



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE LA RED DE INTERACCIÓN
PLANTA- VISITADOR FLORAL (CLASE INSECTA) EN UNA
ZONA DE BOSQUE TEMPLADO DEL CENTRO DE MÉXICO”**

Tesis para obtener el grado de

Maestra en Ciencias Biológicas

Presenta:

KARLA MARÍA LÓPEZ VÁZQUEZ

Directora:

DRA. SOMBRA PATRICIA RIVAS ARANCIBIA

Codirectora:

DRA. HORTENSIA CARRILLO RUIZ

FEBRERO 2022



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

H. Puebla de Z. a 07 de enero de 2022

Asunto: Voto Aprobatorio

Comité Académico del Posgrado
PRESENTE

Por medio de la presente se hace constar que se revisó y aprobó la tesis titulada:

“ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE LA RED DE INTERACCIÓN PLANTA- VISITADOR FLORAL (CLASE INSECTA) EN UNA ZONA DE BOSQUE TEMPLADO DEL CENTRO DE MÉXICO “

Que presenta el (la) estudiante **Karla María López Vázquez** con número de matrícula **219470571**, aspirante al grado de **Maestra en Ciencias Biológicas**, de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: **Línea de Generación y Aplicación de Conocimiento: Ecología y Aprovechamiento de Recursos Bióticos**, notificamos que la tesis reúne los requisitos y se aprueba para su réplica oral en el examen de grado.

Por lo tanto, emitimos los **VOTOS APROBATORIOS** como miembros del **Comité de Jurado de Examen de Grado** como a continuación se indica:

Tutor Interno: Dra. Agustina Rosa Andrés Hernández

Tutor Externo: Dra. Cecilia Díaz Castelazo

Revisor: Dra. Citlalli Castillo Guevara



Agradecemos de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

Yo, **KARLA MARÍA LÓPEZ VÁZQUEZ**, alumna de la Maestría en Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), autora de la tesis titulada: ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE LA RED DE INTERACCIÓN PLANTA-VISITADOR FLORAL (CLASE INSECTA) EN UNA ZONA DE BOSQUE TEMPLADO DEL CENTRO DE MÉXICO.

DECLARO QUE:

El tema de tesis presentada para la obtención del grado de Maestra en Ciencias Biológicas, es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

Así mismo, afirmo que el trabajo de investigación presentado, no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, ni se ha publicado en sitio alguno.

En este sentido, soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales.

Puebla de Zaragoza a 07 de enero del 2022



Biól. Karla María López Vázquez

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo de recibido durante la realización de mis estudios de posgrado, a través de una beca nacional (no. becario 1003512).

A la Benemérita Universidad Autónoma Puebla, a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado y a la Maestría en Ciencias Biológicas (CLAVE 005671) por la oportunidad de permitirme, aceptarme y realizar un posgrado.

A la beca otorgada por la Fundación Telmex- Telcel, por el apoyo económico y tecnológico, brindado durante la realización de mi posgrado.

Al proceso de investigación que fue dirigido y revisado por el siguiente comité:

Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia

Dra. Hortensia Carrillo Ruiz

Dra. Agustina Rosa Andrés Hernández

Dra. Cecilia Díaz Castelazo

Dra. Citlalli Castillo Guevara

Al laboratorio de Ecología de comunidades y todos los miembros que lo conforman.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	3
1.INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES	11
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
5. HIPÓTESIS	17
6.OBJETIVOS.....	18
6.1 General.....	18
6.2 Específicos	18
7. MÉTODO.....	19
7.1 Área de estudio	19
7.2 Diseño de muestreo y colecta de organismos	20
7.3 Análisis de los datos	21
7.3.1 Análisis a nivel de red	22
7.3.2 Análisis a nivel de especie.....	25
8. RESULTADOS.....	26
8.1 Esfuerzo del muestreo.....	26
8.2 Diversidad de la comunidad.....	27
8.3 Efecto de los factores ambientales sobre los visitantes florales.....	28
8.4 Análisis de la red de interacción planta-visitador floral (insecto)	29
8.4.1 Atributos de topología de las redes por meses.	31
8.4.2 Análisis de las redes a nivel de especies	35
8.5 Núcleo / Periferia.....	35
8.6 Modelos de extinción de especies	40
9. DISCUSIÓN	44
9.1 Esfuerzo del muestreo.....	44
9.2 Comunidad de insectos visitantes florales	45
9.3 Análisis de las redes de interacción	47

10. CONCLUSIÓN.	56
12. ANEXOS.	71

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Parámetros ecológicos de las redes de interacción.....	23
Cuadro 2. Parámetros ecológicos de las redes de interacción a nivel de especie.	25
Cuadro 3. Diversidad alfa de insectos visitantes florales	27
Cuadro 4. Índice de diversidad de Jaccard entre los meses de muestreo.....	28
Cuadro 5. Grado de anidamiento de la red planta-visitador floral (insecto). .	30
Cuadro 6. Métricas del análisis de redes para cada uno de los meses de muestreo.	34
Cuadro 7. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos).....	37
Cuadro 8. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos)	38
Cuadro 10. Robustez de la red de interacción total mediante el análisis de simulación de extinción de especies.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en el predio comunal “Peña de la Hormiga” en el estado de Tlaxcala, México.	20
Figura 2. Curva de acumulación de interacciones	26
Figura 3. Abundancias entre los meses de muestreo.....	27
Figura 4. Análisis Canónico de Correspondencia, de los órdenes de visitantes florales.....	29
Figura 5. Red total planta-visitador floral insecto en una zona de bosque templado del centro de México.	31
Figura 6. Redes por meses de muestreo.....	33
Figura 7. Nodos de núcleo/periferia de la red de interacción total.	36
Figura 8. Curvas de robustez de la red con base al modelo de simulación de extinción de especies en una secuencia desfavorable	41
Figura 9. Curvas de robustez de la red con base al modelo de simulación de extinción de especies en una secuencia aleatoria.....	42
Figura 10. Curvas de robustez de la red al extinguir todas las especies del núcleo.....	43

RESUMEN

El análisis de la topología y propiedades de las redes interacción se ha convertido en una de las herramientas más representativas para el estudio del funcionamiento de las interacciones que se dan en las comunidades, y a la vez, ayudan a comprender que tan resistente es un ecosistema ante alguna alteración que se dé por causas naturales o por factores antropogénicos. Una de las interacciones interespecíficas más comunes es la que existe entre las plantas y sus visitantes florales insectos, estas pueden presentarse, cuando las plantas proveen “recompensas”, para atraer la mayor cantidad de insectos posible. Las investigaciones que se han llevado a cabo han sido poco representativas en ecosistemas de bosque templado; así, en este trabajo analizamos la topología de la red de interacción planta-visitador floral (insectos) en un ecosistema de bosque, usando el enfoque de redes para evaluar su topología, en función de sus patrones y diversidad. Para lo cual se plantea la siguiente pregunta ¿cuál es la estructura topológica de la red de interacción planta-visitador floral (insectos), en una zona de bosque templado? Este estudio se llevó a cabo, en el estado de Tlaxcala en una zona de bosque templado denominado “Peña de la Hormiga”. Estableciendo tres transectos que fueron monitoreados mensualmente, observando cada planta con presencia de visitantes florales y número de individuos de cada especie que visitan las flores. Se realizó un análisis de diversidad alfa y beta, así como un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC); a la vez se obtuvieron y analizaron las topologías y los parámetros las redes de interacción de manera general y en cada mes de muestreo. Se realizaron simulaciones de extinción de especies de manera aleatoria y por grado. Como resultado se obtuvo un total de 26 especies de plantas, agrupadas en 14 familias y se registraron 48 morfoespecies de visitantes florales agrupados en al menos 7 órdenes. El resultado del ACC mostró gran variabilidad en el comportamiento de las especies en función de los factores ambientales, principalmente en los órdenes de Lepidoptera, Himenoptera y Coleoptera. El análisis de la red de interacción, mostró una topología anidada, una riqueza total de 74 especies (tamaño de la red), una conectancia de 0.65, junto con una baja especialización de $H_2 = 0.065$. Las especies de plantas con mayor frecuencia de

interacción y más generalistas en función de la red fueron: *Barkleyanthus salicifolius* (3.46) y *Baccharis salicifolia* (4.17), en relación a los insectos visitantes florales fueron: *Apidae_1* (1.70) y *Apis mellifera* (1.50). Mientras que las más especialistas para plantas fueron *Quercus_sp1* (0.67) y *Opuntia_sp1* (0.60) y de insectos *Cactophagus spinolae* (0.84) y *Archirhoe neomexicana* (0.31). Con base a los análisis anteriores, se encontró que la red es menos robusta cuando se extingue usando el criterio de grado (especies de mayor a menor grado), que cuando se usa el método aleatorio en todos los casos.

Se considera que los hallazgos de este estudio son base para el conocimiento de las interacciones entre plantas y sus visitantes florales insectos, que son claves para el funcionamiento y preservación de ecosistemas de bosque templado.

Palabras clave: Topología, anidamiento, diversidad, bosque templado.

ABSTRACT

The analysis of the topology and properties of interaction networks has become one of the most representative tools for the study of the functioning of interactions that occur in communities, and at the same time, they help to understand how resistant an ecosystem is to any alteration that occurs due to natural causes or anthropogenic factors. One of the most common interspecific interactions is the one that exists between plants and their insect flower visitors. These can occur, when plants provide "rewards", to attract as many insects as possible. The investigations that have been carried out have been not very representative in temperate forest ecosystems; Thus, in this work we analyze the topology of the floral visitor plant interaction network (insects) in a forest ecosystem, using the network approach to evaluate its topology, based on its patterns and diversity. Where do we plant the next question? How is the topological structure of the floral plant-visitor interaction network (insects) in an area of temperate forest? This study was carried out in the state of Tlaxcala in an area of temperate forest called "Peña de la Hormiga". Establishing three transects that were monitored monthly, observing each plant with the presence of flower visitors and the number of individuals of each species that visit the flowers. An analysis of alpha and beta diversity was performed, as well as a Canonical Correspondence Analysis (ACC); At the same time, the topologies and parameters of the interaction networks were obtained and analyzed in a general way and in each month of sampling. Species extinction simulations were carried out randomly and by degree. As a result, a total of 26 plant species were obtained, grouped in 14 families and 48 morphospecies of flower visitors grouped in at least 7 orders were recorded. The ACC result showed great variability in the behavior of the species as a function of environmental factors, mainly in the Lepidoptera, Himenoptera and Coleoptera orders. The analysis of the interaction network showed a nested topology, a total richness of 74 species (network size), a connection of 0.65, along with a low specialization of $H_2 = 0.065$. The plant species with the highest frequency of interaction and the most general in function of the network were: *Barkleyanthus salicifolius* (3.46) and *Baccharis salicifolia* (4.17), in relation to the flower visiting insects were: *Apidae_1* (1.70) and *Apis mellifera* (1.50). While the most specialists

for plants were *Quercus_sp1* (0.67) and *Opuntia_sp1* (0.60) and for insects *Cactophagus spinolae* (0.84) and *Archirhoe neomexicana* (0.31). Based on the previous analyses, it is possible to conclude that the network is less robust when it is extinguished using the criterion of degree considered an unfavorable sequence (the most to the smallest degree species) than when the random method is used in all cases.

It is considered that the hallmarks of this study are the basis for the knowledge of the interactions between plants and their floral visitors and insects that are key to the functioning and preservation of rainforest ecosystems.

Keywords: Topology, nesting, diversity, temperate forest.

1.INTRODUCCIÓN

El funcionamiento de los ecosistemas depende de las interacciones que se dan entre las diferentes especies que los integran. En las comunidades, el análisis de las interacciones bióticas permite la descripción de sus patrones estructurales. Estas interacciones bióticas son clasificadas y estudiadas por el efecto que tiene una especie sobre la otra, pueden clasificarse de acuerdo con el balance que tienen las dos especies que se encuentran interactuando: son positivas (+) cuando hay un beneficio para las especies interactuantes; negativas (-) para aquellas especies que se ven perjudicadas por la interacción; y por último las interacciones neutras (0) son aquellas que no tienen algún efecto producto de la interacción con la otra especie (Martínez-Falcón *et al.*, 2010). Por lo general la mayoría de estas interacciones entre diferentes especies, implican la obtención de recursos que cambian en el espacio y el tiempo, y que son necesarios para sobrevivir (Boege y Carmona, 2012). De manera general las interacciones interespecíficas se basan en el costo-beneficio, de las especies que interactúan, evaluando el aumento o disminución de los individuos (Rico-Gray, 2001). Las interacciones interespecíficas son dinámicas en tiempo y espacio, se transforman y se multiplican, por lo que la historia de la evolución y la biodiversidad es básicamente una historia de la evolución de las interacciones interespecíficas. Los organismos no se encuentran aislados y su evolución los ha llevado a utilizar una combinación de su propia información genética y la de otras especies (Ehrlich y Raven, 1964; Rico-Gray, 2001; Bascompte *et al.*, 2003; Thompson, 2003).

Las interacciones interespecíficas más comunes son las que se establecen entre insectos y plantas, los registros paleontológicos demuestran que las interacciones insecto-planta se desarrollaron entre los primeros habitantes terrestres, lo que derivó en muchos casos en una evolución conjunta, que en la actualidad se puede seguir observando en los ecosistemas. Estas interacciones se originaron principalmente por la necesidad de obtener beneficios como la nutrición, refugio y reproducción tanto de insectos como de las plantas. Se estima que actualmente la mitad de las especies de insectos presenta algún grado de dependencia con las plantas que interactúa, siendo la herbívora o procesos relacionados a ella, una de las principales relaciones conocidas, debido a que las plantas representan una fuente accesible y segura de alimento (Horn *et al.*, 2011).

La interacción de las plantas con robadores de néctar y polinizadores, está influenciada por la morfología de los visitantes, la disponibilidad de las flores, la calidad de las recompensas, la variación de abundancias espacio-temporales de flores, número de insectos robadores y polinizadores (Horvitz y Schemske, 1990; Thompson y Pellmyr, 1992). Algunos factores como el clima, la luz, la temperatura, la radiación solar y la hora del día influyen en el número de visitantes florales y su frecuencia (Vicens y Bosch, 2000; Doll *et al.*, 2007, Stone y Jenkins, 2008). Por otra parte, las flores por lo general atraen un espectro más amplio de visitantes que el esperado, pues muchas plantas tienen más de un tipo de polinizador. Por esto, la interacción entre las plantas y los insectos que visitan sus flores han atraído la atención de la comunidad científica recientemente (Gómez, 2003). Existen muchos grupos de insectos que explotan recursos florales como el polen y el néctar para poder alimentarse, por esto deben visitar varias flores para poder satisfacer sus necesidades (Nates-Parra, 2005). En las interacciones insecto-planta, las flores han desarrollado diferentes mecanismos, como los colores de los pétalos, olores y recursos como el néctar, polen y esencias entre otros, para atraer la mayor cantidad de insectos y aumentar así la probabilidad de ser polinizada, ya que no todo visitante floral es un polinizador eficiente; en algunos casos los insectos solo recolectan el recurso, pero tienen una probabilidad menor de polinizar (Nates-Parra, 2005). Además, cuando las interacciones involucran el movimiento de gametos o individuos (por ejemplo, la polinización y la dispersión de semillas por animales), pueden disminuir la extinción al facilitar la recolonización de “parches” o sitios favorables, que es un proceso crucial para evitar la extinción local y regional en los paisajes fragmentados en la actualidad (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017).

Desde los dos últimos siglos el crecimiento de la población humana y la consecuente expansión a gran escala de las fronteras agrícolas, el desarrollo industrial y las aglomeraciones urbanas, han resultado en la eliminación de grandes extensiones de vegetación natural, alterando la estructura, distribución y funcionamiento de los ecosistemas (Jules *et al.*, 1998, Hobbs y Yates 2003). Un ejemplo de ello es la alteración en ecosistemas de bosques templados, que en México se encuentran bajo un proceso constante de degradación, (Challenger, 1998). Este ecosistema de bosque templado es considerado el segundo bioma más extenso del país (Rzedowski, 1978) y uno de los más diversos a nivel mundial debido, a que la mayoría de las especies que lo conforman tienen su centro de origen en las montañas

del territorio nacional (Fregoso *et al.*, 2001; Valencia, 2004). Conocer esta información es de suma importancia debido, a que, actualmente existen procesos naturales de transformación ambiental propios de este tipo de ecosistema, como la regeneración, incendios naturales y numerosos factores antropogénicos que promueven su transformación; ligado a las políticas de desarrollo de las zonas rurales, que tienen evidentemente una importante participación en la dinámica de la deforestación.

La rápida modificación de éstos ecosistemas hace necesaria la investigación en saber cómo se encuentran las interacciones, como las que ocurren entre plantas y sus visitantes florales (insectos), debido a que la mayoría de ellos son potenciales polinizadores. La pérdida de hábitat, la fragmentación y los cambios en la calidad del hábitat y en la estructura del paisaje en general, representan grandes amenazas para tales interacciones y, por lo tanto, para la persistencia de especies de plantas y visitantes florales insectos en las comunidades. No obstante, lo anterior, los estudios que examinan tales amenazas a nivel comunitario todavía son pocos, y por lo tanto tenemos poca evidencia empírica sobre las consecuencias finales de tales cambios de hábitat y paisaje para el funcionamiento de este importante servicio del ecosistema (Klein, 2007, Hagen *et al.*, 2010, Ferreira *et al.*, 2013, Nielsen y Totland, 2014).

Estas interacciones pueden ser representadas y analizadas gráficamente como una red (Bascompte, 2006). Para entender la complejidad y la estructura de las propiedades de las redes de interacción, se debe observar la frecuencia con que las especies interactúan unas con otras y la importancia que tiene la interacción en la supervivencia de las especies que intervienen; para ello la representación topológica de las redes de interacción nos ayuda a visualizar la forma que toma la red y a su vez provee herramientas de búsqueda de patrones que resultan de gran utilidad en la configuración de las comunidades (Bascompte y Jordano, 2007).

Llamamos topología de la red de interacción a la estructura que cada red presenta, su arquitectura que en cada caso es distinta, ya que depende de las interacciones que abarque y la forma en que estas se distribuyen dentro de la red (Jordano *et al.*, 2009). La estabilidad topológica describe a las especies como nodos de la red (Bascompte y Jordano, 2006). La estructura de las redes depende a la vez de los procesos ecológicos y evolutivos, que varían con temporadas estacionales en el comportamiento y morfología de las especies (Carnicer *et*

al., 2009). Analizar la topología de la red es una herramienta importante, debido a que los estudios recientes de redes complejas han mostrado, que la distribución de enlaces en redes reales difiere mucho de la que cabría esperar si las redes se hubiesen generado por procesos aleatorios y muestran la conectividad entre las especies involucradas; además, estos patrones se relacionan con la dinámica de comunidades, donde se observa que tan sensible es la red ante la pérdida de especies (nodos), o cómo se enlazan nuevas especies que entran a formar parte de la red en determinado tiempo (Jordano *et al.*, 2009).

Al analizar la topología de las redes de interacción se han encontrado tres patrones (Bascompte *et al.*, 2003; Jordano *et al.*, 2003; Vázquez y Aizen, 2004; Bascompte y Jordano, 2006; Guimarães *et al.*, 2006), los cuales se describen a continuación:

Las redes anidadas son representadas por especies generalistas que interactúan entre sí, donde se encuentran un grupo de especies núcleo (con un mayor número de enlaces), interactuando con especies especialistas (con un menor número de enlaces), que a la vez pueden interactuar con subconjuntos bien definidos de especies (Guimarães *et al.*, 2006, Rico-Gray, 2006)

Las redes compartimentadas, son más representativas de redes antagónicas, ya que se caracterizan por presentar subgrupos de especies interactuantes que tienen pocas interacciones con el resto de especies dentro de la red, aunque se ha descrito la presencia de este tipo de redes compartimentadas dentro de las redes anidadas (Guimarães *et al.*, 2006; López-Carretero *et al.*, 2014).

Las redes al azar, son aquellas donde sus especies interactúan entre todos, y no existe un nivel de comunidad integrada o patrones que describan la especialización de las especies dentro de la red (Guimarães *et al.*, 2006; Hernández-Yáñez *et al.*, 2013).

