



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**VISITADORES FLORALES ASOCIADOS A FLORES
MASCULINAS Y FEMENINAS DE BURSERA LINANOE EN
LA UMA RANCHO EL SALADO EN JOLALPAN, PUEBLA**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:
MONSERRAT JIMÉNEZ QUIÑONES

DIRECTORA: SOMBRA PATRICIA RIVAS ARANCIBIA

CODIRECTORA: AGUSTINA ROSA ANDRÉS HERNÁNDEZ



PUEBLA, PUE. 29 DE NOVIEMBRE DE 2021

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a las personas que han estado en todo el camino que he recorrido para llegar a este punto de mi preparación profesional.

A mis padres y mi hermana, que han estado en cada paso dado, siempre con su apoyo incondicional.

A Karla y Oscar, quienes estuvieron de apoyo para trabajar en equipo y resolver dudas juntos.

A Carlos A., quien en todo este proceso ha sido inspiración y motivación para lograr este proyecto.

A la Dra. Sombra Patricia, que me brindo su apoyo y paciencia en todo este proceso, quien fungió el papel de directora y guía para mí.

A la Dra. Rosa quien me ha acompañado en este proceso de guía.

Al Dr. Jenaro y el Dr. David, por tomarse el tiempo para ayudarme a mejorar este trabajo.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, que me brindo los espacios, el material y las oportunidades para la realización este trabajo.

DEDICATORIA

A los seres más importantes de mi vida

Primero a quienes me han acompañado toda la vida, María Elena y Luis Alberto, me dieron la oportunidad de cumplir sueños, y siempre los he tenido presentes como motivación, tratando de hacerlos sentir orgullosos.

Brenda, mi hermana y mejor amiga, confidente y siempre una gran consejera, ayudándome siempre a ser la mejor versión de mí, y por regalarme a un amor más, que es Aketzali.

Carlos A. mejor amigo y compañero incondicional, por ayudarme siempre que lo he necesitado, ser mi guía y mi apoyo, siempre haciéndome confiar en mí y lo que puedo lograr.

Nena, Loco y Pelusa, compañeros de desvelos y protectores de mi hogar, por su amor incondicional y compañía.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. ANTECEDENTES	12
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. HIPÓTESIS	20
V. OBJETIVOS	
5.1 <i>Objetivo general</i>	21
5.2 <i>Objetivos particulares</i>	21
VI. MÉTODO	
6.1 <i>Zona de estudio</i>	22
6.2 <i>Descripción de la especie de estudio</i>	23
6.3 <i>Colecta de insectos</i>	27
6.4 <i>Análisis estadístico</i>	27

VII.	RESULTADOS	
7.1	<i>Abundancia de visitantes florales</i>	29
7.2	<i>Abundancia relativa de visitantes florales</i>	30
7.3	<i>Efecto del sexo floral en relación a visitantes</i>	31
7.4	<i>Efecto de las condiciones ambientales en la comunidad de visitantes florales</i>	33
VIII.	DISCUSIÓN	
8.1	<i>Comunidad de visitantes florales</i>	38
8.2	<i>Comunidad de visitantes asociada al sexo floral</i>	39
8.3	<i>Relación de la comunidad de visitantes y variables ambientales</i>	40
IX.	CONCLUSIONES	43
X.	BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Bursera linanoe</i> (La Llave) Rzed., Calderón & Medina.	23
Figura 2. Mapa del Municipio de Jolalpa, Puebla.	26

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Representación de abundancia relativa para cada orden relacionado con los visitantes florales presentes en <i>Bursera linanoe</i> .	30
Gráfica 2. Abundancia relativa de visitantes por orden, para cada sexo floral.	31
Gráfica 3. Gráfico de cajas y alambres hembras y machos.	32
Gráfica 4. Gráfico del análisis de correspondencia canónica, para flores hembra y flores macho.	35
Gráfica 5. Gráfico de análisis de correspondencia canónica, para flores femeninas.	36
Gráfica 6. Gráfico de análisis de correspondencia canónica, flores macho.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Ordenes de visitantes florales y número de visitantes florales.	29
Cuadro 2. Valores promedio por día de las variables ambientales.	33

RESUMEN

Las interacciones entre plantas e insectos, así como el rol que cumplen éstas en los ecosistemas, y su importancia en los procesos ecológicos se han visto afectadas por el deterioro del hábitat, particularmente en ecosistemas como las Selvas Bajas Caducifolias (SBC), con condiciones estacionales muy marcadas. Las comunidades resultado de estas relaciones interespecíficas son muy susceptibles a cambios en las condiciones microclimáticas, los cuales influyen de manera importante en el comportamiento y la actividad de forrajeo de los insectos visitantes florales.

Bursera linanoe (La Llave) Rzed., Calderón & Medina, conocida como Xochicopatli, lináloe o lavanda India, tiene una gran importancia ecológica, cultural y económica, endémico y dominante en la Selva Baja Caducifolia de México. Su importancia ecológica radica en que las flores representan un recurso indispensable para numerosos insectos, estableciendo interacciones mutualistas con muchas especies y ofreciendo recursos múltiples a los insectos que visitan sus flores.

En este proyecto se analizó la estructura y dinámica de la comunidad de visitantes florales, asociados a flores femeninas y masculinas, de *Bursera linanoe*, en la UMA Rancho El Salado en Jolalpan, Puebla. Se realizaron muestreos en 8 intervalos de observación, en las que se midieron a la par las variables ambientales de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento e intensidad lumínica, esto para evaluar como estas variables afectan a la comunidad de insectos visitantes.

Como resultados se obtuvieron un total de 230 individuos, agrupados en cinco órdenes: Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera y Coleoptera; el primero con 81 spp en flores macho (FM) y 113 en flores hembra (FH), seguido de Diptera con 11 individuos en FM y 13 en FH, Hemiptera con 7 presencias en FH y 2 en FM, Lepidoptera con un organismo por sexo, mientras que Coleoptera solo fue reportada una vez en flor femenina.

ABSTRACT

The interactions between plants and insects, as well as their role in ecosystems, and their importance in ecological processes have been affected by the deterioration of the habitat, particularly in ecosystems such as the Tropical Deciduous Forest (TDC), with very marked seasonal conditions. The communities resulting from these interspecific relationships are very susceptible to changes in microclimate conditions, which significantly influence the behavior and foraging activity of the flower visiting insects.

Bursera linanoe (La Llave) Rzed., Calderón & Medina, known as Xochicopatli, lináloe or Indian lavender, has great ecological, cultural and economic importance, endemic and dominant in the Tropical Deciduous Forest of Mexico. Their ecological importance lies in the fact that flowers represent an essential resource for numerous insects, establishing mutualistic interactions with many species and offering multiple resources to the insects that visit their flowers.

In this project, the structure and dynamics of the community of floral visitors, associated with female and male flowers, of *Bursera linanoe*, at the Rancho El Salado UMA in Jolalpan, Puebla, were analyzed. Samplings were carried out in 8 observation intervals, in which the environmental variables of temperature, relative humidity, wind speed and light intensity were measured at the same time, this to evaluate how these variables affect the community of visiting insects.

As results a total of 230 individuals were obtained, grouped in five orders: Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera and Coleoptera; the first with 81 spp. in male flowers (MF) and 113 in female flowers (FF), followed by Diptera with 11 individuals in MF and 13 in FF, Hemiptera with 7 presences in FF and 2 in MF, Lepidoptera with one organism per sex, while that Coleoptera was only reported once on a female flower.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las interacciones mutualistas más relevantes en los ecosistemas son las que ocurren entre planta-polinizador, en la que el animal se alimenta del polen o néctar de las flores y permite la fecundación de las plantas al transportar el polen de planta en planta (Brenes-Rodríguez, 2016). A pesar de sus beneficios, se ha reportado una reducción importante en la abundancia y diversidad de los polinizadores, esto como resultado del deterioro ambiental debido a factores como la destrucción del hábitat (fragmentación deforestación), la agricultura, el uso de pesticidas, la introducción de especies no nativas, las enfermedades de polinizadores y uno de los más importantes: el cambio climático (Sosenski y Domínguez, 2018).

Las comunidades, resultado de estas relaciones interespecíficas (interacciones que se establecen entre especies diferentes de una comunidad), son muy susceptibles a cambios en las condiciones microclimáticas, los cuales influyen de manera importante en el comportamiento y la actividad de forrajeo de los insectos visitantes florales. Estos son especialmente sensibles a cambios en la temperatura, la velocidad del viento, la lluvia y nubosidad, debido a la incapacidad física de volar bajo la lluvia o el viento, incluso al tiempo empleado para su termorregulación. La situación de riesgo en la que se encuentran estas interacciones se agrava por la perturbación antropogénica, ya que la actividad humana puede causar incrementos en la intensidad lumínica, la temperatura, la evaporación, la exposición al viento y a diversos contaminantes, así como una disminución de la humedad; que a su vez puede provocar el desplazamiento total de las comunidades de insectos, e incluso hasta su desaparición (Rivas-Arancibia *et al.*, 2014; Brenes-Rodríguez, 2016).

Las interacciones entre plantas e insectos, así como el rol que cumplen éstas en los ecosistemas, y su importancia en los procesos ecológicos se han visto afectados por el deterioro del hábitat. Particularmente en ecosistemas como las Selva Baja Caducifolia, se pueden perder las interacciones mutualistas como la polinización y

la fungivoría, ocasionando incluso que muchas especies desaparezcan (Parra-Tabla *et al.*, 2000).

La Selva Baja Caducifolia (o también llamados bosques secos) es una comunidad vegetal o ecosistema propio de las partes más secas de las regiones tropicales (principalmente áreas con clima subhúmedo en sus tres variables de humedad creciente Aw_0 , Aw_1 y Aw_2). Los Bosques Caducifolios Americanos (BCA) corresponden al 70% del total encontrado en el mundo. En América se estima la extensión de SBC en 519,597 km², del cual el 38% se encuentra en nuestro país (Osorio-Beristain, 2012; Martínez-Rodríguez *et al.*, 2017). En México se distribuye como una mancha casi continua en el pacífico, desde las costas de Sonora, hasta Chiapas (Trejo, 2005). Las condiciones de la SBC son muy marcadas, con alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm, con temperaturas que oscilan entre los 22°C y 26°C media anual, y lluvias entre los 800 mm y los 100 mm, por lo que estas regiones han sido clasificadas con climas semicálidos, secos o semiáridos (Trejo, 2005, Meave *et al.*, 2012). Su marcada estacionalidad, entre la temporada de lluvias y la temporada seca, define la fenología de este ecosistema (Balvanera *et al.*, 2000), esto limita el establecimiento solo a los organismos capaces de desarrollar estrategias que les permitan sobrevivir.

La importancia de estos ecosistemas radica principalmente en la gran cantidad de especies que alberga, ya que, en México aproximadamente el 40% de las especies son endémicas y, particularmente para el estado de Puebla, las especies endémicas ascienden al 8% (Balvanera, 2000; Gonzáles-Vélez *et al.*, 2020).

Un aspecto biológico relevante en la SBC, es la baja similitud florística entre localidades, aun estando a distancias relativamente cortas; ya que estas selvas se distribuyen de manera fragmentada. Con base en el patrón de distribución del género *Bursera*, se ha inferido que la evolución y expansión de la SBC pudo haber iniciado al menos unos 20 millones de años, dado que la mayor diversificación del linaje ocurrió entre 20 y 5 millones de años, y los linajes más antiguos se encuentran

en el noroeste de México, y posteriormente se diversificaron hacia el sur (Balvanera, 2000; Osorio-Beristain, 2012).

A pesar de su importancia biológica, en nuestro país los bosques secos son los ecosistemas más perturbados. Las principales causas de la pérdida de hábitat han sido provocadas por el ser humano, desde la desaparición del ecosistema por cambio de uso de suelo hasta alteraciones en la composición de especies por la introducción de especies exóticas o el saqueo de especies endémicas. En 1971 este ecosistema ocupaba el 14% del territorio nacional, y hasta 1992 se registró solo el 8% de su extensión original. Estas amenazas tienen mayor impacto debido a que la regeneración de estos ecosistemas es compleja, dado los cambios que sufre debido a la estacionalidad (Trejo, 2005; Osorio-Beristain, 2012; Martínez-Rodríguez *et al.*, 2017).

