



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Efecto de la estacionalidad sobre la diversidad de
hormigas presentes en el dosel de dos leguminosas

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
BIÓLOGA

P R E S E N T A:

GRISEL OAXACA OÑATE

DIRECTOR:

M en BIBYC. Eduardo Aarón Chávez Ramírez



Cuernavaca, Morelos

Octubre 2021

“Ciertamente, estos son tiempos emocionantes. La ciencia del dosel ha hecho que la biología sea grandiosamente tridimensional; ninguna otra disciplina, salvo posiblemente el estudio del bento abisal, ofrece más espacios inexplorados, diversidad de especies y aventura física e intelectual combinada”.

Edward O. Wilson

“Nuestra lealtad es para las especies y el planeta. Nuestra obligación de sobrevivir no es sólo para nosotros mismos sino también para ese cosmos, antiguo y vasto, del cual derivamos”.

Carl Sagan

“Si tus acciones inspiran a otros a soñar más, aprender más, hacer más y ser mejores, eres un líder.”

Jack Welch

Dedicatoria y agradecimientos

Definitivamente llegar a esa etapa de la vida no lo habría logrado sin el apoyo y la confianza de mis dos más grandes inspiraciones a ser mejor en todos los aspectos y sobre todo a nunca dejarme vencer. Esto es con ustedes, ¡Má, Pá...lo logramos! los amo. La mejor cosa de tenerte como hermano es que también te tengo como amigo, Bi, hemos crecido y la vida sabe bien. Gracias por todo, en una de las etapas más caóticas, pero sobre todo hermosas, le amo.

Gracias a todos esos amigos, colegas o conocidos con los que compartí años, semestres o incluso momentos que me dejaron algo para crecer, reír aprender, pero mayormente que hicieron memorable la universidad. Aketzalli Jauregui, Gabriela Saavedra, German Vorrath, Monse Sosa, Anna Dietrich, Jessica Mosqueda y Vanelly Silva, los recuerdo y agradezco.

Externo mis más sinceros agradecimientos a la Dra. Dulce Arias, la M en MRN. Karime Díaz y al Dr. Oscar Dorado por el apoyo académico, económico, la atención y todas las facilidades que me proporcionaron para la realización de este proyecto, así como, al grupo de Trópico Seco, por permitirme la oportunidad de aprender, trabajar y apoyar a lado del grupo en general donde aprendí y compartí experiencias y momentos que siempre recordaré. Alexis López, Antonio Gaspar, Dani Zarco, Felipe León, Jahir López, José M. de Jesús y Francisco Ortiz, sin ustedes los días de trabajo en la oficina no habrían sido tan agradables.

El trabajo en campo se logró gracias al equipo de compañeros que me apoyaron la mayoría de las veces. Ustedes son parte de esto tanto como yo. Gracias al “Equipo Hormiga” por esforzarse en cada salida, sus observaciones y por estar atentos al trabajo, así como a esas risas inigualables. Enrique o mejor dicho Saraguato García, Felipe Hernández, Alberto Meza, Juanito Rodríguez y Dani Gurrier, gracias totales.

En general a todo el equipo de profesores, investigadores y administrativos que conforman a la FCB que me dieron las herramientas para empezar a desarrollarme en el campo profesional. A mi comité calificador por su retroalimentación y atención. Al Dr. Germán Riquelme que inspira en la investigación al oírlo hablar apasionadamente de la mirmecología y la ciencia multidisciplinaria. Al Dr. Edgard Mason que llegó en un momento clave a compartir su experiencia académica acompañado de consejos que ayudaron a que se encendieran los motores en mí y así como de muchos de sus alumnos. Gracias.

A mi director el M en BIBYC. E. Aarón Chávez Ramírez por ser el ancla invaluable de conocimiento, inspiración, paciencia y apoyo intelectual que un científico en formación requiere. Especialmente por nunca limitarme y siempre llevarme a la frontera del aprendizaje. Por confiar en mí y mi proyecto, así como, enriquecerlo con elementos que son clave para mi formación. Por todo, por eso y más, se logró.

Finalmente, a Alexandra Elbakyan por ser un arma invaluable para muchos estudiantes.

Contenido

INDICE DE FIGURAS	I
INDICE DE TABLAS	I
INDICE DE ANEXOS	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	6
La riqueza de hormigas en México.....	6
La riqueza y diversidad de hormigas en Morelos.....	8
La riqueza de hormigas en el dosel en México y Morelos	10
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVO GENERAL	13
Objetivos particulares	13
HIPÓTESIS	14
METODOLOGÍA	14
Descripción de la zona de estudio.....	14
Muestreo de hormigas en el dosel.....	16
Identificación de especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su estatus como invasoras o exóticas	18
Análisis de datos.....	18
RESULTADOS	20
Composición taxonómica de hormigas presentes en el dosel.....	20
Composición de hormigas en <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i> en lluvias, post-lluvias y secas	23
Diversidad de hormigas presentes en <i>V. campechiana</i> en temporada de lluvias, post-lluvias y secas	27
Diversidad de hormigas presentes en <i>V. pennatula</i> en temporada de lluvias, post-lluvias y secas....	27
DISCUSIÓN	30
Riqueza de hormigas que habitan el dosel	30
Riqueza y abundancia de hormigas en el dosel de <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	32
Estatus de conservación y como exóticas o invasoras de las hormigas presentes en <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	34
Diversidad de hormigas en el dosel de <i>V. pennatula</i> y <i>V. campechiana</i>	35
CONCLUSIONES	39
PERSPECTIVAS	40
REFERENCIAS	42
ANEXO I. Morfología general de la familia Formicidae	55
ANEXO II. Descripción del género <i>Vachellia</i>	56
ANEXO III. <i>Vachellia campechiana</i>	57
ANEXO IV. <i>Vachellia pennatula</i>	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estado actual del inventario mirmecofaunístico del estado de Morelos entre 1996 y 2020.	10
Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio e individuos muestreados de <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	15
Figura 3. Datos de precipitación históricos de la estación meteorológica "El Limón".....	16
Figura 4. Número de individuos, horas de muestreo y tasas de captura de hormigas en temporada de lluvias, post-lluvias y secas en <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	22
Figura 5. Curvas rango-abundancia de la comunidad de hormigas presentes en <i>V. campechiana</i>	26
Figura 6. Curvas rango-abundancia de la comunidad de hormigas presentes en <i>V. pennatula</i>	26
Figura 7. Órdenes de diversidad entre las estaciones de lluvias, post-lluvias y secas en <i>V. campechiana</i>	29
Figura 8. Ordenes de diversidad entre las estaciones de lluvias, post-lluvias y secas en <i>V. pennatula</i>	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de hormigas reportadas sobre el dosel de <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	21
Tabla 2. Riqueza y abundancia de hormigas reportadas en el dosel de <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	24
Tabla 3. Ordenes de diversidad para las comunidades de hormigas presentes en <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	28
Tabla 4. Cobertura de muestreo y número de individuos por temporada de muestreo para <i>V. campechiana</i> y <i>V. pennatula</i>	30

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Morfología general de los individuos de la subfamilia Formicidae.....	55
Anexo 2. Morfología de hormigas según la casta a la que pertenecen.	55
Anexo 3. Características morfológicas de <i>V. campechiana</i>	57
Anexo 4. Distribución de <i>V. campechiana</i> en México.....	57
Anexo 5. Características morfológicas de <i>V. pennatula</i>	58
Anexo 6. Distribución de <i>V. pennatula</i> en México.	58

Forma sugerida de citar: Oaxaca-Oñate, G. (2021). Efecto de la estacionalidad sobre la diversidad de hormigas presentes en el dosel de dos leguminosas. *Tesis de licenciatura*. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México.

RESUMEN

La variación estacional de la selva baja caducifolia (SBC) influye en la productividad general del ecosistema. La variación estacional promueve cambios ambientales que influyen directamente sobre la diversidad de la flora y la fauna en las temporadas de lluvias y secas. El dosel de los árboles es altamente diverso en artrópodos, siendo estos los organismos más abundantes. En particular, el grupo de las hormigas ha desarrollado asociaciones con árboles del género *Vachellia* que cumplen roles clave en los ecosistemas. El objetivo principal de este trabajo fue identificar la riqueza, abundancia, diversidad, así como su estatus de conservación o como exóticas e invasoras según la IUCN de las especies de hormigas presentes en el dosel de *V. pennatula* y *V. campechiana*, en temporada de lluvias, post lluvias y secas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla en México. Registramos un total de 626 individuos de hormigas agrupados en 21 especies, pertenecientes a cinco subfamilias y 11 géneros. Ninguna de las especies registradas se encuentra bajo alguna categoría según la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, reportamos la presencia de *Camponotus rectangularis rubroniger* y *Solenopsis invicta* que resultan ser dos nuevos registros para el estado de Morelos. Dentro de la *Red List* identificamos a *Dorymyrmex insanus* en categoría de vulnerable, el resto de las especies se encuentran en el estatus de preocupación menor. La especie *Paratrechina longicornis* se encuentra catalogada como especie exótica en México y *S. invicta* como una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. La riqueza total registrada en *V. campechiana* fue de 16 especies agrupadas en 10 géneros y cinco subfamilias, mientras que en *V. pennatula* fue de 16 especies agrupadas en ocho géneros y cuatro subfamilias. Los valores de riqueza más altos en *V. campechiana* se registraron en la temporada de post-lluvias y los menores en temporada de secas. Los valores de riqueza más altos en *V. pennatula* se registraron en la temporada de lluvias y los menores en temporada de secas. La especie más abundante en *V. campechiana* fue *Crematogaster crinosa* y la menor *Cephalotes* sp en lluvias, post-lluvias y secas. La especie más abundante en *V. pennatula* fue *C. crinosa* y la menor *C. atra* en lluvias, post-lluvias y secas. La estacionalidad de la SBC tuvo influencia sobre la composición y diversidad de hormigas en *V. campechiana* y *V. pennatula*.

Palabras clave: Formicidae, *Vachellia*, comunidades, riqueza, abundancia, ecología.



ABSTRACT

The seasonal variation tropical dry forest (TDF) influences the overall productivity of the ecosystem. Seasonal variation promotes environmental changes that directly influence the diversity of flora and fauna in the rainy and dry seasons. The tree canopy is highly diverse in arthropods, these being the most abundant organisms. In particular, the group of ants has developed associations with trees of the genus *Vachellia*, that play key roles in ecosystems. The main objective of this work was to identify the richness, abundance, diversity, as well as the conservation or invasive exotic status of the ant species present in the canopy of *V. campechiana* and *V. pennatula*, in the rainy, post-rainy and dry seasons. in the Sierra de Huautla Biosphere Reserve. We registered a total of 626 individuals grouped into 21 species, belonging to five subfamilies and 11 genera. None of the species in the reported inventory is found under any category according to NOM-059-SEMARNAT 2010, however, we report the presence of *Camponotus rectangularis rubroniger* and *Solenopsis invicta* that turn out to be two new records for Morelos. Within the *Red List* we identified *Dorymyrmex insanus* in the category of vulnerable, the rest of the species are in the status of least concern. The species *Paratrechina longicornis* is listed as an exotic species in Mexico and *S. invicta* has been listed as one of the 100 most harmful invasive exotic species in the world. The richness recorded in *V. campechiana* was 16 species grouped in 10 genera and five subfamilies. The richness recorded in *V. pennatula* was 16 species grouped into eight genera and four subfamilies. The highest richness values in *V. campechiana* were recorded in the post-rainy season and the lowest in the dry season. The highest richness values in *V. pennatula* were recorded in the rainy season and the lowest in the dry season. The most abundant species in *V. campechiana* was *Crematogaster crinosa* and the lesser *Cephalotes sp* in rains, post-rains and dry. The most abundant species in *V. pennatula* was *C. crinosa* and the lowest was *C. atra* in rains, post-rains and dry. The seasonality of the SBC influences the richness of ants in *V. campechiana* and *V. pennatula*.

Key words: Formicidae, *Vachellia*, communities, riches, abundance, ecology.



INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia (SBC) se caracteriza por una fuerte variación estacional asociada a los patrones de precipitaciones (Trejo, 2005). Esta variación influye decisivamente en la productividad general del ecosistema, la generación de hojarasca y la dinámica de la vegetación (Whigham et al., 1990; Verduzco et al., 2015). Cabe esperar que esta variación estacional influye marcadamente en grupos de la fauna y se asocia, en general, con una disminución de la diversidad durante el periodo de secas y un incremento durante las lluvias. Numerosos estudios desarrollados total o parcialmente en territorio mexicano muestran resultados con esta tendencia para anfibios y reptiles (Leyte-Manrique et al., 2016), aves (Almazán-Núñez et al., 2018), murciélagos (Avila-Cabadilla et al., 2014), coleópteros (Hernández y Caballero, 2016), ácaros (Mejía-Recamier y Castaño-Meneses, 2007) y hormigas (Vergara-Torres et al., 2016; Hernández-Flores et al., 2021).