Con el conocimiento que se deriva de estudiar la estructura de la red, se puede predecir cómo los ecosistemas responden a la pérdida de especies. Los patrones topológicos de las redes de interacción, hacen referencia sobre todo a la distribución de la conectividad, esto es, al gradiente generalización-especialización que es observable entre especies y para la red en su conjunto. Pero esta descripción no contiene información sobre la identidad de las especies;

existe dentro de la topología de la red una serie de atributos que nos describen cómo se encuentra la comunidad de las especies en la red; entre las principales podemos encontrar: tamaño de la red, grado (k), conectancia, anidamiento o encajamiento, número de compartimentos o módulos (modularidad), especialización de la red (H_2), robustez, sobreposición de nicho, diversidad de Shannon, especialización o selectividad de cada especie (d), resistencia de las especies y las especies del núcleo y periferia (Bascompte y Jordano, 2006; Dáttilo *et al.*, 2014). Estas propiedades topológicas tienen implicaciones profundas tanto a nivel coevolutivo como a nivel de las dinámicas de las comunidades ecológicas, y para la biología de la conservación (Bascompte y Jordano, 2006). En este sentido el estudio de la topología de redes en ecosistemas como los bosques templados es imprescindible dadas las altas tasas de pérdida y transformación del hábitat, que son una de las consecuencias del incremento de la temperatura promedio del planeta, producto del cambio climático global y actividades antropogénicas, que a la vez ha ido modificando los tiempos de floración de las plantas (Inouye *et al.*, 2002; Saavedra *et al.*, 2003; Munguia-Rosas *et al.*, 2011).

A pesar de su importancia, en México el estudio de las interacciones planta-visitador floral en ecosistemas de bosques templados se han limitado. A la fecha existen pocos estudios publicados sobre los patrones de las redes de interacción que se originan de estas interacciones en ecosistemas de bosques templados y de la importancia de las especies de plantas y de animales que las conforman y son indispensables para el funcionamiento de estos ecosistemas.

En este estudio analizamos la topología de la red de interacción planta-visitador floral (insectos), en un ecosistema de bosque templado en el estado de Tlaxcala. Se usó el enfoque de red para evaluar la topología de la red de interacción, en función de sus patrones y diversidad respecto a estas interacciones. Para lo cual planteamos la siguiente pregunta ¿cuál es la estructura topológica de la red de interacción planta-visitador floral (insectos), en una zona de bosque templado? Los resultados obtenidos en este estudio permitirán determinar la resiliencia de toda una comunidad, proporcionando una herramienta poderosa para probar el impacto y hacer frente al desafío urgente de comprender y mitigar los efectos de los cambios ambientales, antropogénicos, las invasiones biológicas y la pérdida de

especies en procesos ecológicos cruciales como la polinización (Tylianakis *et al.*, 2010; Burkle y Alarcón, 2011; Maruyama *et al.*, 2016; Biella *et al.*, 2017). Esperando por lo tanto que, en un ecosistema de bosque templado, se presente una estructura topológica anidada, con especies generalistas y sin módulos.

2. ANTECEDENTES

La estructura topológica de las redes de interacción se describe matemáticamente en términos de un “grafo”; es decir, como un conjunto de nodos y vértices. La teoría de redes complejas se fundamenta en la teoría de grafos, donde de acuerdo a su estructura se clasifican diferentes tipos de redes, para ello se analiza a la vez su estructura, patrones de diversidad y su vulnerabilidad ante la pérdida de especies (Jordano *et al.*, 2009). Una forma de analizar e interpretar a las comunidades ecológicas es a través de las interacciones interespecíficas, donde se relacionan individuos de diferentes especies. Este tipo de interacciones, se consideran importantes en la naturaleza, debido a que influyen en los patrones de adaptación de los organismos, llegando a considerarse un aspecto fundamental en la coevolución (Rico-Gray, 2001; Thompson, 1999).

Los estudios relacionados al análisis de la topología de redes de interacción planta-visitadores florales (insectos) tienen diversos enfoques, desde el análisis de la red en diferentes tipos de vegetación, el traslape de nichos, los patrones estructurales de la red, hasta los efectos del deterioro del hábitat en la pérdida de especies.

La introducción de especies invasoras es otro problema para los ecosistemas y podría tener un efecto negativo en las comunidades de visitadores florales nativos, un ejemplo de ello es el estudio de Morales y Aizen (2002) donde evaluaron la interacción de visitadores florales y plantas nativas e invasoras, en bosques templados perturbados y conservados del sur de Argentina. Registrando las frecuencias de visita y la identidad de los visitadores florales, se encontraron significativamente más visitas de insectos invasores a plantas invasoras en hábitats perturbados. Estos resultados sugieren que las especies de plantas invasoras podrían facilitar la invasión de al menos algunos visitadores florales invasores, a hábitats perturbados debido a que las plantas con flores y los visitadores florales se benefician de este mutualismo.

Cuando se tiene este tipo de interacciones se puede determinar qué especies son clave en la estructura de la red de interacción, simulando la eliminación de especies. Memmott *et al.*, (2004) descubrieron mediante simulaciones, en el análisis de redes de interacción planta-polinizador en sitios restaurados, que el mayor efecto sobre la supervivencia de las plantas ocurre cuando se eliminan las especies polinizadores generalistas, además de que con este

tipo de modelos podemos evaluar la capacidad de los sitios restaurados para resistir futuras perturbaciones naturales provocadas por el hombre.

En relación a este tema Forup *et al.* (2008) compararon las interacciones planta-polinizador en cuatro sitios restaurados y conservados, 11 y 14 años después del inicio del manejo de la restauración. Los datos de la red fueron usados para comprobar si las visitas de los polinizadores se habían restablecido, y calcularon los índices de importancia de los polinizadores para cada especie de insecto, en los ocho sitios. Finalmente, compararon la robustez de las redes en sitios restaurados y conservados con la pérdida de especies. Las comunidades de plantas y polinizadores se establecieron con éxito en los sitios restaurados; encontrando que hubo poca evidencia de movimiento de polinizadores de sitios conservados a sitios restaurados.

Un año después del estudio anterior Albornoz (2009) analizó, mediante teoría de redes, la estructura de interacciones planta-polinizador de un bosque templado localizado en Ancud, Chile. Los resultados de este trabajo mostraron que la red planta-polinizador del bosque templado exhibió una estructura de interacciones anidada pero también modular. Dentro de los grupos de especies de plantas y polinizadores, los árboles, arbustos y los himenópteros son los que mantienen el núcleo de interacciones de la red de polinización y estos podrían garantizar la persistencia de la mayoría de las especies.

Por otro lado, Aizen *et al.*, (2012) analizaron 12 redes de interacción de visitantes florales de sierras aisladas, en Argentina. Encontrando evidencia de pérdida no aleatoria de interacciones con la disminución del tamaño de la sierra. La baja frecuencia de interacción y la alta especialización entre los socios que interactúan contribuyeron adicionalmente a aumentar la vulnerabilidad de las interacciones a la interrupción. Por lo tanto, las configuraciones particulares de las redes de interacción, junto con las relaciones ecológicas únicas y los caminos evolutivos, podrían perderse para siempre después de la reducción del hábitat.

La pérdida del hábitat influye en el número de interacciones que puede tener una red, en el estudio realizado por Spiesman e Inouye (2013) observaron los efectos de la pérdida de hábitat de bosque de pinos en Florida, en la arquitectura de la red de plantas- polinizador. Encontraron que la pérdida de hábitat regional contribuye directamente a la pérdida de

especies e indirectamente a la reorganización de las interacciones interespecíficas en una comunidad local. Las redes se volvieron más conectadas y más modulares con la pérdida de hábitat. La riqueza y abundancia de especies fueron los principales impulsores de variación en la arquitectura de la red, aunque la composición de las especies afectó la modularidad, que corre un mayor riesgo de desaparecer después de futuras perturbaciones que si las especies están conectadas en una red cohesiva.

Respecto a esto, Traveset *et al.*, (2017) evaluaron también cómo la pérdida de hábitat influyó en el patrón de interacciones entre plantas y sus visitantes florales en una comunidad costera. Encontrando que las interacciones de las especies en la comunidad fueron más especializadas después de la pérdida de hábitat, lo que resultó en un menor nivel de anidamiento de la red y una mayor modularidad. A nivel de especie, el número de visitantes de flores por planta disminuyó después de la perturbación, y las plantas fueron visitadas por visitantes de flores menos abundantes. Los hallazgos llevan a predecir que la red general de visitantes florales se volvió menos robusta y resistente a futuras perturbaciones.

En los estudios mencionados anteriormente, los polinizadores y visitantes florales que se especializan en uno o unos pocos recursos florales son más afectados a sufrir los efectos de fragmentación, pues la abundancia y composición de las especies de plantas tiende a alterarse en los fragmentos de bosque (Aizen y Feinsinger, 2003). En este sentido, si, el recurso floral disminuye o desaparece en los fragmentos de bosque también desaparecerán los polinizadores asociados a estos recursos, o por el contrario, los polinizadores generalistas que utilizan una amplia variedad de especies con flores para alimentarse, no serán afectados por la fragmentación, debido a que la ausencia de una o más especies de plantas en un fragmento de bosque, lo pueden llegar a reemplazar por otras especies con flor (Bronstein, 1995; Murcia, 1996). Determinando que el oportunismo en el uso de los recursos es lo que permite que los polinizadores generalistas se encuentren con mayor presencia y esten presentes en los fragmentos de bosque (Ashworth *et al.*, 2004).

Particularmente en México, este tipo de estudios se han enfocado a analizar dichas redes en taxas específicos, más que abarcar todos los órdenes de visitantes, en un grupo de plantas particular.

En este sentido Ramírez-Flores *et al.*, (2015) analizaron la estructura topológica de las interacciones planta-abeja comparando cuatro áreas en México con ecosistemas diferentes (La Mancha y Totula en Veracruz, Carrillo Puerto en Quintana Roo y Tehuacán-Cuicatlán, en Puebla). La topología de la red varió entre los sitios y también la presencia de patrones anidados o modulares, se analizó la robustez de las extinciones simuladas de especies. La riqueza de especies más baja se registró para el sitio de Quintana Roo (15 plantas, 25 especies de abejas), y el más alto para el sitio del valle de Tehuacán-Cuicatlán (88 plantas, 231 especies de abejas), todas las redes estaban anidadas significativamente, la robustez a las extinciones acumulativas mostró un patrón diferente en cada sitio, sitios con más especies endémicas (por ejemplo, Tehuacán) tuvieron interacciones más especializadas y fueron más susceptible a la extinción.

También en Veracruz, Yáñez-Arancibia *et al.*, (2013) identificaron la estructura básica de la comunidad de visitantes florales en La Mancha, analizando variables como el color y la forma de la flor para conocer si estaban vinculados a la llegada de ciertos visitantes florales, si las visitas a las flores eran generalistas, específicas y/o modular; también buscaron qué especies de plantas, si las hay, en el núcleo de la red, podrían afectar la estabilidad de los visitantes florales. La red que obtuvieron fue anidada, además los visitantes florales (Himenoptera, Diptera, Lepidoptera y Trochilidae) no mostraron una preferencia particular por un color o forma de flor específica, cada grupo de polinizadores visitó la mayoría de las flores, colores y formas consideradas.

El estudio más reciente de redes de interacción planta-visitador floral fue realizado por Parra-Tabla *et al.*, (2019), donde evaluaron el papel de especies de plantas invasivas en la estructura general y la robustez de la red, a través de la simulación computacional de escenarios de extinción de plantas nativas e invasivas en nueve comunidades costeras invadidas de Yucatán. Como resultado, los autores encontraron que los parámetros de red a nivel de especie no difirieron entre especies nativas y exóticas. Además, los análisis de simulación revelaron que las especies exóticas son funcionalmente equivalentes a las especies nativas, y contribuyen igualmente a la estructura y robustez de la red. Sugiriendo que las especies exóticas también pueden desempeñar un papel similar al de las nativas en

la estructura y estabilidad de las comunidades de plantas y polinizadores, en el ecosistema de dunas costeras estudiadas.

3. JUSTIFICACIÓN

Los bosques templados ocupan la mayor cobertura forestal de México, con alrededor de 32 millones de hectáreas, que equivalen a casi el 18% del territorio nacional, además de ser ecosistemas muy diversos. Cada año en el país se pierde en promedio 40 mil hectáreas de bosque debido a causas como la deforestación intensiva, incendios, cambio del uso de suelo para diferentes tipos de prácticas y al mal manejo forestal. En el estado de Tlaxcala se ha perdido el 64 % de los ecosistemas de bosque templado, quedando solo un 17 % de la superficie actual del estado, debido a diferentes actividades humanas.

Los ecosistemas de bosque templado en Tlaxcala, requieren de investigación sobre cómo se encuentran las comunidades de organismos que lo conforman. Las redes de interacción nos permiten conocer cómo es que las especies se encuentran relacionadas en las comunidades y qué es lo que sucede cuando estas interacciones son alteradas. A pesar de su importancia, las interacciones ecológicas en los bosques en Tlaxcala han sido poco exploradas.

Este trabajo pretende analizar la topología de las redes de interacción en un ecosistema de bosque templado. Con los resultados generados, se podría empezar a comprender cómo ocurren los cambios en las interacciones que suceden en este tipo de ecosistemas, mismos que por el grado de deterioro que actualmente muestra el bosque templado, se producen en periodos cortos y fomentados por un cambio en la disponibilidad de recursos (Martínez-Falcón *et al.*, 2010). A medida que se agregan especies, la productividad del ecosistema aumentará debido a la división efectiva de los recursos (Tilman *et al.*, 1997). Por lo tanto, si las especies coexistentes pueden evitar la exclusión competitiva al ocupar diferentes nichos, entonces la productividad y la estabilidad en el ecosistema aumentarán (Turnbull *et al.*, 2013). Al mismo tiempo, este estudio permitirá también evaluar cómo se modifica la comunidad de visitantes florales (insectos), debido al cambio en las condiciones ambientales, propias de un bosque templado, Así este estudio, permitirá describir los patrones de las interacciones entre especies, que incluyen los cambios que se presentan cuando un recurso se encuentra ausente en un sitio particular, lo cual provoca la “reconfiguración” de las redes, para que futuras investigaciones puedan confirmar la eficiencia de los insectos en el proceso de polinización, así como establecer el riesgo que corren ante algún disturbio. Al mismo tiempo, nuestro

estudio aportará información ecológica que pueden ayudar en los fundamentos teóricos para ampliar el enfoque hacia escalas regionales sobre las interacciones planta-visitador floral insectos, en ambientes con características similares a los bosques de Tlaxcala. Esto nos permitiría entender, la fragilidad de la red ante la pérdida de especies, identificar las especies clave, ponderar el papel especies de las plantas y visitantes florales, además de que su estudio puede ser clave para determinar la estructura, función y dinámica en las comunidades para la toma de decisiones en materia de conservación, restauración y manejos de recursos.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la estructura topológica de la red de interacción planta-visitador floral (insectos), en una zona de bosque templado en el estado de Tlaxcala?

5. HIPÓTESIS

En el ecosistema de bosque templado se ha observado que interacciones de tipo mutualista tienden a tener una topología anidada, donde existe una mayor conectividad de la red y los módulos no son tan frecuentes, dado el ecosistema de bosque templado que se presenta en la zona de estudio, se espera que la red de interacción planta-visitador floral (insectos), presente una estructura topológica anidada, con especies generalistas, sin módulos y que sea resiliente ante alguna futura perturbación.

6.OBJETIVOS

6.1 General

Analizar la estructura topológica de la red de interacción planta-visitador floral (insectos) en una zona de bosque templado, del estado de Tlaxcala.

6.2 Específicos

1) Describir la dinámica de la comunidad de insectos encontrados en una zona de bosque templado.

2) Describir los atributos de la red de interacción planta-visitador floral (insectos) y determinar su topología.

3) Identificar las especies núcleo y de la periferia de la red de interacción planta-visitador floral (insectos).

4) Generar mediante simulaciones computarizadas, el cambio de la composición de especies, al extinguir especies vegetales y de insectos del núcleo de las redes.

7. MÉTODO

7.1 Área de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo en una zona de bosque templado del estado de Tlaxcala que se encuentra en el predio comunitario denominado “Peña de la hormiga”. Se localiza en la parte centro-sur del estado, con coordenadas: 19° 22′ 12.4″ N y 98° 15′ 31″ O, con una altura de 2400 msnm, contando con una superficie de 222 hectáreas (Figura 1). La temperatura media anual oscila entre 12° – 16° C, y la precipitación media anual es de 778 mm, con máxima incidencia en julio y agosto. El clima es templado subhúmedo con lluvias durante el verano. El suelo dominante son los suelos aluviales, constituidos arena y arcilla, los cuales están formados principalmente por rocas ígneas. De acuerdo a su ubicación geográfica, el bosque templado “Peña de la hormiga” cuenta con una vegetación compuesta principalmente por bosque de encino. Entre las especies que habitanen este tipo de ecosistemas de bosques templados se encuentra una variedad de encinos como: Encino barcino (*Quercus magnoliifolia*), Encino blanco (*Quercus candicans*), Encino colorado (*Quercus castanea*), y Encino cucharo (*Quercus urbanii*).y pinos como: el Ocote blanco (*Pinus montezumae*), Ocote pardo (*Pinus hartwegii*), Pino cedrón (*Pinus pringlei*), Acahuite (*Pinus ayacahuite*), Abeto (*Abies religiosa*), el Ayarín (*Pseudotsuga menziesii*) y especies de Tásbate (*Juniperus*) (CONABIO, 2020).

justificando la capacidad del investigador para observar de manera óptima las interacciones de planta-visitador floral (insectos).

La captura de insectos interactuando se realizó usando redes de golpe y pinzas entomológicas; los insectos colectados se sacrificaron en cámaras de acetato de etilo, posteriormente fueron guardados en bolsas de papel cera con sus correspondientes etiquetas y claves de las plantas donde se encontraban interactuando. Durante cada observación se registró: 1) identidad de las especies de plantas; 2) identidad de cada visitante floral; 3) número de individuos de cada especie que visitan las flores. También en cada hora se llevó a cabo mediciones de variables ambientales (temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad de viento). En cuanto a las plantas, fueron colectadas aquellas especies de las cuales se colectaron los insectos visitantes florales. Durante la colecta se prensaron *in situ* para proceder a su secado. Dicho secado se llevó a cabo a 35°C, durante cuatro días. Una vez secas, se procedió a su montaje de herbario e identificación.

7.3 Análisis de los datos

Se realizó una curva de acumulación de interacciones para determinar el esfuerzo de muestreo, en el programa EstimateS 5.01, con el estimador de Chao 2 (Soberón y Llorente, 1993; Hortal *et al.*, 2004; Jiménez-Valverde *et al.*, 2004). Para conocer la diversidad de la comunidad se calculó el índice de Simpson y se comparó la diversidad con una prueba de t (Hutchenson, 1970) para conocer si existen diferencias significativas entre las muestras. La diversidad beta (entre meses) con base en el índice de similitud de Jaccard y se aplicó un Análisis de similaridad (ANOSIM) para determinar cambios significativos en la composición de especies de insectos entre los meses de colecta, estos análisis de diversidad se realizaron con el software estadístico PAST 3.3. En cuanto a la abundancia de las morfoespecies de insectos visitantes florales se aplicó la prueba de Kruskal- Wallis para observar si existía una diferencia significativa entre las medianas de nuestros datos. Así también se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) para determinar el efecto de las variables ambientales en la abundancia de órdenes de visitantes florales.

Con los registros de las interacciones planta-visitador floral (insectos) que se observaron en los meses de muestreos, se construyó una base de datos. Las filas fueron representadas por especies de plantas (nivel trófico inferior) y las columnas por las unidades

taxonómicas reconocidas de insectos (nivel trófico superior), quedando así conformadas las matrices generales y por meses, para después analizar los atributos de la topología de la red con el software R, utilizando el paquete estadístico "Bipartite" (Dormann y Gruber, 2011), y ANHIDADO (Guimarães y Guimarães 2006, Almeida-Neto *et al.*, 2008). Posteriormente se usó la fórmula de Dattilo *et al.* (2014) para el análisis de centralidad de la red de interacción y a su vez realizar el análisis núcleo-periferia para medir el grado y la frecuencia de las interacciones; y así determinar la posición de cada especie dentro de la red, colocando especies con el mayor número de enlaces en el núcleo (es decir, las especies de mayor grado o especies que interactúan con las especies del grado más alto) y especies con menos enlaces (especies con un menor grado o especies que interactúan con otras que son menos conectadas) en la periferia (Díaz-Castelazo *et al.*, 2010; Cuadro 1 y 2).

Para valorar la robustez de las redes ante alguna alteración en la red, se utilizó el método de Memmott *et al.*, (2004) que también ha sido utilizado en los trabajos de Albert *et al.*, 2000; Solé y Montoya, 2001. En ellos, se simula la extinción acumulada de un número creciente de especies de visitantes florales (y con ellas, sus interacciones). Se simularon dos secuencias de extinción, como representativas de los escenarios posibles: (a) una secuencia desfavorable, con extinción de especies de visitantes florales y plantas desde la más a la menos conectada y (b) una secuencia aleatoria de extinción de especies de visitantes florales y plantas. Los resultados permitirán saber cuan robusta es la red en cada caso.