Como se mencionó, el género *Bursera* es un elemento conspicuo y característico en los ecosistemas de Selva Baja Caducifolia. La familia Burseraceae está principalmente constituida por árboles o arbustos caducifolios, y agrupa más de un centenar de especies de plantas leñosas, cuya distribución se restringe al continente Americano, en la porción intertropical, desde el sureste y suroeste de Estados Unidos, hasta el norte de Perú y de Brasil, incluyendo las Antillas y Galápagos (Rzedowski *et al.*, 2004; Rodríguez-Godínez y Almazán-Núñez, 2015).

Su centro de diversificación es México, donde se han identificado más de cien especies. Los representantes del género son mayormente árboles, (Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005; Rodríguez-Godínez y Almazán-Núñez, 2015). Particularmente *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina, conocida como Xochicopatli, lináloe o lavanda India, tiene una gran importancia ecológica, cultural y económica. Su madera y el fino aroma de su aceite esencial, ha sido exportado a Europa desde el siglo XIX. También su madera, resinas y frutos se cosechan para la obtención de aceites esenciales que se usan en cosméticos, medicinas, rituales y artesanías, generando ingresos económicos para personas en zonas rurales pobres, lo cual ha provocado que se encuentre amenazada por

sobreexplotación. Otro aspecto que propicia su estatus de amenaza, es que sus semillas son recalcitrantes, es decir que estas semillas pasan por un corto o ningún secado de maduración, permaneciendo sensibles a la deshidratación, la reproducción sexual de *B. linanoe*, y se ve limitada por presentar asincronía en la maduración de los frutos y periodos largos entre años semilleros, lo que se refleja en una baja disponibilidad de semilla esto limita su propagación por semilla y limita su habilidad de reclutamiento para la restauración en las poblaciones naturales; esto debido a que en estado natural la tasa de germinación va de un 15 a 10%. Por esta razón se ha trabajado en buscar alternativas sostenibles para salvar y proteger esta especie, esto por medio de la propagación vegetativa para la restauración de áreas nativas (Rzedowski *et al.*, 2004; Rodríguez-Godínez y Almazán-Núñez, 2015; Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2016; Guzmán-Pozos *et al.*, 2018).

La importancia ecológica radica en que las flores representan un recurso indispensable para numerosos insectos, estableciendo interacciones mutualistas con muchas especies y ofreciendo recursos múltiples a los insectos que visitan sus flores.

Debido a lo anterior, es que se desarrolló el presente estudio con el propósito de determinar cuál es la estructura y dinámica de la comunidad de órdenes de insectos, que visita las flores de *Bursera linanoe*, en una Selva Baja Caducifolia del centro de México.

II. ANTECEDENTES

Se ha reportado que los principales taxa que visitan el género *Bursera* en el caso de los artrópodos de diferentes taxa se ven beneficiados, dentro de los cuales se encuentran grupos como los himenópteros, dípteros, lepidópteros, coleópteros y hemípteros; y en menor proporción se pueden encontrar ortópteros, colémbolos, plecópteros, tisanópteros, neurópteros, mecópteros y tricóptero (Maqueda-Díaz y Callejas-Chavero, 2018).

Numerosos trabajos se han realizado sobre la importancia de los visitantes florales en SBC, uno de ellos es el elaborado por Parra-Tabla *et al.* (2000), en el cual realizaron un análisis de aspectos de la ecología poblacional de dos orquídeas establecidas en una vegetación dominante de SBC, tomando aspectos de su biología reproductiva (interacción con polinizadores y otros insectos). En general los resultados observados en *O. ascendens* y en *M. tibicinis*, sugieren que las perturbaciones antropogénicas modifican de manera significativa estas interacciones. Asimismo, Abrahamczyk *et al.* en 2011, publican un trabajo evaluando la riqueza de tres grupos de polinizadores, en relación con factores bióticos y abióticos determinada por la distribución geográfica de estas especies en seis bosques tropicales de las tierras bajas de Bolivia a lo largo de un gradiente de estacionalidad y precipitación. En total registraron 21 especies de colibríes, 513 morfoespecies de abejas y avispas, 243 especies de mariposas diurnas que se alimentaron de néctar y 168 plantas alimenticias con flores. Concluyendo que el número de especies de los tres grupos de polinizadores mostraron patrones diferentes a los climáticos y estuvieron correlacionados con diferentes factores ambientales (para los cuales muchas de estas especies son susceptibles).

Particularmente en México, Caballero-Martínez *et al.* (2012) estudiaron la población de *Ipomoea murucoides* encontrada predominantemente en el área correspondiente a la Selva Baja Caducifolia, en el municipio de Ixtapan del Oro, Estado de México, donde se determinaron los visitantes florales tanto diurnos como nocturnos. Se identificaron tres clases de visitantes florales nocturnos: un quiróptero, tres

especies de aves e insectos, los cuales fueron muy diversos, ya que se observaron especímenes pertenecientes a las familias Cerambycidae, Noctuidae y Apidae. Mientras que posteriormente, Pérez-Hernández y Zaragoza-Caballero en 2015, dieron a conocer un estudio con el cual evaluaban la diversidad alfa y beta de Cantharidae (Coleoptera). Siendo uno de los primeros trabajos enfocados en el estudio de diversidad, en relación con este organismo, ya que estos coleópteros están asociados a la vegetación herbácea, tienen una alta complejidad ecológica, morfológica, evolutiva y sistemática, y son importantes polinizadores. Fueron recolectados en 7 localidades ubicadas en el Bosque Tropical Caducifolio (BTC), en la vertiente del Pacífico mexicano entre 1995 y 2009. Se revisaron 4,063 ejemplares, 10 géneros y 70 especies de cantáridos, 59% de las cuales fueron exclusivas de la localidad de recolecta. El género *Plectonotum* y 11 especies representan nuevos registros en el país y otros 15 son nuevos registros estatales. Se encontró una diversidad beta alta entre los 7 ensambles, con un promedio de 88% de disimilitud total, explicada principalmente por el reemplazamiento de especies. Este componente estuvo correlacionado positivamente con la distancia geográfica y ninguna otra variable influyó en la diversidad de Cantharidae del BTC. No se observó un patrón altitudinal o latitudinal. Se sugiere que la diversidad de cantáridos podría estar determinada por la diversidad florística o la historia biogeográfica de los BTC que habitan.

Uno de los resultados más importantes de estas interacciones son los servicios ecosistémicos que nos brindan, siendo uno de los más destacados la polinización. Martínez-Peralta *et al.* (2018) realizaron un trabajo enfatizando en la importancia de los polinizadores, siendo los Hymenopteros el orden más conocido por la abeja doméstica *A. mellifera*, sin embargo, resaltan mayormente la efectividad de la transferencia de polen realizada por especies nativas enfatizando en la conservación de plantas nativas, tanto en hábitats naturales como transformados. Dando a conocer que, de las siete familias de abejas conocidas a nivel mundial, seis de ellas se distribuyen en México, las cuales incluyen cerca de dos mil especies, subrayando

que la mayor diversidad y abundancia de estos organismos se encuentra en zonas xéricas, ya que estos ambientes les permiten estar libres de patógenos. Dentro del territorio mexicano, la zona más diversa comprende los desiertos de Sonora y Chihuahua, seguidos de las regiones con BTC.

En relación a los trabajos con el género *Bursera*, muchos de ellos se han enfocado en la cobertura arbórea, por ejemplo, Leirana-Alcocer *et al.* (2009), evaluaron los cambios en la estructura y composición vegetal, en tierras de uso agrícola en SBC, ubicado en la reserva estatal de Dzilam, Yucatán. Ya que esta zona sufre de presiones por actividades antropogénicas como la ganadería, agricultura y explotación de piedra caliza. Se eligieron sitios con diferentes años de abandono en su uso y se calculó la riqueza específica de árboles. Varias especies de la familia *Bursera* mostraron una gran importancia ecológica en todas las comunidades, ya que sus frutos y semillas proporcionan alimento a una gran variedad de organismos. Así también, Rodríguez-Godínez y Almazán-Nuñez (2015) estudiaron la estructura y composición florística de la familia *Burseraceae*, en Guerrero; encontrando una gran riqueza y cinco especies endémicas para la cuenca del Río Balsas. Donde ocurre una disminución importante por la intervención del hombre ocasionando la fragmentación del bosque. Ya que el cambio de uso de suelo modifica constantemente la vegetación original y sus condiciones, y reduce la biodiversidad del ecosistema.

En el caso particular de la especie *Bursera linanoe*, la mayoría de trabajos se enfocan en la conservación y oportunidades de producción sustentable como es el caso del proyecto trabajado por Arellano-Ostoa *et al.* (2014) dedicado al estudio del árbol de lináloe, el cual es considerado una especie amenazada, debido a la sobreexplotación que ha sufrido en los estados mexicanos de Puebla, Guerrero, Morelos y Oaxaca.

A pesar de la importancia del género *Bursera*, poco se sabe acerca de la expresión sexual y la variación en la proporción de sexos en floración. Al respecto Gutiérrez-Santiago *et al.* (2016) realizaron una clasificación sexual de *Bursera*

linanoe y evaluaron las implicaciones productivas de sus aceites esenciales en la selva baja caducifolia de la vertiente del Río Balsas, estado de Guerrero. En las dos temporadas de floración se registró la observación de solo dos tipos predominantes de flores unisexuales (estaminadas y pistiladas) y frutos, manifestados en tres individuos (hembras, machos y monoicos) en las tres poblaciones estudiadas, sin embargo, a pesar de que los monoicos mostraron escasos frutos, no se precisó si las semillas son viables por lo cual no se puede descartar la posibilidad de frutos a partir de flores bisexuales. Este estudio resalta el peligro a largo plazo en la sustentabilidad de una población si un sexo es etiquetado como preferente entre los otros, la sobre extracción de estos individuos podrían tener profundas implicaciones para su regeneración a largo plazo y existe un peligro de efecto alélico si el tamaño de la población llega a ser muy reducido.

Morales-Trejo *et al.* (2014) estudiaron la abundancia y diversidad de visitantes florales de *Opuntia pilífera*, en el Jardín Botánico Helia Bravo Hollis, ubicado en el municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla. Mediante un muestreo dirigido de dos días en un parche de mezquites, donde se seleccionaron 40 individuos de *Opuntia pilífera* con flores abiertas. Evaluando la diversidad en relación al número de ordenes (a mayor variedad de ordenes mayor diversidad de visitantes florales). Recolectando un total de 514 visitantes florales, pertenecientes a siete ordenes de insectos. Mostrando mayor abundancia el orden de Hymenoptera con un total de 233 individuos, siguiendo Coleóptera con 171, Hemiptera con 70, Diptera con 26 y en menor cantidad Arachnida con 9 representantes, Neuroptera con 2 y Lepidoptera con 1. Con base en estos resultados pudieron observar la alta diversidad en visitantes florales de dicha especie, observando una disminución en la actividad de los visitantes florales al incrementar la temperatura ambiental durante el mediodía.

Juan-Baeza *et al.* (2015) evaluaron la diversidad de herbívoros y lepidópteros asociada a dos especies de árboles pioneros que en la restauración en un BTC en la sierra de Huatla, en Morelos, México, realizado en la época de lluvias de julio a

octubre en once parcelas. La riqueza de lepidópteros asociados con *H. pallidus* no difirió significativamente de los asociados a *I. pauciflora*, sin embargo, la riqueza de lepidópteros disminuyó durante la temporada de lluvias, mostrando un patrón mensual similar para las dos especies arbóreas. En este estudio se encontró que la exclusión del ganado es crucial para el regreso de la diversidad de lepidópteros al área de en proceso de restauración. Los patrones temporales de riqueza y abundancia de lepidópteros siguieron a la temporada de lluvias; encontrando un mayor número de especies e individuos al inicio de la temporada y luego presento un declive d constante a lo largo de la temporada.