Las hormigas desde su aparición en el periodo Cretácico, se han convertido en el grupo más diverso y abundante dentro de los insectos sociales (Moreau et al., 2006). Este grupo de insectos pertenece al orden Hymenoptera y a la familia Formicidae (Ver Anexo 1) que se divide en 17 subfamilias y 337 géneros descritos (Bolton, 2020). En el mundo se han descrito un total de 13,837 especies de hormigas, donde la mayor diversidad se concentra en los trópicos y subtrópicos (Dáttilo et al., 2019; Subedi et al., 2020). La familia Formicidae se distribuye de forma cosmopolita y tiene amplio dominio ecológico, aportando el 15% de la biomasa animal en bosques tropicales (Hölldobler y Wilson, 1990). Las hormigas están involucradas en procesos ecológicos importantes, ya que son capaces de formar asociaciones con plantas y animales, que resultan fundamentales en la dinámica de los flujos de energía dentro de los ecosistemas (Hölldobler y Wilson 1990; Lach et al., 2010).

La relación de las hormigas dentro de los flujos de energía en los ecosistemas depende principalmente de su rol como depredadores o presas (Ríos Casanova et al., 2004). De igual forma, son parte importante dentro de los flujos de energía en el suelo, donde influyen en el ciclo de algunos nutrientes debido a sus actividades de construcción de nidos y hábitos de forrajeo (Elton, 1927; Hölldobler y Wilson, 1990; Moreau et al., 2006). Los hábitos de forrajeo de las hormigas se relacionan directamente con la dispersión de semillas



de diferentes especies vegetales (mirmecocoria; Giladi, 2006). La dispersión de semillas, en la mayoría de los casos mejora el desempeño de la colonia de hormigas (*sensu fitness*), incrementando el tamaño poblacional, gracias al consumo del elaisoma (estructura aceitosa de la semilla), lo que a su vez se refleja directamente en la aptitud de la planta (Leal et al., 2007, 2015). Las hormigas también se han considerado como un grupo polinizador de diferentes angiospermas durante sus períodos de floración formando asociaciones importantes (Gómez y Zamora, 1992).

La amplia gama de asociaciones y procesos ecológicos en los que se relacionan las hormigas las convierte en organismos clave para estudiar las implicaciones ecológicas de los disturbios, y cómo estos afectan el equilibrio de los ecosistemas (Bascompte et al., 2006). Se ha documentado que algunas especies de hormigas bioindicadoras han facilitado el monitoreo de la contaminación industrial por metales pesados (MP). Un claro ejemplo de esto es la especie *Formica lubris*, en la que se ha detectado acumulación de MP en los individuos y sus nidos, donde se observa la modificación de sus rasgos, la estructura, comportamiento e inmunidad de la colonia (Skaldina et al., 2018). Otro caso documentado es la especie *Pogonomyrmex rugosus*, una especie granívora capaz de acumular MP por la ingesta de las semillas contaminadas, sin embargo, existe evidencia que demuestra que esta especie es capaz de regular las concentraciones de metales internamente (Del Toro et al., 2010). De forma general se ha demostrado que la riqueza de hormigas arbóreas disminuye con el aumento de la concentración de arsénico en el suelo, sin embargo, la riqueza de hormigas terrestres aumenta (Ribas et al., 2012). Estas observaciones sugieren que la correlación entre el aumento de riqueza y la contaminación por metales pesados podría estar relacionado por los cambios en las interacciones entre especies, más que por los cambios en las condiciones abióticas (Grześ, 2009).

Las hormigas son un excelente grupo bioindicador de perturbaciones antropogénicas por su amplio éxito de colonización en estos ambientes (Andersen, 2019). Se sabe que las especies de hormigas invasoras se establecen como mayor frecuencia en lugares perturbados (Hulme, 2009). Numerosos estudios han reportado especies de este grupo que se consideran exóticas invasoras, nativas o ya sea que se encuentren en algún



estatus de conservación (Santos, 2016). Se considera una hormiga exótica invasora cuando su introducción, establecimiento y propagación en un territorio potencialmente es capaz de provocar amenazas económicas para los seres humanos, así como, para otras especies y los ecosistemas (Gentili et al., 2021). Los impactos ecológicos de las especies invasoras comprenden depredación, hibridación, degradación del hábitat y competencia por los recursos con especies nativas, generando un cambio en los procesos del ecosistema resultando en la pérdida masiva de biodiversidad, así como, el aumento de plagas (Siddiqui et al., 2021). Como resultado, más de 200 colonias de hormigas no nativas se han dispersado por todos los continentes del mundo (Lach et al., 2010). De acuerdo con la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (UICN, 2021) y la Base de Datos Global de Especies invasora (GISD) se han registrado alrededor de 23 especies de hormigas invasoras; sin embargo, el número de especies de hormigas invasoras aumenta constantemente debido al comercio internacional y la resiliencia adaptativa de las hormigas al llegar a un nuevo territorio (Siddiqui et al., 2021).

La alta capacidad de resiliencia y de adaptación de las hormigas a diferentes escenarios ecológicos y/o urbanizados, ha provocado que este grupo se mantenga a lo largo de su historia evolutiva (Bronstein, 1998). La amplia diversidad de formas y hábitos de las hormigas producto de procesos ambientales, así como, su alto grado de organización social, ha facilitado la colonización de diversos ambientes, como es el caso del dosel en los bosques tropicales (Wilson y Hölldobler, 2005). De igual forma, las hormigas han conseguido habitar el suelo, subsuelo y el dosel (Schulz y Wagner, 2002).

El dosel es definido como la combinación de todo el follaje, ramas pequeñas o finas, la flora y la fauna, los espacios intersticiales y el ambiente de un árbol (Parker, 1995; Lowman y Rinker, 2004; Moffett, 2000). Numerosos estudios (Moreau et al., 2006; Dejean et al., 2007; Santos, 2016; Vergara-Torres et al., 2018) ha reportado que las hormigas son el grupo de insectos más abundante en el dosel de los bosques tropicales; se estima que representan el 50% de la biomasa animal y 90% de los individuos que habitan en el dosel del bosque tropical perennifolio (Dejean et al., 2007). Las comunidades de hormigas habitantes del dosel se caracterizan por presentar valores abundancia altos y valores de diversidades



moderadas. Lo que es un reflejo de los diferentes hábitos y estrategias presentes en las hormigas habitantes o visitantes del dosel.

Se ha documentado que muchas especies de hormigas habitantes o visitantes del dosel son parcialmente nectarívoras, dichas especies se alimentan principalmente de nectarios extraflorales (NEFs) así como, de los exudados líquidos de hemípteros que se alimentan de savia. (Davidson et al., 2003; Dejean et al., 2007). La colonización del dosel trae consigo importantes desventajas para la supervivencia de las hormigas, tal como la presencia limitada de sitios para anidar, fuentes limitadas de alimento y menor estabilidad climática (Fernández y Ospina, 2003). Dentro del grupo de las hormigas existen especies de carácter estrictamente arbóreo, como es el caso del mutualismo obligado de los jardines de hormigas (Orivel y Leroy, 2010; Morales-Linares et al., 2016). Dentro de los jardines de hormigas se establecen asociaciones entre plantas epífitas y nidos arbóreos de hormigas de dosel; la asociación resulta en la dispersión y protección ante herbívoros de las epífitas, además las hormigas proveen nutrientes a las epífitas y a cambio las plantas brindan sitios adicionales de anidación, soporte a la estructura del nido por medio de sus raíces así como también suministrar alimento como néctar extrafloral a las hormigas (Morales-Linares et al., 2016, 2021).

El proceso evolutivo de las hormigas y la capacidad de habitar el dosel de angiospermas no siempre ha estado presente, por lo que evolutivamente es una novedad importante, lo que ha resultado en estrechas relaciones mutualistas (Hölldobler y Wilson, 1900; Wilson y Hölldobler, 2005). Otro ejemplo de las principales asociaciones mutualistas hormigas-planta que se conoce es la mirmecofilia. Esta asociación es de beneficio mutuo entre hormigas y plantas, donde la planta provee alimento por medio de nectarios extraflorales (NEFs) así como sitios para anidar y las hormigas dan protección ante depredadores herbívoros (Del Val y Dirzo, 2004; Mayer et al., 2014). Las plantas mirmecófitas cuentan con estructuras para hospedar y alimentar hormigas por medio de domacios, que es el conjunto de hojas, tallos y raíces modificados que proporcionan las cavidades y estructuras aprovechadas por las hormigas (Mayer et al., 2014; Chomicki y Renner, 2015).



Dentro de las plantas mirmecófitas presentes en el Neotrópico y la región Afrotropical, se encuentra la familia Leguminosae, que alberga el género *Vachellia* (Ver Anexo 2) con 1,450 especies de las cuales solo 19 son mirmecófitas, de éstas, 15 especies se distribuyen en el Neotrópico y cuatro se distribuyen en la región Afrotropical (Rico-Arce, 2003; Mayer et al., 2014). En el Neotrópico la relación mutualista mejor estudiada es entre *V. cornigera* y especies del género *Pseudomyrmex*, que alberga al menos 10 especies de hormigas asociadas del grupo *P. ferrugineus* (Janzen, 1966; Gómez-Acevedo y Martínez-Toledo, 2021).

En México dentro de la SBC, *V. campechiana* es una de las leguminosas más comunes y de manera particular en el estado de Morelos se encuentra ampliamente distribuida, al igual que *V. pennatula*, sin embargo, ésta última es menos abundante que la primera (CONANP, 2005; Dorado et al., 2008). En la literatura se han reportado casos de hibridación entre *Vachellias* mirmecófitas y no mirmecófitas. Al menos cuatro especies de *Vachellias* mirmecófitas hibridan con varias especies de *V. pennatula* y *V. macracantha* (Ebinger y Seigler, 1992). En México, particularmente en Oaxaca, Janzen (1974), reportó procesos de hibridación entre *V. chiapensis* y *V. macracantha*. De igual forma, en los estados en Chiapas y Oaxaca se han identificados individuos de las especies *V. collinsii* y *V. pennatula* con características intermedias, lo que sugiere posibles eventos de hibridación (Maslin y Stirton, 1997). La estrecha relación entre especies del género *Vachellia* y hormigas representa una novedad evolutiva importante para ambos grupos (Sánchez Galván y Rico-Gray, 2011).

La ausencia de literatura y bases de datos provoca limitaciones en la generación de conocimiento acerca de las hormigas y sus interacciones en muchas regiones del mundo (Lach et al., 2010; Guénard et al., 2017). No obstante, a pesar de una alta diversidad y la gran importancia ecológica de las hormigas, existen huecos en la información sobre su ecología, diversidad y distribución en México (Ríos Casanova, 2014), así como en Morelos (CONABIO, 2020). El conocimiento de la diversidad de hormigas es sustancial en el entendimiento y descripción de las redes ecológicas que establecen, lo que facilitaría identificar sus roles en los procesos evolutivos de importancia con la flora y la fauna con la que interactúan. La relación filogenética entre *Vachellia campechiana* y *Vachellia*



pennatula, así como, con otras especies reportadas como mirmecófitas es una razón para estudiar la relación con las hormigas en ambas especies; por otro lado, ambas especies presentan estructuras con características de plantas mirmecófitas como la presencia de domacios (Ver Anexo III y IV). En los individuos presentes de *V. campechiana* y *V. pennatula* en la REBIOSH se han encontrado nidos de hormigas en cortezas fisuradas y/o despegadas, ramas huecas, así como la presencia de NEFs y la explotación de néctar por parte de las hormigas. De esta manera nos abre un campo de posibilidad para el estudio de la relación entre ambos grupos en la región. El presente trabajo aporta el inventario y la diversidad de las comunidades de hormigas presentes en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula*, en diferentes períodos de estacionalidad ambiental, lo que lo convierte en un referente para los estudios que evalúen las comunidades de hormigas presentes en el dosel de especies mirmecófitas y de *Vachellia capechiana* y *Vachellia pennatula* en la SBC bajo diferentes condiciones de estacionalidad ambiental.

ANTECEDENTES

La riqueza de hormigas en México

Las hormigas en México son un grupo poco explorado del cual se conoce solo una pequeña parte, ya que usualmente la mayoría de información generada sobre la diversidad se reduce a pocos estados del país, o bien, los ejemplares colectados no han sido debidamente procesados para su determinación taxonómica (Ríos-Casanova, 2014; Dáttilo et al., 2020). No obstante, el uso de las tecnologías de información y comunicación (TICs), ha facilitado la recopilación de datos así como los consorcios establecidos entre mirmecólogos y taxónomos que han esclarecido esta importante rama de la biología (Guénard et al., 2017). A continuación, se muestra de manera general una revisión de los trabajos sobre la riqueza y diversidad de hormigas que existen en México.

Rojas (1996), elaboró el primer inventario para la familia Formicidae de todo México, donde reportó la presencia de 501 especies pertenecientes a seis subfamilias y 96 géneros. Para Morelos reportó un total de 47 especies, de la cuales 10 especies son endémicas para el estado. La autora menciona que Morelos es uno de los estados con mayor número de especies endémicas. Además, calculó el número real de especies de hormigas para el país,



incluyendo especies arborícolas. De igual forma sugiere que la perturbación puede reducir drásticamente la riqueza de hormigas y provocar cambios en la composición de las comunidades.

Rojas (2001), recalculó la diversidad taxonómica, la distribución y los patrones ecológicos de las hormigas del suelo en México. En su trabajo reportó un total de 407 especies pertenecientes a seis subfamilias, agrupadas en 78 géneros. La autora mencionó que Morelos forma parte de las entidades con una riqueza menor a 30 especies. Por otra parte, destacó que la rápida destrucción de los ecosistemas naturales en México se ve reflejado en la reducción de la diversidad de hormigas de suelo debido a la pérdida drástica de la cobertura vegetal y el establecimiento de cultivos agroforestales.