7.3.1 Análisis a nivel de red

Los avances en el estudio de los sistemas de redes han permitido conocer cómo funcionan estas propiedades, sus consecuencias ecológicas y evolutivas y el papel de cada una de las especies que integran la comunidad (Bascompte y Jordano 2007; Blüthgen *et al.* 2008; Vázquez *et al.* 2009; Dupont *et al.* 2009, Kaiser-Bunbury y Blüthgen 2015). Los parámetros a nivel de red permiten entender la estructura global de todas las interacciones en la comunidad. A continuación, se ofrece una descripción de los parámetros analizados y su significado biológico:

Cuadro 1. Parámetros ecológicos de las redes de interacción

Parámetro	Definición
Tamaño de la red	Es la riqueza total de especies, es decir el número total de nodos de animales y las plantas que se encuentran interactuando dentro de la red (Jordano <i>et al.</i> , 2009, Rico-Gray, 2002).
Conectancia (C)	Es un parámetro utilizado para medir la complejidad de una red, donde se relaciona la riqueza de especies en cada comunidad y el tamaño de la red, midiendo la proporción de las interacciones observadas con base a todas las interacciones de la red. Cuando la red es mayor, menor es la conectancia, al ir aumentando las interacciones que no se dan entre especies (Jordano, 1987).
Anidamiento	Patrón de asimetría en la especialización de la red, en el que las especies especialistas interactúan exclusivamente (o mayoritariamente) con generalistas, pero éstas últimas interactúan también entre ellas (Jordano <i>et al.</i> , 2003; Guimarães <i>et al.</i> , 2006).
Modularidad	La modularidad analiza si existen grupos de individuos o especies dentro de la red que muestren más interacción entre sí que con otros grupos y con ello estas especies sean mas especialistas con sus interactuantes dentro de la comunidad (Marquitti <i>et al.</i> , 2013).
Especialización (H₂)	Es un parámetro con valores que van de 0 a 1, donde valores cercanos a 0 indican que una red está poco especializada, mientras que valores cercanos a 1 indican que se trata de una red muy especializada (Bluthgen <i>et al.</i> , 2006; Villa <i>et al.</i> , 2012; López <i>et al.</i> , 2014).

Robustez

Mide el grado de resistencia de una red frente a un escenario de una perturbación causante de una cascada de extinciones. Varía entre 0 y 1, donde un valor de 0 indica que la red es un sistema muy frágil, en el que la pérdida de una fracción pequeña de polinizadores desencadenará una gran extinción de especies. Por el contrario, un valor de 1 indica que la red es muy resistente; una elevada desaparición de polinizadores únicamente provocaría la extinción de unas pocas especies en la red (Bluthgen *et al.*, 2006; López *et al.*, 2014).

Traslape de nicho

Mide el promedio de similitud de las interacciones, va de 0 (las especies no comparten nicho ecológico) a 1 (hay una superposición total de nicho entre las especies). Este índice es un parámetro muy útil porque permite conocer si un sistema está formado por muchas especies redundantes o si, por el contrario, está compuesto por especies irreemplazables desde el punto de vista de nicho ecológico (Gotelli *et al.*, 2015).

Diversidad de Shannon

Calculado a partir del índice de Shannon, sirve para medir la diversidad de un sistema. Está estrechamente ligado con la especialización de la red. A mayor diversidad de interacciones que posea una red, mayor será su resistencia frente a perturbaciones (Gotelli *et al.*, 2015).

7.3.2 Análisis a nivel de especie

Por otro lado, los parámetros a nivel de especie permiten comprender el comportamiento de las especies y su importancia ecológica dentro de la estructura y funcionamiento de la red.

Cuadro 2. Parámetros ecológicos de las redes de interacción a nivel de especie.

Parámetro	Definición
Relevancia de la especie (species strength)	Es un índice que mide la relevancia de una especie de un nivel trófico para las especies del otro nivel trófico, sumando las dependencias de cada especie, (Bascompte <i>et al.</i> , 2006). Es una medida cuantitativa y se relaciona con el grado de especies, al indicarnos la forma en que se distribuyen los enlaces entre las especies, a la vez se ha sugerido que estas especies tienen una gran importancia, ya que su desaparición de la red podría tener efectos negativos para la comunidad (Vázquez <i>et al.</i> , 2005; Rumeu <i>et al.</i> , 2017).
Índice de especialización (d')	Mide el grado de especialización de una especie dentro del sistema. El índice va de 0 a 1, donde las especies con valores cercanos a 0 son las especies más generalistas y las que tienen valores cercanos a 1 más especialistas. Este índice tiene en cuenta la abundancia de las especies que interactúan, por lo que una especie que posee menor número de interacciones no tiene por qué ser más especialista si esas pocas especies que visita son muy abundantes (Bluthgen <i>et al.</i> , 2006).
Especies núcleo/periferia	Se usa la ecuación: $G_c = (k_i - k_{mean} / \sigma_k)$, donde k_i es el número promedio de enlaces que involucran a una especie i , k_{mean} es el número promedio de enlaces que involucran a todas las especies en la red, y σ_k es la desviación estándar del número de enlaces de todas las especies. Si el valor de G_c es mayor a 1 se considera parte del núcleo de la red, si es menor a 1 entonces es una especie periférica (Bascompte y Jordano, 2006; Dáttilo <i>et al.</i> , 2013).

8. RESULTADOS

8.1 Esfuerzo del muestreo.

A continuación, se muestra la curva de acumulación de interacciones (Figura 2). Para evaluar la eficiencia del muestreo de acuerdo al estimador de Chao² y lo multiplicamos por 100, obteniendo una eficiencia del 70.22% de las interacciones registradas en el muestreo, en donde se puede observar que los meses de muestreo han sido suficientes para registrar las interacciones, sin embargo, es importante resaltar la importancia de registrar el 29.78% en otros meses.

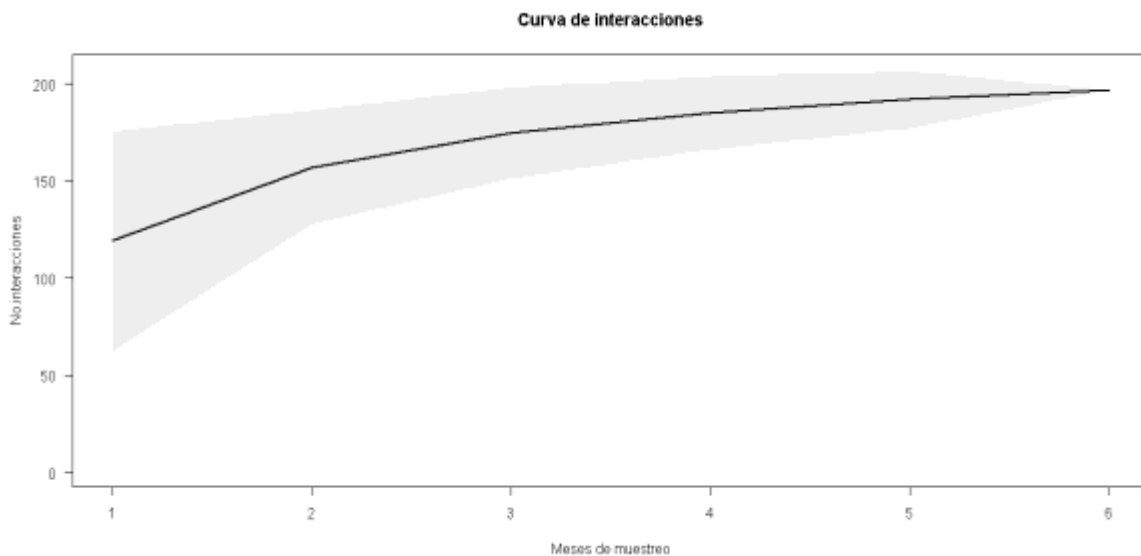


Figura 2. Curva de acumulación de interacciones de acuerdo al estimador de Chao². En el eje X se muestra el esfuerzo de muestreo (meses de observación), el eje Y representa el número de interacciones registradas. El área sombreada ilustra el intervalo de confianza para el número de interacciones registradas tras una intensidad de muestreo determinado.

8.2 Diversidad de la comunidad

Se registraron un total de 26 especies de plantas, agrupadas en 14 familias. En relación a los insectos visitantes florales se registraron 48 morfoespecies agrupados en al menos 7 órdenes.

En términos de riqueza de morfoespecies de insectos visitantes, agosto fue el mes con mayor número de morfoespecies de insectos (37), seguidos del mes julio (36) y septiembre (32). Al comparar los índices de diversidad de Simpson entre meses (Cuadro 3, Figura 3), no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). La prueba de Kruskal- Wallis mostró que la abundancia fue significativamente diferente entre los meses de muestreo ($\chi^2 = 14.42$, $p = 0.0077$).

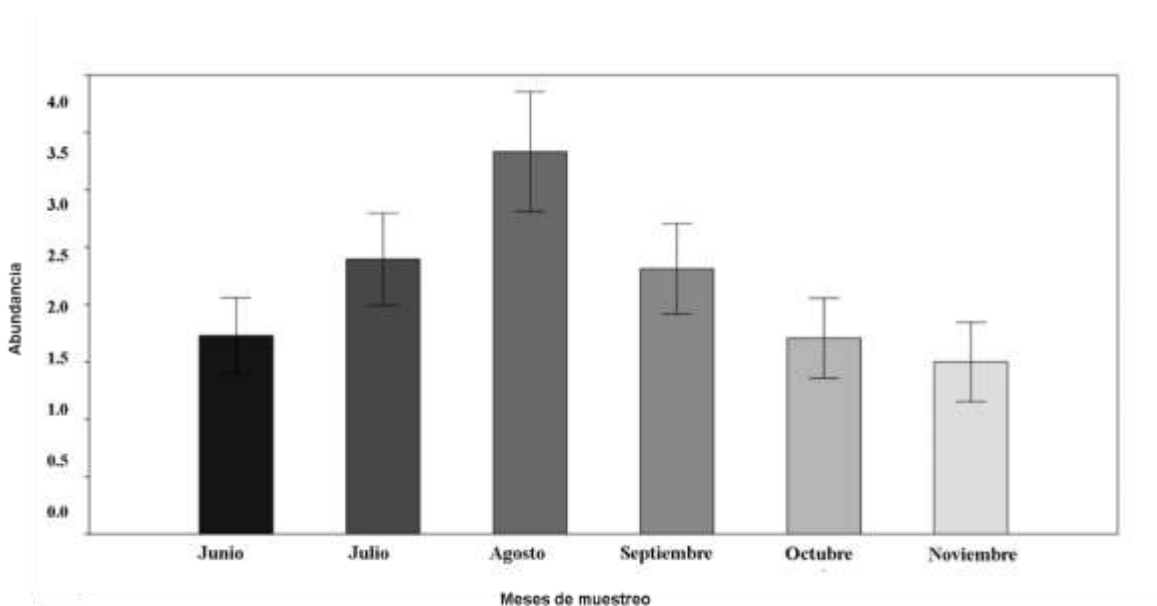


Figura 3. Abundancias entre los meses de muestreo, representado la desviación estándar de los datos.

Cuadro 3. Diversidad alfa de insectos visitantes florales durante los meses de muestreo, en el sitio Peña de la Hormiga, Tlaxcala, México. No se encontraron diferencias significativas entre los meses de muestreo.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Individuos	78	62	96	54	48	44
Morfoespecies	27	36	37	32	20	20
Simpson	0.95	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94

El índice de Jaccard (Cuadro 4) mostró mayor similitud entre meses continuos, pero en general la similitud entre todos fue baja de octubre y noviembre (0.818) y una mayor similitud entre agosto y septiembre (0.815) que presentan a la vez una similitud con los meses de junio y julio (0.657).

Cuadro 4. Índice de diversidad de Jaccard entre los meses de muestreo.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Junio	1	0.657	0.523	0.475	0.342	0.342
Julio	0.657	1	0.622	0.511	0.473	0.473
Agosto	0.523	0.622	1	0.815	0.425	0.461
Septiembre	0.475	0.511	0.815	1	0.444	0.444
Octubre	0.342	0.473	0.425	0.444	1	0.818
Noviembre	0.342	0.473	0.461	0.444	0.818	1

La prueba de ANOSIM corroboró lo anterior, ya que hubo diferencias significativas en la composición faunística a lo largo de los meses de muestreo ($R=0.62$, $p=0.0001$, 9999 permutaciones; $\alpha<0.10$).

8.3 Efecto de los factores ambientales sobre los visitantes florales

Los resultados del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) de manera general mostraron gran variabilidad en la abundancia de las especies, respecto a los factores ambientales, principalmente en los órdenes de Lepidoptera, Himenoptera y Coleoptera. Estos ordenes, aumentaron su abundancia cuando hubo incremento de temperatura y de humedad, y una reducción de la velocidad del viento y de la precipitación, mientras que los demás ordenes, Diptera, Hemiptera, Phasmida y Neuroptera no fueron afectados claramente por las variables ambientales que se midieron. La variación en abundancia de las especies de visitantes florales en los meses de muestreo fue explicada en un 37.35% y 17.13% (primer y segundo eje de ordenación, respectivamente) respecto a los factores ambientales considerados (Figura 4).

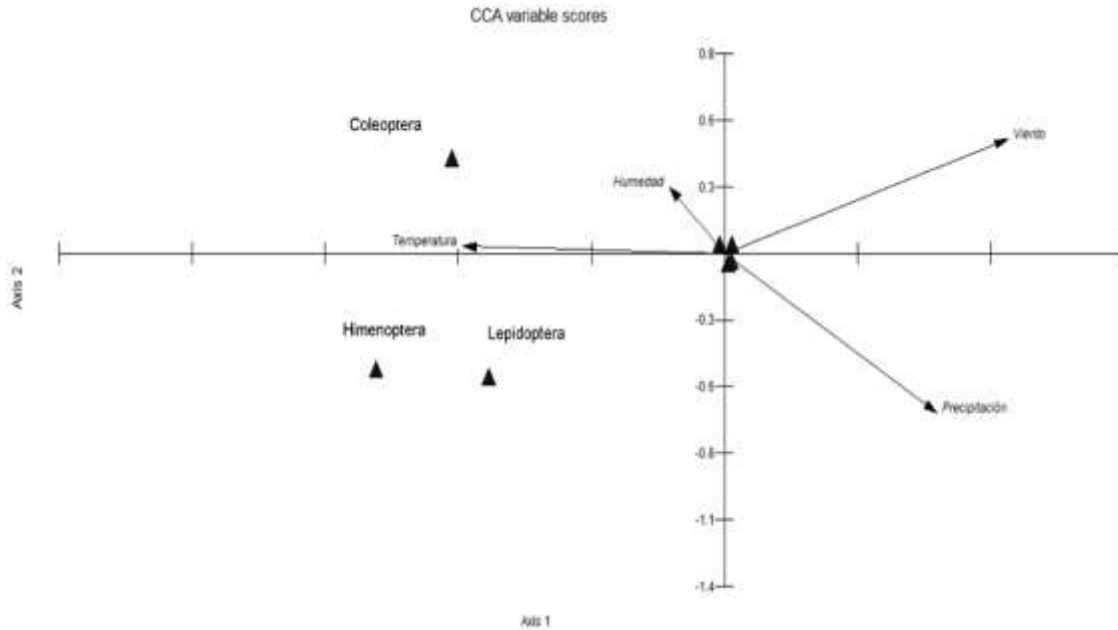


Figura 4. Análisis Canónico de Correspondencia, que muestra la variación en abundancia de los órdenes de visitantes florales en todos los meses de muestreo en el sitio Peña de la Hormiga, Tlaxcala, México.

8.4 Análisis de la red de interacción planta-visitador floral (insecto)

La red general presenta una topología significativa con un valor de NODF de 49.28, significancia obtenida por el contraste con el anidamiento observado en las redes simuladas $NODF(C_e) = 41.20$. Para determinar si el grado de anidamiento es más alto de lo esperado al azar, comparamos el valor de anidamiento de la red con 1000 aleatorizaciones generadas por el modelo nulo (Cuadro 5). Este valor de anidamiento también se ve reflejado con valores de robustez altos tanto para plantas (0.93) y para insectos visitantes florales (0.95).

Cuadro 5. Grado de anidamiento de la red planta-visitador floral (insecto). NODF (Ce): Matriz modelo; P: probabilidad asociada al modelo.

	Anidamiento NODF	NODF (Ce)	P (Ce)
Junio	33.04	28.29	0.04
Julio	42.93	35.64	0.00
Agosto	47.19	38.22	0.00
Septiembre	50.96	43.90	0.02
Octubre	54.40	46.01	0.04
Noviembre	49.50	42.88	0.04
Red total	49.28	41.20	0.00

Así mismo, la red presenta una riqueza total de 74 especies (tamaño de la red), una conectancia de 0.65 la cual puede considerarse alta, junto con una baja especialización de $H_2 = 0.065$ (Figura 5). Las especies de plantas más abundantes (con mayor intensidad de interacción) y más generalista en función de la red fueron: *Barkleyanthus salicifolius* (3.46), *Baccharis salicifolia* (4.17) y *Lupinus montanus* (3.60) y en relación a los insectos visitantes florales son: Apidae_1 (1.70), *Scaptotrigona_1* (1.26), *Formica_1* (1.64) y *Apis mellifera* (1.50) (Tabla 6 y 7). Mientras que las más especialistas para plantas fueron *Quercus_sp1* (0.67) y *Opuntia_sp1* (0.60) y de insectos *Cactophagus spinolae* (0.84) y *Archirhoe neomexicana* (0.31). El traslape de nicho indica que existe un uso común de los recursos con valores 0.60 para las plantas y 0.56 para insectos visitantes florales (Cuadro 6 y 7).

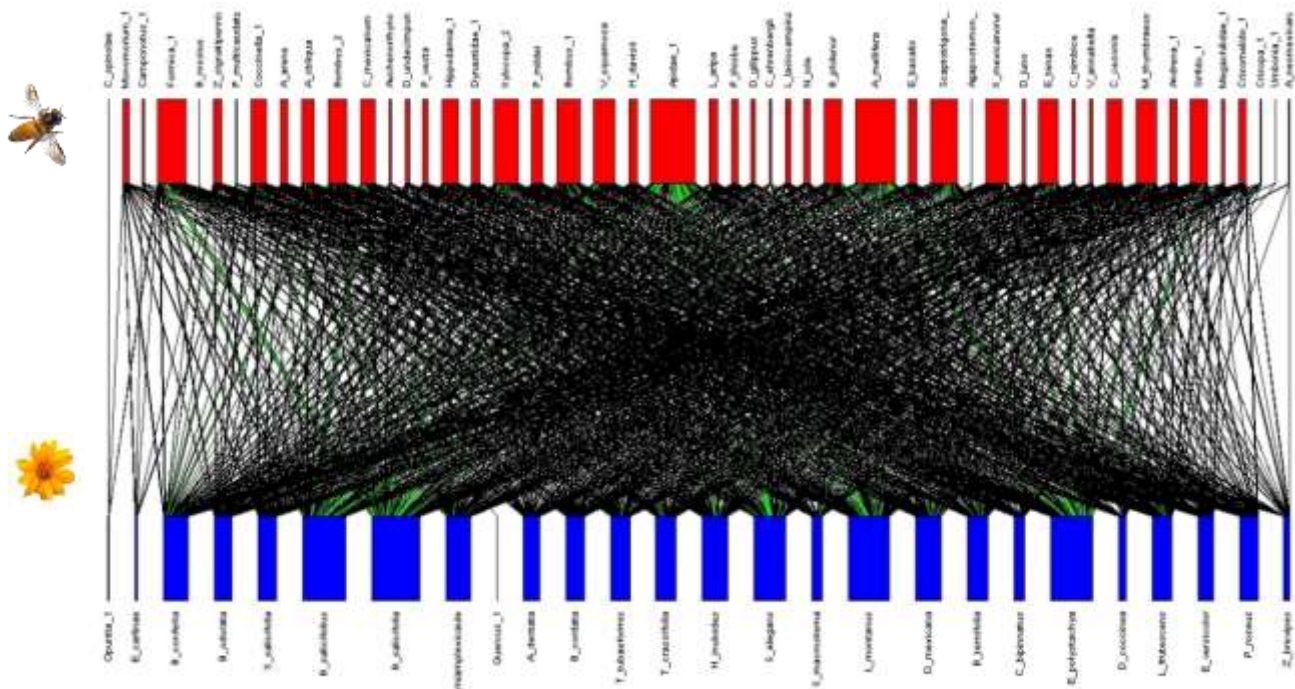


Figura 5. Red total planta-visitador floral insecto en una zona de bosque templado del centro de México. Los nodos de color azules pertenecen a las plantas y los nodos de color rojo a los insectos visitantes florales.

8.4.1 Atributos de topología de las redes por meses.

A continuación, se describen los atributos de la red de interacciones por cada mes de muestreo, con base a las observaciones de la frecuencia de visitas por individuos de insectos visitantes florales.

Todas las redes en todos los meses presentaron una estructura topológica significativamente anidada (Cuadro 5, Figura 6). En relación a la diversidad de las interacciones (Shannon), el valor más alto se registró en septiembre (5.98) y más bajo en noviembre (5.23; Tabla 6).