Estudios relacionados con el género *Bursera* encontramos el de Luna-Cedeño *et al.* (2018) en el cual se estudiaron los frutos y semillas de *Bursera simplex*, llevado a cabo en Santa María Zoquitlán en Oaxaca, donde la vegetación es predominantemente SBC, siendo esta una especie endémica de la cuenca del Río Tehuantepec. Se realizaron muestreos dirigidos con la finalidad de identificar arboles de la especie de interés con características fenotípicas optimas y con presencia de fruto, tomando de cada uno de los ejemplares seleccionados parte de los frutos que presentaban. Uno de los aspectos más importantes de este estudio fue el relacionado a las variaciones morfológicas en frutos y semillas de los diferentes árboles, resultado del tipo de reproducción de esta especie, ya que al ser un árbol dioico promueve la polinización cruzada, lo que a su vez da como resultado mayor diversidad en la descendencia, refiriendo que las diferencias de tamaños (y viabilidad) se deben a factores biológicos y físicos.

De la mano con este estudio tenemos el realizado por Cultid-Medina y Rico (2020) en el cual abordaron los aspectos más importantes en la reproducción y dispersión de semillas de Copales y Cuajotes, dando énfasis en la importancia de las aves para la supervivencia de los bosques tropicales secos. Una peculiaridad resaltada de *Bursera*, es la producción de frutos sin semilla a partir de flores no polinizadas lo cual cumple una doble función, por un lado, reduce el efecto de la depredación de los frutos viables, y por otro, incrementa el éxito de la dispersión por parte de

dispersores más efectivos. Sin embargo, la producción de frutos sin semilla se puede deber a otras causas, como defectos genéticos o por ataque de insectos que llevan al aborto del ovulo.

Ramos-Robles *et al.* (2020) estudiaron experimentalmente los cambios en la diversidad, composición y patrón de interacciones asociados a la variación espacio-temporal de las redes de interacción entre escarabajos saproxilofagos y sus árboles hospedantes en un BTC en Morelos, México. Se seleccionaron un total de 65 especies de árboles hospederos sometidos a diferentes tratamientos (dosel de lluvia, terreno de lluvia, dosel seco y terreno seco); dentro de los cuales destaca *B. copallifera* siendo una de las especies arborescentes con mayor número de interacciones y de mayor importancia en la red. Lo cual puede ser explicado con los índices relacionados con la organización y la importancia de la especie (es decir, el número de interacciones, fuerza de la especie), ya que forma parte de las especies de mayor importancia y abundancia en el sitio de estudio.

Los trabajos que se han encargado de estudiar con más especificidad la relación entre visitantes florales y el género *Bursera* son muy limitados, sin embargo, en el trabajo de Rivas-Arancibia *et al.* (2014) se analizó cómo varía la comunidad de visitantes florales en *B. copallifera* en función de los cambios en algunas variables ambientales (temperatura, humedad y altitud), así como en función de diferentes factores de perturbación antropogénica, esto mediante el establecimiento de un gradiente de perturbación calculado a partir de un índice cuantitativo multiparamétrico. El estudio se llevó a cabo en la localidad rancho El Salado, ubicado en el municipio de Jolalpan, Puebla. Se reportaron un total de 337 individuos, pertenecientes a 55 especies, agrupadas en 5 órdenes: Coleóptera, Diptera, Hemiptera, Himenoptera y Lepidoptera. Siendo el orden Himenoptera el de mayor número de especies y con mayor abundancia de individuos. En segundo lugar, se encontró el orden Coleóptera, y el orden con menor número de especies y menor abundancia fue Diptera. En conclusión, se encontró que las flores de *B. copallifera* atraen una gran riqueza de especies visitantes florales; donde todos los

órdenes de visitantes florales tuvieron especies tolerantes a la perturbación, pero fue mayor el número de especies sensibles.

Con el mismo género Gutiérrez-Carmona (2016), trabajó con la especie *Bursera schlechtendalii*, en el cual determinaron la comunidad de visitantes florales y como esta se ve afectada por condiciones abióticas como la temperatura y humedad ambiental, mediante la selección de 11 individuos, siete machos y cuatro hembras de *Bursera schlechtendalii* y se colectaron los insectos visitantes en tres periodos a lo largo del día. Se registró un total de 36 especies visitadoras, agrupadas en cinco órdenes Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera y Hemiptera. Mientras que el Análisis Canónico de Correspondencia mostró que la presencia de los insectos no se ve afectada mayormente por los factores ambientales. Ya que en el caso del orden Coleoptera sus visitas se ven influenciada un poco por la temperatura y Hemiptera se ve influenciada por la humedad.

III. JUSTIFICACIÓN

Los visitantes florales, en su mayoría, se caracterizan por ser polinizadores, por tal motivo resulta importante realizar estudios acerca de su interacción con las plantas y el impacto que tienen en el éxito reproductivo de las mismas.

Por su parte, en el caso de las especies sujetas a explotación antropogénica, como el de la *Bursera linanoe*, se requiere la realización de estudios enfocados no solo a su propagación y aspectos reproductivos, sino también a las interacciones biológicas que esta especie establece en su comunidad natural.

Actualmente se conoce poco respecto a las interacciones mutualistas entre *Bursera linanoe* e insectos en el estado de Puebla, por tal motivo, es fundamental la comprensión de las interrelaciones que esta especie establece en el ecosistema de Selva Baja, para así, derivado de la comprensión de dichas relaciones mutualistas los planes de restauración de las misma sean exitosos.

La mayoría de los estudios de ecosistemas boscosos están enfocados principalmente a los de climas húmedos o templados, dejando de lado la Selva Baja Caducifolia (SBC) que se caracteriza por ser un ecosistema frágil. Por tal motivo, debe prestarse particular atención a las interacciones entre insectos y plantas y el efecto de la fragmentación en ecosistemas tropicales.

Por otra parte, el conocimiento de las causas y consecuencias de los efectos que modifican dichos procesos ecológicos puede ser una pieza clave para la elaboración de estrategias de manejo para la conservación de especies en un nivel comunitario con ayuda de la población, o bien simplemente para entender los procesos ecológicos que caracterizan a este tipo de ecosistema.

IV. HIPÓTESIS

Dado que se ha reportado en la literatura que los órdenes de visitantes florales de otras especies del género *Bursera* está conformada por Coleóptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera, se espera encontrar estos mismos órdenes para la especie *Bursera linanoe*. También se espera encontrar una similitud en abundancia y diversidad entre las flores femeninas y masculinas, ya que esto garantizaría el traslado de polen por los insectos, y cumpliría su función en la reproducción sexual de la especie.

V. OBJETIVOS

5.1 *Objetivo general*

Analizar la estructura y dinámica de la comunidad de visitantes florales, asociados a flores femeninas y masculinas, de *Bursera linanoe*, en la UMA Rancho El Salado en Jolalpan, Puebla.

5.2 *Objetivos específicos*

- Identificar y comparar los órdenes de visitantes florales de plantas femeninas y masculinas de la especie *Bursera linanoe*.
- Determinar el efecto del sexo de la flor de *Bursera linanoe* en la abundancia relativa y diversidad de visitantes florales.
- Determinar el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de órdenes, en las flores de *Bursera linanoe*.
- Determinar el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de morfoespecies de visitantes florales, en las flores de *Bursera linanoe*.

VI. MÉTODO

6.1 Zona de estudio

La UMA Rancho El Salado se localiza en el Municipio Jolalpan del Estado de Puebla México y se encuentra en las coordenadas UTM longitud -98.958056, latitud 18.337222. La localidad se encuentra a una mediana altura de 920 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con el estado de Guerrero y el municipio de Teotlalco; al este con los municipios de Teotlalco, Huehuetlán el Chico, Chiautla, Cohetzala, Huehuetlán el Chico, Chiautla y Cohetzala; al sur con el municipio de Cohetzala y el estado de Guerrero; al oeste con el estado de Guerrero (Figura 2).

Presenta un rango de temperatura media anual de 22-28°C, con precipitaciones de 800 a 1000 mm media anual. Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Perfil edáfico, leptosol 48%, regosol 22.5%, phaeozem 21%, gypsisol 6% y vertisol 1%. Situado en la Cuenca del Río Balsas, con vegetación de tipo selva 55%, pastizal 12%, palmar 6% y bosque 5%. El tipo de vegetación se clasifica como Selva Baja Caducifolia. Predomina la vegetación arbórea, con ramificaciones a corta altura entre 8 y 12 m. También se encuentran arbustos, cactáceas columnares y candelabrifformes. Entre las familias presentes, destacan Leguminosae, Euphorbiaceae, Burseraceae, Cactaceae, Compositae, Malpighiaceae, Rubiaceae y Anacardaceae (Trejo, 2005; Osorio-Beristain, 2012; Meave et al., 2012).

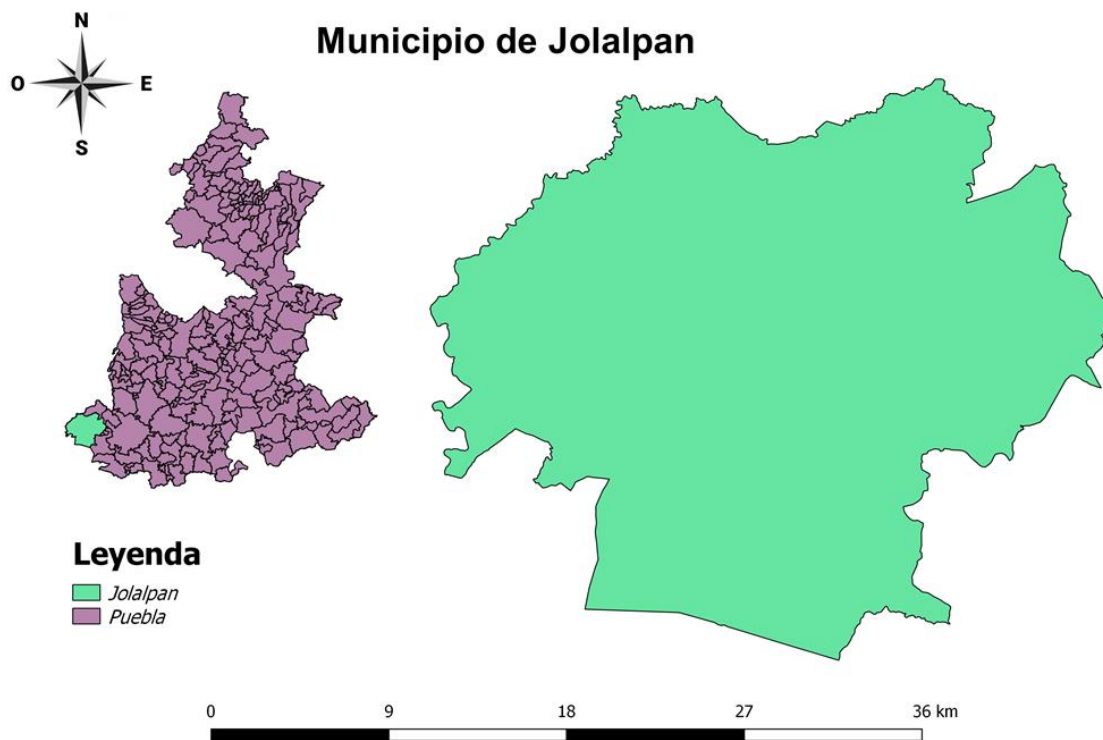


Figura 2. Mapa de Jolalpa, Puebla. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Jolalpan, Puebla.