Vázquez-Bolaños (2011), analizó la lista de especies de hormigas presentes en México considerando una revisión actualizada de la literatura, en el que reporta un total de 884 especies de hormigas, pertenecientes a 86 géneros 33 tribus y 11 subfamilias. Para Morelos reporta un total de 80 especies pertenecientes a 28 géneros. El autor hace énfasis en el aumento del 76% en el número de especies reportadas en el primer listado de Rojas (1996).

Ríos-Casanova (2014), realizó un análisis del estado de conocimiento de las especies del grupo Formicidae en México. La revisión publicada por Vázquez-Bolaños (2011) y los datos para México registrados para ese año en AntWeb (2021), arrojó un total de 973 especie de hormigas pertenecientes a 21 subfamilias. Los datos para Morelos indican la presencia de 91 especies repartidas en 24 géneros. Los autores aclaran que fueron excluidas aquellas especies que no fueron identificadas hasta nivel de especie o cuya localidad no estaba especificada el estado. El autor proporciona una curva de acumulación de especies en la que en la extrapolación estima que para el año 2011 se esperaba conocer 1,926 especies de hormigas en México, sin embargo, para el 2014, año de su publicación, apenas se conocía el 50% de las especies estimadas para el 2011.

Vásquez-Bolaños (2015), reporta un inventario donde consideró las más recientes modificaciones y propuestas en la clasificación de hormigas, actualizando el arreglo taxonómico que tenía Formicidae para México. En su inventario reporta un total de 927



especie de hormigas, pertenecientes a 93 géneros y 11 subfamilias. Para Morelos reporta una riqueza de 87 especies agrupadas en siete subfamilias. El autor concluye que de forma general la región central de México no ha sido ampliamente explorada.

Dáttilo et al. (2019) mediante la recopilación de información aportaron una base de datos con la información publicada y no publicada, así como, las más recientes modificaciones y propuestas taxonómicas para la clasificación de la familia Formicidae en México. En esta recopilación de información los autores reportan una riqueza total de 887 especies, pertenecientes a 96 géneros y 11 subfamilias. En cuanto a Morelos, los autores registran un total de 88 especies pertenecientes a 7 subfamilias y 34 géneros. Los resultados indicaron un valor de riqueza menor para México, respecto a otros autores, sin embargo, los autores mencionan que la actualizaron la información contempló la eliminación de las sinonimias.

La riqueza y diversidad de hormigas en Morelos

El estudio de los artrópodos en Morelos ha tenido un auge los últimos 20 años. En Morelos los artrópodos representan el 94% de los insectos conocidos para la entidad (Contreras-MacBeath et al., 2006). Dentro de los órdenes de insectos registrados en el estado, la riqueza total de los himenópteros reportados es de 363 especies, siendo las familias Formicidae, Vespidae y Apidae, las más diversas (Contreras-MacBeath et al., 2006). A continuación, se describen los trabajos que han analizado las diferentes propiedades de las comunidades de hormigas en Morelos:

Wilson (2003), reportó la presencia de las especies *Hypoponera foeda* y *Crematogaster ampla*, como nuevos registros publicados para el país. También registró a las especies *Pheidole morelosana*, *P. petrensis*, *P. spathicornis*, *Temnothorax annexus* y *T. skwarrae*, que hasta el momento sólo se conocían de las localidades tipo en el municipio de Cuernavaca, Morelos (CONABIO, 2020).

Quiroz-Robledo y Valenzuela-González (2004), realizaron el inventario de las especies de hormigas legionarias (subfamilia Ecitoninae) presentes en Morelos. En este trabajo los autores reportaron un total de 16 especies, pertenecientes a dos géneros y una subfamilia, lo que representa al 34% de las 43 especies reportadas para México. Este



resultado ubicó a Morelos como el cuarto lugar con mayor riqueza de especies de hormigas de la subfamilia Ecitoninae. Los autores para el municipio de Tepalcingo reportan cuatro especies de la subfamilia Ecitoninae.

Quiroz-Robledo y Valenzuela-González (2007), elaboraron el inventario de especies de hormigas poneromorfas para Morelos, donde se reportan un total de 18 especies pertenecientes a nueve géneros y dos subfamilias, los resultados indicaron que de las 76 especies de hormigas poneromorfas registradas en México, en Morelos se encuentra el 23.7% de esas especies. Los autores reportaron para el municipio de Tepalcingo dos especies de hormigas poneromorfas.

CONABIO (2020), elaboró una síntesis de bases de registros de todos los inventarios de hormigas existentes para Morelos. Los resultados de esta recopilación aportan un total de 113 especies de hormigas pertenecientes a siete subfamilias. Este resultado ubica al estado de Morelos como el 9° lugar en riqueza de hormigas en México. La recopilación indicó que la subfamilia mejor representada es Myrmicinae ($S = 35$) seguida de Formicinae ($S = 21$), Dorylinae, Pseudomyrmecinae ($S = 14$), Ponerinae ($S = 13$), Ectatomminae ($S = 6$) y Dolichoderinae ($S = 10$).

Varela-Hernández et al. (2020), reportaron un inventario de 164 especies de hormigas pertenecientes a 47 géneros y ocho subfamilias para Morelos. La identificación de las especies incluyó el análisis molecular que se complementó con análisis morfológicos y de organismos provenientes de colecciones. Los autores mencionan que los datos provienen de la Reserva Estatal Sierra de Montenegro (RESM) en Yautepec, del Bosque de los hongos azules, al norte de Cuernavaca, de la zona arqueológica de Xochicalco en Miacatlán y del ejido Quilamula en Tlaquiltenango.

Por último, cabe mencionar que, en comparación con otros animales, los estudios de riqueza realizados con hormigas en Morelos son escasos. La información sobre la riqueza total de especies de hormigas registrada para Morelos se mantiene sesgada, debido a la falta de estudios dirigidos a los diferentes estratos vegetales (dosel, hojarasca, rizosfera) y la implementación de técnicas de muestreo eficientes para cada estrato (CONABIO, 2020).



A continuación, en la Figura 1 se muestra una representación gráfica del estado actual en el conocimiento del inventario general de hormigas para el estado de Morelos.

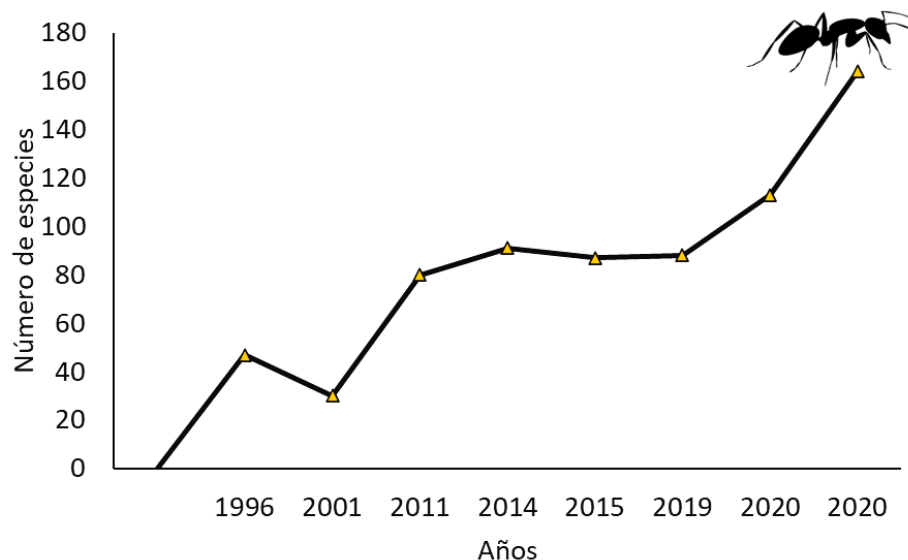


Figura 1. Estado actual del inventario mirmecofaunístico del estado de Morelos entre 1996 y 2020.

La riqueza de hormigas en el dosel en México y Morelos

La limitada bibliografía de la riqueza de hormigas en Morelos, no solo de suelo, sino también del estrato arbóreo, ha generado el vacíos en el conocimiento sobre su distribución, dieta o relaciones inter o intra específicas, así como, las variables abióticas implicadas en la selección de hábitat; lo que da lugar a la estabilidad ecológica entre las interacciones planta-hormiga (Juárez-Juárez et al., 2020) y con el ambiente. A pesar de esto, en México existen trabajos que han explorado el estudio de la riqueza de hormigas en el estrato arbóreo, resaltando que en la vegetación la diversidad local de hormigas puede ser más alta en comparación con otros insectos (Santos, 2016). A continuación, se describen los estudios más relevantes que han evaluado la riqueza de hormigas en el dosel:

Baena et al. (2019), evaluaron los cambios en la diversidad y composición de hormigas en sitios con diferente grado de urbanización y tamaño de área en el estado de Veracruz. El estudio se realizó en el Parque Ecológico Macuiltépetl, Xalapa y el Cerro de las Culebras, Coatepec. Ambos considerados, áreas naturales protegidas (ANPs), donde el principal tipo de vegetación es el bosque de niebla, rodeado por coberturas antropogénicas como, potreros, cultivos y pastizales. La recolecta de datos se realizó durante el período de transición entre las temporadas lluvias y secas. Los autores reportan un total de 60 especies



pertenecientes a 30 géneros. *Pheidole* fue el género más representativo (16%) seguido del género *Camponotus* (12%), *Solenopsis* y *Pseudomyrmex* (7%). Los autores concluyen que las redes de interacción entre hormigas y plantas en ambientes templados no responden a los mismos factores bióticos que, en los ambientes tropicales, por lo que es una línea de investigación novedosa e importante.

Vergara-Torres et al. (2016), en la localidad de San Andrés de la Cal en Tepoztlán, Morelos, los autores elaboraron el primer estudio sobre la diversidad de hormigas presentes en el dosel en nueve especies arbóreas de SBC, incluyendo dos especies de la familia Fabaceae (*Conzattia multiflora* y *Lysiloma acapulcense*) que son evolutivamente cercanas al género *Vachellia*. Los períodos de muestreo se realizaron en temporada de lluvias y secas (abril a agosto) de 2013 y (mayo a agosto) 2014. Los autores reportan una abundancia total de 509 hormigas pertenecientes a 27 especies agrupadas en 13 géneros y cinco subfamilias en el dosel de las nueve especies estudiadas. Las especies más abundantes fueron *Crematogaster curvispinosa*, *Camponotus rectangularis* y *Brachymyrmex musculus*. Los autores mencionan que de las 27 especies de hormigas solo 56% pueden considerarse arbóreas, siendo los géneros mejor representados: *Camponotus*, *Cephalotes*, *Crematogaster* y *Pseudomyrmex*. Los autores mencionan que el resto de las especies encontradas pueden ser consideradas generalistas. Los autores concluyen que este estudio muestra que el dosel mantiene una diversidad inexplorada de hormigas, que no resulta ser homogénea entre especies vegetales, ni entre las zonas forestales de la zona.

Hernández-Flores et al. (2021), realizó la exploración de la riqueza de hormigas en el dosel de diferentes especies en la SBC del estado de Morelos. Los autores analizaron la diversidad de hormigas en los árboles de diferentes especies en 15 fragmentos con diferente estadio sucesional, de los cuales cinco fueron fragmentos maduros de SBC, cinco perturbados y cinco secundarios. Los autores reportan un total de 52 especies agrupadas en siete subfamilias y 23 géneros. Los resultados reportados indican que dentro del dosel de los fragmentos maduros los valores de diversidad fueron más altos que los fragmentos alterados y secundarios. Los autores mencionan que los resultados se encuentran directamente relacionados con el tamaño y la riqueza de los árboles presentes en cada



fragmento y concluyen que es importante mantener la diversidad de hormigas presentes en el dosel de ambientes con diferente estadio sucesional dentro de la SBC.

Gómez-Acevedo y Martínez-Toledo (2021), realizaron un estudio en Santiago Pinotepa Nacional en Oaxaca, donde analizaron la riqueza del sistema Neotropical *Vachellia-Pseudomyrmex* durante los meses de la temporada lluviosa (noviembre 2014) y secas (marzo 2015). En la vegetación de selva alta perennifolia y zonas con diferentes coberturas antropogénicas como pastizales y potreros, se realizaron muestreos en *V. cornígera* y *V. hindsii*. Los autores reportan un total de 14 especies de hormigas pertenecientes a seis géneros y cuatro subfamilias. La subfamilia Pseudomyrmecinae tuvo el mayor número de especies ($S = 9$), de las cuales tres son consideradas mutualistas y seis generalistas. Seguido de la subfamilia Myrmicinae ($S = 4$), así como Dolichoderinae y Formicinae con ($S = 4$). Los autores mencionan que el mutualismo entre *V. cornígera* y diferentes especies de hormigas mirmecófilas se consideraba exclusiva. Sin embargo, los autores mencionan que los recursos ofrecidos por el género *Vachellia* pueden ser explotados por especies no mutualistas que no ofrecen beneficios a la planta, por lo que se consideran especies parásitas de esta interacción mutualista. Dentro de las especies parásitas se encuentra *Pseudomyrmex gracilis*, *P. subtilissimus*, y *Camponotus planatus*. A manera de conclusión, los autores mencionan que del sistema *Vachellia-Pseudomyrmex* no existen estudios comparativos entre diferentes temporadas estacionales, lo que podría repercutir directamente sobre la composición de hormigas del dosel.

