoría están adaptadas a ellos, no podemos asegurar cómo reaccionarán a la creciente magnitud, frecuencia e intensidad predicha de los huracanes (Luviano, 2017). Por otro lado, es necesario considerar que la trayectoria del

huracán pudo también haber influido en la mayor mortalidad en ciertas zonas de la reserva. La literatura ecológica señala que la mortalidad de los árboles crea claros en los cuales comienzan procesos de sucesión en pequeña escala lo que posiblemente contribuye a la alta diversidad de las selvas tropicales, destacando la importancia de estos disturbios periódicos (huracanes) como fuerza organizadora de las comunidades naturales (Vandermeer 1990 y Pickett y White 1985).

Este proyecto está enmarcado en el estudio de las redes de interacción entre lepidópteros inmaduros y plantas en diferentes estadios sucesionales del BTC. Sin embargo, no se observaron diferencias en el efecto de la sucesión del bosque sobre las redes de interacción como se habían encontrado previamente (Villa-Galaviz et al 2011), dada la magnitud del disturbio provocado por el huracán, las diferencias en los parámetros de las redes entre estadios tendieron a desaparecer, sugiriendo una homogeneización del paisaje y únicamente se encontraron diferencias entre estadios para la riqueza y diversidad de especies.

En los estudios previos sobre las redes de interacción planta-lepidóptero, los estadios intermedios tuvieron menor tamaño de red y una mayor conectancia (Luviano et al. 2017), diferencia que se perdió tras el paso de Patricia. Villa-Galaviz (2012) observó diferencias significativas entre algunos atributos de la red de interacción planta-lepidóptero entre estadios sucesionales, en particular entre los intermedios con el resto de los estadios.

Las curvas de acumulación de especies señalan que el esfuerzo de muestreo no fue suficiente para encontrar la riqueza total de lepidópteros inmaduros en los años de muestreo. En ninguno de los muestreos se llegó a la asíntota y los datos obtenidos sugieren que no se ha encontrado el 50% de las especies que podrían habitar en la zona de estudio, por lo que se hace necesario incrementar el esfuerzo de muestreo en años posteriores.

En el caso de la diversidad en el 2016, el BTC presentó una baja diversidad de lepidópteros inmaduros, la cual se incrementó significativamente para el 2017. Si bien la tendencia observada con un año de muestreo no proporciona la diversidad total de lepidópteros inmaduros, nos enmarca una tendencia de recuperación positiva al paso del tiempo. No obstante, al comparar la diversidad por estadio sucesional y de acuerdo con los índices empleados (Simpson y Shannon-Weiner) se obtuvo que, a diferencia de otros estudios para la misma zona, los estadios con la mayor diversidad fueron el intermedio y tardío y el

de la diversidad más baja fue el bosque maduro. Luviano (2015) y López-Carretero (2010) encontraron que el estadio intermedio presentaba la menor diversidad y el tardío la mayor. Estas diferencias entre estadios se pueden atribuir a que el impacto del huracán afectó de manera diferencial a cada sitio y aunque el bosque maduro presentó menor mortalidad, fue el que sufrió cambios más drásticos en su estructura ya que la caída de árboles ocasionó un “efecto domino” dando paso a una densidad de cobertura menor en algunas zonas y mayor densidad en otras, dificultando el acceso a las parcelas (*obs. pers.*), lo cual probablemente pudo haber modificado las condiciones ambientales como son la luz, temperatura y la humedad impactando negativamente en la diversidad de lepidópteros los cuales son organismos muy sensibles a estas variaciones climáticas (Camero y Calderon 2007).

Al comparar la abundancia y riqueza de lepidópteros inmaduros con los años anteriores (2007-2013) al huracán se observó que éste sí tuvo un efecto sobre estos parámetros. En los años posteriores a Patricia (2016 y 2017) hubo una disminución en ambos parámetros. Se ha reportado que los huracanes tienen efectos drásticos en la abundancia y riqueza de insectos, afectando directamente a estos artrópodos (ocasionándoles la muerte, generando cambios en sus interacciones, potenciando migraciones locales y regionales de especies, etc.) o a través de eliminar a sus depredadores, destruir sus hábitats y reducir sus fuentes de alimentos (Torres 2018; Johnson y Winker 2010 y Kanowski et al. 2008).

En el caso de la abundancia, los datos obtenidos posteriores al huracán entran dentro de los rangos obtenidos en los años anteriores al huracán, las cuales varían de 737 a 2,715 (Luviano 2017), en cuyo caso probablemente los lepidópteros cuantificados en esta investigación representan especies oportunistas capaces de sobrevivir en hábitats perturbados (ej. tierras agrícolas) que pudieron desplazarse o aumentar su abundancia en respuesta al disturbio ocurrido (Torres 1992), o especies que pudieron colonizar desde zonas de bosque que no fueron impactadas por el huracán. Por otro lado, los organismos presentan diversas estrategias adaptativas a las sequías en los BTC, estas estrategias podrían contribuir a una posible plasticidad que a su vez les confiera cierta resistencia a las perturbaciones ambientales y ecológicas, tales como los huracanes (Torres 2018). Es importante mencionar que al segundo año de recuperación (2017) tras el paso del huracán la abundancia de lepidópteros aumentó.

Por el contrario, la riqueza posterior al huracán si presentó niveles por debajo de los rangos obtenidos anteriormente. De acuerdo con Viejo-Montesinos y colaboradores (2016), la riqueza de lepidópteros depende del estado de conservación y de la fragmentación del hábitat debida a la pérdida de cobertura vegetal (apertura del dosel) (Barlow et al., 2007), aunque también se observa un aumento en el número de especies de 2016 a 2017. Tras el paso del huracán, la conectividad entre fragmentos pudo haber disminuido debido a la pérdida del dosel y por lo tanto posiblemente el movimiento de las poblaciones disminuyó también. Inclusive esta reducción en la conectividad pudo ocasionar la desaparición de algunas especies en la zona (Mehecha-Jiménez et al., 2011).