Conectancia: Los valores obtenidos muestran una baja conectancia en el mes de junio fue (0.48) a diferencia de septiembre con una alta conectancia (0.76)

Robustez: De manera general todas las redes en ambos niveles tróficos presentaron una robustez alta en todos los meses de muestro, teniendo estructuralmente una alta resistencia a la pérdida de alguna de las especies que se encuentran dentro de la red. Esto se ve reflejado en la red total.

Traslape de nicho: El valor más alto en relación a las plantas, se da en el mes de octubre (0.710) y más bajo en junio (0.407), para los insectos visitantes florales el traslape de nicho más alto es en el mes de septiembre (0.674) y más bajo en junio (0.413) al igual que en el caso de las plantas.

Especialización: Con el valor de H_2 observamos la especialización o selectividad de una red; mientras mayor sea el índice, las especies de la red presentaran mayor especialización. En la Figura 6 observamos que todos los meses presentan una estructura más generalista al tener índices bajos en todos los casos (Cuadro 6). Estos valores reflejan el resultado de la red total al tener el índice de especialización más bajo (0.065).

Diversidad de interacciones Shannon: En cuanto a la diversidad de las interacciones, todos los meses resultaron con un alto índice, siendo agosto el mes con un índice más alto (5.98), seguido de julio (5.95).

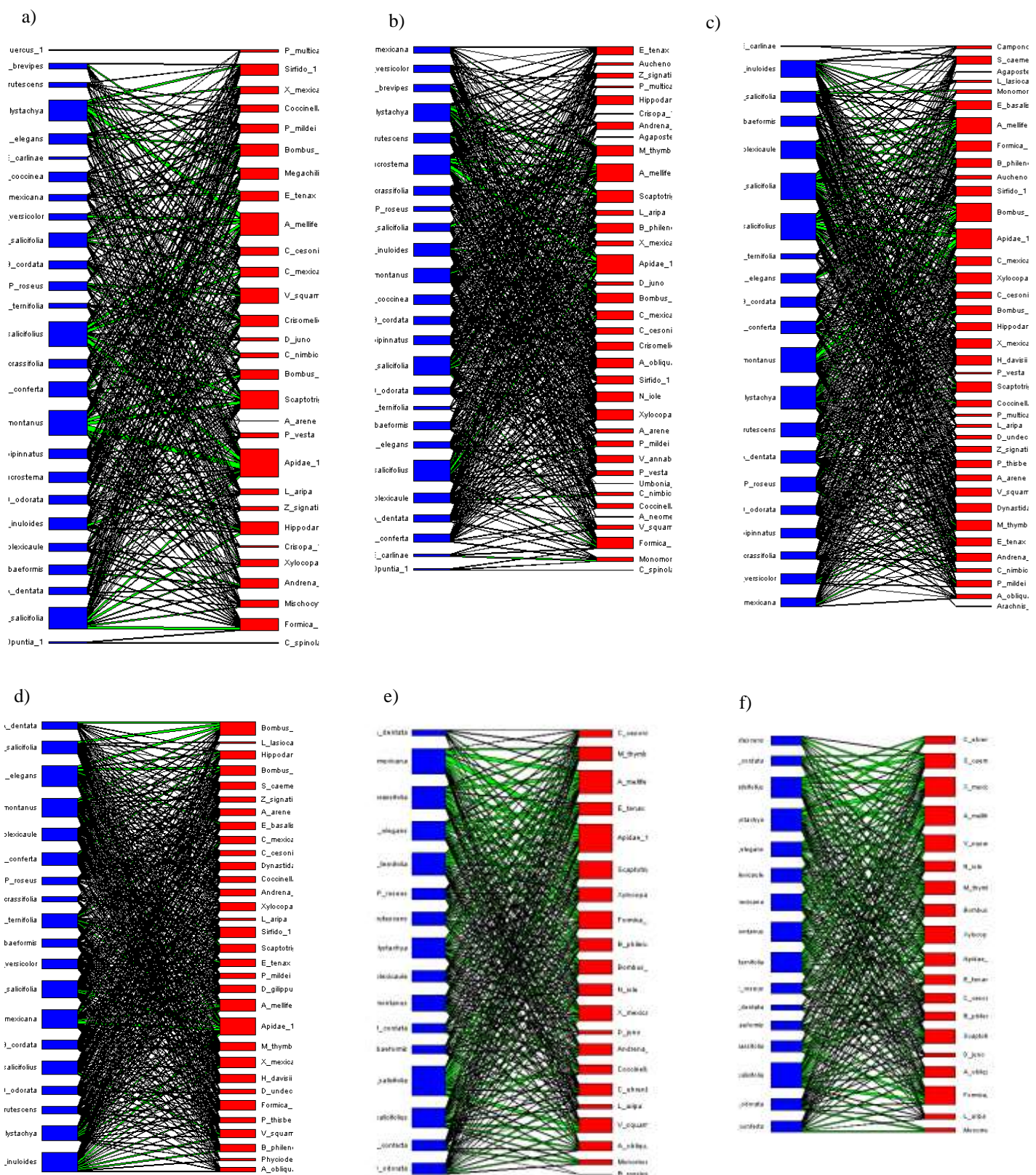


Figura 6. Redes por meses de muestreo. Los nodos de color azules pertenecen a las plantas y los nodos de color rojo a los insectos visitantes florales. a) junio, b) julio, c) agosto, d) septiembre, e) octubre, f) noviembre.

Cuadro 6. Métricas del análisis de redes para cada uno de los meses de muestreo.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Red total
Asimetría de la red	0.054	0.180	0.288	0.254	0.135	0.085	0.297
Conectancia	0.489	0.538	0.600	0.796	0.791	0.726	0.650
Especialización (H₂)	0.192	0.161	0.148	0.093	0.088	0.123	0.065
Robustez							
Plantas (LL)	0.927	0.918	0.932	0.961	0.944	0.941	0.932
Visitadores (HL)	0.923	0.949	0.956	0.978	0.969	0.958	0.952
Traslape de nichos							
Plantas (LL)	0.407	0.474	0.501	0.659	0.710	0.620	0.604
Visitadores (HL)	0.413	0.423	0.503	0.674	0.641	0.628	0.566
Diversidad de Shannon	5.630	5.92	5.950	5.980	5.350	5.230	6.290

8.4.2 Análisis de las redes a nivel de especies

Relevancia de la especie

En los resultados obtenidos se observó que la morfoespecie de insecto visitador floral de la red de interacción con más relevancia en los meses de junio (2.25), julio (1.52) y septiembre (1.26) fue *Apidae_sp1*, mientras que para agosto (1.17) y noviembre (1.39) fue *Bombus_sp2*, teniendo los valores más altos que en las otras especies dentro de la red, para las plantas, las especies más relevantes en cada mes fueron para junio (2.33) y julio (2.39) *Barkleyanthus salicifolius*, en agosto *Baccharis salicifolia* (3.47) y octubre (2.40), en septiembre (2.62) la especie más relevante fue *Heterotheca inuloides* y en noviembre (1.71) *Lupinus montanus*.

Especialización (d)

Los valores de especialización en cada mes, mostraron a las especies más especialistas de cada red en el caso de las plantas el mes de junio (0.77) fue *Quercus_sp1*; julio (0.58) *Opuntia_sp1*; agosto (0.56) *Eryngium carlinae*; septiembre (0.20) *Tradescantia crassifolia* y en octubre (0.16) y noviembre (0.24) *Aldama dentata*. En el caso de las morfoespecies de insectos visitantes florales en junio (0.84) y julio (0.69) *Cactophagus spinolae*; para agosto (0.41) y noviembre (0.40) *Monomorium_1*, para septiembre (0.32) *Lemaireodirphia lasiocampina* y en octubre (0.13) *Dione junco*.

8.5 Núcleo / Periferia

En relación a la composición de las especies del núcleo y periferia en la red general las morfoespecies de insectos visitantes florales centrales que forman parte del núcleo de la red son: *Apidae_sp1* (3.23), *Scaptotrigona_sp1* (1.57), *Bombus_sp1* (1.22), *Xylocopa mexicanorum* (1.11), *Vespula squamosa* (1.01), *Xylocopa_sp2* (1.30), *Apis mellifera* (2.73) y *Formica_sp1* (1.62; Figura 8). A la vez las especies de plantas del núcleo de la red total son: *Barkleyanthus salicifolius* (1.75), *Eysenhardtia polystachya* (1.67), *Baccharis salicifolia* (2.13) y *Lupinus montanus* (1.57). Las especies con $G_c < 1$ son aquellas con menor número de interacciones en relación con otras especies del mismo nivel trófico, y por lo tanto son consideradas como especies que constituyen la periferia de la red.

En algunos meses otras especies de plantas formaron parte de las especies núcleo, además de las encontradas en la red total, por ejemplo, en julio una de las especies de plantas que también formó parte de las especies núcleo fue *Satureja macrostema*. A diferencia de los otros meses septiembre y octubre mostraron cambios en la composición de especies núcleo (*Dugesia mexicana*, *Heterotheca inuloides*, *Salvia elegans* y *Tradescantia crassifolia*) dejando a especies como *Eysenhardtia polystachya* y *Lupinus montanus* como especies encontradas dentro de la periferia (Figura 7).

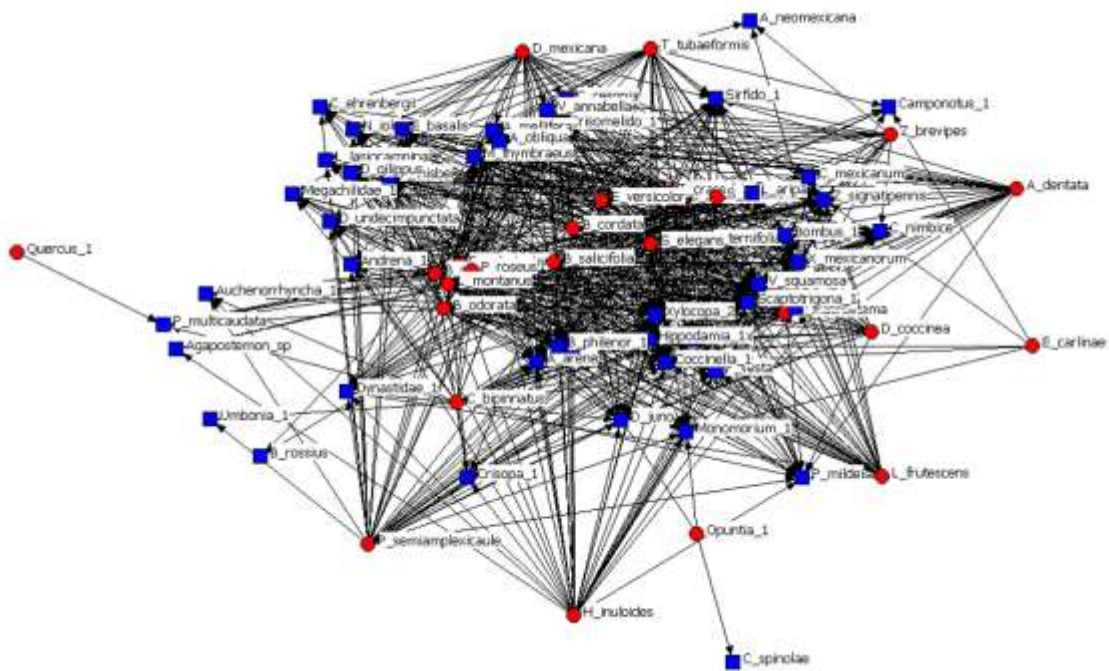


Figura 7. Nodos de núcleo/periferia de la red de interacción total. Los círculos rojos pertenecen a las especies de plantas y los cuadros azules corresponden a las morfoespecies de insectos visitantes florales.

Cuadro 7. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos).

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Cosmos bipinnatus</i>	Asteraceae	2.14	0.14	-0.77
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	2.10	0.16	-0.18
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	0.88	0.16	-0.07
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	3.46	0.14	1.75
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	1.82	0.25	0.41
<i>Eryngium carlinae</i>	Apiaceae	0.32	0.30	-1.43
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	2.92	0.15	1.67
<i>Heterotheca inuloides</i>	Asteraceae	2.72	0.14	0.46
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	4.17	0.13	2.13
<i>Opuntia_sp1</i>	Cactaceae	1.05	0.67	-1.50
<i>Quercus_sp1</i>	Fagaceae	0.09	0.77	-1.55
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	1.57	0.32	0.07
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	2.07	0.19	0.86
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	1.39	0.13	-0.04
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	1.12	0.16	-0.30
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	1.42	0.20	-0.14
<i>Zephyranthes brevipes</i>	Amaryllidaceae	0.92	0.26	-1.15
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	2.78	0.14	0.35
<i>Dahlia coccinea</i>	Asteraceae	0.52	0.17	-1.02
<i>Erigeron versicolor</i>	Asteraceae	1.43	0.28	-0.04
<i>Stevia salicifolia</i>	Asteraceae	1.41	0.16	-0.15
<i>Lessertia frutescens</i>	Fabaceae	2.07	0.28	-0.007
<i>Pinaropappus roseus</i>	Asteraceae	1.71	0.26	-0.15
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	2.52	0.23	0.37
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	3.60	0.12	1.57
<i>Satureja macrostema</i>	Lamiaceae	0.75	0.11	-0.76

Cuadro 8. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos)

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.38	0.03	-0.23
<i>Catacticta nimbice</i>	Pieridae	0.16	0.09	-0.74
<i>Papilio multicaudata</i>	Papilionidae	1.03	0.28	-0.97
<i>Mimoides thymbraeus</i>	Papilionidae	0.88	0.03	0.89
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	1.70	0.05	3.23
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	1.26	0.02	1.57
<i>Bombus_1</i>	Apidae	1.08	0.03	1.22
<i>Zygogramma signatipennis</i>	Chrysomelidae	0.54	0.04	-0.23
<i>Nathalis iole</i>	Pieridae	0.22	0.06	-0.51
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.73	0.02	0.39
<i>Vanessa annabella</i>	Nymphalidae	0.17	0.06	-0.74
<i>Dione juno</i>	Nymphalidae	0.13	0.06	-0.77
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae	0.69	0.03	0.69
<i>Phyciodes vesta</i>	Nymphalidae	0.20	0.03	-0.63
<i>Ancyloxypha arene</i>	Hesperiidae	0.36	0.03	-0.28
<i>Archirhoe neomexicana</i>	Geometridae	0.02	0.31	-1.03
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	0.89	0.03	1.11
<i>Vespula squamosa</i>	Vespidae	0.92	0.01	1.00
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	1.10	0.03	1.30
<i>Pepsis thisbe</i>	Pompilidae	0.23	0.03	-0.49
<i>Pepsis mildei</i>	Pompilidae	0.52	0.04	-0.03
<i>Cactophagus spinolae</i>	Curculionidae	0.34	0.84	-1.03
<i>Allograpta obliqua</i>	Syrphidae	0.55	0.05	0.13
<i>Coccinella_1</i>	Coccinellidae	0.86	0.05	0.41
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.88	0.03	0.80
<i>Umbonia_1</i>	Membracidae	0.01	0.29	-1.04
<i>Crisomelido_1</i>	Chrysomelidae	0.47	0.11	-0.36
<i>Copestylum mexicanum</i>	Syrphidae	0.56	0.0	0.33
<i>Megachilidae_1</i>	Megachilidae	0.25	0.18	-0.70
<i>Sirfido_1</i>	Syrphidae	0.81	0.05	0.57
<i>Agapostemon_sp</i>	Halictidae	0.01	0.18	-1.02
<i>Auchenorrhyncha_1</i>	Cicadellidae	0.38	0.15	-0.81
<i>Hippodamia_1</i>	Coccinellidae	0.76	0.03	0.51

<i>Formica_1</i>	Formicidae	1.64	0.04	1.62
<i>Monomorium_1</i>	Formicidae	0.86	0.22	-0.47
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	1.50	0.04	2.73
<i>Crisopa_1</i>	Chrysopidae	0.06	0.04	-0.96
<i>Danaus gilippus</i>	Nymphalidae	0.15	0.04	-0.69
<i>Lemaireodirphia lasiocampina</i>	Saturniidae	0.18	0.08	-0.58
<i>Camponotus_1</i>	Formicidae	0.18	0.27	-0.93
<i>Chlosyne ehrenbergii</i>	Nymphalidae	0.09	0.20	-0.83
<i>Bacillus rossius</i>	Bacillidae	0.001	0.04	-1.05
<i>Andrena_1</i>	Andrenidae	0.36	0.14	-0.44
<i>Euphoria basalis</i>	Scarabaeidae	0.29	0.05	-0.33
<i>Diabrotica undecimpunctata</i>	Chrysomelidae	0.17	0.08	-0.69
<i>Halysidota davisii</i>	Erebidae	0.34	0.03	-0.30
<i>Dynastinae_1</i>	Scarabaeidae	0.35	0.03	-0.31
<i>Bombus_2</i>	Apidae	0.77	0.06	0.72

8.6 Modelos de extinción de especies

Los resultados de los modelos de extinción de especies nos muestran el área bajo la curva de la robustez de nuestra red, los escenarios se basaron en eliminar a todas las especies que conforman el núcleo de la red total, en el primer caso se eliminaron a las especies de insectos visitantes florales y de plantas en un escenario considerado desfavorable, ya que se eliminan a las especies de mayor a menor grado de interacción (Figura 8); el segundo caso es un escenario considerado aleatorio donde la eliminación de especies es al azar (Figura 9) y el tercer caso es la eliminación de todas la especies del núcleo en ambos escenarios (Figura 10).

Cuadro 10. Robustez de la red de interacción total mediante el análisis de simulación de extinción de especies.

Secuencia desfavorable	Visitadores florales	Plantas
Sin visitantes	0.85	0.79
Sin Plantas	0.87	0.77
Sin Ambos	0.84	0.76
Secuencia aleatoria		
Sin visitantes	0.93	0.92
Sin Plantas	0.91	0.94
Sin Ambos	0.93	0.90

Con base a los análisis anteriores se obtuvo que la red es menos robusta cuando se extingue usando el criterio de grado considerada una secuencia desfavorable (las especies de mayor a menor grado) que cuando se usa el método aleatorio en todos los casos. La red es menos robusta o más susceptible cuando se extinguen a las plantas que pertenecen al núcleo que cuando se extinguen los visitantes florales, sin embargo, a pesar de que la robustez de la red disminuye el resultado muestra una gran robustez ante alguna posible alteración de las especies núcleo que la conforman (Cuadro 10).

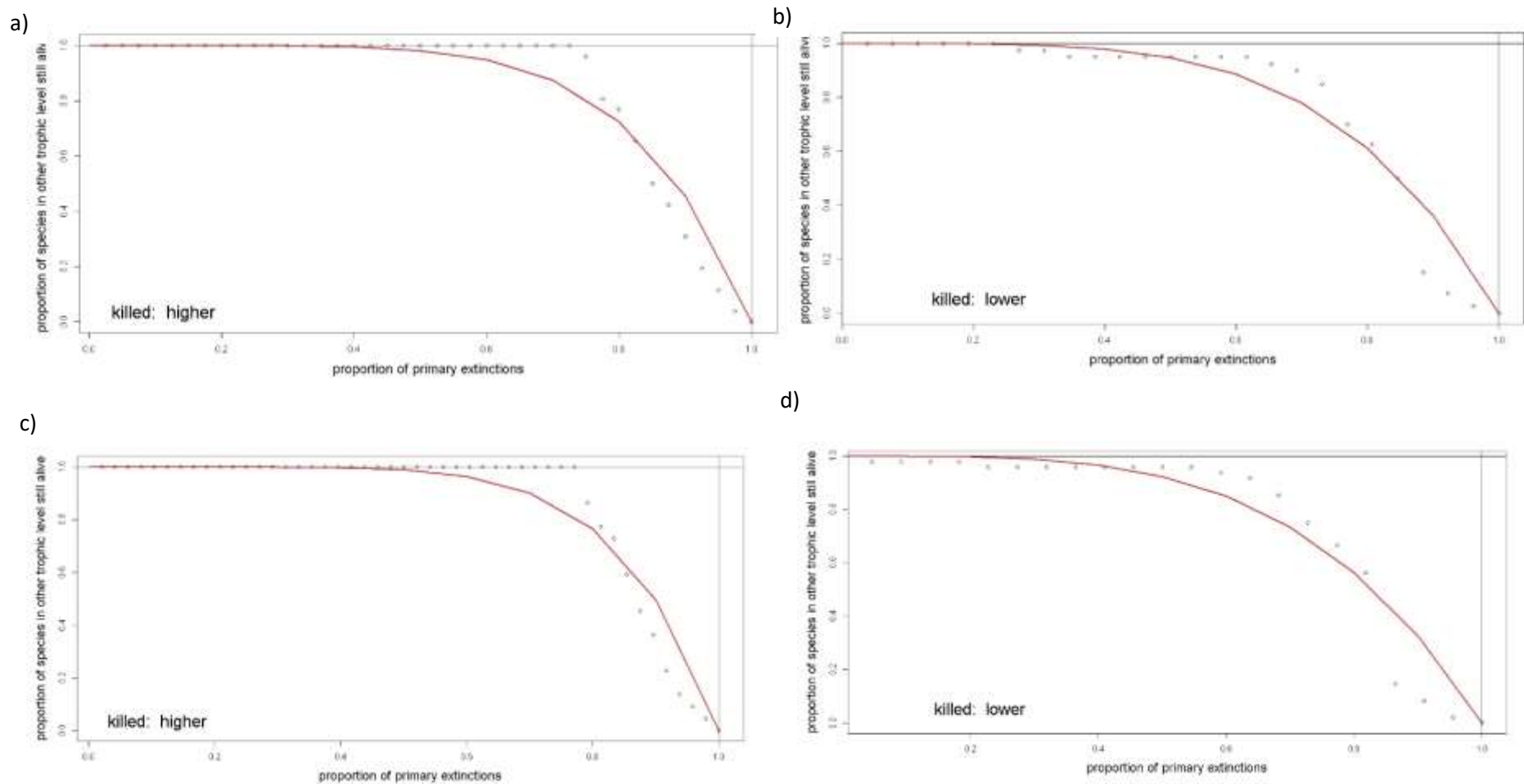


Figura 8. Curvas de robustez de la red con base al modelo de simulación de extinción de especies en una secuencia desfavorable al extinguir(a) y c) morfoespecies de insectos (higher) además de b) y d) plantas (lower) que pertenecen al núcleo de la red total.