6.2 Descripción de la especie de estudio

Bursera linanoe (La Llave) Rzed., Calderón & Medina., conocida como Xochicopatli, lináloe o lavanda India, tiene una gran importancia ecológica, cultural y económica, endémico y dominante en la Selva Baja Caducifolia de México. Es una especie propia del sector oriental de la depresión del Balsas y también de las cuencas del Papaloapan y del río Tehuantepec. Se distribuye en los Estados de Guerrero, Morelos, Oaxaca y Puebla. Crece en condiciones semiáridas, las poblaciones naturales de la especie se localizan en una altitud entre los 550 m y los 1500 msnm, pendientes entre 25 y 60%, en sustratos metamórficos e ígneos, pedregosidad entre 20 y 30%, pH de 5 a 8, en suelos de tipo rendizinas, listosoles y resoles calcáreos (Rzedowski *et al.*, 2004; Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2016; Pavón-Reyes, 2016).

Bursera linanoe es un árbol dioico o a veces polígamo-dioico (figura 1), hasta de 8(10) m de alto, muy resinoso, con aroma agradable y penetrante al estrujarse. Su floración se presenta de abril a principios de julio y se encuentra desprovisto de follaje durante los meses de noviembre a abril; tronco hasta de 60 cm de diámetro, con corteza gris-rojiza, no exfoliante, ramillas lignificadas francamente rojizas oscuras, glabras o las más jóvenes a veces densamente pubérulas o esparcidamente vilosas; hojas por lo general imparipinnadas, de 6 a 12(15) cm de largo y 3 a 8(10) cm de ancho, peciolo de 1 a 3 cm de largo, viloso o esparcidamente glanduloso-pubérulo, foliolos (3)5 o 7 (raquis con alas de margen entero, hasta de 2(2.5) mm de ancho de cada lado, notablemente más anchas hacia el extremo distal del entrenudo; inflorescencias racimoso-paniculadas, hasta de 6(8) cm de largo y hasta con 35 flores, aunque por lo general mucho más modestas, vilosas y glanduloso-pubérulas, bracteolas linear-subuladas, de ca. 2 mm de largo, pedicelos de 3 a 8 mm de largo; flores masculinas tetrámeras, lóbulos del cáliz triangulares, de 0.6 a 0.8 mm de largo glanduloso-pubérulos y esparcidamente vilosos, pétalos blanquecinos, oblongos a oblanceolados, de 3 a 4 mm de largo, glanduloso-pubérulos y vilosos por fuera, estambres 8, filamentos de 1.5 a 2 mm de largo, anteras oblongas, de 0.9 a 1.2 mm de largo, gineceo vestigial; flores femeninas semejantes a las masculinas, pero con los pétalos de ca. 2 mm de largo, estaminodios con anteras de 0.7 a 0.8 mm de largo, ovario bilocular, estilo evidente, a veces con dos ramas libres casi hasta la base, estigmas 2; pedúnculos fructíferos hasta de 4 cm de largo, pedicelos ligeramente engrosados, hasta de 9(12) mm de largo, frutos hasta 8 por infrutescencia, pero no pocas veces solitarios, bivalvados, obovoides y a menudo atenuados en el ápice, pero algo comprimidos, de 9 a 11 mm de largo, de a. 8 mm de ancho, glabros, rojizos en la madurez, hueso sublenticular o plano-convexo, de 5 a 6 mm de diámetro, a menudo más ancho que largo, cubierto en la mitad o en los 2/3 inferiores por un pseudoarilo anaranjado, la porción expuesta negra, la formación de las flores ocurre al mismo tiempo que el surgimiento de los brotes de las hojas, al principio de la época de lluvias, apareciendo las flores

masculinas una semana antes de las flores femeninas (Rzedowski *et al.*, 2004; Arellano-Ostoa *et al.*, 2014; Pavón-Reyes, 2016).

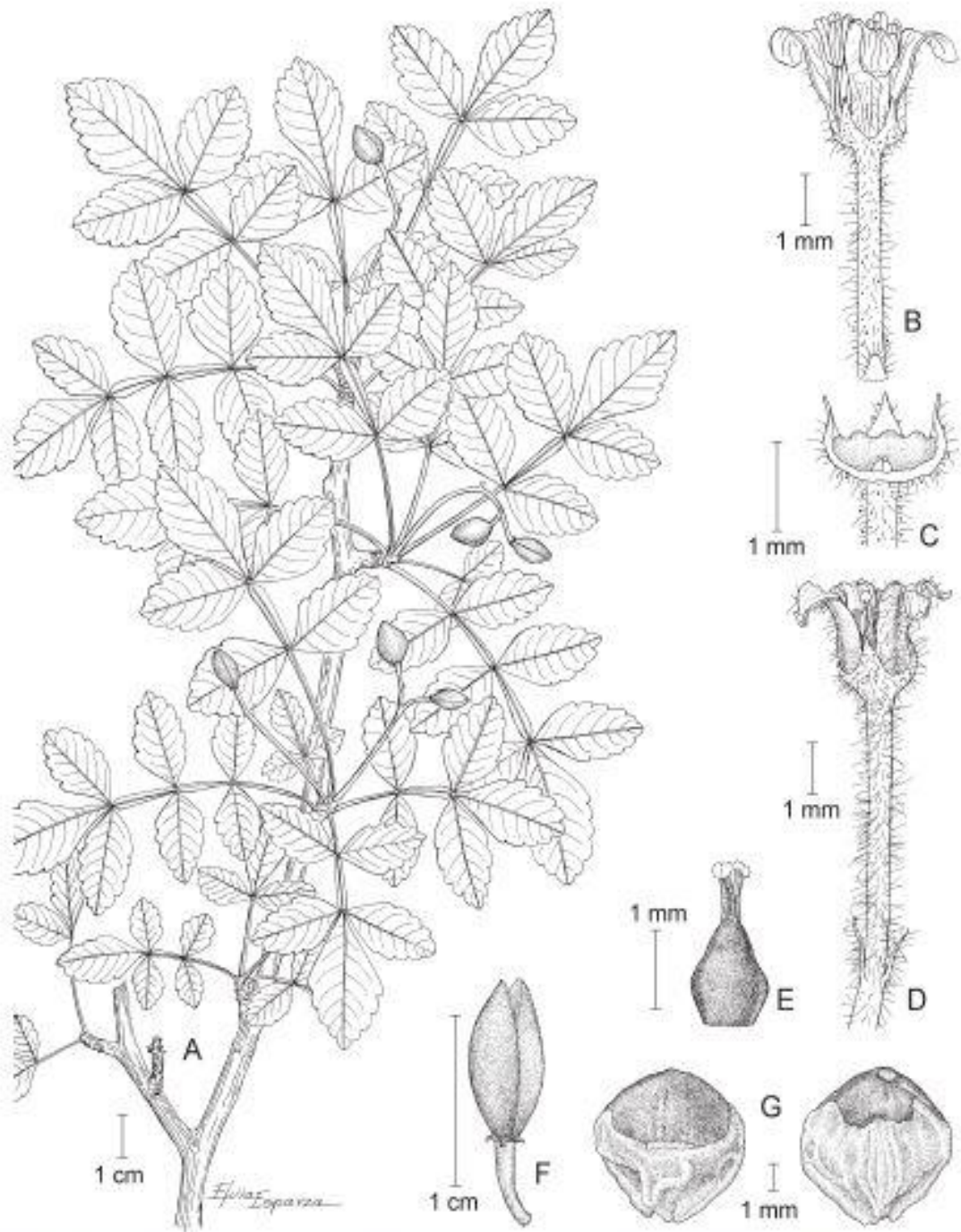


Figura 1. *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina. A. rama con hojas y frutos; B. flor masculina; C. flor masculina desprovista de un segmento del cáliz, de los 4 pétalos y del androceo; D. flor femenina; E. pistilo; F. fruto; G. hueso visto por ambas caras. Ilustrado por Elvia Esparza. (Rzedowski *et al.*, 2004).

6.3 Colecta de insectos

En cada uno de los sitios seleccionados, se eligieron 3 individuos de *B. linanoe* (los cuales se pudieron clasificar en plantas macho y hembra según el tipo de flores). En cada individuo se marcaron 3 inflorescencias para realizar el registro y recolecta de visitantes florales. Esto último se llevó a cabo en todos los insectos que se posaban sobre las flores, se realizó a partir de la antesis hasta completar un periodo continuo de 48 h. Se establecieron 3 periodos de muestreo con horarios de 9:00-12:00, 12:00-15:00 y 15:00-18:00 h, de 3 h cada uno, con intervalos de 15 min de observación y 15 min de descanso; para cada inflorescencia, entonces se tuvo un total de 30 min por periodo y 90 min por día, hasta completar un total de 6 días. Los insectos recolectados se sacrificaron *in situ* con acetato de etilo y se llevaron al laboratorio para su montaje e identificación. Durante las observaciones y recolectas de visitantes florales, también se registró la altitud, utilizando un GPS (Garmin, eTrex 30), la temperatura y la humedad (usando, en cada sitio, un dispositivo Hobo Data Loggers U12 Temp/RH/Light, 2010). Los sensores Hobos fueron ubicados, aproximadamente, a 1 m de altura, y sobre una de las ramas de los individuos de *B. linanoe* muestreados. Así, la temperatura y la humedad se registraron cada hora, simultáneamente en los 3 sitios, durante el periodo de estudio.

6.4 Análisis estadístico

Para la interpretación de datos, primero fue necesario el cálculo de la abundancia relativa de las morfoespecies de insectos para cada orden, entre flores femeninas y masculinas, también se calculó la abundancia entre machos y hembras se aplicó la prueba de Mann Whitney en el programa R versión 4.1.1.

Mediante el índice de Simpson se calculó la diversidad alfa, tanto para las flores masculinas como para las femeninas, y se utilizó una T student con la variación de Hutchinson para comparar ambos índices de diversidad, esto se hizo para cada orden encontrado y para el total de visitantes florales en los programas PAST 4.03 y R versión 4.1.1.

Por otra parte, para analizar el efecto de los factores ambientales sobre los órdenes de visitantes, se aplicó un Análisis Canónico de Correspondencia a las matrices de órdenes por día de muestreo, y variables ambientales por día de muestreo en el programa PAST 4.03 y MVSP 3.2.

RESULTADOS

7.1 Abundancia de visitantes florales

Al finalizar los muestreos se completó un total de 720 min de observación por inflorescencia, considerando que se muestrearon 3 inflorescencias en cada individuo de *B. linanoe*, se tuvo un total de 2 160 min (36 h) de observación, que multiplicado por 3 individuos en cada sitio hizo un total de 6 480 min, a su vez multiplicado por 3 sitios de observación hace un total de 19 440 min (324 h).