En cuanto a las diferencias de riqueza entre estadios sucesionales, los resultados contrastan con lo reportado por Luviano et al. (2015 y 2017) y López-Carretero (2010), quienes encontraron que los estadios sucesionales avanzados fueron los que presentaron mayor riqueza, lo cual atribuyeron a que estadios sucesionales maduros presentan una arquitectura vegetal más compleja y diferenciada por lo que este aumento en la diversidad de plantas podría permitir una mayor riqueza de lepidópteros. Por el contrario en la presente investigación el estadio que presentó mayor riqueza fue el intermedio, lo cual puede deberse a que las especies comunes del BTC (bosque maduro) tienen un potencial de recolonización sustancial en los paisajes perturbados (sucesión secundaria) que rodean a la reserva natural (Hilt y Fiedler, 2005) y esto sumado a las especies oportunistas, generalistas que son atraídas por las especies pioneras darían como resultado una riqueza mayor en estos sitios; por otro lado, este resultado se puede relacionar con la cobertura del dosel, la cual es menor en este tipo de estadio sucesional (intermedio), ya que regula la cantidad de luz que entra al bosque y es un factor importante para insectos ectotérmicos como las mariposas, que puede disminuir la riqueza en zonas muy cubiertas como son las de los estadios maduros del BTC (Calero-Mejía et al. 2014).

Las fluctuaciones temporales encontradas para la diversidad de los lepidópteros inmaduros concuerdan con lo reportado por Carretero (2010) y Luviano (2017), quienes mencionan que existe una alta heterogeneidad y recambio de especies entre años.

Comparando la topología de las redes planta-lepidóptero antes y después del huracán Patricia se observa una tendencia similar a la reportada anteriormente por Luviano (2015 y

2017) para el huracán Jova. También, concuerda con lo reportado por Sánchez-Galván y colaboradores (2012) quienes evaluaron una red mutualista de planta-hormiga en la costa de Veracruz antes y después del huracán Karl y reportaron una fuerte resiliencia en la topología de la red encontrando que las redes anteriores y posteriores al huracán eran fuertemente anidadas. Díaz-Castelazo y colaboradores por su parte también observaron una topología similar en la estructura de una red mutualista de planta-hormiga en un periodo de 10 años (1990-2000) en La Mancha, Veracruz, las redes mostraban un comportamiento altamente anidado sugiriendo una resiliencia a la llegada de nuevas especies y en cambios en el número de interacciones.

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) tras el paso del huracán, la robustez se mantuvo y la conectancia aumentó. Esto sugiere que las redes planta-lepidóptero aún presentan cierta resiliencia a la perturbación, particularmente porque al igual que los parámetros de diversidad de lepidópteros, en los atributos de la red hubo diferencias significativas entre 2016 y 2017, sugiriendo una tendencia a la recuperación del sistema. Probablemente las redes de planta-lepidóptero del BTC de Chamela respondieron a la perturbación del hábitat a través de la pérdida de especies raras, con interacciones débiles, produciendo redes de menor tamaño con núcleo duro (Cagnolo et al. 2006); por lo que la resiliencia prosiblemente esté relacionada con el mantenimiento de algunas especies centrales generalistas que persistieron al huracán y que previenen la desaparición masiva de especies en ambientes perturbados. Sin embargo, esta pérdida de especies raras, especialistas y con interacciones débiles podría tener efectos muy negativos, más allá de lo que su abundancia sugiere (Cagnolo y Valladares 2011). Por otro lado, esta resiliencia mostrada por las redes también se complementa con lo señalado por Luviano et al. (2017) para el sitio de estudio ya que señala que la presencia cercana de una gran área de conservación (Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala) sirve como fuente de propágulos de plantas y herbívoros que podrían contribuir en un menor tiempo a la recuperación de la dinámica del ecosistema.

En el caso de la conectancia (proporción de conexiones que realmente ocurren respecto al total posible), su aumento concuerda con algunos estudios empíricos de los

efectos de disturbios y alteraciones ambientales sobre redes de interacción (Kaarinen y Roslin 2011 y Murakami et al. 2008) en los cuales señalan que en un ambiente perturbado, no solo pueden desaparecer especies sino que pueden incorporarse nuevas, las cuales principalmente serán generalistas; tanto al reducirse el número de especies como al incorporarse generalistas, la conectancia en las redes tiende a aumentar (Murakami Op cit. y Jordano, 1987). Lo cual se encuentra íntimamente relacionado con el mantenimiento de la robustez de la red, ya que dado que las especies generalistas tienden a ser más abundantes que las raras o especialistas (las cuales pueden ser más susceptibles a la extinción) (Vázquez y Aizen 2006 y Dupont et al. 2003) los generalistas pueden ser más resistentes a las perturbaciones que los especialistas, lo cual conferiría más robustez a la red (Jordano et al. 2009).

Son pocos los estudios que han evaluado los efectos de los huracanes sobre las redes de interacción ecológicas. Es importante tomar en cuenta que las características del BTC de la región de Chamela-Cuixmala se han visto modificadas 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 la acumulación del daño ocasionado por ambos eventos naturales extremos. Es de resaltar que al comparar la abundancia y riqueza de lepidópteros en 2016 con 2017 se aprecia un aumento en diversidad, de modo que no pareciera que el sistema entró en un estado alternativo, sino que muestra cierta resiliencia. Si esta tendencia continúa incrementándose (considerando que no impacten eventos meteorológicos extremos en la zona en tiempos próximos), la estructura de las redes podría recuperarse a niveles previos a los huracanes.

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). El aumento en la intensidad y frecuencia de huracanes en la zona podría poner en riesgo su capacidad resiliente debido a la disminución en los intervalos de tiempo entre un evento y otro y a un mayor potencial destructivo (Torres 2018).

Las redes de interacción ecológica establecen la dinámica de las poblaciones, permiten la descripción de aspectos clave de la estructura y propiedades que determinan la resistencia global del sistema ecológico y, por lo tanto, las consecuencias de las perturbaciones. 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. Asimismo, 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