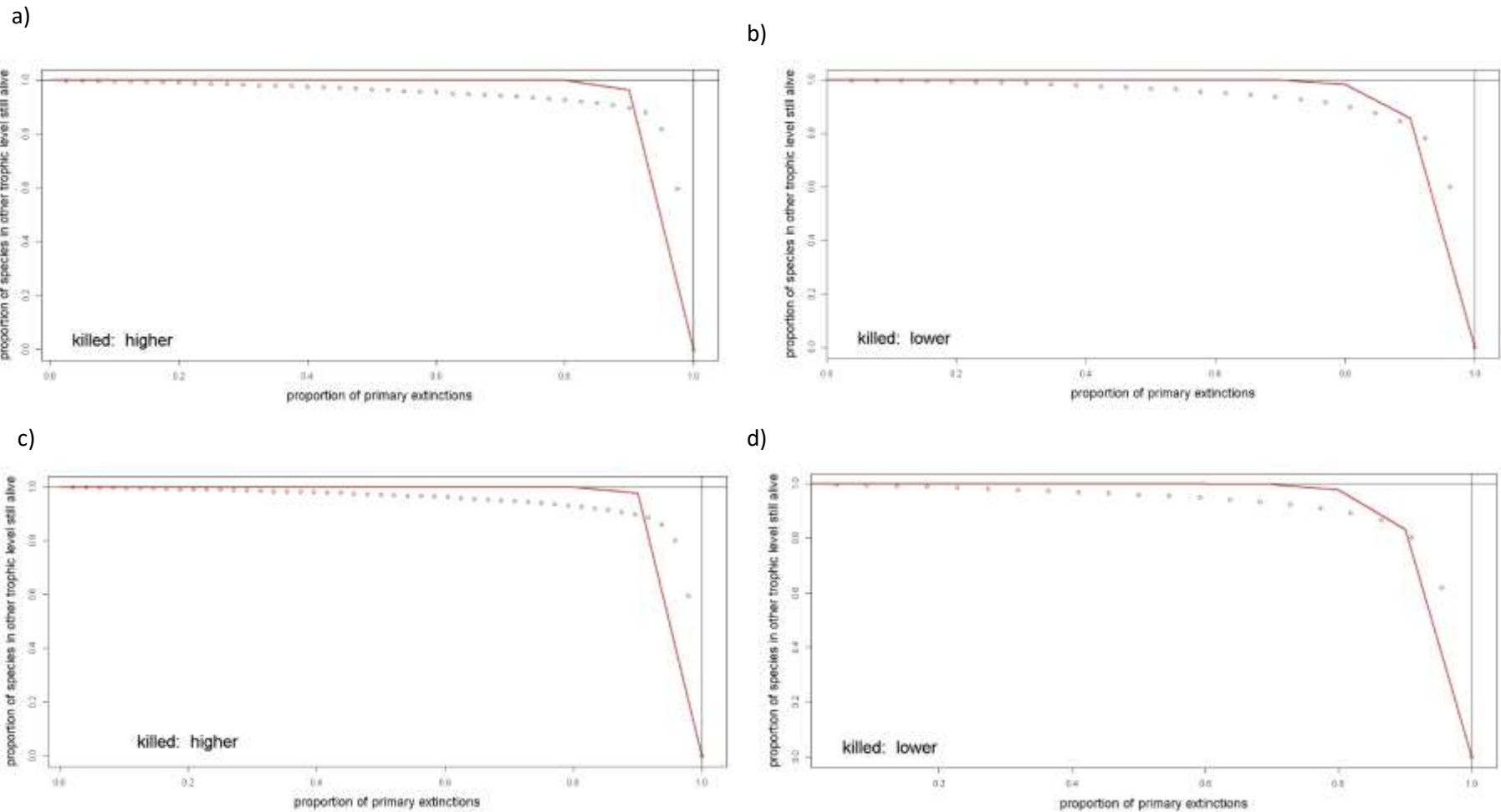


Figura 9. Curvas de robustez de la red con base al modelo de simulación de extinción de especies en una secuencia aleatoria al extinguir a) y c) morfoespecies de insectos (higher) además de b) y d) plantas (lower) que pertenecen al núcleo de la red total.

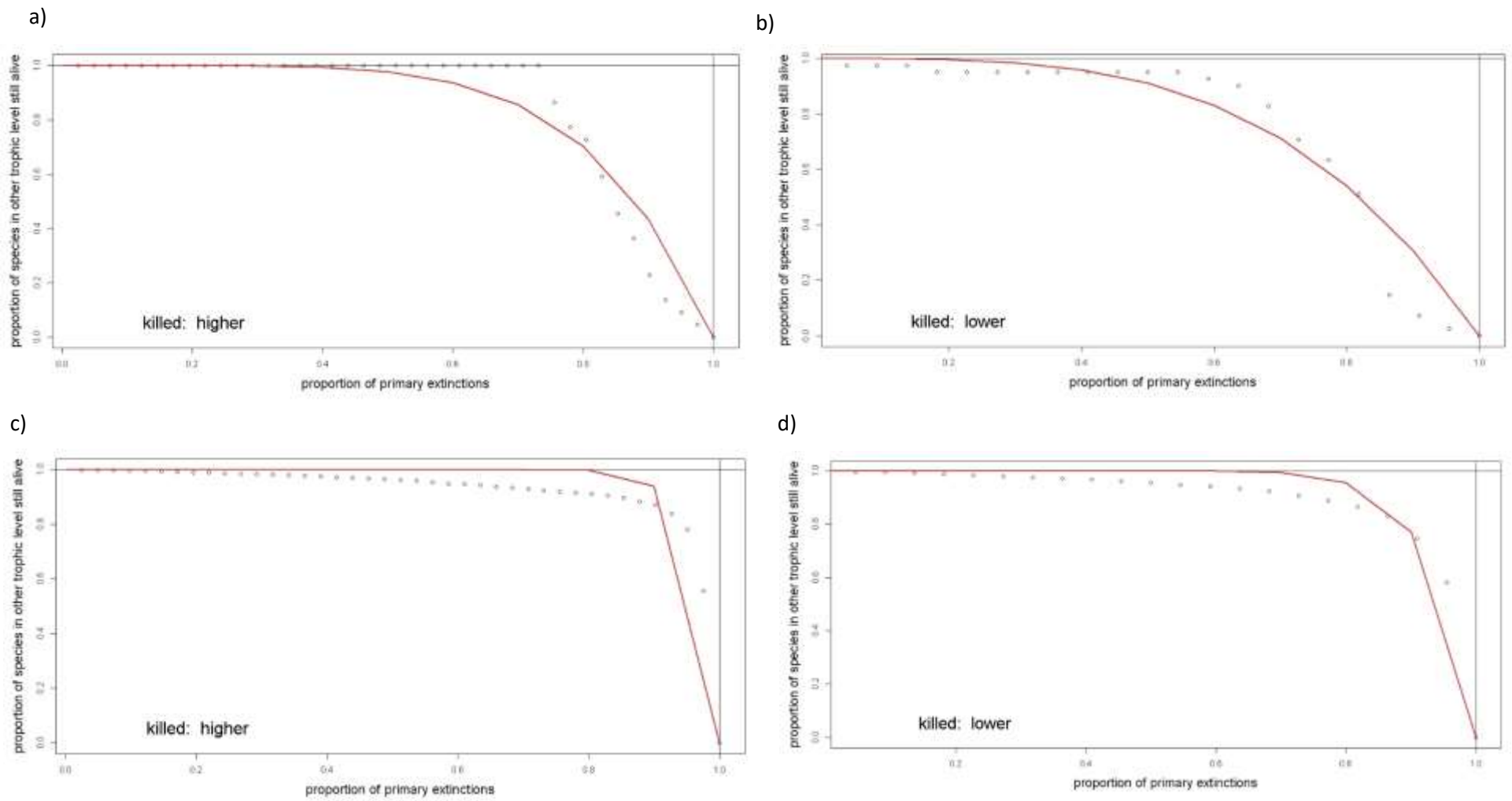


Figura 10. Curvas de robustez de la red al extinguir todas las especies del núcleo a) y b) secuencia desfavorable además de c) y d) secuencia aleatoria.

9. DISCUSIÓN

9.1 Esfuerzo del muestreo

Este estudio se realizó durante los meses de junio a noviembre, abarcando el periodo considerado de lluvias en los bosques templados de Tlaxcala (Cardoza *et al.*, 2014), y los meses donde la floración de las plantas es menor (octubre-noviembre). Generalmente los estudios realizados en México de redes de interacción planta-visitador floral han abarcado diversas temporadas para determinar la influencia de factores ambientales, donde se ha observado gran variabilidad en la diversidad de insectos visitantes y plantas pues la fenología y ciclo de vida de los insectos determina la presencia de los mismos (Campos-Navarrete *et al.*, 2017). Otro de los factores importante que afecta la diversidad de visitantes florales es el tamaño poblacional de la especie de planta, así como de la abundancia de flores, debido a que la densidad de flores está determinada en muchos casos por la productividad del hábitat o por el área de hábitat disponible o tamaño del fragmento. En algunos estudios se ha observado también, que las poblaciones de plantas de mayor tamaño suelen atraer a una mayor diversidad de visitantes florales que poblaciones de plantas poco tamaño porque representan un recurso más atractivo (Bosch y Waser, 2001; Hegland y Boeke, 2006; Sih y Baltus, 1987). Dado que en este estudio se establecieron transectos en las zonas que tenían mayor densidad de plantas con flor y la inclusión de la mayor diversidad de especies de angiospermas posibles, las curvas de acumulación mostraron que se se obtuvo una buena representación de las interacciones que ocurren en la comunidad de bosque templado y un buen porcentaje de representación de las especies que la componen, por lo que consideramos que nuestro muestreo fue robusto y suficiente.

Las curvas de acumulación de interacciones son estimadas en función del incremento del número de individuos que interactúan dentro de la red, o en función del incremento en los períodos de observación (Gotelli y Colwell, 2001). En este caso, aunque no fue suficiente nuestro muestreo para encontrar el 95% de las especies de plantas según lo establecido por el modelo, mostró curvas de acumulación de especies que se aproxima a la asíntota con un total del 70.22 % de

interacciones observadas. Prueba de que el esfuerzo de muestreo fue relativamente alto (Jiménez- Valverde *et al.*, 2004). Una de las razones por la cual en este estudio no se logró acumular una mayor cantidad de especies, podría ser no considerar al menos un año completo de muestreo y así poder incluir todos los tiempos de floración, estudio de la fenología, ciclos de floración y ciclos de reproducción de los insectos.

9.2 Comunidad de insectos visitantes florales

Los resultados de los análisis de diversidad nos mostraron cambios en la abundancia de morfoespecies de insectos y plantas, estos análisis nos permiten ver los cambios en el espacio y el tiempo que se pueden establecer y permitir observar que las redes de interacción son dinámicas y tienen una variación estructurada en la diversidad alfa y beta, no solo porque podemos registrar diferentes especies que interactúan a través de gradientes espacio-temporales, sino también porque la misma especie interactúa de diferentes formas sobre dichos gradientes (Poisot *et al.*, 2015 ; Olesen y Jordano, 2002). Esto hace que las diferencias en la composición de sus especies entre dos comunidades locales pueden generar variaciones en sus interacciones (Biella *et al.*, 2019).

En el presente estudio se registraron en total 48 morfoespecies de visitantes florales agrupados en al menos 7 órdenes. La abundancia representó diferencias significativas entre las morfoespecies registradas, aunque los transectos eran los mismos, cambió la abundancia de las morfoespecies entre los meses de muestreo. La mayoría de los insectos registrados en este estudio fueron los órdenes de Lepidoptera, Himenóptera y Coleoptera, grupos de visitantes florales que en otros estudios realizados en diferentes ecosistemas en México han sido también registrados (Corbet 1980; Armstrong y Irvine 1989; Janzen 1971; Gottsberger y Gottsberger 1970). Sin embargo, en otros estudios de interacciones en bosques templados de Chile se ha registrado que los grupos de insectos más diversos han sido díptera e himenóptera, siendo este mismo resultado obtenido en los cerros orientales de Bogotá Colombia, (Reina-Ávila, 2013), en su inventario de los insectos visitantes del páramo, encontrando la mayor diversidad en el orden díptera, este

resultado lo relacionaron con la presencia de plantas específicas de dípteros presentes en esa zona. Por otro lado, también existen estudios que evolutivamente demuestran que es posible que los insectos que pertenecen a los órdenes Diptera y Coleoptera fueran los primeros grupos de insectos polinizadores de las angiospermas (Kevan y Baker, 1983), ya que actualmente siguen siendo de los visitantes más comunes junto con los órdenes Himenoptera y Lepidoptera (Robertson, 1928; Dar *et al.*, 2006).

En cuanto a la diversidad alfa no se encontraron diferencias significativas entre meses, la mayoría de las morfoespecies registradas estuvieron presentes durante todo el trabajo en campo. Esto se puede deber a que existían variables climáticas como la humedad y temperatura del bosque templado, que pudieron favorecer su presencia en los meses de muestreo. Sin embargo, se ha visto en estudios donde se ha observado el cambio de temporadas, en redes de interacción, influye la presencia de los grupos de insectos, ejemplo de ello es el estudio desarrollado por Campos-Navarrete (2017), realizado en climas más calurosos, donde, evaluó épocas de nortes, lluvias y secas, sus resultados en general mostraron que las especies de plantas fueron igual para nortes y secas, en cuanto a los visitantes de las flores (abejas y avispas) el mayor número de especies se presentó en nortes y el de mayor registro de interacciones fue para la temporada de nortes, seguido por seca y lluvias.

No obstante, lo anterior, el análisis de diversidad beta y de ANOSIM para familias muestra que sí hay diferencias en la composición faunística de familias, entre meses. Lo cual indica que, aunque la diversidad entre meses permanece constante, las especies se van intercambiando según la disponibilidad de recursos y los cambios ambientales. Aún son pocos los trabajos en los que se ha empleado el análisis de diversidad beta en interacciones, no obstante, Luna *et al.*, (2020) emplearon este índice para conocer la diversidad beta aplicado a las interacciones hormiga-planta en una zona semiárida de México. Ellos encontraron que, en las interacciones diurnas y nocturnas, existe un recambio en la composición las especies que interactúan dentro de la red, y que dentro del hábitat los cambios pueden ser debidos a que las especies tienden a alimentarse de diferentes

organismos durante la noche y el día, y esto cambia principalmente las reconexiones en las especies núcleo de la red.

Los meses de muestreo con mayor presencia de plantas e insectos visitantes florales fueron julio y agosto, meses que como se había mencionado anteriormente corresponden a época de lluvias en zonas de bosque templado.

Los factores ambientales en el ACC mostraron de manera general variabilidad en el comportamiento de los grupos de insectos, principalmente en los órdenes de Lepidoptera, Himenoptera y Coleoptera durante los seis meses de muestreo, debido a que aumentaron su abundancia cuando hubo incremento de temperatura y de humedad, y una reducción de la velocidad del viento y de la precipitación, mientras que los demás ordenes, Diptera, Hemiptera, Phasmida y Neuroptera no mostraron mayor cambio en abundancias respecto a algún factor ambiental específico, aunque sería importante realizar este estudio a un nivel taxonómico más específico.

Lo anterior, concuerda con lo reportado en muchos estudios (Atienza y Farinós, 1996; Torres-Días *et al.*, 2007; Herzog *et al.*, 2012; Feehan *et al.*, 2009; Begon *et al.*, 1990; Pantoja *et al.*, 2014). Particularmente, Renner (1983), Stone y Jenkins (2008), mencionan que la luz y la temperatura son factores importantes que aceleran la actividad de los insectos, puesto que al ser organismos ectodermos su pico de actividad depende de la temperatura ambiental; esto también lo mencionan Schoonhoven *et al.*, (2005), quienes en sus resultados observaron que el incremento de la temperatura, propicia el funcionamiento de los músculos de los insectos durante su vuelo; y observaron que las flores que abren por las mañanas son visitadas principalmente por insectos grandes quienes regulan su temperatura corporal.

9.3 Análisis de las redes de interacción

Topología de la red

La topología de la red de manera general mostró una estructura anidada, este resultado ha sido encontrado en otros estudios de interacciones mutualistas planta-animal, debido a que las redes de polinización a menudo están anidadas, es decir,

especialistas (tanto polinizadores como plantas) que interactúan con socios generalistas, mientras que los generalistas también interactúan con otros socios generalistas (Bascombe *et al.*, 2003). Por otro lado, varias redes de visitantes de flores de bosques de alta montaña tropical no han presentado topologías de la red anidadas (Cuartas-Hernández y Medel, 2015). Este patrón de anidamiento implica notablemente que la especialización solo ocurre en socios generalistas, mientras que los especialistas casi nunca se especializan en socios especialistas. En este sentido, el anidamiento puede verse como una consecuencia de las asimetrías de interacción y la distribución desigual de las interacciones entre los socios descritos anteriormente. Es importante destacar que, la anidación respalda la idea de que la coevolución entre polinizadores y plantas es principalmente un proceso integrado de las historias de vida, la genética y la estructura geográfica de las poblaciones, lo que permite una comprensión más amplia de la coevolución, o el desarrollo de adaptaciones y especializaciones recíprocas en especies interdependientes (Thompson, 1964).

Traslape de nicho

El traslape de nicho indica que existe un uso común de los recursos con valores 0.60 para las plantas y 0.56 para insectos visitantes florales. El valor más alto en relación a las plantas, se da en el mes de octubre (0.710) y más bajo en junio (0.407), para los insectos visitantes florales el traslape de nicho más alto es en el mes de septiembre (0.674) y más bajo en junio (0.413) al igual que en el caso de las plantas. Relacionado a lo anterior la diversidad de recursos podría aminorar la competencia interespecífica de los visitantes florales por la utilización de recursos, ya que permitiría la diferenciación de sus nichos ecológicos (Tilman, 1997). Esto quiere decir que, si cada especie de polinizador se especializara en la utilización de recursos de manera que el traslape de nicho no se superponga con otra especie, tendría más oportunidad de aumentar su descendencia. Aunque, ha sido muy difícil poner a prueba esta idea para insectos polinizadores debido a la dificultad para manipularlos experimentalmente (Palmer *et al.*, 2003). Por otra parte, existe evidencia de que frente a una disminución del recurso floral los polinizadores tienden a incrementar la amplitud de su nicho individual (Fontaine *et al.*, 2009).

Especialización

Las especies más especialistas para plantas fueron *Quercus_sp1* y *Opuntia_sp1*, en relación a los insectos visitantes florales fueron *Cactophagus spinolae* y *Archirhoe neomexicana*. Así mismo estos resultados están relacionados con el hecho de que estas especies y morfoespecies fueron las que menos interacciones tuvieron en toda la red. Pero también en la naturaleza, la especialización individual es común entre especies generalistas (Bolnik *et al.*, 2002), lo que implica que existe variación en el nicho entre individuos de una misma población. Una observación común en este tipo de estudios es que la mayoría de las especies raras parecen ser especialistas (Bascompte *et al.*, 2003, Jordano *et al.*, 2003, Vázquez y Aizen 2004). En otras palabras, la fuerza de la especie y la frecuencia de observación de visitas están positivamente correlacionadas. Este resultado se podría deber a los mecanismos ecológicos, que incluyen dos tipos distintos de procesos: las interacciones neutrales y el acople de caracteres, donde las interacciones neutrales muestran el efecto de la abundancia en la probabilidad de los encuentros interespecíficos, de tal modo que las especies más abundantes tienden a encontrarse más frecuentemente con las menos abundantes. Por otro lado, el acople de caracteres se refiere a la correspondencia entre características fenotípicas de los individuos que se encuentran interactuando. Un artefacto de muestreo es probable porque las especies raras de visitantes florales y sus interacciones tengan baja probabilidad de ser observados en las flores, y entonces aparecen como especialistas extremas cuando en realidad son generalistas (Vázquez *et al.*, 2009).