JUSTIFICACIÓN

A pesar de la importancia ecológica entre especies del género *Vachellia* con la mirmecofauna visitante o residente bajo condiciones ambientales de estacionalidad, en el municipio de Tepalcingo, particularmente en el ejido del Limón de Cuauchichinola, no se ha llevado a cabo un análisis que evalué la diversidad de hormigas presentes en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula*. Estas especies resultan altamente interesantes, ya que comparten una historia filogenética similar con especies reportadas como mirmecófitas, por lo que resulta relevante la exploración de su potencial como especies mirmecófitas. Por ello, se realizó el estudio de las comunidades de hormigas presentes en el dosel de *V.*



campechiana y *V. pennatula* bajo condiciones estacionales contrastantes. La información generada facilitará el conocimiento de las hormigas presentes en ambas especies vegetales y los posibles cambios en la composición y los valores de diversidad entre estaciones.

El presente estudio evaluó el efecto de la estacionalidad sobre la diversidad de hormigas presentes en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula* en temporada de lluvias, post-lluvias y secas y puede identificar las especies residentes y visitantes del dosel. Además, facilita la identificación de especies de hormigas con potencial bioindicador o como exóticas invasoras para los ecosistemas. De igual forma, contribuyó con el fortalecimiento de colecciones científicas dedicadas al estudio y descripción de hormigas de México, siendo este un paso clave para estudiar la ecología de las hormigas.

OBJETIVO GENERAL

Identificar el potencial efecto de la estacionalidad ambiental sobre los valores de diversidad de las comunidades de hormigas presentes *Vachellia campechiana* y *V. pennatula* además de identificar el estatus de conservación, exóticas o invasoras de las especies de hormigas presentes en el inventario.

Objetivos particulares

- 1.** Conocer la composición de especies de hormigas que habitan el dosel de *V. pennatula* y *V. campechiana* en el ejido “El Limón de Cuauchichinola” en temporada de lluvias, post-lluvias y secas.
- 2.** Identificar las especies de hormigas con algún estatus de conservación dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la *Red List*, así como su estatus como exóticas o invasoras según la IUCN.
- 3.** Conocer la diversidad de especies de hormigas que habitan el dosel de *V. pennatula* y *V. campechiana* en el ejido “El Limón de Cuauchichinola” en temporada de lluvias, post-lluvias y secas.



HIPÓTESIS

1. Si las lluvias son el factor ambiental que promueve la producción de follaje en las especies vegetales en la SBC y ésta puede ser aprovechada por las hormigas presentes en el dosel, se espera que la composición de hormigas en el dosel sea similar en temporada de lluvias y post-lluvias contrario a las temporadas de secas en *V. campechiana* y *V. pennatula*.
2. Si la producción de follaje en las especies vegetales en la SBC incrementa en temporada de lluvias y este recurso es aprovechado por las hormigas presentes en el dosel, se espera que la diversidad de hormigas en el dosel sea mayor en temporada de lluvias y post-lluvias contrario a las temporadas de secas en *V. campechiana* y *V. pennatula*.

METODOLOGÍA

Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se localiza dentro de la REBIOSH en el ejido “Limón de Cuauchichinola” situado a 1220 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son 18°31’52” N y 98° 56’ 14” S (Dorado et al., 2005) (Figura 2) en el municipio de Tepalcingo al sur del estado de Morelos. El municipio forma parte del Eje Neovolcánico Transmexicano, así como de las subprovincias de las sierras del Sur de Puebla y de las sierras y Valles de Guerrero (CONANP, 2005). El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, común en zonas con elevaciones menores a 1400 m.s.n.m. La precipitación media anual de 909.8 mm, donde los meses de lluvia ocurren de junio a septiembre. La temporada de sequía abarca entre siete y ocho meses, iniciando en octubre y finalizando en mayo. La temperatura media anual es de 24.1 °C. El principal tipo de vegetación es SBC, que se caracteriza por presentar un estrato arbóreo que no sobrepasa los 15 metros de altura, el cual pierde el follaje durante temporada de sequía, que es recuperado en temporada de lluvias (CONANP, 2005; Mac Beath et al., 2006; Rzedowski, 2006). Sin embargo, existen algunas áreas de selva mediana subcaducifolia, bosque de encino (*Quercus glaucooides*) y una pequeña isla de pino (*Pinus maximinoi*) en las zonas más elevadas de la Sierra (CONANP, 2005). Esta heterogeneidad de hábitats y la topografía accidentada de la REBIOSH resultan en una alta diversidad de flora y fauna.



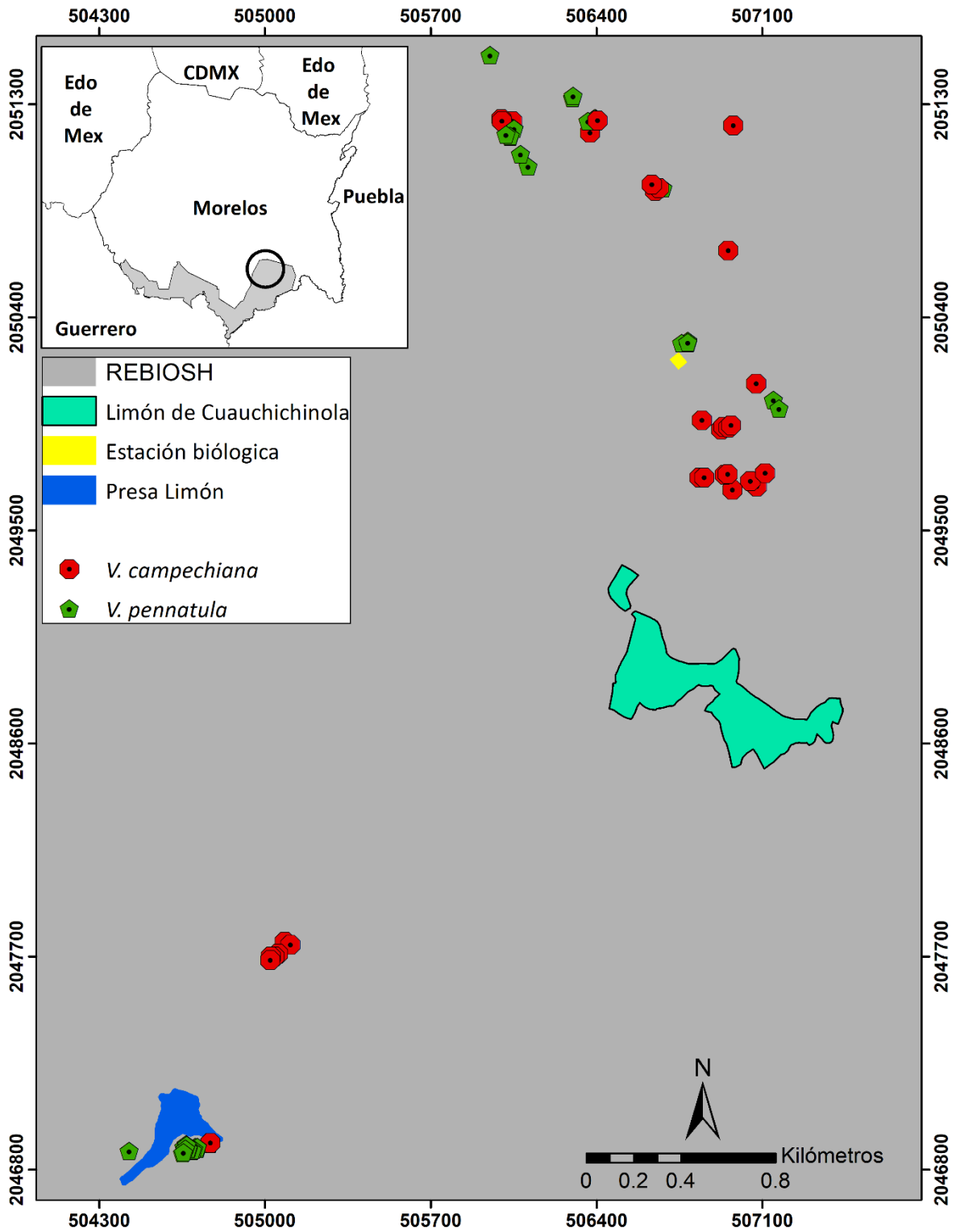


Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio e individuos muestreados de *V. campechiana* y *V. pennatula* en el ejido “El Limón de Cuauchichinola” en la REBIOSH.



Muestreo de hormigas en el dosel

Los muestreos de las hormigas presentes en el dosel se llevaron a cabo durante 2019 y 2020. En 2019 los muestreos se realizaron en la temporada de lluvias en los meses de junio y agosto, en la temporada de post lluvias, en los meses de octubre y diciembre, y en secas en el mes de febrero. Durante los meses de muestreo se realizaron cinco salidas de campo con una duración de dos días, en los que se hizo la recolecta de hormigas presentes en el dosel. Las temporadas de lluvias, post-lluvias y secas, fueron definidas utilizando los datos históricos de precipitación de la estación meteorológica de la localidad del “Limón de Cuauchichinola” con número de clave 17057 (CONAGUA, 2016) (Figura 3). Los árboles dónde se realizaron muestreos de las colectas fueron seleccionados en función de su distribución en áreas cercanas a la Estación Biológica “El Limón” y considerando solo a individuos adultos. De igual forma, los individuos seleccionados fueron previamente rotulados e identificados como sujetos de estudio de un proyecto relacionado con la descripción morfológica de ambas especies (Gutierrez-Zarco, 2020).

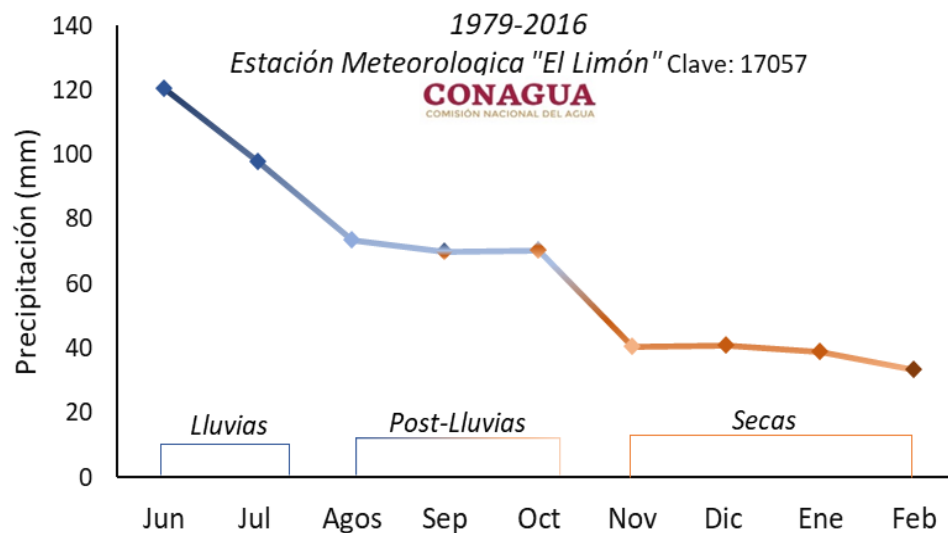


Figura 3. Datos de precipitación históricos de la estación meteorológica "El Limón". Se muestran las tres condiciones ambientales de contraste, lluvias, post-lluvias y secas en los valores de precipitación de la estación meteorológica 17057.

La captura de hormigas se realizó durante los horarios de mayor actividad de 9:00 a 13:00 y de 16:00 a 19:00, estos horarios fueron modificados de acuerdo con el horario de verano. Los muestreos fueron realizados por cinco personas. Dentro de la zona de estudio



se ubicaron un total de 150 árboles de las especies *V. campechiana* (n = 75) y *V. pennatula* (n = 75) (Figura 2). Todos los árboles fueron georreferenciados con un GPS marca GARMIN modelo etrex10, además de identificados y etiquetados con el código correspondiente (GOO) agregando el número del árbol (ejemplo: GOO10).

La captura de las hormigas presentes sobre el dosel se realizó haciendo uso de paraguas chinos. Este artefacto posee dimensiones de un metro de largo por un metro de ancho, la estructura es de madera, la cual se encuentra recubierta por una tela de color blanco, lo que facilita la captura de las hormigas que caen sobre el paraguas. El correcto funcionamiento del paraguas chino requiere su ubicación debajo del dosel de los árboles, éstos deben sacudirse para que las hormigas presentes en el dosel, ramas o tronco caigan sobre él y sean capturadas. Las hormigas capturadas con este método fueron recogidas con un aspirador entomológico de la marca “*Entomos Lab*” o manualmente. La captura de hormigas incluyó captura directa haciendo uso de un pincel mojado con alcohol, sin embargo, este método no resultó eficiente por lo que no fue contemplado en todos los muestreos (Fernández, 2003; Vergara-Torres et al., 2016).