De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo observar que el huracán Patricia presentó un efecto sobre las redes de interacción planta-lepidóptero cambiando su estructura y afectando la abundancia y riqueza de lepidópteros, mostrando cierta resiliencia a eventos naturales extremos. El efecto de la sucesión sobre las redes de interacción perdió su significancia tras el paso del huracán. Las transformaciones ocasionadas en el BTC en la región de Chamela-Cuixmala por la actividad humana parecen acentuar la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas ante eventos climáticos extremos dado que las áreas de vegetación sin perturbación que constituyen la fuente de propágulos para muchos grupos de organismos han disminuido, y por ende pueden impactar en la capacidad de regresar al estado previo al disturbio. El sistema no obstante muestra cierta resiliencia dado que tras dos años del paso del huracán los parámetros de diversidad y de las redes de interacción tienden a recuperarse. Dado el pronóstico de incremento en la incidencia de eventos extremos en el Pacífico mexicano se hace necesario tomar en cuenta las implicaciones de los huracanes para el funcionamiento del BTC y realizar un manejo adaptativo que permita el mantenimiento de los ecosistemas en el largo plazo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Yépez y A. Martínez-Yrizar. 2015. Huracanes, sequias y heladas: eventos climáticos extremos en México. *Oikos*, UNAM (15) 6-11pp. <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/articulos/fracturacion-hidraulica/8-articulos/165-eventos-climaticos-extremos-en-ecosistemas>. fecha de consulta: 6-VIII-2017.
- Araya-Orozco, J. 2017. Efectos del huracán Otto sobre la estructura y composición florística de un bosque primario en Boca Tapada de Pitla, San Carlos, Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 151pp.
- Balvanera P., A. Islas, E. Aguirre y S. Quijas. 2000. Las selvas secas. *Ciencias* 57, enero-marzo: 18-24. <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/93-revistas/revista-ciencias-57/852-las-selvas-secas.html>; fecha de consulta: 3-VIII-2017.
- Barlow J., W. L. Overal, I.S. Araujo, T.A. Gardner, y C.A. Perez. 2007. The value of primary, secondary and plantation forests for fruit-feeding butterflies in the Brazilian Amazon. *Journal of Applied Ecology*. 44, 1001–1012.
- Bascompte J. y P. Jordano. 2007. Plant animal Mutualistic Networks: The architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* (38):567-593.
- Bascompte J. 2010. Structure and dynamics of ecological networks. *Science* (329):765-766.
- Basset Y. 1996. Local communities of arboreal herbivores in Papua New Guinea: predictors of insect variables; *Ecology*, 77:1906-1919.
- Blake, E., Gibney, E. Brown, D. Mainelli, M., Franklin, J. y Kimberlain, T. 2009. Tropical cyclones of the eastern north Pacific Basin, 1949-2006. National Climatic Data Center. Historical Climatology series 6-5.
- Blüthgen N., F. Menzel y N. Blüthgen. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6, 9.

- Bullock S.H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Archives for Meteorology, geophysics and Climatology*. 36:297–316.
- Burgos E., H. Ceva, R. P. J. Perazzo, M. Devote, D. Medan, M. Zimmerman y A. M. Delbue. 2007. Why nestedness in mutualistic networks?. *Journal of Theoretical Biology* (249): 307-313.
- 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, 108pp.
- Brown K. 1991. Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicators. En: Collins N, Thomas J. (Eds.). *The Conservation of Insects and Their Habitats*. 350-423.
- Cagnolo L., Cabido M. y G. Valladares. 2006. Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: Ecological traits and habitat fragmentation effects. *Biological Conservation*. 132:510-519.
- Cagnolo L. y G. Valladares. 2011. Fragmentación del hábitat y desensamble de redes tróficas. *Ecosistemas*. 20(2): 68-78.
- Calero-Mejía, H., Armbrecht, I. y J. Montoya. 2014. Mariposas diurnas y nocturnas (Lepidoptera: Ppillionidae, Saturniidae, Sphingidae) del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico Colombiano. *Biología Tropical*. 62(1): 317-328.
- Camero E. y A. Calderon. 2007. Comunidad de Mariposas Diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en un gradiente altitudinal del Cañon del Río Combeima-Tollma, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 12(2): 95-110 <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319027879008>> ISSN 0120-548X fecha de consulta: 7-VI- 2018.
- CENAPRED. 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. SEGOB, Protección Civil y CENAPRED, México, 232 pp.

- CGSMN. 2015. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2015-Patricia%20.pdf> fecha de consulta 24-I-2018.
- Colwell R. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>
- Dáttilo W., J. P. Guimaraes y T. J. Izzo. 2013. Spatial structure of ant-plant mutualistic networks. *Oikos* 122, 1643–1648.
- de la Cruz, M. y R. Oírzo. 1987. A survey of standing levels of herbivory on seedlings from a Mexican rain forest. *Biotropica*. 19: 98-106.
- Dirzo, R. 1987. Estudios sobre interacciones planta-herbívoro en Los Tuxtlas, Veracruz. En: Clark, O.A., R. Oírzo y N. Fetcher (Eds.) *Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos*. *Biología Tropical* 35(1): 119-131.
- Dupont Y., Hansen D. y J. Olesen. 2003. Structure of a plant–flower–visitor network in the high-altitude sub-alpine desert of Tenerife, Canary Islands. *Ecography*. 26:301–310.
- Fernández, G., Morales, E., Beutelspacher, C., Villanueva, A., Ruiz, C. y Stetler, H. Epidemic dermatitis due to contact with a moth in Cozumel, México. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 46(5):560-563.
- Guimera, R., Sales-Pardo, M. y L. Nunes. 2007. Module identification in bipartite and directed networks. *Physical Review E* 76: 036102.
- Grimmbacher P. S y N. E. Stork. 2009. How do beetle assemblages respond to cyclonic disturbance of a fragmented tropical rainforest landscape?. *Oecologia* 161:591–599.
- Hernández Y., K. Boege, R. Lindig-Cisneros y E. del-Val. 2014. Lepidopteran herbivory in restored and successional sites in a tropical dry forest. *The Southwestern Naturalist*, 59(1): 68-76.

- Hilt, N. y Fiedler, K. 2005. Diversity and composition of Arctiidae ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. *Diversity and Distributions*. 11: 387-398.
- IBUNAM, 2017. Instituto de Biología de la UNAM. <http://www.ibiologia.unam.mx/ebchamela/www/clima.html> fecha de consulta: 27-IV-2017.
- Imbert, D. y J. Portecop. 2008. Hurricane disturbance and forest resilience: Assessing structural vs. functional changes in a Caribbean dry forest. *Forest Ecology and Management*. 255(8): 3494-3501.
- Janzen, O. H. 1981. Patterns of herbivory in a tropical deciduous forest. *Biotropica* 13:271-282.
- Jin Roh, S. y Byun B. 2017. First Discovery of the lichen-feeding moth *Bacotia sakabei* (Lepidoptera: Psychidae) from Korea. *Animal Systematics Evolution and Diversity*. 33(1): 60-64.
- Johnson, A. y Winker, K. 2010. Short-term hurricane impacts on a Neotropical community of marked birds and implications for early-stage community resilience. *PloS one*. 5(11): e15109.
- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist*. 129:657-677.
- Jordano, P., Vázquez, D. y J. Bascompte. 2009. Capítulo 1. Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En: Medel, R., Aizen, M. y Zamora R. (Eds.). *Ecología y evolución de interacciones planta-animal*. (pp. 17-42) Santiago de Chile. Universitaria. 399pp.
- Kaartinen, R. y Roslin, T. 2011. Shrinking by numbers: landscape context affects the species composition but not the quantitative structure of local food webs. *Journal of Animal Ecology*. 80:622-631.