Robustez

En relación a los parámetros a nivel de especie, se observa que las especies generalistas dentro de la red son más propensas a conservar su funcionalidad y suérvivencia ante alguna alteración. Esto se podría relacionar a que la abundancia de individuos de especies generalistas es mayor que las especies especialistas. De manera general todas las redes en ambos niveles tróficos (plantas y visitantes florales) presentaron una robustez alta en todos los meses de muestreo, teniendo

una alta resistencia a la pérdida de alguna de las especies que se encuentran dentro de la red. Desde el punto de vista de funcionamiento de la red, este rasgo otorga robustez a las redes, ya que las generalistas contribuyen a mantener la estructura de la red en el tiempo (Bascompte *et al.*, 2003, Jordano *et al.*, 2003).

Especies del núcleo y periferia

En relación a la composición de las especies del núcleo y periferia en la red general, las morfoespecies de insectos visitantes florales centrales que forman parte del núcleo de la red son: *Apidae_sp1*, *Bombus_1*, *Xylocopa mexicanorum*, *Vespula squamosa*, *Apis mellifera* y *Formica_1*. Esto indica que las especies de abejas y avispas pueden alimentarse de diversas plantas y podemos relacionar los resultados obtenidos en este estudio con las características biológicas de cada morfoespecie.

Las abejas, por ejemplo, constituyen un grupo de insectos ampliamente distribuidos que comprende aproximadamente 20,000 especies descritas alrededor del mundo. Son considerados los polinizadores más importantes de las Angiospermas y comprenden el grupo más diverso de los visitantes florales, de allí su importancia en los ecosistemas, tanto naturales como agrícolas (Mariano, 2011).

Apidae_sp1 y *Apis mellifera* son morfoespecies que estuvieron presentes en el núcleo de la red durante todos los meses de muestreo, esto puede ser debido a que algunas especies son capaces de mantenerse activas durante todo el año (Alarcón, 2008). Por ejemplo, la abeja común *A. mellifera* que también es una abeja eusocial y de glosa (lengua) larga, es la más utilizada por el ser humano para la polinización de cultivos por ser generalista y de fácil manejo (Nates-Parra, 2005). En algunos casos su presencia ha provocado el desplazamiento de polinizadores nativos (Waser *et al.*, 1996) y a veces la producción de semillas de las plantas visitadas por la abeja melífera ha sido mayor, en especial cuando se trata de especies también invasoras o exóticas (Aizen y Feinsinger, 1994; Degrandi-Hoffman y Watkins, 2000). La presencia de *A. mellifera* a la vez puede relacionarse a que, en algunos lugares cercanos a la zona de estudio de bosque templado, se dedican a la apicultura, y por ende sería importante ver el manejo de esta especie.

En los estudios realizados por Abrol (2012) las especies del género *Bombus* que visitan las flores, son consideradas polinizadores por excelencia debido a que poseen una glosa larga que les permite sacar el mayor recurso de las flores y son capaces de realizar el proceso de la polinización por zumbido, al producir vibraciones con sus músculos torácicos, lo que permite el desprendimiento del polen. Este género puede encontrarse activo a temperaturas muy bajas, como las que se presentan en los bosques templados, además son especies que dentro de las redes de interacción son mayormente generalistas.

Relacionado a lo anterior el género *Xilocopa* estuvo representado dentro de la red de interacción, esto lo podemos atribuir a que se conoce que las especies de este género son de actividad diurna y visitan distintas flores a diferentes horas del día, presentando hábitos generalistas en relación a los recursos que obtiene durante sus visitas a las plantas con flores como el néctar y polen. Morfológicamente son abejas robustas, peludas, grandes, con coloraciones como el negro, azul, verde metálico en algunas especies de hembras y amarillo en los machos (Michener, 2000).

Otro visitador floral presente en el núcleo de la red fue la especie *Vespula squamosa*, los véspidos, además de las especies sociales, que incluyen a las avispas solitarias, que son menos conocidas, pero más diversas. Son un grupo de insectos importantes para los ecosistemas terrestres, debido a que regulan las poblaciones de otros insectos; además, varias especies que visitan flores polinizan plantas nativas o cultivadas de importancia económica. Las avispas son importantes en los bosques templados y otras comunidades naturales porque mantienen bajo control las poblaciones de otros insectos. Además, este grupo de insectos complementan el trabajo en el proceso de polinización que llegan a realizar otros insectos, como las abejas o moscas, en la polinización de cultivos (Carpenter, 1982; West-Eberhard, 1995; Carpenter y Garcete-Barrett, 2012).

Andersen (1997), agrupa a las hormigas en diferentes grupos funcionales, donde *Formica sp.* que fue otra morfoespecies con una cantidad de visitas importante, aunque en una reducida cantidad de especies de plantas, se caracteriza

por ser oportunista, aunque no muy competitiva. Otro género de hormigas registrado en la red, pero con menos número de visitas florales fueron *Camponotus sp.* que pertenece al grupo funcional Subordinadas Camponotini, caracterizadas por ser muy diversas tanto en abundancia y riqueza de comunidades y *Monomorium sp.* que son generalistas Myrmicinae, son especies abundantes y comunes en diferentes regiones del mundo a pesar de tener estas características biológicas, dentro de este estudio no fueron tan representativas.

El orden de morfoespecies de insectos visitantes florales más importantes a nivel mundial y en tercer lugar en este trabajo son los dípteros, en este estudio la familia con más visitas dentro de este grupo fue Syrphidae. De acuerdo al estudio realizado por Zumbado (2006) los adultos de esta familia se alimentan principalmente del néctar de las flores y a menudo también de polen, por eso es necesario para ellos las interacciones que tienen con las flores.

Los lepidópteros fueron el grupo con mayor número de individuos visitantes florales en este estudio, este grupo es conocido por ser visitantes florales que consumen néctar y debido a sus escamas y las vellosidades de sus patas pueden transportar polen por lo que son consideradas polinizadoras (Nates-Parra, 2005), sin embargo, solo *Leptophobia aripa* fue especie núcleo de la red en algunos meses.

Los coleópteros también son insectos que han sido calificados como polinizadores debido a que estos visitan flores para consumir parte de estas y polen, esto hace que el polen se adhiera a su cuerpo y luego pueda ser traspasado a otras flores. Se encontraron muy pocas morfoespecies de este orden dentro de la red, y solo dos morfoespecies de ellas realizaron una cantidad de interacciones, en este caso fueron morfoespecies pertenecientes a las familias de Chrysomelidae y Coccinellidae.

Por último, los grupos menos representados fueron Phasmidos, donde solamente existió un registro y para el caso de Hemipteros, solo fueron representados con pocas visitas en los meses de junio, julio y agosto, aunque se conoce que este grupo es utilizado originariamente para el control de plagas, se ha visto posteriormente que estos Hemipteros nativos europeos, se alimentan del polen

del chirimoyo y garantizan niveles bajos, sin intervención humana, de polinización (Rader *et al.*, 2016).

Para el caso de las plantas, la familia con un mayor número de registros de visitantes florales insectos fue la familia Asteraceae, que es de las más diversas en el mundo, incluyendo dentro de esta familia especies nativas y exóticas representadas en diferentes tipos de ecosistemas (Pysek 1997; Judd *et al.* 1999). Lo anterior, indica que las especies de plantas en la familia Asteraceae posee caracteres que representan ventajas en los procesos de supervivencia en nuevos hábitats y hábitats fragmentados. Su diversificación en todos los tipos de ecosistemas terrestres ha sido relacionada a la eficiencia reproductiva en procesos como la polinización y la dispersión y germinación de semillas dentro de los hábitats (Mani y Saravanan, 1999). Algunos estudios han confirmado la importancia del néctar en las elecciones que los visitantes florales realizan entre plantas eligiendo a aquellas que se encuentran en su periodo de floración (Galletto y Bernardello, 2003). También se ha sido interpretado por varios autores que el color y la morfología de las flores son importantes en las interacciones entre las plantas y sus visitantes florales (Proctor *et al.* 1996; Schemske y Bradshaw 1999).

En relación a las plantas del núcleo de la red total *Barkleyanthus salicifolius*, *Eysenhardtia polystachya*, *Baccharis salicifolia* y *Lupinus montanus*, son especies que estuvieron presentes dentro de las redes en los meses de muestreo, sin embargo, se ha visto que, en ecosistemas como matorrales de dunas costera, se ha encontrado todo lo contrario, que ninguna especie de planta se encontró dentro del núcleo de la red durante las tres temporadas del estudio realizadas (Campos-Navarrete, 2017).

La vegetación en los bosques templados está caracterizada por la presencia de las hojas caducas, esta pérdida de hojas origina que el dosel del bosque (cubierta superior del bosque formada por las ramas y hojas de los árboles de mayor tamaño) disminuya o incluso desaparezca debido a la falta de hojas en las ramas (Conabio, 2011). Algunas de las plantas registradas, aunque pertenecen

a zonas de bosque templados, también cuentan con registros y observaciones en zonas perturbadas, en diferentes estudios se ha encontrado que muchas especies de plantas debido al incremento de asentamientos humanos tienden a invadir zonas con ecosistemas naturales. Aunque también otros autores han señalado que la abundancia de visitantes florales aumenta en los sitios perturbados (Quintero *et al.*, 2010; Bello-Cervantes, 2011; Kambach *et al.*, 2013). De esta forma, los efectos de la perturbación sobre la vegetación y en última instancia, sobre la abundancia de visitantes, se ve compensada, es importante resaltar que en este estudio se encontraron plantas características de zonas con disturbio, implicando así la invasión de especies de plantas ruderales cercanas a nuestra zona de estudio. Además de que muchas plantas registradas en este trabajo tienen un periodo de floración entre los meses de mayo a septiembre, sería importante analizar, los periodos de abril a mayo.

Modelos de extinción de especies

Las extinciones de especies plantean serias amenazas al funcionamiento de las comunidades ecológicas en todo el mundo, desde el punto de vista de la conservación de especies en los ecosistemas, las especies de polinizadores especialistas son las más susceptibles a desaparecer frente a una perturbación que afecte a las comunidades de plantas. Esto es porque si las plantas de las que se alimentan desaparecen, estas especies se podrían quedar fuera de la red, especialmente si no pueden establecer nuevas interacciones con otras especies de forma inmediata.

En este estudio los resultados nos mostraron que la red es ligeramente menos robusta cuando se extingue usando el criterio de grado considerada una secuencia desfavorable (las especies de mayor a menor grado) que cuando se usa el método aleatorio en todos los casos. La red es menos robusta o más susceptible cuando se extinguen a las plantas que pertenecen al núcleo que cuando se extinguen los visitantes florales, sin embargo, a pesar de que la robustez de la red disminuye, el resultado muestra una gran robustez ante alguna posible alteración de las especies núcleo que la conforman. En otros estudios realizados

por Memmot *et al.*, (2004), donde eliminaron polinizadores al azar, sistemáticamente de menos vinculado (más especializado) a más vinculado (más generalizado), y sistemáticamente de más a menos vinculados. La diversidad de especies de plantas disminuyó más rápidamente con la eliminación preferencial de la mayoría de los polinizadores, como en los resultados obtenidos en este trabajo.

Esta relativa tolerancia a la extinción deriva de la redundancia de polinizadores por planta y de la topología anidada de las redes. La tolerancia en la polinización redes contrasta con los descensos catastróficos informados por las redes alimentarias estándar, esto puede ser un resultado del método utilizado, algunos estudios eliminan, por ejemplo, especies de múltiples niveles tróficos basándose únicamente en su vinculación, mientras que la eliminación preferencial de polinizadores refleja su mayor riesgo de extinción en relación con ese de las plantas. En diversos estudios de redes de polinización, los polinizadores más vinculados han sido los abejorros y algunas abejas solitarias (Petanidou y Ellis 1996; Bascompte *et al.*, 2003). Otro factor importante que tenemos que tener en cuenta es que las plantas al utilizar múltiples visitantes florales o polinizadores y viceversa (Waser *et al.*, 1996), la polinización se puede ver en el nivel de toda una comunidad ecológica como una red, o red trabajo, de interacciones mutuamente beneficiosas (mutualistas) entre dos niveles tróficos. En general, los patrones de extinción secundaria dependen críticamente sobre cómo se asigna el riesgo de extinción primaria en especies.

Kaiser *et al.*, (2009) demostraron que las simulaciones confirman, que la pérdida de polinizadores generalistas constituye el peligro más grave para las redes de polinización, debido a que los polinizadores centrales se derivan principalmente de órdenes de insectos como; himenópteros y lepidópteros. Estos grupos de visitantes florales deben recibir especial atención en los esfuerzos por conservar los sistemas de polinización de las zonas templadas.

10. CONCLUSIÓN.

Este trabajo es pionero en el estudio de redes de interacción planta-visitador floral insectos en el estado de Tlaxcala, en un ecosistema de bosque templado, donde se obtuvo una topología de red anidada y una robustez alta. Esto demostró que el sitio, a pesar de tener especies de plantas registradas en otro tipo de ambientes, es capaz de tener una alta resistencia ante la perturbación, debido al solapamiento de nichos, como se muestra en nuestros resultados, donde las morfoespecies de insectos están visitando las mismas especies de plantas. Sin embargo, dado que se llevó a cabo en meses específicos del año (junio-noviembre), sería importante analizar cómo cambia la composición de especies de plantas y morfoespecies de insectos durante los meses de primavera, debido a que la mayoría de las especies de plantas registradas tienen una fenología que abarca periodos de mayo a octubre, sería muy importante registrar también sus cambios durante otros meses del año, aumentando el periodo de muestreo al menos a un año, para aumentar las frecuencias de las interacciones registradas.

Los grupos de morfoespecies con mayor registro de interacciones fueron Himenoptera, Lepidoptera y Diptera, siendo grupos de suma importancia no solo en ecosistemas de zonas de bosque templado, ya que se ha observado que también suelen ser grupos con alto registros de interacciones en otros tipos de ecosistemas. En relación a lo anterior la diversidad alfa no resultó significativa, aunque la composición faunística cambió mensualmente. La abundancia también varió significativamente a lo largo de los meses cambiando de manera importante la frecuencia de interacciones, se asume que los factores ambientales medidos tuvieron un fuerte efecto en esta variación; sin embargo, sería importante tener en cuenta en futuros estudios, otro tipo de variables antropogénicas para medir alteraciones que pueden afectar a la flora en nuestra zona de estudio.

En relación a los análisis de la red de interacción, presento una topología de la red anidada, robusta y con una alta frecuencia de interacciones, que biológicamente nos puede explicar que las comunidades de especies de plantas y morfoespecies de insectos visitantes florales son estables y pueden ser resistentes

ante alguna alteración, ya que como se observa en los gráficos de modelos de extinción de especies, estas comunidades pueden ser resilientes, debido a que se encontró un mayor número de especies generalistas y si llega a existir alguna alteración en el ecosistema, estas especies van a ser capaces de poder obtener un recurso de diferentes especies de plantas.

Otro punto importante en este tipo de estudios es relacionar los patrones y topología de la red obtenidos, con los análisis de interacciones bióticas en estudios biogeográficos y estudiar meta-redes (conjunto de redes locales). En este sentido, es importante también incorporar los análisis de la diversidad, con el fin de mejorar la comparación entre redes de interacciones y la identificación de los procesos que generan estos cambios. De este modo, podremos entender cómo coevolucionan las especies, además de realizar los estudios con una perspectiva filogenética.

Además, el realizar este tipo de estudios en diferentes tipos de ecosistemas es importante para establecer medidas de conservación, tomar en cuenta la diversidad alfa, beta y las especies núcleo y de la periferia que se encuentren dentro de la red, debido a la rareza y grado de amenaza que puedan tener las especies que la conforman.

Con este trabajo podemos aportar un criterio para establecer medidas de conservación, si bien la topología de la red es anidada, esta topología puede llegar a cambiar, los cambios en los ecosistemas cada vez son más acelerados por diferentes alteraciones naturales y antropogénicas, el conocer que especies de plantas son clave y atraen a visitantes florales insectos nos permitiría ver cómo podemos mantener en equilibrio ecosistemas de bosques templados, en especial en el estado de Tlaxcala, estado donde se ha perdido gran parte de su vegetación natural.

11. BIBLIOGRAFÍA CITADA

Abrol, D. P. (2012). *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production*. Dordrecht: Springer.

Aizen, M.A. y Feinsinger, P. (1994). Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in argentine Chaco Serrano. *Ecol. Appl*, 4, 378-392.

Aizen, M. A. y Feinsinger, P. (2003). Bees not to be? Responses of insect pollinator faunas and flower pollination to habitat fragmentation. En G. Bradshaw, P. Marquet y H. A. Moonet (Eds.), *How landscapes change: human disturbance and ecosystem disruption in the Americas* (p. 111– 129) New York: Springer-Verlag.

Ashworth, L. (2004). *Variabilidad espacio-temporal en el éxito reproductivo de plantas leñosas del Bosque Chaqueño Serrano*. [Tesis de Doctorado]. Facultad de Ciencias Exáctas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

Aizen, M.A., Sabatino, J.M y Tylianakis. (2012). Specialization and rarity predict nonrandom loss of interactions from mutualistic networks. *Science*, 335, 1486–1489.

Alarcón, R., Waser, N.M., Ollerton, J. (2008). Year-to-year variation in the topology of a plant–pollinator interaction network. *Oikos*, 117, 1796–1807.

Albert, R., Jeong, H. y Barabasi, A.L. (2000). Attack and error tolerance of complex networks. *Nature*, 406, 378–382.

Almeida-Neto, M., Guimarães, P., Guimarães, P. R., Loyola, R. D., y Ulrich, W. (2008). A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 117(8), 1227-1239.

Andersen, A.N. (1997). Ants as indicators of restoration success following mining: a functional group approach. In P. Hale and D. Lamb (Eds.) *Conservation Outside Nature Reserves* (p. 319–325). Centre for Conservation Biology, University of Queensland, Brisbane.

Armstrong, J.E y Irvine, A.K. 1989. Floral biology of *Myristica insipida* (Myristicaceae) a distinctive beetle pollination syndrome. *Am. Jour. Bot*, 76, 86-94.

- Atienza, J. C. y G. P. Farinós. (1996). Preferencias de hábitat y ritmos de actividad diurna en el antídico *Hirticomus quadriguttatus* (Rossi, 1974) (Coleoptera: Anthicidae). *Scientia gerundensis*, 22, 43-52.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J., y Olesen, J. M. (2003). The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 100(16), 93-97.
- Bascompte J., Jordano, P., y Olesen J.M. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*. 312, 431-433.
- Bascompte, J., y Jordano, P. (2006). *The structure of plant-animal mutualistic networks. Ecological networks: linking structure to dynamics in food webs*. Oxford University Press, Oxford, UK. 143-159.
- Bascompte, J., y Jordano, P. (2007). *The structure of plant animal mutualistic networks*. In: M. Pascual y J.A. Dunne (eds.), *Food Webs as Complex Adaptative Networks: linking structure to dynamics* (p. 143- 159). Oxford University Press, Oxford.
- Bascompte, J., y Jordano, P., (2008). Redes mutualistas de especies. *Investigación y Ciencia*. 384,50-59.
- Begon, M., Harper, J.L y Townsend, C.R. (1990). *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. USA: Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bello-Cervantes E. (2011). *Efectos de la perturbación antropogénica sobre la comunidad de visitantes florales de Bursera copallifera*. [Tesis de Licenciatura]. B.U.A.P., Puebla.
- Biella P, Ollerton J, Barcella M, Assini S. (2017). Network analysis of phenological units to detect important species in plant-pollinator assemblages: can it inform conservation strategies? *Community Ecol*. 18,1–10.
- Blüthgen, N., Menzel, F., y Blüthgen, N. (2008). Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, 6(1), 9.

Boege K. y Carmona D. (2012). *Interacciones entre múltiples especies. Ecología y Evolución de las interacciones bióticas*. En Del-Val E. & Boege K. (eds). *Ecología de las interacciones Bióticas*. Ediciones Científicas Universitarias (p.175-198). Fondo de Cultura Económica.

Bolnick, D. I., L. H. Yang, J. A. Fordyce, J. M. Davis, and R. Svanbäck. 2002. Measuring individual-level resource specialization. *Ecology*, 83, 2936–2941.

Bosch, M. & N.M. Waser. (2001). Experimental manipulation of plant density and its effect on pollination and reproduction of two congeneric montane herbs. *Oecologia*, 126, 76-83.

Bronstein, J. L. (1994). Conditional outcomes in mutualistic interactions. *Trends in Ecology & Evolution*. 9, 214-217.

Burkle, L.A, Alarcón R. (2011). The future of plant-pollinator diversity: understanding interaction networks across time, space, and global change. *Am J Bot*, 98, 528–538.