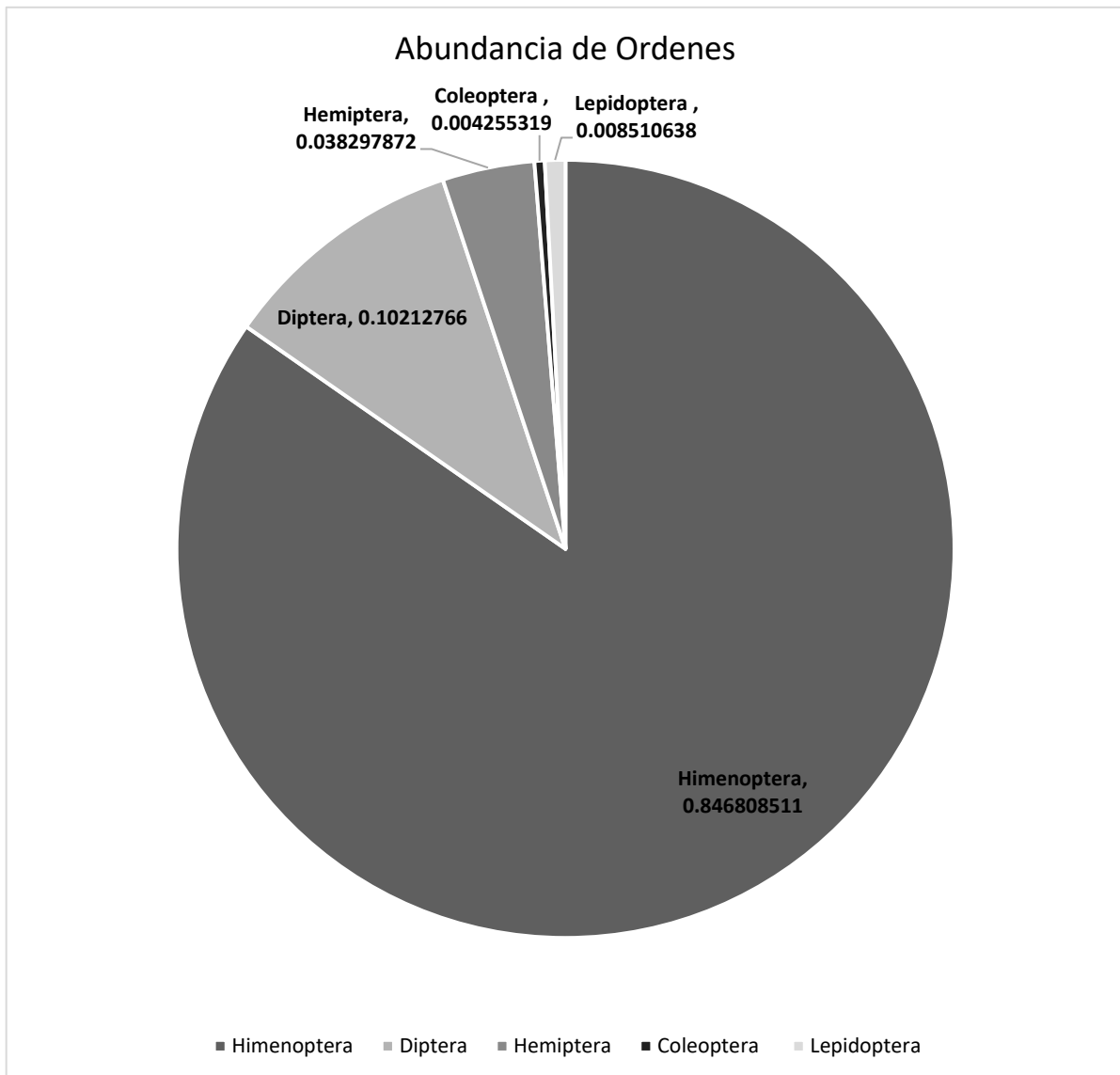
El monitoreo de visitantes florales se realizó en los 3 sitios simultáneamente. Se recolectaron un total de 230 individuos, agrupados en cinco órdenes Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera y Coleóptera. Siendo Hymenoptera el orden que presentó mayor número de individuos, con 81 spp en flores macho (FM) y 113 en flores hembra (FH), seguido de Diptera con 11 individuos en FM y 13 en FH, Hemiptera con 7 presencias en FH y 2 en FM. Para el caso de Lepidoptera se obtuvo solo una visita para cada tipo de flor, mientras que Coleóptera solo tuvo un avistamiento en flores hembra, siendo estos los órdenes con menos número de organismos obtenidos en los muestreos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ordenes de visitantes florales y número de visitantes florales presentes en cada orden, resultado de los muestreos realizados, en los meses de Abril y Mayo, en el Rancho El Salado, Jolalpan, Puebla.

Sexo	Himenoptera	Diptera	Hemiptera	Coleoptera	Lepidoptera
Macho	81	11	2	0	1
Hembra	113	13	7	1	1
Total	194	24	9	1	2

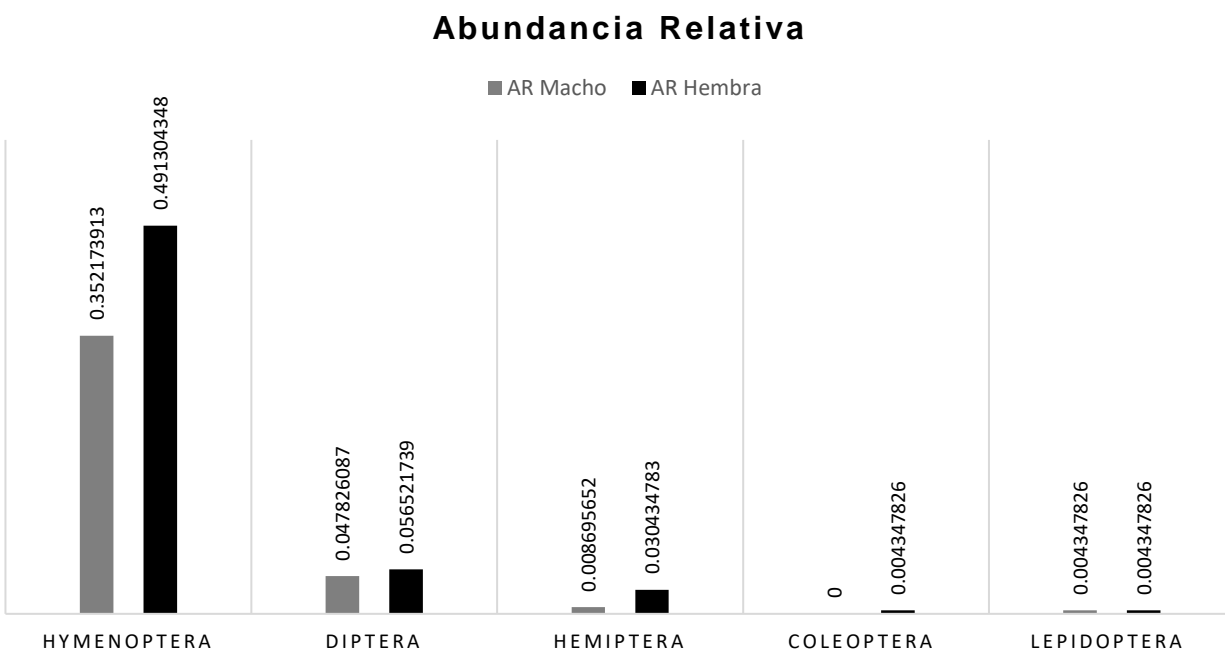
7.2 Abundancia relativa de visitantes florales

Se calculó la abundancia relativa total, al dividir la abundancia de cada orden presente entre el total de individuos (sumando el total encontrado en FM y FH; (gráfica 1) Hymenoptera presento una abundancia relativa (AR) de 84.68, Dípteros con el 10.21, Hemípteros con una AR de 3.82, y los grupos con menor avistamiento obtuvieron 0.85 de AR por parte de Lepidoptera y 0.42 para Coleópteros.



Gráfica 1. Representación de abundancia relativa para cada orden relacionado con los visitantes florales presentes en *Bursera linanoe*.

Para calcular la abundancia relativa en cada tipo de flor, se dividió el número de visitantes por orden entre el total de visitantes florales solo en flores femeninas y solo en flores masculinas respectivamente. Encontrando que Hymenoptera presento una abundancia relativa para FH de 49.13 y para FM de 35.21, Diptera con abundancia relativa para FH de 5.62 y FM 4.78, Hemiptera de FH 3.04 y FM 0.86, Lepidoptera para ambos sexos presento una abundancia relativa de 0.43 y en el caso de Coleoptera solo presente el valor de FH con 0.43, ya que no hubo presencia de visitantes florales de la orden coleóptera para las flores masculinas (gráfica 2).

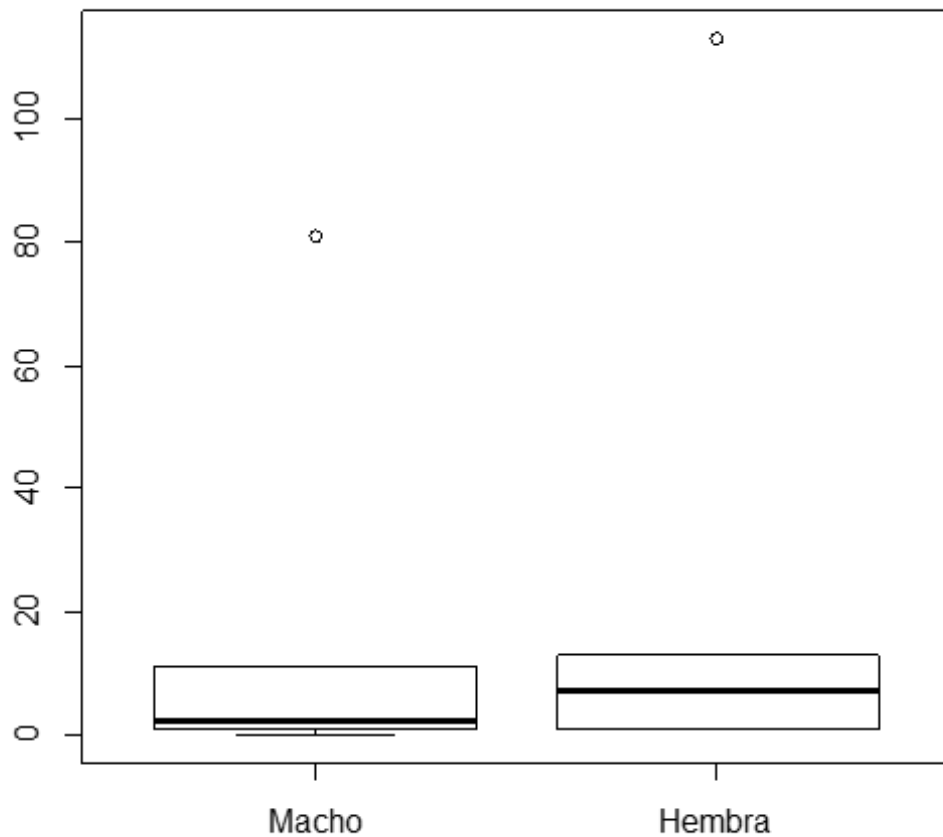


Gráfica 2. Abundancia relativa de visitantes por orden, para cada sexo floral.

7.3 Efecto del sexo floral en relación a visitantes

El efecto del sexo de la flor en relación al número de visitantes florales, fue 135 visitantes en total para las flores hembra y 95 para las flores masculinas, la prueba Mann Whitney para la comparación entre las abundancias de los organismos colectados en las plantas macho y las plantas hembra, mostró que no existe

diferencia significativa con un valor $p= 0.6723$ (gráfica 3). Respecto a la diversidad, el índice de Simpson fue de 0.740 para FM, y de 0.712 para FH, con un valor de $p= 0.701$. Los índices de Simpson para cada orden fueron de 0.0555 para Diptera, 0.0104 para Himenoptera, 0.5 Lepidoptera, 1.8892 Hemiptera y coleóptera con un valor de 1. La probabilidad de la T de Student para los órdenes de visitantes florales fueron obtenidos mediante una comparación entre pares, para el caso de Diptera/Hymenoptera el valor de la probabilidad fue $p=0.009$, Lepidoptera/Hemiptera $p=0.568$. El orden Coleóptera no fue calculado debido a que solo se encontró un visitador.



Gráfica 3. Gráfico de cajas y alambres hembras y machos. Comparación de ambos grupos florales respecto al número de visitantes florales que tuvo, Mann Whitney $p= 0.2763$.

7.4 Efecto de las condiciones ambientales en la comunidad de visitantes florales

Las condiciones ambientales promedio tuvieron cambios notables durante todos los días de muestreo (cuadro 2), a excepción de la temperatura que no mostro diferencias tan marcadas durante los diferentes días. Para el caso de las variables como Humedad Relativa (HR), con un valor máximo promedio reportado de 38.0191 ± 12.6 y un mínimo de 13.803 ± 10.07 , Intensidad Lumínica (IL) valor máximo de 4153.433 ± 1633.3 y valor mínimo de 1140.344 ± 1119.02 , Velocidad del Viento valor mínimo promedio de 1.144 ± 0.51 y máximo de 4.466 ± 7.77 .