- Kanowski, J., Winter, J. y C. Catterall. 2008. Impacts of Cyclone Larry on arboreal folivorous marsupials endemic to upland rainforest of the Atheron Tableland, Austria. *Austral Ecology*. 33:541-548.
- Lynch, J.F. 1991. Effects of Hurricane Gilbert on Birds in a Dry Tropical Forest in the Yacatan Peninsula. *Biotropica*. 23(4a): 488-496.
- López-Carretero A, 2010. Composición y diversidad de lepidópteros en la cronosecuencia sucesional del BTC: consecuencias sobre la herbivoría de *Casearia nítida*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología, UNAM. México. 86pp.
- López-Carretero A., E. del Val y K. Boege. 2018. Chapter 8. Plant-Herbivore Networks in the Tropics. En: Dáttilo, W y Rico-Gray (Eds.). *Ecological Networks in the Tropics, and integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on Earth* (pp. 111-116). Springer, México. 207pp.
- Luviano H., N. 2015. Efectos del huracán Jova en un ensamblaje de Lepidópteros inmaduros en un gradiente sucesional de BTC. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 90pp.
- Luviano H. N., E.Villa-Galaviz, K. Boege, A. Zaldivar-Rieverón 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: 07-I-2018.
- Maass, M., Ahedo-Hernández, R. Araiza, S. y J. Sarukhán. Long-term (33 years) rainfall and runoff dynamics in a tropical dry forest ecosystem in western Mexico: Management implications under extreme hydrometeorological events. *Forest Ecology and Management*. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.09.040.
- 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, pp. 131-184pp.

- Mahecha-Jiménez O. J., J.C. Dumar-Rodríguez y T.W. Pyrcz. 2011. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de Lepidoptera de la tribu Pronophilini a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque andino en Bogotá (Colombia) (Lepidoptera: Nymphalidae, *Satyrina*). *SHILAP Revista de Lepidopterología*. 39(153):117-126pp.
- Munguía-Rosas, M. A., Montiel, S. y T. M. Castillo. 2013. Redes, Ecología y Ciencias Sociales: las redes complejas en Ecología Humana. *Ecología Austral*. 23:135-142.
- Murakami, M., Hirao, T. y A. Kasei. 2008. Effects of habitat configuration on host–parasitoid food web structure. *Ecological Research*. 23:1039-1049
- Noguera F. A., J. H. Vega-Rivera y M. Quesada-Avenidaño. 2002. Historia Natural de Chamela. D.F., México: Instituto de Biología UNAM. 49pp.
- Nuwagaba, S. 2013. The architecture of Antagonistics Networks. Thesis of Master of Science. Department of Mathematical Sciences, University of Stellenbosch. South Africa. 107pp.
- Pescador-Rubio A, A. Rodríguez-Plafox y F.A. Noguera. 2002. Diversidad y Estacionalidad de Arthropoda. En: Noguera FA, Vega-Rivera JH y Quesada-Avenidaño M (Eds.). Historia Natural de Chamela (pp. 183-201). D.F., México: Instituto de Biología UNAM. México. 49pp.
- Pickett S.T. y P.S. White. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. *Academic Press*, Orlando. 455pp.
- Poorter L., M. V. De Plassche, S. Willems y R. Boot. 2004. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. *Plant Biology* (6): 746-754.
- R Development CoreTeam, 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria.

- Ramírez, R. 2017. Secretaria de Gobernación. <https://www.gob.mx/segob/prensa/mensaje-de-los-titulares-de-cenapred-conagua-y-del-director-de-gestion-de-riesgos-de-la-coordinacion-nacional-de-proteccion-civil>. fecha de consulta 16-VIII-2017.
- Reilly, A.E. 1991. The effects of Hurricane Hugo in three Tropical Forest in the U.S. Virgin islands. *Biotropica*. 23(4^a): 414-419.
- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. 1^a. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504pp.
- Salazar-Vallejo S. 2002. Huracanes y biodiversidad costera tropical. *Revista de Biología Tropical*. 50(2): 415-428.
- Sánchez-Azofeifa GA, M. Quesada, P. Cuevas-Reyes, A. Castillo 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.
- Sánchez-Galván L. R., C. Díaz-Castelazo y V. Rico-Gray. 2012. Effect of Hurricane Karl on a plant–ant network occurring in coastal Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 28(6): 603:609.
- Santiago L. J., C. López 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) pp. 625-633.
- Servicio Nacional Meteorológico. 2018. <https://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales/temporada-de-ciclones-2018>. fecha de consulta 23-IV-2018.
- Solís-Gabriel L, W. Mendoza-Arroyo, K. Boege y E. del-Val. 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.
- Scheffer M, S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke y B. Walker. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*. 413: 591-596.

- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2017. <https://www.gob.mx/segob/prensa/mensaje-de-los-titulares-de-cenapred-conagua-y-del-director-de-gestion-de-riesgos-de-la-coordinacion-nacional-de-proteccion-civil>. fecha de consulta 16-VIII-2017.
- Silva-Bátiz F.A., S. Hernández-Vázquez, A.J. Nené-Preciado 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.
- Torres A. J. 1988. Tropical cyclone effects on insect colonization and abundance in Puerto Rico. *Acta Científica* 2 (1): 40-44.
- Torres A. J. 1992. Lepidoptera outbreaks in response to sucesional changes after the passage of hurricane Hugo in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*. 3 (8): 285-298.
- Torres K. 2018. Efecto del huracán Patricia en la comunidad de mamíferos medianos y grandes de la reserva de Chamela-Cuixmala, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. UNAM. 129pp.
- Vandermeer, J., Zamora, N., Yih, K. y D. Boucher. 1990. Regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Biología Tropical*. 38(2B): 347-359.
- Vázquez D. y M. Aizen. 2006. Community-wide patterns of specialization in plant–pollinator interactions revealed by null-models. In: Waser NM, Ollerton J, editors. Plant–pollinator interactions: from specialization to generalization. Chicago: University of Chicago Press. 200–219 pp.
- Vázquez, L., Veitía, M., Fernández, E., Jiménez, J. y Jiménez S. Diagnóstico rápido de la ocurrencia de Plagas en sistemas agrícolas de Cuba por eventos extremos de Cambios en el Clima. *Revista Brasileña de Agroecología*. 4(2): 2149-2153.