Las hormigas capturadas fueron depositadas inmediatamente en frascos de vidrio o plástico, con alcohol etílico al 70%. Los frascos fueron rotulados con la clave del árbol, especie de árbol y la fecha en la que se tomó la muestra (ej. GOO10VP- 14/12/2019). Finalmente, los ejemplares recolectados fueron fijados y montados previamente para su determinación taxonómica. La identificación de las especies de hormigas se realizó con la ayuda de claves taxonómicas de hormigas (Westwood, 1840; Zolessi-Covelo et al., 1976; Snelling, 1996; De Andrade y Baroni-Urbani, 1999; Wilson, 2003; Mackay, 2004; Mbanyana y Robertson, 2008; Alatorre-Bracamontes y Vásquez-Bolaños, 2010; Pacheco y Mackay, 2013; Morgan y Mackay, 2017; Bolton, 2020; AntWeb, 2021). Todos los ejemplares recolectados, fijados y montados fueron depositados en la colección entomológica particular del Biól. César Maximiliano Vázquez Franco con clave CCMVF, en el estado de Puebla, México. Parte del material fue depositado en el Instituto Universitario de Ciencias, de la Unidad Académica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.



Identificación de especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su estatus como invasoras o exóticas

La identificación de las especies con algún estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o como invasoras o exóticas, se llevó a cabo la búsqueda de bibliografía y en bases de datos disponibles en la red, con el estatus de conservación, así como especies potencialmente invasoras o exóticas para las especies de hormigas reportadas. La búsqueda se llevó a cabo mediante la búsqueda por nombre científico de las especies de hormigas presentes en el inventario, a la par se hizo uso de palabras clave como: *ants, conservation, invasive, exotic, status, disturbance, displace, loss of biodiversity*.

De la misma manera se revisó la categoría de cada especie reportada en este estudio dentro de la IUCN *Red List of Threatened Species* (IUCN, 2021) de forma que fue posible conocer el estado actual de las especies del inventario. Las categorías consideradas y utilizadas en este estudio son las propuestas por la IUCN: DD (Datos deficientes), LC (Preocupación menor) y NT (Casi en peligro), para las especies no amenazadas, y VU (Vulnerable), EN (En peligro), CR (Críticamente amenazado) para las especies amenazadas de extinción (IUCN, 2021).

La consulta de literatura para conocer e identificar el estatus de las especies de hormigas reportadas en este estudio como, especies exóticas e invasoras incluyó la revisión de la “*Lista de las 100 especies más dañinas e invasoras del mundo*” (ISSG, 2021). En dicha lista se verificó la presencia y el estatus de las especies de hormigas del inventario reportado en este estudio. Finalmente, fueron consultada la bibliografía de sustento con la información de las especies que aparecieron con alguna categoría de importancia ecológica.

Análisis de datos

Con el objetivo de describir detalladamente las comunidades de hormigas presentes en *V. campechiana* y *V. pennatula*, se calculó la riqueza como el número total de especies observadas. Los valores de riqueza fueron separados por estación ambiental, lo que proporciono un valor de riqueza para la estación de lluvias, post lluvias, secas y para *V. campechiana* y *V. pennatula*. De igual forma se calculó la abundancia total y relativa, la cual fue considerada como el número de individuos por especie y proporción respecto al total,



resultante de los muestreos para las temporadas de lluvias, post lluvias, secas y para *V. campechiana* y *V. pennatula*.

Con el objetivo de visualizar y caracterizar mejor composición de especies de hormigas, así como sus fluctuaciones entre temporadas estacionales y entre *V. campechiana* y *V. pennatula*, se emplearon curvas de rango-abundancia (Whittaker, 1965). Las curvas rango-abundancia muestran la abundancia relativa de cada taxón respecto al total de individuos de todos los taxones en una muestra dada. Permiten obtener e interpretar información de la riqueza, abundancia y también de la composición taxonómica de la muestra, facilitando su entendimiento.

Los datos de riqueza, abundancia de hormigas fueron utilizados para determinar la magnitud de la variación de la riqueza observada en comparación con la estimada por Chao1, así como para validar comparaciones posteriores (Chao y Jost, 2012; Gotelli y Colwell, 2011) entre temporadas para *V. campechiana* y *V. pennatula*. Los cálculos de diversidad se realizaron mediante los números de Hill los cuales permiten estimar las tres dimensiones de diversidad (Chao, 1984; Jost, 2006; Moreno et al., 2011): riqueza de especies o Chao1 (q^0), el número de especies comunes o exponencial de Shannon-Wiener (q^1) y el número de especies dominantes o inverso de Simpson (q^2) (Jost, 2006; Chao y Jost, 2012). Para cada medida de diversidad, se calcularon los intervalos de confianza (IC) al 95% para determinar la existencia de diferencias significativas entre temporadas para *V. campechiana* y *V. pennatula*. Los análisis se realizaron con el paquete iNEXT del programa R versión 2.0.17 (Hsieh et al., 2016; R Core Team, 2020).

A partir de los resultados de diversidad se calculó la efectividad del muestreo de hormigas en *V. campechiana* y *V. pennatula*. El valor de la cobertura de muestreo sugerido por estimó la proporción de especies registradas en las muestras y permitió realizar comparaciones entre las comunidades de hormigas resultantes de la temporada de lluvias, post-lluvias y secas con un valor de cobertura similar, tomando valores de cobertura entre 0 y 1 (Chao y Jost, 2012).



RESULTADOS

Composición taxonómica de hormigas presentes en el dosel

El total de individuos montados y preservaos en alcohol indica que fueron capturados un total de 626 individuos, posterior a 522 horas de esfuerzo de muestreo. La comunidad de hormigas presentes en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula* estuvo compuesta por 21 especies, las cuales pertenecen a cinco subfamilias y 11 géneros (Tabla 1). La riqueza observada tanto para *V. campechiana* como *V. pennatula* fue de 16 especies. Las subfamilias con mayor número de especies fueron Myrmicinae ($S = 8$) Formicinae ($S = 6$) y Pseudomyrmecinae ($S = 4$). Las subfamilias con menor número de especies fueron Dolichoderinae ($S = 2$) y Solenopsis ($S = 1$). Los géneros con mayor número de especies de hormigas fueron *Camponotus* y *Pseudomyrmex*, seguido de *Pheidole* y *Crematogaster*. El resto de los géneros estuvieron representados por una especie (Tabla 1).

La tasa de captura total por persona fue de 1.22 individuos / hora. La mayor tasa de captura se registró en la temporada de secas (2.53 individuos / hora) y la menor tasa de captura se registró en la temporada de lluvias (0.88 individuos / hora) (Figura 4A). La mayor tasa de captura en *V. campechiana* se registró en la temporada de post-lluvias (2.23 individuos / hora) y la menor en la temporada de secas (0.75 individuos / hora) (Figura 4B). La mayor tasa de captura en *V. pennatula* se registró en temporada de lluvias (2.54 individuos / hora) y la menor tasa de captura en la temporada de secas (0.83 individuos / hora) (Figura 4C).

Especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su estatus como invasoras o exóticas

Las especies capturadas y correctamente identificadas, no se encuentran bajo alguna categoría de protección dentro de la NOM-059- SEMARNAT- 2010 (DOF, 2010). De acuerdo con la *Red List* (IUCN, 2021) únicamente, *Dorymyrmex insanus* se encuentra en la categoría de vulnerable (VU), el resto de especies se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC) (Tabla 1). Los últimos inventarios para el estado de Morelos de (Dáttilo et al., 2019; Hernández-Flores et al., 2021; Varela-Hernández et al., 2020; Vergara-Torres et al., 2016) no reportan a *Camponotus rectangularis rubroniger* y *Solenopsis invicta*



resultando nuevos registros para Morelos. *S. invicta* ha sido considerada una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (IUCN, 2021). De igual forma se reporta la presencia de *Paratrechina longicornis* considerada especie exótica en México (Tabla 1).

Tabla 1. Inventario de hormigas reportadas sobre el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula* en el ejido el Limón de Cuauichinola.

Subfamilia	Especie	NOM	IUCN	Hábito
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex insanus</i> (Buckley, 1866)	-	VU	G
	<i>Forelius damiani</i> (Guerrero y Fernández, 2008)	-	LC	T
Formicinae	<i>Camponotus rectangularis rubroniger</i> (Forel, 1899)	-	LC	A
	<i>C. rubrithorax</i> (Forel, 1899)	-	LC	A
	<i>C. atriceps</i> (Smith, 1858)	-	LC	A
	<i>Camponotus sp.</i> (Mayr, 1861)	-	LC	A
	<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802) **	-	LC	G
	<i>Brachymyrmex musculus</i> (Forel, 1899)	-	LC	G
	Mymicinae	<i>Cephalotes sp.</i> (Latreille, 1802)	-	LC
<i>Pheidole aff punctatissima</i> (Mayr, 1870)		-	LC	A
<i>P. tepicana</i> (Pergande, 1896)		-	LC	G
<i>P. laevivertex</i> (Forel, 1901)		-	LC	T
<i>Crematogaster aff corvina</i> (Mayr, 1870)		-	LC	A
<i>C. atra</i> (Mayr, 1870)		-	LC	A
<i>C. crinosa</i> (Mayr, 1862)		-	LC	A
<i>Nesomyrmex echinatinodis</i> (Forel, 1886)		-	LC	A
Pseudomyrmecinae		<i>Pseudomyrmex elongatus</i> (Mayr, 1870)	-	LC
	<i>P. gracilis</i> (Fabricius, 1804)	-	LC	A
	<i>P. major</i> (Forel, 1889)	-	LC	A
	<i>Pseudomyrmex sp.</i> (Lund, 1831)	-	LC	A
Solenopsis	<i>Solenopsis invicta</i> (Buren, 1972) * *	-	LC ^T	G

*Nuevos registros para Morelos. ** Especie exótica *Especie exótica dañina. Abreviaturas IUCN indican: VU) Vulnerable. Abreviaturas hábito indican: A) Arbórea; T) Terrestre; G) Generalista



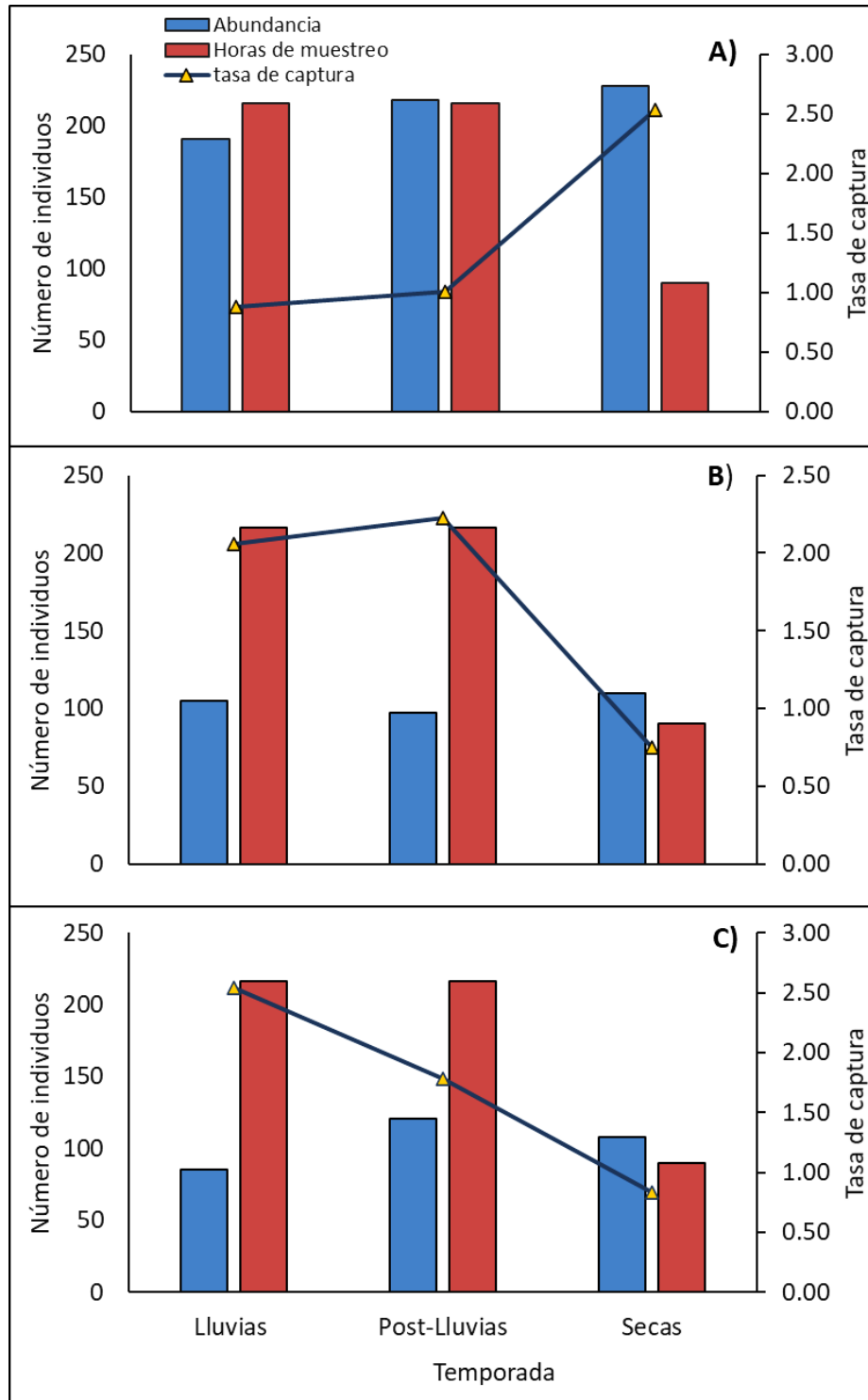


Figura 4. Número de individuos, horas de muestreo y tasas de captura de hormigas en temporada de Lluvias, post-lluvias y secas en *V. campechiana* y *V. pennatula*. A) Número de individuos en relación con el esfuerzo de muestreo para la zona de estudio. B) Número de individuos en relación con el esfuerzo de muestreo para *V. campechiana*. C) Número de individuos en relación con el esfuerzo de muestreo para *V. pennatula*.