Fecha	Temperatura (T) (°C)	HR (%)	Intensidad lumínica (Lux)	Velocidad del viento (mph)
DIA1M1	32.791 ± 4.412	16.095 ± 9.773	1140.344 ± 1119.02	4.466 ± 7.77
DIA2M1	34.303 ± 5.141	13.803 ± 10.07	1298.722 ± 1004.4	1.57 ± 0.69
DIA3M1	29.957 ± 5.59	24.97 ± 11.94	2413.15 ± 875.84	1.65 ± 0.83
DIA1M2	34.05 ± 5.114	22.49 ± 7.09	3979.98 ± 1025.45	1.35 ± 0.32
DIA2M2	34.021 ± 5.273	25.986 ± 11.20	4153.433 ± 1633.3	1.5 ± 0.24
DIA3M2	32.974 ± 5.050	38.0191 ± 12.6	3832.833 ± 1272.1	1.144 ± 0.51

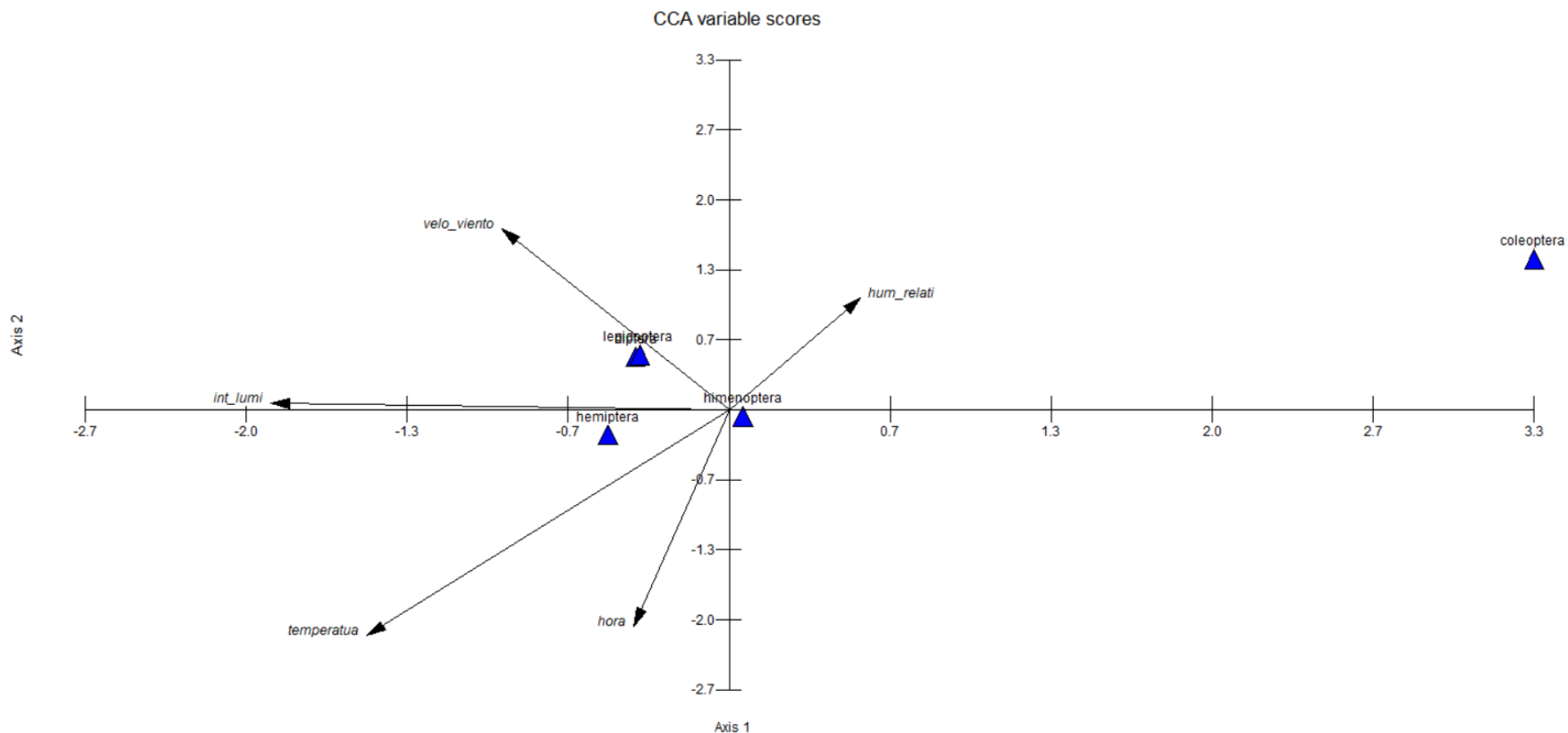
Cuadro 2. Valores promedio por día de las variables ambientales. Temperatura (T) medida en C°, Humedad Relativa (HR), Intensidad Lumínica (IL) en lux y Velocidad del Viento (VDV) en mph.

El Análisis Canónico de Correspondencia (ACC), mostró que en la matriz total de insectos de los visitantes de flores femeninas y masculinas (grafica 5), en valores estadísticos se puede decir que las variables ambientales afectan muy poco la abundancia de los órdenes. Ya que se obtuvo un eigenvalor de 0.044 para el primer eje de ordenación, lo cual no es significativo; porcentaje de explicación de eje 1 y 2 de 12.498. En cambio, al observar la gráfica notamos que para el orden Coleoptera muestra una clara tendencia a aumentar su abundancia cuando disminuye la temperatura y aumenta la humedad. Al mismo tiempo vemos como Lepidoptera y

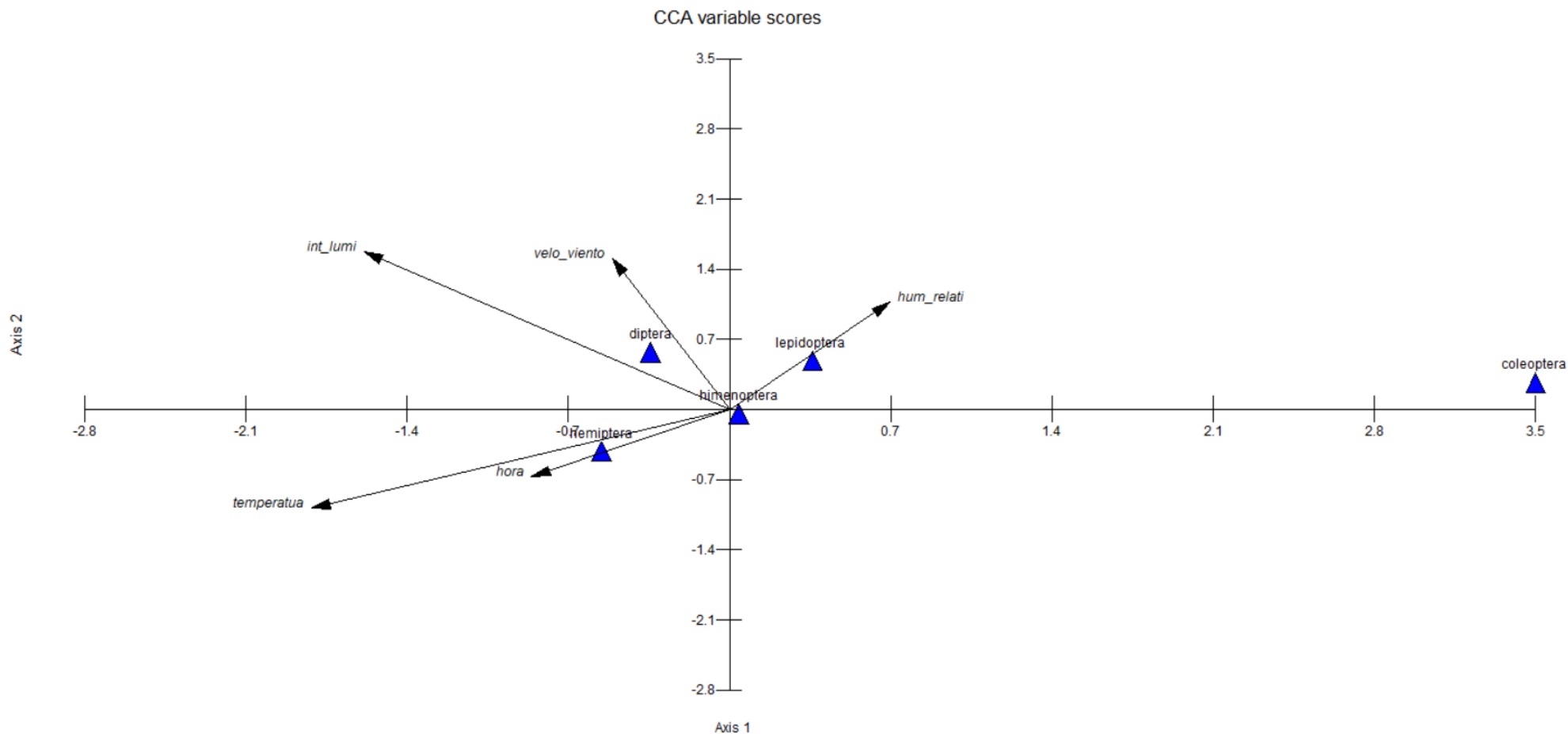
Diptera se comportan de manera similar, ya que, en la gráfica, ambos grupos se encuentran juntos, cerca del vector de la variable velocidad del viento.

A su vez, en las flores femeninas (gráfica 6), se obtuvo como resultado del ACC un eigenvalor de 0.045 para el primer eje de ordenación; porcentaje de explicación de eje 1 y 2 de 16.99. Sin embargo, se observó que Lepidoptera y Coleoptera se ven afectados principalmente por un aumento de humedad. Mientras que Diptera se ve afectada por la velocidad del viento e intensidad lumínica. Por su parte, Hemiptera, se ve más relacionada su presencia con la hora del día y la temperatura; Hymenoptera no muestra una tendencia de asociación respecto a las variables contempladas, ya que este orden se queda en el centro de la gráfica.