Campos-Navarrete, M. J., Parra-Tabla, V., Ramos-Zapata, J., Díaz-Castelazo, C. y Reyes-Novelo, E. (2013). Structure of plant–Hymenoptera networks in two coastal shrub sites in Mexico. *Arthropod-Plant Interactions*, 7, 607–617.

Campos-Navarrete, M., Moo Aldana, R., Ramos Zapata, J., Parra Tabla, V. (2017). Visitantes florales y redes de interacción planta–polinizador. In: *Ecología funcional de la Reserva de la Biosfera de Río Lagartos* (p.231-248). Mérida, Yucatán.

Cardoza Martínez, Gabriel F., Cerano Paredes, Julián, Villanueva Díaz, José, Cervantes Martínez, Rosalinda, Guerra de la Cruz, Vidal, y Estrada Ávalos, Juan. (2014). Reconstrucción de la precipitación anual para la región oriental del Estado de Tlaxcala. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(23), 110-127.

Carpenter J. (1982). La relación filogenética y clasificación natural de Vespoidea (Hymenoptera). *Systematic entomology*, 7, 11-30.

Carpenter J, Garcete-Barrett B, López A. 2012. Las Vespidae (Hymenoptera: Vespoidea) de Guatemala. *Biodiversidad*, 4(2), 269–279.

Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. CONABIO-Instituto de Biología UNAM-Agrupación Sierra Madre México.

Corbet, S.A. y Willmer, P.G. (1980). Pollination of the yellow passion fruit: néctar, pollen y carpenter bees. *Journal of Agricultural Science*, 95, 655-666.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Fecha de actualización [19 de octubre 2020].

Cuartas-Hernández S. y Medel, R. (2015). Topology of Plant - Flower-Visitor Networks in a Tropical Mountain Forest: Insights on the Role of Altitudinal and Temporal Variation. *PLoS ONE*. 10(10): e0141804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141804>.

Dáttilo, W., Díaz- Castelazo, C y V. Rico-Gray. (2014). Ant dominance hierarchy determines the nested pattern in ant-plant networks. *Biological Journal of the Linnean Society*, 10, 1-53.

Dar, S., Arizmendi, M.C. y Valiente-Banuet, A. (2006). Diurnal and Nocturnal Pollination of *Marginatocereus marginatus* (Pachycereeae: Cactaceae) in Central Mexico. *Annals of Botany*, 97, 423–427.

Degrandi-Hoffman, G. y Watkins, J.C. (2000). The foraging activity of honey bees *Apis mellifera* and non-*Apis* bees on hybrid sunflowers (*Helianthus annuus*) and its influence on cross-pollination and seed set. *J. Apic. Res*, 39, 37-45.

Díaz-Castelazo, C., Guimarães, P. R., Jordano, P., Thompson, J. N., Marquis, R. J., y Rico-Gray, V. (2010). Changes of a mutualistic network over time: reanalysis over a 10-year period. *Ecology*, 91, 793-801.

Dupont, Y.L., D.M. Hansen y J.M. Olesen. (2003). Structure of a plant-flower-visitor network in the high-altitude sub-alpine desert of Tenerife, Canary Islands. *Ecograph*, 26, 301-310.

Doll, S., Hensen, I., Schmidt-Lebuhn, A. N., Kessler, M. (2007). Pollination ecology of *Justicia rusbyi* (Acanthaceae), a common understory plant in a tropical mountain forest in eastern Bolivia. *Plant Species Biology*, 22, 211-216.

Dormann, C.F. y Gruber, B. Package 'bipartite': visualising bipartite networks and calculating some ecological indices. 2011. <http://cran.rproject.org/web/packages/bipartite/bipartite.pdf>.

Ehrlich, P.R. y Raven, P.H. (1964). Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution*, 18,586–608.

Farías Ruiz, S. (2017). *Análisis de redes de herbívoros en tres estados sucesionales en un bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz*. [Tesis de Maestría]. Universidad Veracruzana.

Feehan, J., Harley, M. y Van Minnen, J. (2009). Climate change in Europe: impact on terrestrial ecosystems and biodiversity, a review (reprinted). *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 409-421.

Ferreira, P. A. (2013). What do we know about the effects of landscape changes on plant – pollinator interaction networks? *Ecol. Indic*, 31, 35-40.

Forup M.L., Henson K.S.E., Graze P.G., Memmott, J. (2008). The restoration of ecological interactions: plant-pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology*. 45, 742-752.

Fontaine, C., Thébault, E., y Dajoz, I. (2009). Are insect pollinators more generalist than insect herbivores? *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 276, 3027-3033.

Fregoso, A., A. Velázquez, G. Bocco y G. Cortéz. (2001). El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*, 46,58-77

Jiménez-Valverde, A., Martín-Cano, J. y Munguira-L.M. (2004). Patrones de diversidad de la fauna de mariposas del Parque Nacional de Cabañeros y su entorno (Ciudad Real,

España central) (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea). *Anim. Biodivers. Conserv.*, 27, en prensa.

Galetto, L. y Bernardello, G. (2003). Nectar sugar composition in angiosperms from Chaco and Patagonia (Argentina): an animal visitor's matter? *Plant Syst. Evol.* 238, 69-86.

Gómez, J.M. (2003). Herbivory reduces the strength of pollinator-mediated selection in the Mediterranean herb *Erysimum mediohispanicum*: consequences for plant specialization. *The American Naturalist* 162, 242-2

Gotelli, N.J. y Colwell, R.K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4, 379-391

Gottsberger, G. (1970). Beitrage zur Biologie von AnnonaceenBluten. *Osterreichische Botanische Zeitschrift*, 118, 237- 279

Guimares, P.R., V. Rico-Gray, S.F. y J.N. Thompson. (2006). Asymmetries in specialization in ant-plant mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 273, 2041-2047.

Guimarães, P.R. y P. Guimarães. (2006). Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software.* 21, 1512-1513.

Hagen, M. y Kraemer, M. (2010). Agricultural surroundings support flower-visitor networks in an Afrotropical rain forest. *Biol. Conserv.* 143, 1654 – 1663.

Hegland, S.J. y L. Boeke. (2006). Relationships between the density and diversity of floral resources and flower visitor activity in a temperate grassland community. *Ecological Entomology.* 31, 532-538.

Hernández-Yáñez, H., Lara-Rodriguez, N., Díaz-Castelazo, C., Dáttilo, W., & Rico-Gray, V. (2013). Understanding the complex structure of a plant-floral visitor network from different perspectives in coastal Veracruz, Mexico. *Sociobiology.* 60(3), 329-336.

Herzog, S. K., Martínez, R., Jørgensen, P., y Tiessen, H. (2012). Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales. París, Francia s: Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI).

Heywood, V. H. y Watson, T.R. (1995). Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Programme. Cambridge.

Hobbs, R.J. y Yates, C.J. (2003). Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalizing the idiosyncratic. *Austr. J. Bot*, 51,471-488.

Hortal, J., P. García-Pereira y García-Barros, E. (2004). Butterfly species richness in mainland Portugal: Predictive models of geographic distribution patterns. *Ecography*, 12, 89-90.

Horvitz, C. C. y Schemske, D. W. 1990. Spatio temporal variation in insect mutualism of a neotropical herb. *Ecology*. 71, 1085-1097

Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology*. 29,151-154.

Inouye, D.W., Morales, M.A. y Dodge, G.J. (2002).Variation in timing and abundance of flowering by *Delphinium barbeyi* Huth (Ranunculaceae): the roles of snowpack, frost, and La Niña, in the context of climate change. *Oecologia*. 130,543-550.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Consultado 17-11-2019 en <https://www.gob.mx/inafed>

Janzen, D.A. (1971). Euglossine bees as long distance pollinators of tropical plants. *Science* .171, 203- 205.

Jordano, P., J. Bascompte y J.M. Olesen. (2003). Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* .6, 69-81.

Jordano, P., Vázquez D., y Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En Mendel, R., Aizen, M. A., y Zamora, R. (eds.) *Ecología y Evolución de Interacciones planta-animal*. Editorial Universitaria, 17-41.

Jules, E.S. (1998). Habitat fragmentation and demographic change for a common plant: *Trillium* in old-growth forest. *Ecology*, 79,1645-1656.

Kaiser-Bunbury, C.N., Memmott, J. y Muller, C.B. (2009). Community structure of pollination webs of Mauritian heathland habitats. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 11,241 – 254.

Kaiser-Bunbury CN, Fleischer-Dogley F, Dogley D, Bunbury N. 2015.Scientists responsibilities towards evidence-based conservation in a Small Island Developing State.*Journal of Applied Ecology*, 52, 7 – 11.

Kevan, P. G., Baker, H. G. (1983). Insects as Flower Visitors and Pollinators. *Annual Review of Entomology*. 28, 407-453.

Kambach S., F. Guerra, S.G. Beck, I. Hensen y M. Schleuning. (2013). Human-induced disturbance alters pollinator communities in tropical mountain forests. *Diversity*. 5,1-14.

Klein, A. M. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B*, 274, 303-313.

López-Carretero, A., Díaz-Castelazo, C., Boege, K., & Rico-Gray, V. (2014). Evaluating the spatio-temporal factors that structure network parameters of plant-herbivore interactions. *PloS one*. 9(10), 12-15.

Luna, P., Corro, E. J., Antoniazzi, R., y Dáttilo, W. (2020). Measuring and linking the missing part of biodiversity and ecosystem function: The diversity of biotic interactions. *Diversity*, 12 (3), 86.

Mani, M.S. y Saravanan, J.M. (1999). *Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)*. Science Publishers, Inc., Enfield.

Mariano, L. (2011). *Estudio biosistemático de las abejas de la tribu Xylocopini (Hymenoptera: apidae) de interés agronómico en Argentina*. [Tesis Doctor en ciencias naturales]. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.

- Martínez-Falcón AP, Marcos-García A, Díaz-Castelazo C y Rico-Gray V (2010) Seasonal changes in cactus-hoverfly (Diptera:Syrphidae) network. *Ecological Entomology*, 35,754-759.
- Maruyama PK, Vizentin-Bugoni J, Sonne J. (2016). The integration of alien plants in mutualistic plant–hummingbird networks across the Americas: the importance of species traits and insularity. *Divers Distrib*, 22,672–681
- Memmott, J., Waser, N. M., y Price, M. V. (2004). Tolerance of pollination networks to species extinctions. Proceedings of the Royal Society of London B: *Biological Sciences*, 271, 2605-2611.
- Michener C.D. (2000). *The bees of the world*. The Johns Hopkins (pp 913). University Press.
- Morales, C.L. y Aize, M.A. (2002). Does invasion of exotic plants promote invasion of exotic flower visitors? A case study from the temperate forests of the southern Andes. *Biological Invasions*, 4, 87-100.
- Munguía-Rosas, M.A, Ollerton, J., Parra-Tabla, V. y De Nova, A. (2011). Meta-analysis of phenotypic selection on flowering phenology suggests that early flowering plants are favoured. *Ecology Letters*, 41,511-521.
- Murcia, C. (1996). Forest fragmentation and the pollination of Neotropical plants. En: Schelhas, J.R.G. (Ed.), *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press, Covelo.
- Nates-Parra, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 75, 7-20.
- Nielsen, A. y Totland, O. (2014). Structural properties of mutualistic networks withstand habitat degradation while species functional roles might change. *Oikos*, 12, 323 – 333.
- Olesen, J.M. y P. Jordano. (2002). Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks. *Ecology*, 83,2416-2424.
- Palmer S, Cooper C, Thomas K (2003). *Creating a Balance:Managing Stress*. London: British Library.

Pantoja, A., Smith-Pardo, A., García, A., Sáenz, A. y Rojas, F. (2014). Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Santiago: FAO.

Parra-Tabla, V. (2015). Ecología y evolución de las interacciones bióticas del Val E., Boege K. 2012. *Revista De Biología Tropical*, 63, 313-317.

Parra-Tabla V, Angulo-Pérez D, Albor C, Campos-Navarrete MJ, Tun-Garrido J, Sosenski P. (2019). The role of alien species on plant-floral visitor network structure in invaded communities. *PLoS ONE*, 14, 9-14.

Pysek, P. (1997). Compositae as invaders: better than the others? *Preslia Praha*, 69, 9-22.

Poisot, T., Stouffer, D.B., Gravel, D. (2015) Beyond species: Why ecological interaction networks vary through space and time. *Oikos*, 124, 243–251.

Proctor, M., Yeo, P. y Lack, A.J. (1996). *The Natural History of Pollination*. Timber Press, Portland, Oregon.

Pysek, P. (1997). Compositae as invaders: better than the others? *Preslia, Praha* 69, 9-22.

Quintero C., C.L. Morales y M.A. Aizen. (2010). Effects of anthropogenic habitat disturbance on local pollinator diversity and species turnover across a precipitation gradient. *Biodivers. Conserv.* 19, 257-274.

Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L.A., Garratt, M.P.D., Howlett, B.G., Winfree, R., Cunningham, S.A. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 117-120.

Rader, R., Edwards, W., Westcott, D.A, Cunningham, S.A., Howlett, B.G. (2011). Pollen transport differs among bees and flies in a human-modified landscape. *Divers*

Reina-Ávila, D., Riaño-Jiménez, D., Aguilar, L y Cure, J. (2013). Visitantes florales (Arthropoda: Insecta) en zona de sub-páramo en los cerros orientales de la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista de Entomología Mexicana*, 12(1), 599-604.

Ramírez-Flores, V. A., Villanueva-Gutiérrez, R., Roubik, C. W., Vergara, C. H., y Lara-Rodriguez, N. (2015). Topological structure of plant-bee networks in four Mexican environments. *Sociobiology*, 62, 56–64.

Ramírez-Hernández, A. (2009). *Variación intra. anual en una red compleja de mutualismo hormiga-planta* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Veracruzana.

Renner, S. (1983). The widespread occurrence of anther destruction by *Trigona* bees in Melastomataceae. *Biotropica* .15, 251-256.

Rico-Gray, V. (2007). El análisis de redes complejas y la conservación de la biodiversidad. *Cuadernos de biodiversidad*. 22, 3-6.

Rico-Gray V. (2001). Interspecific Interaction. *Encyclopedia of Life Sciences*. 78, 1-6.

Robertson, C. (1928). Flowers and Insects. Lists of Visitors of Four Hundred and Fifty-Three Flowers. Carlinville. 221.

Rumeu B, Devoto M, Traveset A, Olesen JM, Vargas P, Nogales M, Heleno R (2017) Predict-ing the consequences of disperser extinction: richness matters the most when abundance is low. *Functional Ecology*, 31, 1910-1920.

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. Plantas medicinales de la Cuenca del Río Balsas. Cuadernos del Instituto de Biología 25. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Saavedra, F., Inouye, DW., Price, M., y Harte J. (2003). Changes in flowering and abundance of *Delphinium muttallianum* (Ranunculaceae) in response to a subalpi.

Capítulo 6. Fenología de floración y visitantes florales de especies herbáceas climate warming experiment. *Global Change Biology*. 9,885-894.

Schoonhoven, L. M., van Loon, J. J. A., Dicke, M. (2005). Insects and flowers: mutualism par excellence, in: *Insect-Plant Biology* (p. 306-335). 2° Ed. Oxford University Press.

Sih, A. y M.S. Baltus. (1987). Patch size, pollinator behavior, and pollinator limitation in catnip. *Ecology*. 68, 1679-1690

Soberon, J. y Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, 7, 480-488.

Solé, R. y Montoya, M. (2001). Complexity and fragility in ecological networks. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 268, 2039–2045.

Stone, J. L., Jenkins, E, G. (2008). Pollinator abundance and pollen limitation of a solanaceous shrub at premontane and lower montane sites. *Biotropica*. 40, 55-61.

Spiesman, B. J. y Inouye, B. D. (2013). Habitat loss alters the architecture of plant–pollinator interaction networks. *Ecology*, 94(12), 2688–2696.

Thompson, J.N. y Pellmyr, O. (1992). Mutualism with pollinating seed parasites amid co-pollinators: constraints on specialization. *Ecology*, 73, 1780-1791.

Thompson, J.N. (1999). The evolution of species interactions. *Science*, 284, 2116-2118.

Thompson, J. N. (2003). El proceso coevolutivo. *Fondo de Cultura Económica*. México.

Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277, 1300-1302.

Torres-Días, C., Cavieres L. A., Muñoz-Ramírez C. y Arroyo M. T. (2007). Consecuencias de las variaciones microclimáticas sobre la visita de insectos polinizadores de dos especies de *Chaetanthera* (Asteraceae) en los Andes de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80, 455-468.

Traveset A, Castro-Urgal R, Rotllàn-Puig X, La´zaro A. (2017). Effects of habitat loss on the plant-flower visitor network structure of a dune community. *Oikos*, 127, 45–55.

Turnbull, L.A., Levine, J.M., Loreau, M. (2013). Coexistence, niches and biodiversity effects on ecosystem functioning. *Ecol Lett*, 16, 116–127.

Tylianakis JM, Laliberté E, Nielsen A, Bascompte J. (2010) Conservation of species interaction networks. *Biol Conserv*, 143, 2270–2279

Valencia, A.S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75,33-53.

Vázquez, D.P. y Aizen, M.A. (2004). Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. *Ecology*. 85,1251-1257.

Vázquez, D.P., W.F. Morris y P. Jordano. (2005). Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecology Letters*. 8, 1088- 1094.

Vicens, N. y Bosch, J. (2000). Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*. 29, 413-420.

Waser, N.M., Chittka, L., Price, M.V., Williams, N.M. y Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*. 77, 1043-1060.

West-Eberhard M, Carpenter J, Hanson P. (1995). Las avispas vespidas (Vespidae). En: Hanson P, Gauld I (Eds). Los himenopteros de Costa Rica. Museo de historia natural. London.

Yáñez-Arancibia, A., Day, J.W y Reyes, E. (2013). Understanding the coastal ecosystem-based management approach in the Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 63, 243-262.

Zumbado Arrieta, M.A. (2006). Dípteros de Costa Rica y la América Tropical. Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad.

12. ANEXOS.

Anexo 1. Evidencia de participación en congresos y divulgación de la ciencia.





SOCIEDAD CIENTÍFICA MEXICANA DE ECOLOGÍA

Constancia de participación a:

KARLA M LÓPEZ VÁZQUEZ, SOMBRA PATRICA RIVAS ARANCIBIA

por su trabajo en la temática de **Biodiversidad, conservación, restauración y sustentabilidad** con el título:

Redes de interacción entre plantas y visitantes florales (CLASE INSECTA) en una zona de bosque templado del centro de México.

Reunión Virtual Diálogos sobre la Ecología: ante los retos del cambio global: lecciones, avances y oportunidades.

15 y 16 de abril de 2021

Dra. Ileri Suazo Ortuño
Presidenta

Dr. Miguel Martínez Ramos
Vice-presidente



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Huejutla

Otorga

Constancia

A: *Karla María López Vázquez*

Por haber sido **Instructora del Taller de Entomología Básica** organizado por el **ITHUE-CA-1**, impartido en colaboración con las Universidades: Autónoma Benemérita de Puebla, Politécnica Francisco I. Madero Metztlán, Tecnológica de la Huasteca Hidalguense y Autónoma de Tamaulipas con un período de 40 horas.

Huejutla, Hgo. 30 de noviembre de 2019 .

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®

Alejandra López Mancilla
Líder ITHUE-CA-1



Lic. Evaristo Rogaciano López Hernández
Director ITHuejutla

Otorga la presente

CONSTANCIA

A: Biól. Karla María López Vázquez

Por impartir el seminario en video-conferencia: “*Métodos de monitoreo de insectos para inventarios e investigación en biología*” a los estudiantes de sexto semestre de la Licenciatura en Biología con una duración de 4 horas, programada como reforzamiento teórico de la Unidad de Aprendizaje Métodos de Análisis de la Biodiversidad.

ATENTAMENTE
 “Por la Cultura a la Justicia Social”
 Ixtacuixtla, Tlax., 09 de febrero de 2021



Biól. Saul Mendieta Mendieta
 Coordinador de la Lic. En Biología

FACULTAD DE AGROBIOLOGÍA
 LIC. BIOLOGÍA



La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
 a través del Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales,
 la Red Temática Biología, Manejo y Conservación de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados
 y la Sociedad Científica Mexicana de Ecología

Otorgan la presente

CONSTANCIA

A

Karla María López Vázquez

Por su participación en el congreso de forma digital

VI Congreso Nacional de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados

LA IMPORTANCIA DE LA FAUNA SILVESTRE
 EN LA PROVISIÓN DE SERVICIOS
 Y EL BIENESTAR DE LAS PERSONAS

Llevado a cabo del 7 al 9 de octubre de 2020.