Composición de hormigas en *V. campechiana* y *V. pennatula* en lluvias, post-lluvias y secas

La riqueza total de hormigas presentes en *V. campechiana* fue de 16 especies (Tabla 2). Los valores de riqueza observados en *V. campechiana* indican la presencia de 10 especies en la temporada de lluvias, 11 en la temporada de post-lluvias y siete en la temporada de secas (Tabla 2). La especie con los valores de abundancia más altos en *V. campechiana* fue *C. crinosa* para las tres temporadas de muestreo, la segunda especie más abundante para la temporada de lluvias fue *C. rubritorax*, y la segunda especie más abundante durante las temporadas de post-lluvias y secas fue *C. rectangularis rubroniger* (Tabla 2).

La riqueza total de hormigas presentes en *V. pennatula* fue de 16 especies (Tabla 2). Los valores de riqueza observados en *V. pennatula* indican la presencia de 11 especies en la temporada de lluvias, 10 en la temporada de post-lluvias y siete en la temporada de secas (Tabla 2). La especie con los valores de abundancia más altos en *V. pennatula* fue *C. aff corvina* para la temporada de lluvias y *C. crinosa* para la temporada de post-lluvias y secas, la segunda especie más abundante para la temporada de lluvias fue *C. crinosa*, y la segunda especie más abundante durante las temporadas de post-lluvias y secas fue *C. aff corvina* (Tabla 2).



Tabla 2. Riqueza y abundancia de hormigas reportadas en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula*. Se muestra la presencia de hormigas en temporada de lluvias, post lluvias y secas para ambas especies de plantas, así como, su estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza, IUCN.

Subfamilia	Especie	<i>V. campechiana</i>			<i>V. pennatula</i>		
		Lluvias	Post Lluvias	Secas	Lluvias	Post Lluvias	Secas
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex insanus</i>	8					
	<i>Forelius damiani</i>			3			3
Formicinae	<i>Camponotus rectangularis</i>	4	24	19	8	7	13
	<i>rubroniger</i>						
	<i>C. rubrithorax</i>	18	9	2	5	19	14
	<i>C. atriceps</i>				3	4	
	<i>Camponotus sp</i>				3		2
	<i>Paratrechina longicornis</i>		1			21	7
Mymicinae	<i>Brachymyrmex musculos</i>					5	
	<i>Cephalotes sp</i>	5	1	1			
	<i>Pheidole aff punctatissima</i>	1			7		
	<i>P. tepicana</i>				11		
	<i>P. laevivertex</i>				3		
	<i>Crematogaster aff corvina</i>		7	10	21	25	29
	<i>C. atra</i>		8			1	
	<i>C. crinosa</i>	53	34	71	19	36	40
	<i>Nesomyrmex echinatinodis</i>	6	6	4		1	
	Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex elongatus</i>	5	2			
<i>P. gracilis</i>			2				
<i>P. major</i>			3		2	2	
<i>Pseudomyrmex sp</i>		1			3		
Solenopsis	<i>Solenopsis invicta</i>	4					
Subtotal Riqueza (S)		10	11	7	11	10	7
Subtotal Abundancia		105	97	110	85	121	108
Abundancia total			312			314	
Riqueza total (S)			16			16	

Abreviaturas indican: S) Riqueza.



La curva de rango-abundancia para la temporada de lluvias en *V. campechiana* (Figura 5) indica que las especies con la abundancia y rango más alto de la comunidad fueron *C. crinosa* y *C. rubritorax*. La cola de la curva en temporada de lluvias estuvo compuesta por dos especies *Pseudomyrmex sp.* y *P. aff punctatissima*. La curva de rango-abundancia para la temporada de post-lluvias indica que las especies con la abundancia y rango más alto de la comunidad fueron *C. crinosa* y *C. rectangularis rubroniger*. La cola de la curva en temporada de post-lluvias estuvo compuesta por dos especies *Cephalotes sp.* y *P. longicornis*. La curva de rango-abundancia para la temporada de secas indica que las especies con la abundancia y rango más alto de la comunidad fueron *C. crinosa* y *C. rectangularis rubroniger*. La cola de la curva en temporada de secas estuvo compuesta por dos especies *Cephalotes sp.* y *C. rubritorax*.

La curva de rango-abundancia para la temporada de lluvias en *V. pennatula* (Figura 6) indica que las especies con la abundancia y rango más alto de la comunidad fueron *C. aff corvina* y *C. crinosa*. La cola de la curva en temporada de lluvias estuvo compuesta por una especie *P. major*. La curva de rango-abundancia para la temporada de post-lluvias indica que las especies de hormigas con la abundancia y rango más alto de la comunidad fueron *C. crinosa* y *C. aff corvina*. La cola de la curva en temporada de post-lluvias estuvo compuesta por dos especies *C. atra* y *N. echinatinodis*. La curva de rango-abundancia para la temporada de secas indica que las especies con la abundancia y rango más alto de la comunidad fueron *C. crinosa* y *C. aff corvina*. La cola de la curva en temporada de secas estuvo compuesta por una especie *Camponotus sp.*



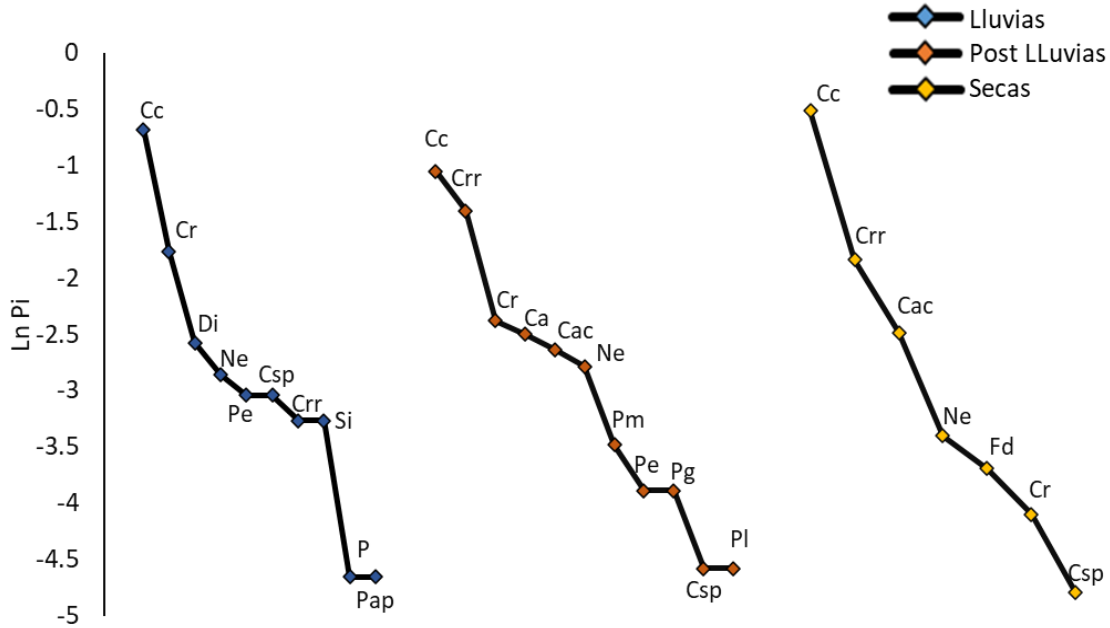


Figura 5. Curvas rango-abundancia de la comunidad de hormigas presentes en *V. campechiana*. Abreviaturas indican: Cc) *C. crinosa*; Cr) *C. rubrithorax*; Di) *D. insanus*; Ne) *N. echinatinodis*; Csp) *Cephalotes sp*; C) *Camponotus sp*; Crr) *C. rectangularis rubroniger*; Si) *S. invicta*; P) *Pseudomyrmex sp*; Pap) *P. aff punctatissima*; Ca) *C. atra*; Cac) *C. aff corvina*; Pm) *P. major*; Pe) *P. elongatus*; Pg) *P. gracilis*; Pl) *P. longicornis*; Csp) *Cephalotes sp* y Fd) *F. damiani*.

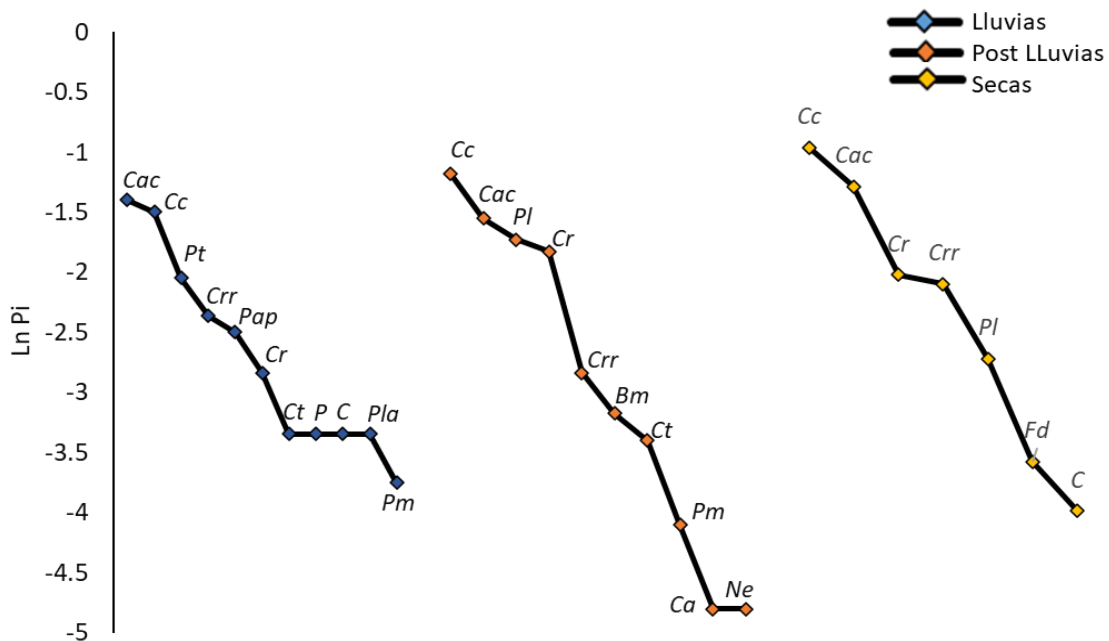


Figura 6. Curvas rango-abundancia de la comunidad de hormigas presentes en *V. pennatula*. Especies de hormigas: Cac) *C. aff corvina*; Cc) *C. crinosa*; Pt) *P. tepicana*; Crr) *C. rectangularis rubroniger*; Pap) *P. aff punctatissima*; Cr) *C. rubrithorax*; Ct) *C. atriceps*; P) *Pseudomyrmex sp*; C) *Camponotus sp*; Pla) *P. laevivertex*; Pm) *P. major*; Pl) *P. longicornis*; Bm) *B. musculos*; Ca) *C. atra*; Ne) *N. echinatinodis*; Fd) *F. damiani* y C) *Camponotus sp*.



Diversidad de hormigas presentes en *V. campechiana* en temporada de lluvias, post-lluvias y secas

Los resultados del análisis de diversidad para la comunidad de hormigas presente en temporada de lluvias indican una riqueza observada de 10 especies y una riqueza estimada de 11 especies. El orden de diversidad q^1 y q^2 relacionado con el índice de Shannon indica las mismas cantidades en cuanto lo observado y estimado. Los resultados del análisis de diversidad en la temporada de post-lluvias indican una riqueza observada de once especies y una riqueza estimada de doce especies (Tabla 3). El orden de diversidad q^1 indica que existen seis especies igualmente abundantes y una estimación de siete especies. El orden de diversidad q^2 indica que existen cinco especies igualmente dominantes dentro de la comunidad, resultado similar con el valor estimado. Los resultados del análisis de diversidad para la comunidad de hormigas en temporada de secas indican una riqueza observada de siete especies y resultado similar con el valor estimado (Tabla 3). El orden de diversidad q^1 indica que existen tres especies igualmente abundantes dentro de la comunidad, resultado similar con el valor estimado. El orden de diversidad q^2 indica que existen dos especies igualmente dominantes dentro de la comunidad, resultado similar con el valor estimado (Figura 7).