- Vester, H., y Olmsted, I. 2000. Efecto de los huracanes en la selva. En: V. H. F. M (Ed.), *Influencia de los huracanes en el paisaje de Yucatán. Consideraciones para el diseño de corredores y su manejo. Informe de proyecto. México. 216pp.*
- Viejo-Montesinos J. L., J. González-Granados y C. Gómez-de Aizpurua. 2016. Diversidad y hábitat de los lepidópteros. *Investigación y Ciencia. 472: 15-19.* <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/secretos-cunicos-659/diversidad-y-habitat-de-los-lepidopteros-13823> fecha de consulta 05-II-2017.
- Vílchez, P. L. 2017. Efecto del huracán Patricia en aves de la región de Chamela, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, UNAM. Mexico. 33pp.
- Vilella, F.J. y J.H. Fogarty. 2005. Diversidad y abundancia de ranas de bosque (Anura: Leptodactylidae) antes y después del huracán Georges en la Cordillera Central de Puerto Rico. *Revista Caribeña de Ciencia. 41(1): 157-162.*
- Villa-Galaviz E., K. Boege 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. & J.R. Wunderle. 1993. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands. *Bird Conservation International. 3:319-349.*
- Woodley, J.D., E.A. Chornesky, P.A. Clifford, J.B.C. Jackson, L.S. Kaufman, N. Knowlton, J.C. Lang, M.P. Pearson, J.W. Porter, M.C. Rooney, K.W. Rylaarsdam, V.J. Tunnicliffe, C.M. Wahle, J.L. Wulff, A.S.G. Curtis, M.D. Dullmeyer, B.P. Jupp, M.A.R. Koehl, J. Neigel & E.M. Sides. 1981. Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs. *Science. 214: 749-755.*

ANEXO

Tabla 3. Morfoespecies de lepidópteros inmaduros en los diferentes estadios sucesionales del BTC de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, durante la época de lluvias 2016 y 2017. **X=presencia.**

ID	FAMILIA	NOMBRE	INTERMEDIO	TARDÍO	BOSQUE MADURO
O37	Arctiidae	<i>Hypercompe scribonia</i>	X		X
O347	Arctiidae	<i>Eudesmia meneae</i>	X		X
O16	Bombycidae	<i>Apatelodes pudevacta</i>	X	X	X
O67	Crambidae	<i>Dichocrocis sabatialis (Druce)</i>	X		
O96	Crambidae	<i>Syllepsis hortalis</i>			X
O236	Crambidae	<i>Palpita sp.</i>	X		
O161	Dalceridae	<i>Dalcerides ingenua</i>	X	X	X
O302	Dalceridae	<i>Dalceridae sp.1</i>		X	
O497	Dalceridae	<i>Dalceridae sp.2</i>	X		
O507	Dalceridae	<i>Dalceridae sp.3</i>	X		
O12	Erebidae	<i>Anomis editrix</i>		X	X
O28	Erebidae	<i>Euchaetes antica</i>	X	X	X
O114	Erebidae	<i>Lophocampa sp.1</i>	X		
O125	Erebidae	<i>Baniana sp.1</i>	X		
O159	Erebidae	<i>Psilopleura minax</i>	X	X	X
O211	Erebidae	<i>Obrima sp.1</i>	X		
O253	Erebidae	<i>Hypercompe sp.1</i>	X		
O178	Gelechiidae	<i>Compsolechia vittatiella</i>			X
O20	Geometridae	<i>Semiothisa sp.1</i>	X	X	X
O34	Geometridae	<i>Iridopsis perfectaria</i>			X
O59	Geometridae	<i>Geometridae sp.1</i>			X
O162	Geometridae	<i>Geometridae sp.2</i>	X		
O183	Geometridae	<i>Geometridae sp.3</i>			X
O229	Geometridae	<i>Geometridae sp.4</i>			X
O232	Geometridae	<i>Geometridae sp.5</i>	X		
O312	Geometridae	<i>Anacamptodes herse</i>		X	
O318	Geometridae	<i>Glena sp.1</i>		X	
O335	Geometridae	<i>Geometridae sp.6</i>		X	
O588	Geometridae	<i>Geometridae sp.7</i>	X		X
O591	Geometridae	<i>Geometridae sp.8</i>	X		
O44	Hesperiidae	<i>Mysoria ambigua</i>	X		X
O380	Hesperiidae	<i>Astrartes gilberti</i>		X	
O396	Hesperiidae	<i>Codatractus sp.</i>		X	
O549	Hesperiidae	<i>Hesperiidae sp.1</i>		X	
O462	Lasiocapidae	<i>Lasiocapidae sp.1</i>	X		X
O6	Limacodidae	<i>Euclea sp.1</i>	X		
O29	Limacodidae	<i>Euclea sp.2</i>		X	
O282	Limacodidae	<i>Euprosterina sp.1</i>		X	
O30	Lymantridae	<i>Orgyia sp.1</i>	X	X	X

O2	Megalopygidae	<i>Megalopygidae</i> <i>sp.1</i>		X	
O9	Megalopygidae	<i>Norape tenera</i>	X		
O54	Megalopygidae	<i>Megalopyge</i> <i>rabida</i>		X	X
O55	Megalopygidae	<i>Megalopygidae</i> <i>sp.2</i>	X		X
O15	Noctuidae	<i>Eutelia auratrix</i>	X		
O52	Noctuidae	<i>Gonodonta pyrgo</i>	X		
O69	Noctuidae	<i>Diaphania</i> <i>jairusalis</i>	X		X
O247	Noctuidae	<i>Metaplusia argyra</i>		X	X
O327	Noctuidae	<i>Gonodonta sp.1</i>		X	
O190	Notodontidae	<i>Cargida pyrrrha</i>	X		X
O292	Notodontidae	<i>Dicentria</i> <i>marimba</i>			X
O345	Notodontidae	<i>Pseudhapigia</i> <i>brunnea</i>	X		X
O590	Notodontidae	<i>Notodontidae sp.1</i>	X		
O46	Nymphalidae	<i>Morpho</i> <i>polyphemus</i>			X
O279	Nymphalidae	<i>Chlosyne gloriosa</i>	X		X
O286	Nymphalidae	<i>Annaea troglodyta</i> <i>aidea</i>	X		X
O410	Nymphalidae	<i>Chlosyne</i> <i>riobalsensis</i>			X
O205	Pieridae	<i>Ascia monuste</i>			X
O3	Psychidae	<i>Psychidae sp.1</i>	X	X	X
O14	Psychidae	<i>Psychidae sp.2</i>	X	X	X
O66	Pyralidae	<i>Pyralidae sp.1</i>	X		X
O132	Pyralidae	<i>Epipaschia</i> <i>superatalis</i>			X
O111	Riodinidae	<i>Emesis emesia</i>	X	X	X
O70	Saturniidae	<i>Automeris io</i> <i>draudtiana</i>	X		X
O299	Saturniidae	<i>Hylesia lineata</i>	X	X	X
O24	Urodidae	<i>Wokia chewbacca</i>	X		
O17	Morfoespecie	sp.1	X		
O18	Morfoespecie	sp.2			X
O38	Morfoespecie	sp.3	X		
O42	Morfoespecie	sp.4	X		
O49	Morfoespecie	sp.5		X	
O63	Morfoespecie	sp.6			X
O64	Morfoespecie	sp.7		X	
O102	Morfoespecie	sp.8	X	X	X
O103	Morfoespecie	sp.9	X		
O120	Morfoespecie	sp.10	X		
O130	Morfoespecie	sp.11			X
O133	Morfoespecie	sp.12	X		
O145	Morfoespecie	sp.13			X
O147	Morfoespecie	sp.14	X		X