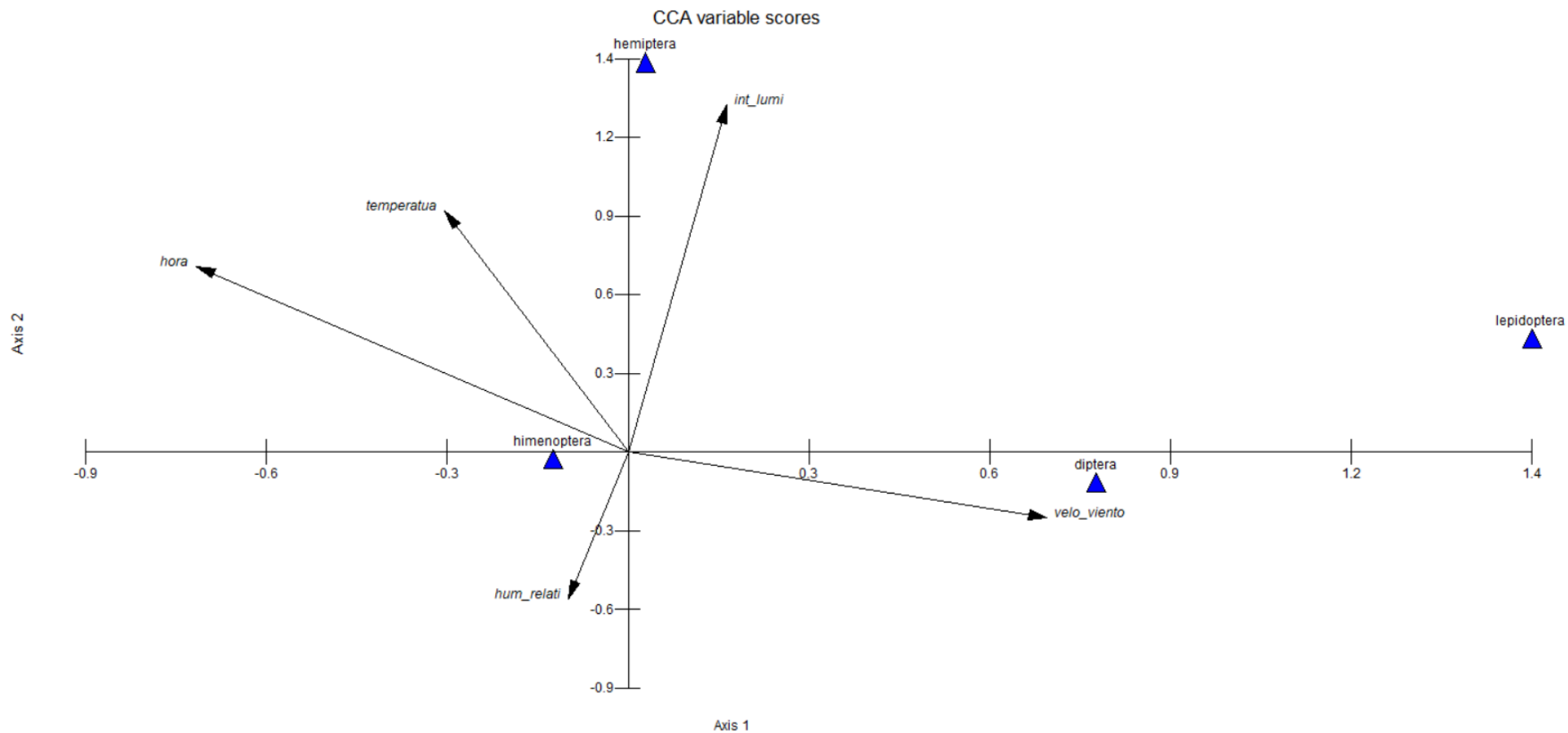
En cuanto a las flores masculinas (gráfica 7) el ACC se obtuvo un eigenvalor de 0.046 para el primer eje de ordenación, lo cual fue no significativo; porcentaje de explicación de eje 1 y 2 de 21.966. Las abundancias de Diptera y Lepidoptera se vieron mayormente afectados por la velocidad del viento, Hemiptera se ve asociada al vector de intensidad lumínica, y en este caso podemos apreciar un ligero desplazamiento del orden Hymenoptera hacia las variables de humedad relativa y hora. No hay presencia en este caso del orden Coleoptera.



Gráfica 4. Análisis de correspondencia canónica, para flores hembra y flores macho. Grupo A. Dinámica general de la comunidad de visitantes florales a nivel orden respecto a las variables ambientales (temperatura, velocidad del viento, intensidad lumínica, humedad relativa), respecto a la hora del día.



Gráfica 5. Análisis de correspondencia canónica, de las flores femeninas de *B. linanoe*. Dinámica de la comunidad de visitantes florales en relación a las condiciones ambientales en los diferentes horarios de muestreo. Órdenes presentes: Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera y Coleoptera.



Gráfica 6. Análisis de correspondencia canónica ACC de las flores masculinas de *B. linanoe* en relación a la hora y variaciones ambientales. Órdenes presentes: Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Diptera.

VII. DISCUSIÓN

8.1 Comunidad de visitantes florales

De acuerdo con los resultados reportados en los muestreos, los órdenes de Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera y Lepidoptera presentes en las flores de *Bursera linanoe*, coinciden en su mayoría a los reportados en trabajos previos, realizados en SBC, correspondiendo de igual forma a los órdenes reportados por Zavala-León *et al.* (2016), y Maqueda-Díaz y Callejas-Chavero (2018).

Para el caso específico de género *Bursera*, la comunidad de órdenes de visitantes florales concuerda con los reportado por Rivas-Arancibia *et al.* (2014) y Gutiérrez-Carmona *et al.* (2016), ya que en ambos trabajos se registraron los 5 órdenes para las especies de *B. copallifera* y *B. schlechtendalii*.

A su vez, el Hymenoptera fue el orden con mayor abundancia, igual que se ha reportado para las especies de *B. copallifera* y *B. schlechtendalii*, este también fue el orden más diverso, con el mayor reporte de organismos asociado a inflorescencias de vegetación caducifolia en diferentes trabajos, el grupo de abejas y avispa presenta un número de avistamientos mucho mayor en comparación a los otros cuatro grupos que se observaron en *B. Linanoe*, grupo que se ha destacado por su papel fundamental como polinizador de muchas especies de plantas, tanto para especies nativas, como especies introducidas (Gómez, 2002; Caballero-Martínez *et al.*, 2012; Rivas-Arancibia *et al.*, 2015; Brenes-Rodríguez, 2016; Gutiérrez-Carmona 2016).

Dado que en el estudio los himenopteros solo se identificaron a nivel de orden, el lograr la identificación a nivel de género, familia o incluso especie, nos habría permitido conocer mejor la composición de la comunidad asociada a las flores de *B. linanoe*, y así poder comparar las similitudes y diferencias de estas comunidades en relación a especies del mismo género.

Si bien hasta el punto de comparación permitido la comunidad de visitantes para *B. linanoe*, tiene similitudes mencionadas en párrafos anteriores con los reportes de Rivas-Arancibia *et al.* (2014) y Gutiérrez-Carmona (2016), con Hymenoptera,

presenta diferencias marcadas con la visita de Coleoptera, a diferencia de *B. copallifera* y *B. schlechtendalii*, que en sus muestreos obtuvieron 55 y 50 individuos respectivamente, nosotros solo obtuvimos una visita para *Bursera linanoe* en una flor femenina. Así también, para nuestra especie de estudio el segundo grupo con mayor abundancia fue Diptera, con 24 individuos, muy parecido al número de individuos reportado para *Bursera schlechtendalii*, pero distinto en el caso de *B. copallifera*, en la que su comunidad de visitantes solo tuvo un total de 5 organismos pertenecientes al orden Diptera.

En cuanto a los resultados relacionados con las comunidades de visitantes florales, puede observarse coincidencia con lo descrito por trabajos anteriores, empero, se da pie a continuar con la investigación de las diferencias encontradas con nuestro estudio y a las diferencias ambientales que afectan a las distintas especies del género *Bursera*.

8.2 Comunidad de visitantes asociada al sexo floral

Como se observa (gráfica 3), los totales reportados para cada grupo FM y FH, no varían significativamente entre sí, ya que presentan valores similares entre número de visitas, y esto se sostiene con el valor Mann Whitney $p=0.2763$, ya que ambos grupos fueron visitados por casi la misma cantidad de insectos, sin embargo, esto contrasta con los resultados presentados por Gutiérrez-Carmona (2016), que encontró diferencias significativas en la abundancia de los organismos colectados en plantas macho y las plantas hembra, siendo más abundante la comunidad asociada a plantas macho, mientras que a las plantas hembra la mayoría de especies colectadas pertenecieron al orden Hymenoptera. Lo cual, según Gutiérrez-Carmona (2016), se debe a que en los individuos macho observaron un mayor número de flores que en los individuos de las hembras, resultando ser más atractivos a los visitantes, ya que estos visitan las flores por los recursos que estas plantas ofrecen, y por lo tanto consideraron que, al haber más flores en estos, hubo más visitantes; otro factor que incidió en dichos resultados fueron las repentinas lluvias que provocaron un adelanto en la floración de hembras.

Al observar y comparar cada orden, uno a uno, entre FM y FH, podemos ver que, a excepción de Coleoptera, los demás ordenes están presentes en ambos tipos de flores, mostrando abundancias similares entre FM y FH. Esto nos permite inferir, que en el caso de insectos polinizadores puede observarse beneficiada una efectiva xenogamia, que puede favorecer el establecimiento y variabilidad genética para esta especie.

Así también, pueden verse beneficiados los procesos de reclutamiento de la especie vegetal, como la germinación de semillas, la emergencia de las plántulas y la supervivencia hasta adultos de acuerdo con Gómez (2002). Sin embargo, no podemos afirmar que este proceso se esté llevando a cabo, con solo conocer los organismos a nivel de orden, lo que permite orientar los estudios futuros a esta área de oportunidad, para interpretar y conocer mejor el comportamiento y función de las comunidades de visitantes florales, junto a todos los servicios ecosistémicos que estos nos brindan. Siendo esta quizá, una hipótesis muy arriesgada, que podría ser explicada por medio de análisis de factores más complejos, que pueden ser tomada en cuenta en trabajos futuros.

8.3 Relación de la comunidad de visitantes y variables ambientales

Estudios anteriores han identificado la susceptibilidad de las plantas de SBC, relacionados a perturbación, al aumentar la exposición a la radiación luminosa y la temperatura atmosférica, lo que contribuye a la disminución en la humedad del suelo, de acuerdo con Pérez-Martínez (2015) provocando estrés a la planta. De igual forma, se ha comprobado la relación existente con algunos ordenes de insectos y la variación ambiental, ya que estos al ser exotérmicos, dependen de las condiciones ambientales a las cuales son expuestos. Sin embargo, pocos han sido los trabajos que han relacionado ambos: organismos y su relación con las condiciones ambientales al mismo tiempo. Por su parte en el trabajo de Rivas-Arancibia *et al.* (2014), se encontró una relación entre la variación ambiental para grupos como Hemiptera y Coleóptera, los cuales fueron afectados por la disminución de temperatura y el aumento de humedad en el sitio; Lepidoptera incremento su abundancia de acuerdo con el aumento de la temperatura y

disminución de humedad, logrando explicar en un 49.8% y un 17.2% en cuanto a la variación en abundancia de órdenes de insectos de *B. copallifera*. Para *B. schlechtendalii* (Gutiérrez-Carmona, 2016) menciona que los factores ambientales temperatura y humedad no afectaron crucialmente la visita de las especies, resaltando que esto pudiendo deberse a que existen otras variables que no tomaron en cuenta y que pueden ser más importantes en la dinámica de la comunidad de visitantes florales.

A pesar de que en el presente trabajo no se encontraron valores estadísticos significativos que determinen la relación entre la abundancia de visitantes florales con respecto a las condiciones ambientales. Es importante destacar el comportamiento de respuesta de los organismos biológicos, ya que la comunidad es explicada por las variables ambientales tomadas en cuenta por un 12%, lo cual nos permite reconocer la influencia de estas variables, vemos claramente la influencia de los factores abióticos que participan en el establecimiento de la comunidad de visitantes florales, de acuerdo con el desplazamiento de los vectores sobre el plano, en el caso de la temperatura juega uno de los principales factores determinantes, junto con la hora del día.

En las gráficas 5, 6 y 7 podemos apreciar una tendencia hacia el desplazamiento de vectores y algunos de los órdenes, como es el caso de Hemiptera y la intensidad lumínica, Diptera con la velocidad del viento, al tomar en cuenta el desplazamiento de los vectores, podemos notar que en las tres graficas el vector con mayor longitud de desplazamiento fue el de temperatura, seguido por la hora y la humedad relativa, siendo estos los vectores con mayor influencia sobre los órdenes de insectos por lo mencionado por ter Braak y Verdonschot, en 1995. Además, el grupo de Hymenoptera, a pesar de ser el más abundante de la comunidad, no se vio afectado por ninguna de las variables ambientales. Existe una diferencia notable entre el valor porcentual de los ejes 1 y 2, de las figuras 6 y 7, en el cual podemos ver que existe una diferencia del 10% entre los valores de FH y FM. De acuerdo, con Creux *et al.* (2021) destaca la importancia de la temperatura, siendo este un factor fundamental para los polinizadores, y como esta genera condiciones heterogéneas por medio de

la disposición de las flores femeninas y masculinas. Sin embargo, dado los eigenvalores tan pequeños, se puede decir que esto no es suficiente para aseverar que las variables ambientales medidas son o no importantes en la dinámica de la comunidad de insectos visitantes florales, mismo que podría estar relacionado con el bajo número de días de muestreo, o bien con la existencia de otras variables ambientales que no se consideraron en este estudio, y que son más importantes en la dinámica de la comunidad de visitantes. La relación que existe entre la temperatura y la aparición de visitantes es muy clara, ya que a la aumentar la temperatura, el avistamiento de estos grupos crece, pero también es importante considerar que la existencia de un límite en cuanto al aumento de esta y la aparición de insectos visitantes, ya que estos al no ser extremófilos nunca se llegara el umbral de temperatura, esto es explicado por McCall y Primack en 1992, y Totland, en 1994.