Diversidad de hormigas presentes en *V. pennatula* en temporada de lluvias, post-lluvias y secas

Los resultados del análisis de diversidad para la comunidad de hormigas presente en temporada de lluvias indican una riqueza observada de 11 especies, resultado compartido con el valor estimado (Tabla 3). El orden de diversidad q^1 relacionado con el índice de Shannon indica que existen ocho especies igualmente abundantes dentro de la comunidad y una estimación de nueve especies. El orden de diversidad q^2 indica que existen seis especies igualmente dominantes dentro de la comunidad y una estimación de siete especies. Los resultados del análisis de diversidad para la comunidad de hormigas presente en temporada de post-lluvias indican una riqueza observada de 10 especies y una riqueza estimada de 12 especies (Tabla 3). El orden de diversidad q^1 indica que existen seis especies igualmente abundantes y una estimación de siete especies. El orden de diversidad q^2 indica que existen cinco especies igualmente dominantes dentro de la comunidad, resultado



similar con el valor estimado. Los resultados del análisis de diversidad para la comunidad de hormigas en temporada de secas indican una riqueza observada de siete especies, resultado similar con el valor estimado (Tabla 3). El orden de diversidad q^1 indica que existen cinco especies igualmente abundantes dentro de la comunidad, resultado similar con el valor estimado. El orden de diversidad q^2 indica que existen cuatro especies igualmente dominantes dentro de la comunidad, resultado similar con el valor estimado (Figura 8).

Tabla 3. Ordenes de diversidad para las comunidades de hormigas presentes en *V. campechiana* y *V. pennulata* por temporada de lluvias, post-lluvias y secas.

Temporada/ Especie	Orden de diversidad	S observada	S estimada	Error estándar	Límite inferior	Límite superior	
<i>V. campechiana</i>	q^0	10	11	2.24	10.07	23.89	
	Luvias	q^1	5	5	0.55	5.12	6.49
		q^2	3	3	0.47	3.32	4.32
		q^0	11	12	1.85	11.08	21.97
	Post lluvias	q^1	6	7	0.62	6.44	8.07
		q^2	5	5	0.62	4.75	6.17
		q^0	7	7	1.31	7.02	15.37
	Secas	q^1	3	3	0.32	3.12	3.86
		q^2	2	2	0.24	2.18	2.69
<i>V. pennatula</i>		q^0	11	11	0.55	11.00	12.47
Luvias	q^1	8	9	0.66	8.16	9.98	
	q^2	6	7	0.76	6.56	8.52	
	q^0	10	12	3.71	10.17	31.96	
Post lluvias	q^1	6	7	0.48	6.28	7.55	
	q^2	5	5	0.42	5.19	6.21	
	q^0	7	7	0.40	7.00	8.00	
Secas	q^1	5	5	0.35	4.91	5.75	
	q^2	4	4	0.38	4.06	4.94	

La cobertura de muestreo en relación con el número de individuos capturados indica que en *V. campechiana* el valor más alto se registró en la temporada de secas y el menor en post-lluvias. La cobertura de muestreo en relación con el número de individuos capturados indica que en *V. pennatula* los valores más altos se registraron en la temporada de lluvias y secas y el menor en post-lluvias (Tabla 4).



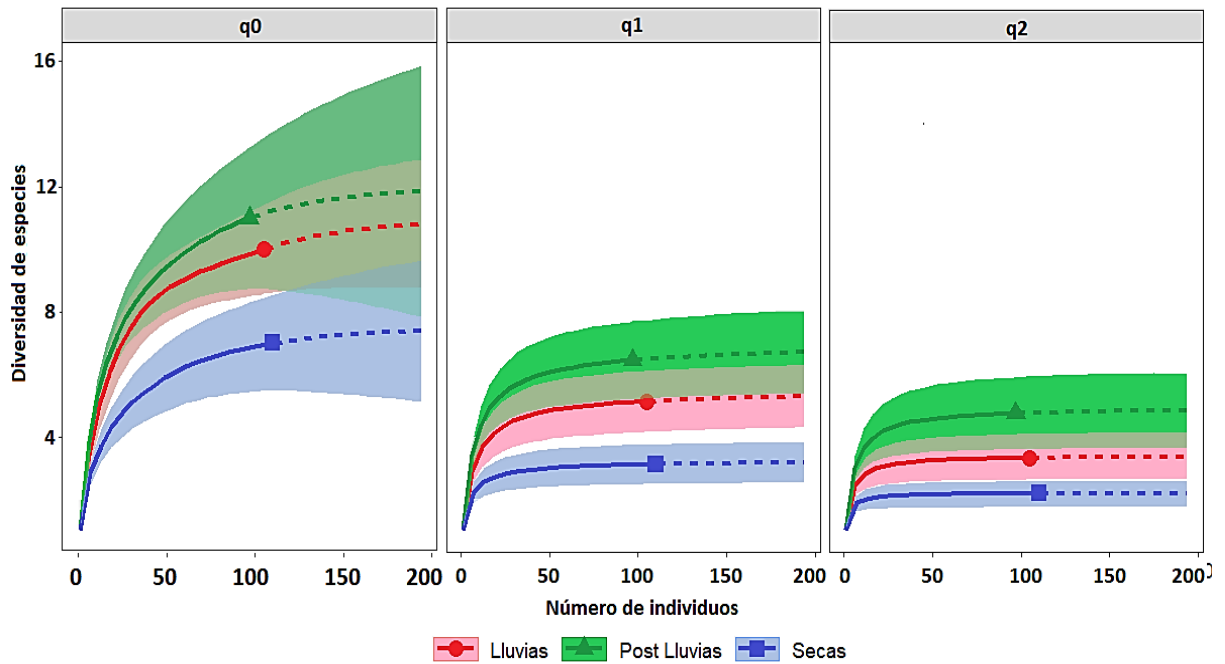


Figura 7. Órdenes de diversidad entre las estaciones de lluvias, post-lluvias y secas en *V. campechiana*. q^0) Riqueza de especies; q^1) Exponencial de Shannon; q^2) Inverso de Simpson.

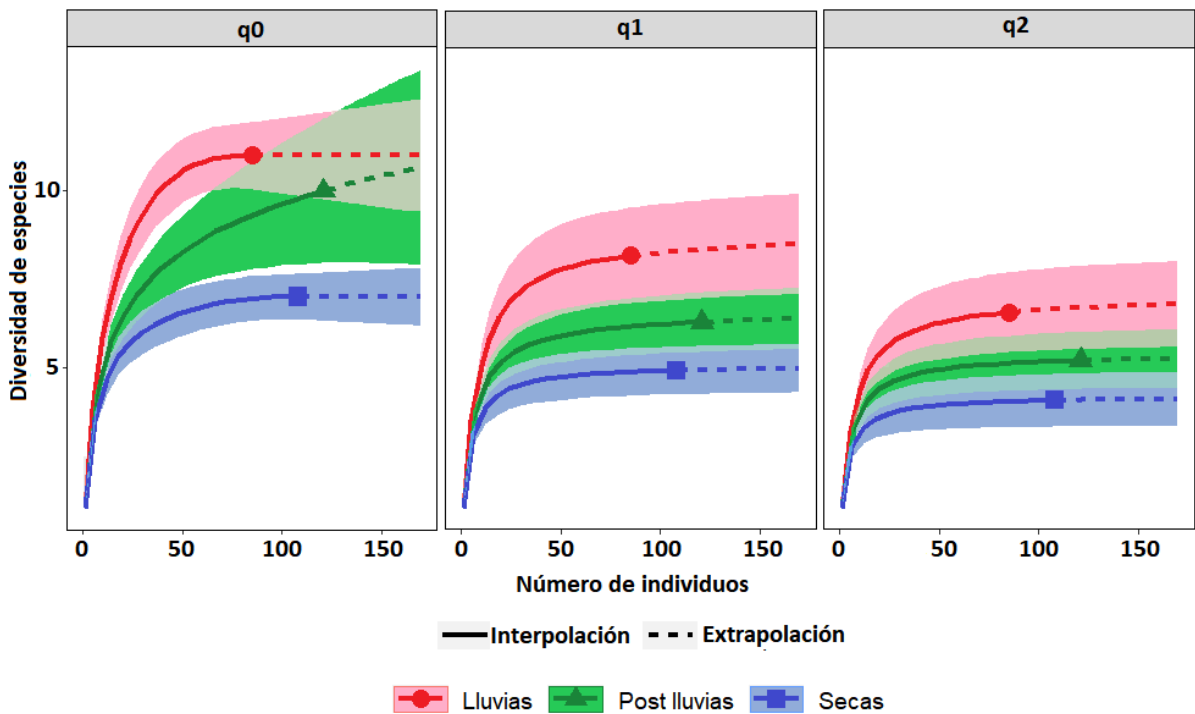


Figura 8. Ordenes de diversidad entre las estaciones de lluvias, post-lluvias y secas en *V. pennatula*. q^0) Riqueza de especies; q^1) Exponencial de Shannon; q^2) Inverso de Simpson.



Tabla 4. Cobertura de muestreo, número de individuos y riqueza por temporada de muestreo para *V. campechiana* y *V. pennatula*.

Especie / Temporada	n	S observada	Cobertura de muestreo
<i>V. campechiana</i>			
Lluvias	105	10	0.98
Post Lluvias	97	11	0.97
Secas	110	7	0.99
<i>V. pennatula</i>			
Lluvias	85	11	1.00
Post Lluvias	121	10	0.98
Secas	108	7	1.00

DISCUSIÓN

Riqueza de hormigas que habitan el dosel

La diversidad de especies de hormigas en el estado de Morelos no es conocida por completo, donde algunas regiones de la entidad permanecen poco exploradas (Varela-Hernández et al., 2020). El inventario realizado en este estudio reporta una riqueza de hormigas en el dosel de *V. pennatula* y *V. campechiana* de 21 especies pertenecientes a cinco subfamilias y 11 géneros. El inventario incluye la presencia de dos nuevos registros *C. rectangularis rubroniger* y *S. invicta* para Morelos. A pesar de *C. rectangularis* es una especie abundante en inventarios de riqueza en Morelos (Dáttilo et al., 2019; Hernández-Flores et al., 2021), hasta el momento no existe el registro de subespecies para esta especie. Otros inventarios de hormigas llevados a cabo en Morelos (Vergara-Torres et al., 2016; Dáttilo et al. 2019; Varela-Hernández et al., 2020; Hernández-Flores et al., 2021) reportan la presencia de cuatro especies del género *Solenopsis* (*S. geminata*, *S. aff azteca*, *S. xyloni* y *Solenopsis sp.*). Sin embargo, en este trabajo identificamos la presencia de *S. invicta*, registro que resulta altamente importante, ya que esta especie representa una amenaza para el ecosistema pues se encuentra en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo de la UICN (IUCN, 2021). De acuerdo con Tsutsui y Suarez (2003), esta especie tiene importantes afectaciones a la biodiversidad de los ecosistemas en los que se ha reportado, así como, impactos sobre zonas agrícolas. Por ello no descartamos que la



presencia de *S. invicta* se relacione potencialmente con efectos negativos sobre la biodiversidad y las zonas agrícolas cercanas a la región del Limón de Cuauchichinola.

La actualización más reciente de la diversidad mirmecofaunística reportada para México por Dáttilo et al. (2019), es de 887 especies pertenecientes a 96 géneros y 11 subfamilias. El número de especies reportadas en este proyecto representa el 2.3% del total de especies registradas para México. Para la SBC del país los mismos autores reportan un total de 301 especies, de las cuales los resultados de este proyecto representan el 6.9% del total de especies de este tipo de vegetación. Varela-Hernández et al. (2020), reportan un total 164 especies de hormigas para Morelos, de las cuales los resultados de este proyecto representan el 34.44% de las especies registradas en el estado. Dáttilo et al. (2019), reportan para el municipio de Tepalcingo un total de siete especies, los resultados de este trabajo indican la presencia de 21 especies.

Las subfamilias con mayor número de géneros en este estudio fueron Myrmicinae, Formicinae y Pseudomyrmecinae. Lo anterior, es congruente con lo reportado por Dáttilo et al. (2020) y Hernández-Flores et al. (2021), quienes reportan resultados similares al de este estudio y concluyen que estas subfamilias se encuentran bien representadas dentro de la SBC en Morelos. Sin embargo, ambos trabajos reportan a las subfamilias Ectatomminae, Dorylinae y Ponerinae como diversas en el número de géneros contenidos, lo cual no corresponde con el resultado de este estudio. Nuestro resultado podría encontrarse relacionado con el diseño de muestreo, donde solo se contemplaron las hormigas colectadas en el dosel de los árboles *V. campechiana* y *V. pennatula*, mientras que el trabajo de Hernández-Flores et al. (2021), hicieron uso de diferentes estratos y ambientes con diferente grado de disturbio y manejo.

Hernández-Flores et al. (2021), reportan que las subfamilias Myrmicinae y Formicinae representaron el 71 % del total de las especies resultantes en su trabajo. Este resultado es cercano al resultado de este proyecto donde dichas subfamilias representaron el 66% del total de especies registradas. Lo anterior, es apoyado por Rojas (2001), quien documenta que éstas mismas subfamilias se caracterizan por presentar géneros y especies con una amplia diversidad geográfica en ambientes Neotropicales. La amplia diversidad de



hábitos presentes en ambas subfamilias podría explicar los valores de riqueza y abundancia elevados de sus especies, sin embargo resulta relevante que dentro de la amplia variedad de hábitos, existen especies relacionadas con asociaciones directas con plantas (Fernández, 2003).