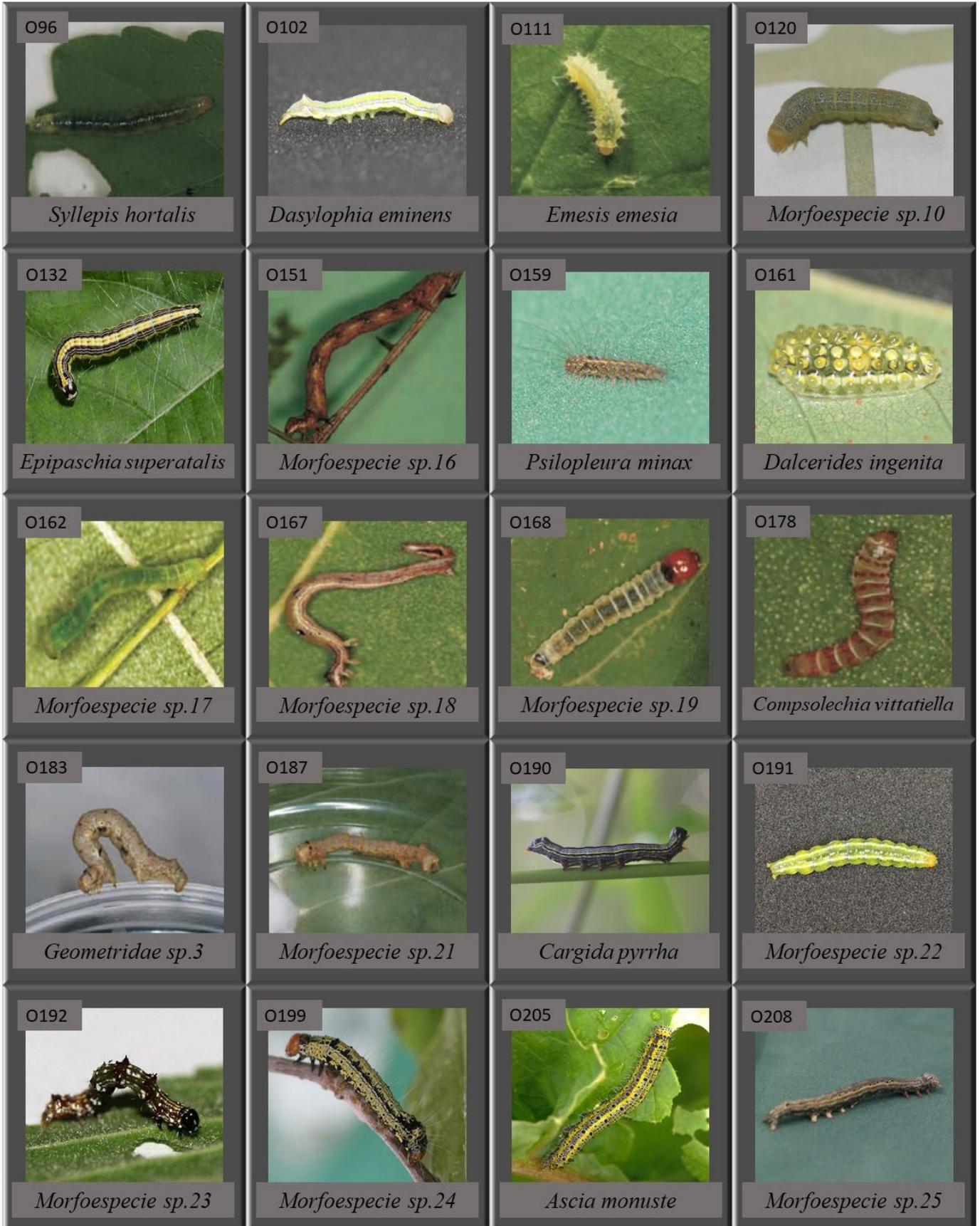
O150	Morfoespecie	sp.15	X		
O151	Morfoespecie	sp.16			X
O167	Morfoespecie	sp.17	X	X	X
O168	Morfoespecie	sp.18		X	
O176	Morfoespecie	sp.19		X	
O180	Morfoespecie	sp.20		X	
O187	Morfoespecie	sp.21	X		
O191	Morfoespecie	sp.22			X
O192	Morfoespecie	sp.23	X		
O199	Morfoespecie	sp.24	X		
O208	Morfoespecie	sp.25	X		X
O214	Morfoespecie	sp.26		X	
O217	Morfoespecie	sp.27	X		
O219	Morfoespecie	sp.28			X
O225	Morfoespecie	sp.29	X	X	
O230	Morfoespecie	sp.30			X
O235	Morfoespecie	sp.31		X	
O237	Morfoespecie	sp.32	X		X
O240	Morfoespecie	sp.33	X		
O241	Morfoespecie	sp.34		X	
O243	Morfoespecie	sp.35		X	
O246	Morfoespecie	sp.36		X	
O251	Morfoespecie	sp.37			X
O258	Morfoespecie	sp.38	X		
O265	Morfoespecie	sp.39			X
O277	Morfoespecie	sp.40	X		
O291	Morfoespecie	sp.41	X		
O294	Morfoespecie	sp.42	X		
O307	Morfoespecie	sp.43			X
O311	Morfoespecie	sp.44	X		
O320	Morfoespecie	sp.45			X
O322	Morfoespecie	sp.46			X
O337	Morfoespecie	sp.47			X
O368	Morfoespecie	sp.48	X		
O372	Morfoespecie	sp.49		X	
O376	Morfoespecie	sp.50	X		X
O383	Morfoespecie	sp.51		X	
O393	Morfoespecie	sp.52		X	
O398	Morfoespecie	sp.53	X	X	
O401	Morfoespecie	sp.54		X	
O405	Morfoespecie	sp.55	X		
O406	Morfoespecie	sp.56	X		
O411	Morfoespecie	sp.57	X		
O430	Morfoespecie	sp.58	X		
O434	Morfoespecie	sp.59	X		
O437	Morfoespecie	sp.60	X		X
O439	Morfoespecie	sp.61	X		X
O445	Morfoespecie	sp.62	X		X
O452	Morfoespecie	sp.63			X
O453	Morfoespecie	sp.64		X	X
O455	Morfoespecie	sp.65	X		X