En general puede afirmarse que las comunidades son determinadas por las interacciones entre sus miembros, al mismo tiempo que se relacionan con los componentes bióticos y abióticos del ecosistema, sin embargo, no hay una idea clara de cómo los cambios climáticos y las perturbaciones pueden influir en la riqueza y composición de las comunidades de artrópodos. De acuerdo con Medianero *et al.* (2010), es importante destacar el papel de los estudios de las comunidades y como estas se ven alteradas por los cambios abióticos.

En suma, se sabe que existe una relación permanente entre el establecimiento de las comunidades de insectos y las condiciones ambientales en los diferentes ambientes, a pesar de que en este trabajo no se pudo relacionar estadísticamente la susceptibilidad de aparición de estos organismos en visita a *B. linanoe*, no se puede dejar de lado la explicación gráfica, que permite entender mejor el panorama de comportamiento de los visitantes de esta especie, de modo que esto puede servir como referencia para estudios futuros, en los cuales se pueden considerar otros factores bióticos y abióticos para dar una respuesta más clara a esta interrogante.

VIII. CONCLUSIONES.

Como se mencionó a lo largo de este trabajo, el papel de los visitantes florales es fundamental para los ecosistemas, por el rol que cumplen y los servicios que brindan, tales como la polinización, dispersión de semillas, entre otros.

Para el caso de la comunidad de visitantes asociados a *B. linanoe* se registró un total de 230, organismos, agrupados de en cinco ordenes: Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera y Coleoptera. Por ende, se puede concluir que la estructuración de esta, corresponde satisfactoriamente con lo esperado, de acuerdo al tipo de vegetación, ya que la mayoría de los órdenes que se encontraron son muy similares a lo reportado para SBC, en especial con el género de *Bursera*. Lo cual permite explorar más aspectos asociados a la interacción con estos organismos y la especie de *B. linanoe*.

Si bien, los órdenes corresponden a los reportes mencionados, no se puede dejar de lado que, a pesar de pertenecer al mismo género, *B. linanoe* presenta diferencias muy marcadas en cuanto a la abundancia de estos, ya que en el caso específico del orden Coleoptera, este no es tan abundante como en otras especies de *Bursera*.

Por su parte, el orden Hymenoptera fue el orden más abundante en visitas florales de *B. linanoe*, siendo este grupo, uno de los más importantes en procesos de polinización.

La prueba de Mann Whitney mostro que no existe diferencia significativa entre la comunidad de visitantes encontrados en flores masculinas y flores femeninas. Pocos trabajos se han centrado en investigar la variación entre polinizadores en sus patrones de preferencias hacia los rasgos vegetales, tampoco se ha prestado atención en la comparación de la comunidad de insectos visitantes, entre flores dioicas, evaluando la composición de estas mediante la diferenciación del sexo de la flor, siendo este un aspecto muy interesante que puede ayudar a comprender mejor la interacción planta-insecto, o planta-polinizador, evaluando la eficiencia en el proceso de xenogamia, y los beneficios que esta puede obtener, en especial en esta especie, la cual es de importancia biológica, económica y social.

Las variables con mayor relevancia para la comunidad de visitantes florales de *B. linanoe* han sido temperatura, hora de muestreo y humedad relativa, (siendo estas dos primeras las que mayor interrelación tienen entre sí).

Por último, el que nuestro trabajo no haya logrado representar la relación existente entre la comunidad de visitantes florales y las condiciones ambientales, no significa que esta no se encuentre presente, es necesario explorar que otras variables físicas como biológicas podrían ser más importantes en la dinámica de la comunidad.

Como se mencionó con anterioridad, se conoce poco respecto a las interacciones entre *Bursera linanoe* e insectos en el estado de Puebla, por tal motivo, este trabajo permite brindar más información conservación de especies de visitantes florales o de la Selva Baja Caducifolia, así como aportar información sobre los visitantes asociados al género *Bursera*.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

- Abrahamczyk, S., Kluge, J., Gareca, Y., Reichle, S. y Kessler, M. (2011). The influence of climatic seasonality on the diversity of different tropical pollinator groups. *PLOS ONE* 6(11): e27115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027115>
- Arellano-Ostoa, G., González-Bernal, S. y Arellano-Hernández, G. (2014). El lináloe (*Bursera linanoe* (La llave) Rzedowski, Calderón & Medina), especie maderable amenazada: una estrategia para su conservación. *Agroproductividad*, 7(3): 42-51.
- Balvanera, P., Islas, A., Aguirre, E. y Quijas, S. (2000). Las Selvas secas. *Ciencias*, 57: 19-24.
- Brenes-Rodríguez, M. (2016) Análisis de las interacciones de visitación floral por insectos y su importancia para la conservación de la flora del páramo, en el Macizo Cerro de la Muerte. Tesis de grado Licenciatura en Manejo de Recursos Naturales. San José, Costa Rica.
- Creux N.M, Brown E, Garner A.G, Saeed C.S., Scher L., Srinidhi V., Yang H.D., Maloof J. N., Blackman B.K., Harmer S.L. (2021). Flower orientation influences floral temperature, pollinator visits and plant fitness. *New Phytologist*, -(-): [http://doi: 10.1111/nph.17627](http://doi:10.1111/nph.17627)
- Cultid-Mediana, C. y Rico, Y. (2020). Los aliados emplumados de los Copales y Cuajotes de México: aves y la dispersión de semillas de *Bursera*. *Revista digital Universitaria*, 21(2): <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a5>
- Gómez, J., M. (2002) Generalización en las interacciones entre plantas y polinizadores. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75:105-116.
- González-Vélez, G., Andrés-Hernández, A., Valdez-Eleuterio, G., Álvarez-Quiroz, N., Martínez-Moreno, D. y Rivas-Arancibia, S.P. (2020). Germinación de

semillas de seis especies arbóreas maderables de una selva baja caducifolia en Puebla, México. *Agrociencia*, 54: 227-240.

Gutiérrez-Carmona, D.E. (2016). Los visitantes florales de *Bursera schlechtendalii* Engl. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Gutiérrez-Santiago, J., Jasso-Mata, J., Queenborough, S.A., Soto-Hernández, M, Rzedowski, J., Jiménez-Casas, M. y Castillo-Martínez C. R. (2016). Clasificación sexual de Lináloe (*Bursera linanoe*) e implicaciones productivas de aceites esenciales, en tres poblaciones naturales de Guerrero, México. *Agroproductividad*, 9: 66-77.

Guzmán-Pozos, A.M., Ramírez-Herrera, C., Aldrete, A. y Cruz-Cruz, E. (2018). Germinación y emergencia de *Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41: 107-115.

Juan-Baeza, I, Martínez-Garza, C. y del-Val E. (2015). Recovering more than tree cover: Herbivores and herbivory in a restored tropical dry forest. *PLOS ONE* 10(6): e0128583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128583>

Luna-Cedeño, J.J., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-del Valle, J.R., Ruiz-Luna, J., García-Aguilar, J.A. y Campos-Ángeles, G.V. (2018). Frutos y semilla de *Bursera simplex* Rzed. & Calderón en diferentes sitios y estructura arbórea. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9: 92-114.

Maqueda-Díaz, E. y Callejas-Chavero, A. (2018). Riqueza y composición de artrópodos asociados a las flores de *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. Ex Pfeiff) Console, 1897 en Huichapan, Hidalgo. *Entomología Mexicana*, 5: 267-273.

Martínez-Peralta, C., Rosas-Echeverría, M.V. y Platas-Neri, D.A. (2018). Diversidad e importancia de las abejas silvestres: mucho más que miel y abejorros. *Agroproductividad*, 11(12): 103-107.

- Martínez-Rodríguez, S., Ghalardi, A., Carlón-Allende, T. y Peláez E.J. (2017). Análisis y modelación de patrones y procesos de cambio. Capítulo 5: Estrategias para la conservación de la selva baja en la cuenca media del río Ayuquila Jalisco, a partir de modelos prospectivos del paisaje (2010-2015). Centro de investigaciones en Geografía ambiental: UNAM. (pp 115-145). Primera edición, Morelia, México.
- McCall C. y Primack R.B. (1992). Influence of Flower Characteristics, Weather, Time of Day, and Season on Insect Visitation Rates in Three Plant Communities. *American Journal of Botany*, 79(4): 434-442.
- Meave, J.A., Romero-Romero, M.A., Salas-Morales, S.H., Pérez-García, E.A. y Gallardo-Cruz, J.A. (2012). Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 21: 85-100
- Medianero. E., Paniagua, M. y Castaño-Meneses. G. (2010). Comparación temporal de la riqueza y composición de insectos inductores de agallas en el dosel de un bosque tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 465-472. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.002.236>
- Morales-Trejo J. J., Sandoval-Ruiz C. A., Fascinetto-Zago P., Cruzado-Lima A. I., Vázquez-Hernández C. (2014). Abundancia y diversidad de visitantes florales de *Opuntia pilífera* en Zapotitlán Salinas, Puebla. *Entomología Mexicana*, 1: 1144-1148.
- Parra-Tabla, V., Vargas, M.F., Feinsinger, P., Malo, J.E. y Leirana, J. (2000). Efecto de la fragmentación de hábitats en la ecología de poblaciones de dos especies de orquídeas del estado de Yucatán. Primer congreso de responsables de proyectos de investigación en ciencias naturales. Veracruz, México, 8-11
- Pavón-Reyes, L. (2016). Cultivo de células en suspensión de *Bursera linanoe* para la producción de linalol y acetato de linalilo. Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Morelos, México.

- Pérez-Hernández, C.X. y Zaragoza-Caballero S. (2015). Diversidad alfa y beta de Cantharidae (Coleóptera) en el Bosque Tropical Caducifolio de la vertiente del Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 771-781.
- Pérez-Martínez A. (2015) Efecto de la perturbación sobre algunos aspectos de la biología reproductiva de *Gomphrena decumbens* Jacq. en Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Ramos-Robles, M, Vargas-Cardoso, OR, Corona-López, AM, Flores-Palacios, A. y Toledo-Hernández V.H. (2020). Spatio-temporal variation of Cerambycidae-host tree interaction networks. *PLOS ONE*, 15(2): e0228880. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228880>
- Rivas-Arancibia, S.P., Bello-Cervantes, E., Carrillo-Ruiz, H., Andrés-Hernández, A.R., Figueroa-Castro, D.M. y Guzmán-Jiménez S. (2014). Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica, 86: 178-187.
- Rodríguez-Godínez, R. y Almazán-Núñez, R.C. (2015). Composición florística y estructura de la familia Burseraceae en un bosque tropical caducifolio en Atenando del Río, Guerrero. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(5): 685-689.
- Rzedowski, J., Medina-Lemos, R. y Calderón G. (2004). Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del Río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana*, 66: 23-151.
- Rzedowski, J., Medina-Lemos, R. y Calderón, G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*, 70: 85-111.
- Osorio-Beristain, M. (2012). Origen, evolución y ecología de la selva seca. *Narraciones de la ciencia. Inventio*, 8 (16): 61-69.

- Ter Braak y Verdonschot P.F. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57(3): 255-289.
- Trejo, I. (2005). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Capítulo 9: Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México S.E.A. 4, Zaragoza, España 4:11-122.
- Totland O. (1994). Influence of Climate, Time of Day and Season, and Flower Density on Insect Flower Visitation in Alpine Norway. *Arctic and Alpine Research*. 26 (1): 66-71.
- Zavala-León, E.A., Zurita-García, M.L., Zaragoza-Caballero, S., González-Soriano, E., Noguera-Martínez, F. y Ramírez-García, E. (2016). Distribución temporal de los insectos del suelo en el Bosque Tropical Caducifolio de Santiago Domingullo, Oaxaca. *Entomología Mexicana*, 3: 543-548.