Dra. Ileri Suazo Ortuño
 Presidenta Comité Local
 Presidenta de la SCME
 UMSNH

Dr. Romeo Alberto Saldaña Vázquez
 Responsable Técnico de la REFAMA
 Académico T.C. IBERO-Puebla

Dra. María Cristina Mac Swiney González
 Vicepresidenta de la AMMAC

XX

FESTIVAL ACADÉMICO
Dr. Mario Molina
EN LÍNEA 2021



Secretaría de Educación Pública
Subsecretaría de Educación Media Superior
Dirección General de Educación Tecnológica Industrial y de Servicios



La Representación de las Oficinas de la DGETI en el estado de Tlaxcala

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A LA

M.C.B. KARLA MARÍA LÓPEZ VÁZQUEZ

Por su invaluable participación como **Jurado** en la Disciplina de **BIOLOGÍA** del **XX Festival Académico Dr. Mario Molina, en línea**, en su **Fase Estatal**, celebrado el 29 y 30 de abril de 2021


C.P. VICENTE MUNGUÍA CARMONA
COMISIONADO RESPONSABLE DE LA DGETI
EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Tlaxcala, Tlax., a 6 de mayo de 2021



EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUEJUTLA

OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A

KARLA MARÍA LÓPEZ VÁZQUEZ

POR PONENCIA MAGISTRAL "EFECTO DEL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO EN LA RED DE INTERACCIÓN HORMIGA-PLANTA EN BOSQUES TEMPLADOS" EN EL MARCO DEL CUADRAGÉSIMO ANIVERSARIO DE NUESTRA CASA DE ESTUDIOS.

HUEJUTLA DE REYES, HIDALGO; A 22 DE OCTUBRE DE 2020.

EXCELENCIA EN EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA.®
HOMBRE, CAMPO, RAZÓN Y ESTUDIO.®

EVARISTO ROGACIANO LÓPEZ HERNÁNDEZ
DIRECTOR



Apendice II. Tablas de los parámetros de las redes de interacción de todos los meses de muestreo.

Cuadro 11. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos). junio.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Cosmos bipinnatus</i>	Asteraceae	1.36	0.15	-0.01
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	1.10	0.08	-0.20
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	1.83	0.06	-0.05
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	2.33	0.05	2.22
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	0.85	0.07	-0.61
<i>Eryngium carlinae</i>	Apiaceae	0.22	0.43	-1.41
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	1.71	0.06	1.54
<i>Heterotheca inuloides</i>	Asteraceae	1.31	0.07	0.34
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	2.31	0.03	1.64
<i>Opuntia_sp1</i>	Cactaceae	1.05	0.60	-1.34
<i>Quercus_sp1</i>	Fagaceae	0.31	0.67	-1.38
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	1.57	0.04	-0.76
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	0.89	0.06	-0.003
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	0.76	0.04	-0.19
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	0.67	0.05	-0.51
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	0.89	0.03	-0.30
<i>Zephyranthes brevipes</i>	Amaryllidaceae	0.50	0.18	-0.64
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	2.00	0.05	0.82
<i>Dahlia coccinea</i>	Asteraceae	0.52	0.11	-0.17
<i>Erigeron versicolor</i>	Asteraceae	0.95	0.06	-0.57
<i>Stevia salicifolia</i>	Asteraceae	0.49	0.05	0.60
<i>Lessertia frutescens</i>	Fabaceae	1.39	0.05	-0.79
<i>Pinaropappus roseus</i>	Asteraceae	1.71	0.05	-0.24
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	0.60	0.03	-0.23
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	1.09	0.03	2.26
<i>Satureja macrostema</i>	Lamiaceae	1.00	0.09	0.03

Cuadro 12. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos) junio.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.38	0.03	-0.52
<i>Catasticta nimbice</i>	Pieridae	0.16	0.09	-0.72
<i>Papilio multicaudata</i>	Papilionidae	1.03	0.28	-1.05
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	1.70	0.05	2.96
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	1.26	0.02	1.42
<i>Bombus_1</i>	Apidae	1.08	0.03	0.08
<i>Zygogramma signatipennis</i>	Chrysomelidae	0.54	0.04	-0.83
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.73	0.02	-0.17
<i>Dione juno</i>	Nymphalidae	0.13	0.06	-0.96
<i>Phyciodes vesta</i>	Nymphalidae	0.20	0.03	-0.75
<i>Ancyloxypha arene</i>	Hesperiidae	0.36	0.03	-1.43
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	0.89	0.03	-0.29
<i>Vespula squamosa</i>	Vespidae	0.92	0.01	-0.37
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	1.10	0.03	0.99
<i>Pepsis mildei</i>	Pompilidae	0.52	0.04	-0.31
<i>Cactophagus spinolae</i>	Curculionidae	0.34	0.84	-0.11
<i>Coccinella_1</i>	Coccinellidae	0.86	0.05	-1.40
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.88	0.03	-0.31
<i>Crisomelido_1</i>	Chrysomelidae	0.47	0.11	0.18
<i>Copestylum mexicanum</i>	Syrphidae	0.56	0.0	0.32
<i>Megachilidae_1</i>	Megachilidae	0.25	0.18	0.08
<i>Sirfido_1</i>	Syrphidae	0.81	0.05	0.48
<i>Hippodamia_1</i>	Coccinellidae	0.76	0.03	0.07
<i>Formica_1</i>	Formicidae	1.64	0.04	0.34
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	1.50	0.04	2.22
<i>Crisopa_1</i>	Chrysopidae	0.06	0.04	0.54
<i>Andrena_1</i>	Andrenidae	0.36	0.14	-1.23
<i>Bombus_2</i>	Apidae	0.77	0.06	0.44

Cuadro 13. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos) julio.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Cosmos bipinnatus</i>	Asteraceae	2.20	0.14	-0.17
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	1.21	0.12	-0.45
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	1.09	0.13	-0.26
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	2.39	0.11	2.30
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	0.83	0.22	-0.59
<i>Eryngium carlinae</i>	Apiaceae	0.46	0.52	-1.40
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	2.16	0.11	1.85
<i>Heterotheca inuloides</i>	Asteraceae	2.07	0.10	0.65
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	3.04	0.10	1.90
<i>Opuntia_sp1</i>	Cactaceae	1.05	0.58	-1.59
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	0.76	0.17	1.20
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	1.45	0.12	-0.50
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	1.11	0.10	-0.12
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	0.89	0.08	-0.42
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	0.90	0.03	-0.23
<i>Zephyranthes brevipes</i>	Amaryllidaceae	0.96	0.18	0.18
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	1.53	0.17	-0.40
<i>Dahlia coccinea</i>	Asteraceae	1.54	0.23	-0.19
<i>Erigeron versicolor</i>	Asteraceae	0.96	0.16	0.02
<i>Stevia salicifolia</i>	Asteraceae	0.85	0.17	-0.94
<i>Lessertia frutescens</i>	Fabaceae	1.20	0.19	0.02
<i>Pinaropappus roseus</i>	Asteraceae	0.96	0.17	-0.94
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	1.90	0.22	0.12
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	2.30	0.10	0.99
<i>Satureja macrostema</i>	Lamiaceae	2.46	0.13	1.27

Cuadro 14. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos) julio.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.41	0.10	-0.52
<i>Catasticta nimbice</i>	Pieridae	0.36	0.20	-0.65
<i>Papilio multicaudata</i>	Papilionidae	0.28	0.37	-1.12
<i>Mymoides thymbraeus</i>	Papilionidae	1.11	0.08	0.85
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	1.52	0.08	2.15
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	1.08	0.11	1.40
<i>Bombus_1</i>	Apidae	1.05	0.09	0.68
<i>Zygogramma signatipennis</i>	Chrysomelidae	0.51	0.13	-0.43
<i>Nathis iole</i>	Pieridae	1.00	0.05	0.62
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.66	0.08	-0.04
<i>Vannesa annabella</i>	Nymphalidae	0.76	0.09	0.16
<i>Dione juno</i>	Nymphalidae	0.31	0.19	-0.69
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae	0.89	0.36	0.68
<i>Phyciodes vesta</i>	Nymphalidae	0.51	0.14	-0.40
<i>Ancyloxypha arene</i>	Hesperiidae	0.46	0.22	-0.45
<i>Archirhoe neomexicana</i>	Geometridae	0.09	0.11	-1.39
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	0.60	0.13	-0.25
<i>Vespula squamosa</i>	Vespidae	0.52	0.69	-0.72
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	1.21	0.07	1.03
<i>Pepsis mildei</i>	Pompilidae	0.48	0.23	-0.20
<i>Cactophagus spinolae</i>	Curculionidae	0.04	0.12	-1.48
<i>Allograpta obliqua</i>	Syrphidae	1.04	0.31	0.77
<i>Coccinella_1</i>	Coccinellidae	0.61	0.17	-0.40
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.74	0.17	0.33
<i>Crisomelido_1</i>	Chrysomelidae	0.95	0.20	-1.45
<i>Copestylum mexicanum</i>	Syrphidae	0.73	0.15	0.28
<i>Andrena_1</i>	Andrenidae	0.69	0.15	0.45
<i>Sirfido_1</i>	Andrenidae	0.75	0.23	0.08
<i>Agapostemon_1</i>	Halictidae	0.02	0.11	0.38
<i>Auchenorrhyncha_1</i>	Cicadellidae	0.17	0.14	-1.44
<i>Hippodamia_1</i>	Halictidae	0.78	0.49	-1.01
<i>Formica_1</i>	Cicadellidae	1.59	0.16	0.56
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	1.17	0.16	2.68
<i>Crisopa_1</i>	Chrysopidae	0.11	0.28	-0.44

Cuadro 15. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos) agosto.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Cosmos bipinnatus</i>	Asteraceae	1.54	0.15	-0.56
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	1.35	0.18	-0.69
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	1.46	0.18	-0.40
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	3.12	0.11	1.86
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	1.17	0.22	-0.70
<i>Eryngium carlinae</i>	Apiaceae	0.22	0.56	-1.80
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	2.63	0.06	1.30
<i>Heterotheca inuloides</i>	Asteraceae	2.45	0.11	0.52
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	3.47	0.07	1.92
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	0.93	0.33	-1.15
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	1.20	0.26	-0.55
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	0.98	0.18	-0.82
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	1.86	0.12	-0.12
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	1.50	0.12	-0.39
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	1.33	0.12	-0.16
<i>Erigeron versicolor</i>	Asteraceae	1.38	0.17	-0.36
<i>Stevia salicifolia</i>	Asteraceae	1.53	0.21	-0.39
<i>Lessertia frutescens</i>	Fabaceae	2.18	0.14	0.05
<i>Pinaropappus roseus</i>	Asteraceae	1.84	0.11	0.13
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	2.59	0.11	0.69
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	3.19	0.10	1.66

Cuadro 15. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos) agosto.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.23	0.11	-0.89
<i>Catasticta nimbice</i>	Pieridae	0.27	0.19	-0.82
<i>Papilio multicaudata</i>	Papilionidae	0.26	0.32	-1.13
<i>Mymoides thymbraeus</i>	Papilionidae	0.78	0.06	
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	1.15	0.08	0.69
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	0.72	0.07	2.89
<i>Bombus_1</i>	Apidae	0.61	0.08	0.78
<i>Zygogramma signatipennis</i>	Chrysomelidae	0.49	0.09	0.33
<i>Halysidota davisii</i>	Erebidae	0.73	0.04	
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.53	0.04	0.39
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae	0.59	0.06	
<i>Phyciodes vesta</i>	Nymphalidae	0.12	0.19	-0.31
<i>Ancyloxypha arene</i>	Hesperiidae	0.45	0.15	
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	0.69	0.08	0.42
<i>Vespa squamosa</i>	Vespidae	0.56	0.14	-0.10
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	0.88	0.08	0.42
<i>Pepsis thisbe</i>	Pompilidae	0.50	0.09	-1.33
<i>Pepsis mildei</i>	Pompilidae	0.46	0.07	-0.40
<i>Diabrotica undecimpunctata</i>	Chrysomelidae	0.27	0.14	0.49
<i>Allograpta obliqua</i>	Syrphidae	0.40	0.24	0.15
<i>Coccinella_1</i>	Coccinellidae	0.49	0.23	0.03
<i>Dynastidae_1</i>	Scarabaeidae	0.73	0.12	0.88
<i>Euphoria basalis</i>	Scarabaeidae	0.57	0.07	0.03
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.54	0.09	-0.17
<i>Copestylum mexicanum</i>	Syrphidae	0.50	0.09	-0.88
<i>Bombus_2</i>	Apidae	1.17	0.14	-0.65
<i>Andrena_1</i>	Andrenidae	0.65	0.09	-0.17
<i>Sirfido_1</i>	Syrphidae	0.71	0.18	0.37
<i>Agapostemon_sp</i>	Halictidae	0.02	0.12	0.36
<i>Auchenorrhyncha_1</i>	Cicadellidae	0.25	0.15	0.10
<i>Hippodamia_1</i>	Coccinellidae	0.56	0.18	0.33

<i>Formica_1</i>	Formicidae	0.71	0.12	2.38
<i>Monomorium_1</i>	Formicidae	0.33	0.13	0.06
<i>Camponotus_1</i>	Formicidae	0.78	0.32	0.49
<i>Lemaireodirphia lasiocampina</i>	Saturniidae	0.16	0.32	-0.86
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	1.01	0.07	2.04

Cuadro 16. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos) septiembre.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	1.21	0.10	-0.95
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	1.42	0.13	-0.91
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	1.79	0.10	0.21
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	2.32	0.09	1.34
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	2.06	0.10	1.01
<i>Heterotheca inuloides</i>	Asteraceae	2.62	0.10	0.34
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	2.31	0.03	1.82
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	1.78	0.09	-1.56
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	2.57	0.06	-0.99
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	0.61	0.20	-0.73
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	0.84	0.16	-0.04
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	1.28	0.10	-0.66
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	1.53	0.08	-0.03
<i>Erigeron versicolor</i>	Asteraceae	1.31	0.07	-0.97
<i>Stevia salicifolia</i>	Asteraceae	1.78	0.07	-0.99
<i>Lessertia frutescens</i>	Asteraceae	1.01	0.12	0.03
<i>Pinaropappus roseus</i>	Fabaceae	0.94	0.15	0.15
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	1.96	0.05	0.39
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	2.56	0.03	1.19

Cuadro 17. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos) septiembre.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.16	0.64	-1.62
<i>Mymoides thymbraeus</i>	Papilionidae	0.71	0.03	0.33
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	1.26	0.04	3.03
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	0.67	0.03	0.18
<i>Bombus_1</i>	Apidae	0.72	0.06	0.61
<i>Zygogramma signatipennis</i>	Chrysomelidae	0.47	0.07	-0.68
<i>Halysidota davisii</i>	Erebidae	0.68	0.02	0.10
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.43	0.07	-0.76
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae	0.60	0.03	-0.05
<i>Phyciodes vesta</i>	Nymphalidae	0.52	0.05	-0.02
<i>Ancyloxypha arene</i>	Hesperiidae	0.14	0.13	-1.72
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	0.82	0.09	-0.23
<i>Sceliphon caementarium</i>	Vespidae	0.63	0.06	0.86
<i>Vespuia squamosa</i>	Vespidae	0.65	0.10	0.04
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	0.70	0.10	0.23
<i>Pepsis thisbe</i>	Pompilidae	0.40	0.08	0.27
<i>Pepsis mildei</i>	Pompilidae	0.43	0.04	-0.70
<i>Diabrotica undecimpunctata</i>	Chrysomelidae	0.34	0.06	-0.71
<i>Allograpta obliqua</i>	Syrphidae	0.34	0.12	-0.99
<i>Coccinella_1</i>	Coccinellidae	0.42	0.15	-0.63
<i>Euphoria basalis</i>	Scarabaeidae	0.56	0.09	-0.004
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.52	0.09	-0.10
<i>Copestylum mexicanum</i>	Syrphidae	0.46	0.12	-0.11
<i>Sirfido_1</i>	Syrphidae	0.95	0.04	0.99
<i>Bombus_2</i>	Syrphidae	1.02	0.13	1.80
<i>Andrena_1</i>	Andrenidae	0.55	0.10	-0.15
<i>Dynastidae_1</i>	Scarabaeidae	0.67	0.03	0.07
<i>Hippodamia_1</i>	Coccinellidae	0.72	0.10	0.41
<i>Formica_1</i>	Formicidae	0.77	0.05	0.83

<i>Lemaireodirphia lasiocampina</i>	Saturniidae	0.14	0.32	-1.78
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	0.81	0.07	1.40

Cuadro 18. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos) octubre.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	1.08	0.07	-0.79
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	0.64	0.07	-1.11
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	2.15	0.08	0.53
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	1.70	0.07	1.39
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	1.52	0.09	0.60
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	2.40	0.06	1.91
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	1.72	0.03	0.96
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	1.41	0.08	0.38
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	1.56	0.09	1.02
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	0.40	0.08	-1.43
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	0.60	0.16	-1.02
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	1.53	0.12	-0.74
<i>Lessertia frutescens</i>	Fabaceae	0.89	0.13	-0.40
<i>Pinaropappus roseus</i>	Asteraceae	0.97	0.09	-0.67
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	0.89	0.08	-0.65
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	1.46	0.05	0.02

Cuadro 19. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos) octubre.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.22	0.61	-1.55
<i>Mymoides thymbraeus</i>	Papilionidae	0.94	0.04	0.23
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	1.58	0.05	0.04
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	1.14	0.05	0.34
<i>Bombus_1</i>	Apidae	0.88	0.09	0.04
<i>Nathalis iole</i>	Pieridae	0.84	0.03	-0.38
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.52	0.09	-0.67
<i>Dione juno</i>	Nymphalidae	0.19	0.13	-0.99
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae	0.66	0.05	1.51
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	0.97	0.07	0.47
<i>Andrena_1</i>	Andrenidae	0.76	0.11	0.98
<i>Vespula squamosa</i>	Vespidae	0.83	0.10	1.17
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	0.93	0.08	-0.35
<i>Allograpta obliqua</i>	Syrphidae	0.54	0.12	-0.67
<i>Coccinella_1</i>	Coccinellidae	0.62	0.10	1.19
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.69	0.07	-1.85
<i>Formica_1</i>	Formicidae	1.07	0.05	-0.94
<i>Monomorium_1</i>	Formicidae	0.30	0.34	-1.85
<i>Chlosyne ehrenbergii</i>	Nymphalidae	0.82	0.04	-0.94
<i>Bacillus rossi</i>	Bacillidae	0.01	0.11	-0.16
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	1.37	0.04	1.59

Cuadro 20. Parámetros a nivel de especie (plantas) en la red planta-visitador floral (insectos) noviembre.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	1.25	0.11	-0.56
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Asteraceae	0.72	0.13	-1.05
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asteraceae	1.59	0.09	1.13
<i>Dugesia mexicana</i>	Asteraceae	1.35	0.07	0.36
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	1.84	0.08	1.37
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	2.14	0.08	1.91
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae	1.53	0.06	0.82
<i>Salvia elegans</i>	Lamiaceae	1.15	0.12	0.03
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Commelinaceae	0.86	0.20	-0.60
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	0.35	0.24	-1.55
<i>Buddleja cordata</i>	Scrophulariaceae	0.65	0.15	-0.79
<i>Baccharis conferta</i>	Asteraceae	1.16	0.18	-0.52
<i>Lessertia frutescens</i>	Fabaceae	0.60	0.21	-0.79
<i>Pinaropappus roseus</i>	Asteraceae	0.86	0.15	-0.85
<i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i>	Asteraceae	0.17	0.11	0.18
<i>Lupinus montanus</i>	Fabaceae	1.71	0.05	0.90

Cuadro 21. Parámetros a nivel de especie (insectos visitantes florales) en la red planta-visitador floral (insectos) noviembre.

	Familia	Relevancia de la especie	Especialización (d)	Centralidad
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae	0.37	0.10	-1.41
<i>Mymoides thymbraeus</i>	Papilionidae	0.84	0.08	0.27
<i>Apidae_sp1</i>	Apidae	0.79	0.13	2.38
<i>Scaptotrigona_1</i>	Apidae	1.07	0.05	0.74
<i>Bombus_1</i>	Apidae	0.97	0.09	0.16
<i>Nathalis iole</i>	Pieridae	0.82	0.08	-0.05
<i>Colias cesonia</i>	Pieridae	0.73	0.11	-0.80
<i>Dione juno</i>	Nymphalidae	0.26	0.13	0.02
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae	0.55	0.04	0.51
<i>Xylocopa mexicanorum</i>	Apidae	1.28	0.07	-0.16
<i>Sceliphon caementarium</i>	Vespidae	1.01	0.08	0.26
<i>Vespula squamosa</i>	Vespidae	1.04	0.11	0.23
<i>Xylocopa_sp2</i>	Apidae	1.39	0.10	-0.61
<i>Allograpta obliqua</i>	Syrphidae	0.68	0.11	-0.50
<i>Eristalis tenax</i>	Syrphidae	0.65	0.18	-0.07
<i>Formica_1</i>	Formicidae	1.34	0.09	0.78
<i>Monomoriu_1</i>	Formicidae	0.29	0.41	-1.29
<i>Chlosyne ehrenbergii</i>	Nymphalidae	0.42	0.27	-0.12
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	1.40	0.08	1.64