O457	Morfoespecie	sp.66			X
O460	Morfoespecie	sp.67		X	
O469	Morfoespecie	sp.68	X	X	
O470	Morfoespecie	sp.69			X
O471	Morfoespecie	sp.70	X		X
O477	Morfoespecie	sp.71	X		
O478	Morfoespecie	sp.72			X
O484	Morfoespecie	sp.73	X		
O485	Morfoespecie	sp.74			X
O492	Morfoespecie	sp.75			X
O496	Morfoespecie	sp.76	X		X
O498	Morfoespecie	sp.77			X
O502	Morfoespecie	sp.78			X
O504	Morfoespecie	sp.79	X		
O510	Morfoespecie	sp.80			X
O527	Morfoespecie	sp.81	X		X
O570	Morfoespecie	sp.82	X		X
O579	Morfoespecie	sp.83	X		
O582	Morfoespecie	sp.84	X		
O594	Morfoespecie	sp.85	X		
O616	Morfoespecie	sp.86			X
O617	Morfoespecie	sp.87		X	
O620	Morfoespecie	sp.88	X		
O621	Morfoespecie	sp.89	X		
O624	Morfoespecie	sp.90		X	
O625	Morfoespecie	sp.91	X		
O628	Morfoespecie	sp.92	X		
O629	Morfoespecie	sp.93	X		X
O630	Morfoespecie	sp.94		X	
O632	Morfoespecie	sp.95		X	
O633	Morfoespecie	sp.96	X		
O634	Morfoespecie	sp.97		X	
O636	Morfoespecie	sp.98	X		
O637	Morfoespecie	sp.99		X	
O639	Morfoespecie	sp.100		X	
O640	Morfoespecie	sp.101		X	
O641	Morfoespecie	sp.102		X	
O642	Morfoespecie	sp.103	X	X	X
O645	Morfoespecie	sp.104			X
TOTAL			94	55	79

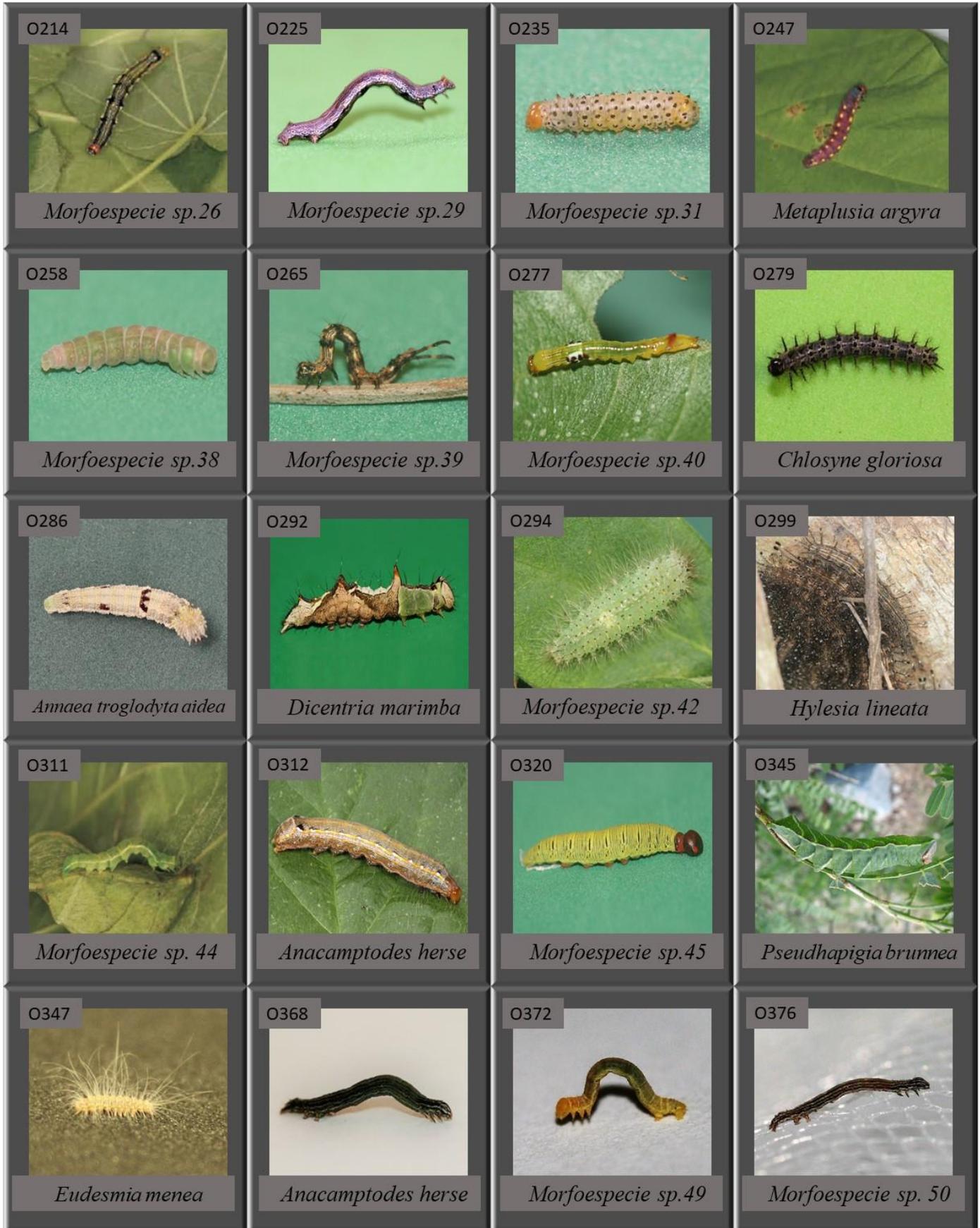
Cuadro1. Especies y morfoespecies de lepidópteros inmaduros presentes en los diferentes estadios sucesionales del BTC en Chamela, Jalisco. (Fotografías tomadas por Lizeth Solíz)

<p>O02</p>  <p><i>Norape tenera</i></p>	<p>O03</p>  <p><i>Psychidae sp. 1</i></p>	<p>O12</p>  <p><i>Anomis editrix</i></p>	<p>O14</p>  <p><i>Psychidae sp. 2</i></p>
<p>O15</p>  <p><i>Eutelia auratrix</i></p>	<p>O16</p>  <p><i>Apatelodes pudefacta</i></p>	<p>O20</p>  <p><i>Semiothisa sp.1</i></p>	<p>O24</p>  <p><i>Wokia chewbacca</i></p>
<p>O28</p>  <p><i>Euchaetes antica</i></p>	<p>O30</p>  <p><i>Orgya sp.1</i></p>	<p>O34</p>  <p><i>Iridopsis perfectaria</i></p>	<p>O38</p>  <p><i>Morfoespecie sp.3</i></p>
<p>O42</p>  <p><i>Morfoespecie sp.4</i></p>	<p>O44</p>  <p><i>Mysoria ambigua</i></p>	<p>O55</p>  <p><i>Morfoespecie sp.5</i></p>	<p>O63</p>  <p><i>Morfoespecie sp.6</i></p>
<p>O66</p>  <p><i>Pyralidae sp.1</i></p>	<p>O67</p>  <p><i>Dichocrocis sabatialis</i></p>	<p>O69</p>  <p><i>Diaphania sp.1</i></p>	<p>O70</p>  <p><i>Automeris io draudtiana</i></p>

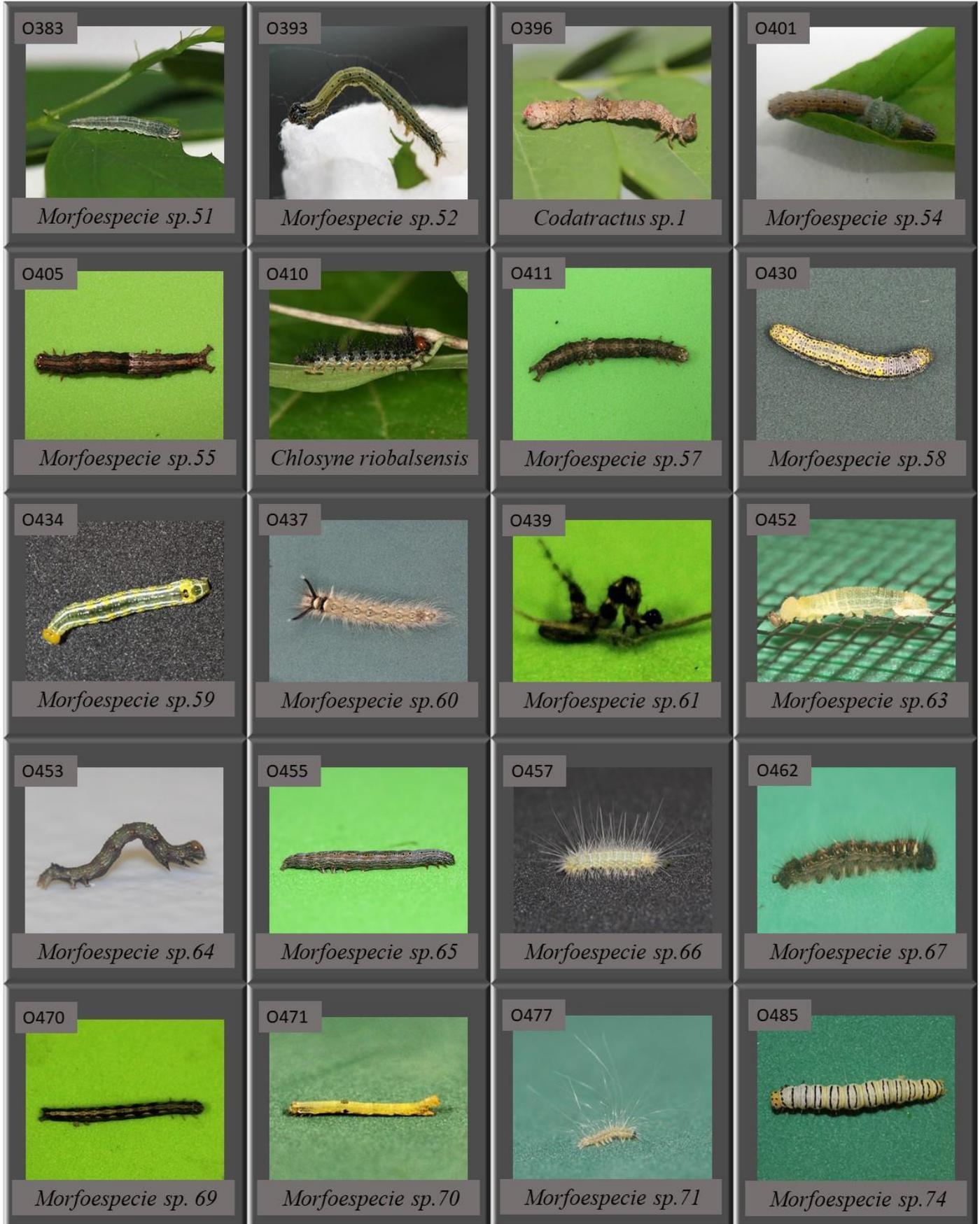
Continuación...



Continuación...



Continuación...



Continuación...

<p>O492</p>  <p><i>Morfoespecie sp.75</i></p>	<p>O496</p>  <p><i>Morfoespecie sp.76</i></p>	<p>O498</p>  <p><i>Morfoespecie sp.77</i></p>	<p>O502</p>  <p><i>Morfoespecie sp.78</i></p>
<p>O504</p>  <p><i>Morfoespecie sp.79</i></p>	<p>O527</p>  <p><i>Morfoespecie sp.81</i></p>	<p>O570</p>  <p><i>Morfoespecie sp.82</i></p>	<p>O579</p>  <p><i>Morfoespecie sp.83</i></p>
<p>O590</p>  <p><i>Morfoespecie sp.85</i></p>	<p>O617</p>  <p><i>Morfoespecie sp.87</i></p>	<p>O620</p>  <p><i>Morfoespecie sp.88</i></p>	<p>O621</p>  <p><i>Morfoespecie sp.89</i></p>
<p>O625</p>  <p><i>Morfoespecie sp.91</i></p>	<p>O645</p>  <p><i>Morfoespecie sp.104</i></p>		