Los géneros mejor representados en número de especies de hormigas en este estudio fueron *Camponotus*, *Pseudomyrmex* y *Crematogaster*. Este resultado coincide con lo reportado por Dáttilo et al. (2019), dentro de la SBC de Morelos, los autores mencionan que los géneros *Camponotus* y *Pseudomyrmex* son los géneros que poseen los valores de riqueza más altos. Hernández-Flores et al. (2021), reportan que el género *Pheidole* posee el mayor valor de riqueza seguido del género *Pseudomyrmex* y *Camponotus*. Varela-Hernández et al. (2020), reportan que los géneros *Pheidole*, *Camponotus* y *Pseudomyrmex* con valores de riqueza altos dentro de la SBC para Morelos. Estos resultados coinciden a lo observado en nuestro estudio para los géneros *Camponotus* y *Pseudomyrmex* y en menor coincidencia para *Pheidole*.

Los resultados obtenidos en este proyecto pueden mantener un sesgo en comparación a otros estudios relacionado con el número de especies e individuos incluidos, técnicas de colecta, los períodos de muestreo, inclusión de análisis de la fenología en las plantas, así como, los estratos y condiciones de perturbación y manejo de los hábitats estudiados por otros autores. En este estudio la colecta de hormigas estuvo dirigida al dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula*, sin embargo, los resultados coinciden en su mayoría con lo reportado en los inventarios previamente mencionados al nuestro dentro de la SBC de Morelos.

Riqueza y abundancia de hormigas en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula*

Los resultados obtenidos dentro de este estudio indican que las especies *C. crinosa* y *C. rectangularis rubroniger* fueron las especies con los valores de abundancia más altos en ambas especies de árboles. Este resultado es similar a lo reportado por Vergara-Torres et al. (2016) y Hernández-Flores et al. (2021), donde los autores reportan que la especie con los valores de abundancia más altos fue *C. crinosa* sobre el dosel de los árboles estudiados dentro de la SBC en Morelos. Sin embargo, el resultado obtenido para *C.*



rectangularis rubroniger resulta contrario con nuestro estudio, ya que ambos autores no reportan la presencia de esta especie en sus inventarios. La abundancia de especies del género *Camponotus* en este estudio se relaciona directamente con la afinidad arborícola que tienen los géneros recolectados con mayor riqueza en este estudio, como es el caso de todas las especies encontradas del género *Camponotus* (Mackay, 2004) y *Pseudomyrmex* (Janzen, 1966). En el caso del género *Pheidole*, las especies *P. aff punctatissima* y *P. tepicana* también tienden a estar en sustratos arbóreos (Wilson, 2003).

Resulta interesante que las *Monomorium mimimum*, *Temonothorax*, *Tapinoma ramulorum* y *Myrmelachista mexicana*, especies con los valores de abundancia más altos reportadas en los estudios de Vergara-Torres et al. (2016) y Hernández-Flores et al. (2021), no fueron registradas en nuestro trabajo. Estas especies a pesar de tener importantes roles sobre el dosel, es probable que se encuentren presentes el dosel de *V. pennatula* y *V. campechiana* ya que éstas especies vegetales forman parte de la vegetación secundaria de la SBC en Morelos (Dorado et al., 2008), por lo que asumimos que *M. mimimum*, *Temonothorax sp.*, *T. ramulorum* y *M. mexicana*, prefieren árboles de ambientes poco alterados por actividades humanas. De esta forma, nuestro resultado podría relacionarse con lo documentado Klimes et al. (2012), donde reporta que la mayor diversidad taxonómica de hormigas ocurre en árboles de vegetación primaria contrario a lo que ocurre en los árboles de vegetación secundaria; lo cual podría relacionarse con estructuras más simples de la vegetación secundaria, lo que genera una menor disponibilidad de microhábitats y/o alimento, además de que esta vegetación crece en sitios con condiciones ambientales, que pueden resultar extremas para muchas especies, como podría ser el caso de las especies que no fueron reportadas en nuestro trabajo. Es probable que en este estudio la estructura de los árboles elegidos haya sido un factor determinante, pues se escogieron individuos maduros, de no más de tres metros de altura en los que la recolecta de hormiga resultara fácil.

De acuerdo con otros estudios sobre la riqueza y abundancia de hormigas en plantas leguminosas podemos mencionar a Gómez-Acevedo y Martínez-Toledo (2021), quienes trabajaron con especies las *V. cornigera* y *V. hindsii* en vegetación selva alta perennifolia,



pertenecientes al mismo género de plantas de este trabajo. Los autores reportaron una composición de especies similar a nuestros resultados a excepción de *Tapinoma sp.* La similitud en cuanto a la composición, pudieran encontrarse relacionadas con la cercanía filogenética entre las especies del género *Vachellia*. En el caso de *V. cornígera* y *V. hindsii* se encuentran dentro del grupo de las leguminosas mirmecófilas y *V. pennatula* y *V. campechiana* como especies emparentadas filogenéticamente (Seigler y Ebinger, 1988; Maslin y Stirton, 1997; Maslin, 2015). Las observaciones realizadas en campo indican la oferta recursos por *V. pennatula* y *V. campechiana* como la secreción de néctar en los NEF como alimento, ramas huecas y cortezas desprendidas como sitios viables para el anidamiento, los cuales pueden ser explotados por especies de hormigas con hábitos arborícolas, así como, de las potenciales especies parásitas de *Vachellias* mirmecófitas y hormigas. Ejemplos de esto son los géneros *Camponotus* y *Pseudomyrmex* y la especie *Pseudomyrmex gracilis* (Gómez-Acevedo y Martínez-Toledo 2021).

El presente trabajo no tuvo como objetivo identificar las posibles relaciones mutualistas establecidas entre hormigas y las especies vegetales estudiadas. Sin embargo, las observaciones y revisiones bibliográficas de las especies de hormigas resultantes en este trabajo, nos permitió conocer la relación que mantienen con el género *Vachellia*. Sin embargo, de las 21 especies reportadas, 13 de ellas son de hábitos arborícolas. Ninguna de las especies en este trabajo mantiene algún tipo de mutualismo estricto u obligado con especies del género *Vachellia* o de manera específica con las especies *V. pennatula* y *V. campechiana* (AntWeb, 2021). Sin embargo, se ha documentado la asociación entre *V. pennatula* con hormigas, así como, otros insectos presentes en su dosel y su respuesta ante disturbios naturales (Moya-Raygoza, 2005; Moya-Raygoza y Larzen, 2014).

Estatus de conservación y como exóticas o invasoras de las hormigas presentes en *V. campechiana* y *V. pennatula*

El inventario resultante de ese estudio indica que ninguna de las especies registradas se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dentro de la IUCN la especie *D. insanus* se encuentra como especie vulnerable por su rango de distribución restringido (SISG, 1996). Sin embargo Cuezco y Guerrero (2012), actualizaron los datos de distribución



de la especie donde observan que la especie posee un mayor rango de distribución y por lo que sugieren, que no debería clasificarse como especie vulnerable. Esta especie fue considerada como nuevo registro para Morelos (Varela-Hernández et al., 2020). La especie de hormiga *P. longicornis* es una especie considerada como exótica en casi todo el mundo, ya que tiene un nivel de dispersión alto a escala mundial, pero es nativa de la India (MAAMA, 2013; Santos, 2016). Esta especie ha sido registrada en otros inventarios en Morelos (Dáttilo et al., 2019; Varela-Hernández et al., 2020; Hernández-Flores et al., 2021). Actualmente se desconocen los impactos producidos por esta especie en la región. La especie *S. invicta* se encuentra incluida dentro de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo de la UICN. Esta especie representa un importante riesgo para otros organismos pues ejerce alta presión competitiva en hormigas nativas y sus mutualismos, reduce el número de otros insectos, en la sobrevivencia de algunas plantas e incluso la reducción de biodiversidad de pequeños reptiles, anfibios y mamíferos (ISSG, 2021), representando incluso un problema para actividades sociales y económicas debido a reportes de ataques a personas en zonas públicas, infestación de mobiliario electrónico y un importante impacto en zonas de cultivo de maíz, frijol, papa y camote (Tsutsui y Suarez, 2003). Esta especie resulta ser un buen indicador de perturbación debido a que están asociados a ambientes con algún grado de perturbación por actividades antropogénicas (Rojas, 1996). Sugerimos que sea considerada su presencia como una potencial amenaza para la biodiversidad de la REBIOSH.

Diversidad de hormigas en el dosel de *V. pennatula* y *V. campechiana*

La SBC se caracterizó por una fuerte variación estacional producto de las dos estaciones climáticas (lluvias y secas) que afectan la fenología y crecimiento general de las plantas de este tipo de vegetación (Murphy y Lugo, 1986). La dicotomía estacional dentro de la SBC se ha comprendido como un ecosistema simple y predecible, donde se asume la diversidad de insectos responde únicamente a la temporada de lluvias y secas (Rodríguez y Woolley, 2005; Ávalos, 2007; Corona-López et al., 2013). A pesar de esto, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la estacionalidad en la SBC resulta ser más compleja y se pueden observar tres comunidades diferentes de hormigas.



Los resultados obtenidos en este estudio indican que los valores de diversidad más altos se observaron en temporada de lluvias para *V. pennatula* y para *V. campechiana* en post-lluvias, y los valores de diversidad más bajos en temporada de secas para ambas plantas. La curva de rango-abundancia muestra que las principales diferencias de las comunidades de hormigas en *V. campechiana* y *V. pennatula* entre temporadas se relaciona con la composición de especies y cambios en la abundancia de las especies. Sin embargo, los resultados de este estudio demuestran que la estacionalidad de la SBC es más compleja, lo que determinó la presencia de tres comunidades de hormigas. Este patrón se ha observado en otras comunidades de artrópodos, donde también se ha demostrado la presencia de más de dos comunidades estacionales. Martínez-Hernández et al. (2019), en la SBC de San Andrés de la Cal al norte del estado de Morelos, documentaron la existencia de comunidades de cerambícidos que muestran patrones estacionales de más de dos grupos; ya que ellos identificaron cuatro períodos estacionales definidos por las comunidades identificadas, donde los valores de diversidad más altos se registraron al inicio de la temporada de lluvias y los más bajos al inicio de la temporada de sequía.

La mayor parte de los estudios que han evaluado los efectos de la estacionalidad sobre la diversidad de hormigas se han centrado en la evaluación de la temporada de lluvias y secas (Vergara-Torres et al., 2016; Souto et al., 2016; Martínez-Hernández et al., 2019; Baena et al., 2019; Hernández-Flores et al., 2021; Gómez-Acevedo y Martínez-Toledo, 2021). La actividad de los insectos dentro de la SBC de forma general se encuentra relacionada con la precipitación y temperatura, ya que la disponibilidad de agua aumenta o disminuye la productividad primaria (Jaramillo et al., 2011; Martínez-Hernández et al., 2019) y la temperatura afecta el metabolismo de los insectos (Müller et al., 2015).

Bujan et al. (2020), documentaron la plasticidad de la tolerancia térmica de las comunidades de hormigas a lo largo de tres estaciones del año, donde demostraron la variación en los períodos de actividad de las hormigas evaluadas. Los autores mencionan que la comunidad de hormigas durante el año mostró plasticidad a los cambios en los valores de temperatura. Estas observaciones podrían explicar la variación observada en nuestro estudio, en el que las diferentes especies reportadas pudieran mostrar mayor o



menor plasticidad, lo que se ve reflejado directamente sobre la composición y la jerarquía de las especies reportadas. De igual forma los autores reportan la presencia de *S. invicta* como una de las especies con alta plasticidad térmica, sin embargo, los autores reportan que las hormigas nativas mostraron una plasticidad térmica similar a la de *S. invicta* incluso superior. Los autores concluyen que las hormigas nativas reportadas pueden mantenerse presentes durante períodos estacionales en los que las condiciones de temperatura pueden ser desfavorables y ese rasgo pudiera promover ventajas para estas especies durante todo el año. De esta forma asumimos que la variación de los valores de diversidad encontrados en este estudio sobre *V. campechiana* y *V. pennatula*, podrían estar relacionados con las condiciones de temperatura óptimas en las que pueden las especies de ambas comunidades hacer uso de los recursos del hábitat.

Los cambios fenológicos en los árboles producidos por efecto de la estacionalidad, producto de variaciones en la temperatura y humedad, generan cambios en las comunidades de insectos, lo cual se ve reflejado sobre los patrones de migración, uso de microhábitats, además de afectar la duración del desarrollo larvario y la fecundidad en los individuos adultos (Jaworski y Hilszczanski, 2013). Los resultados observados en este estudio relacionados con el cambio de la composición taxonómica de las hormigas presentes en el dosel de *V. campechiana* y *V. pennatula* indican que las especies que mantienen fluctuaciones estacionales en su abundancia, podría indicar que se trata de especies homodinámicas. Esta condición podría explicar las fluctuaciones de las cuatro especies en *V. campechiana* (*D. insanus*, *P. elongatus*, *P. gracilis*, y *S. invicta*) y las siete especies en *V. pennatula* (*C. atriceps*, *Camponotus sp.*, *B. musculus*, *P. tepicana* y *P. laevivertex*, *C. atra* y *Pseudomyrmex sp.*) que de forma general presentan una estructura estacional de ciclo anual, que de forma general muestran fluctuaciones estacionales significativas en su ciclo ontogénico (Lopatina, 2018).

Los resultados obtenidos en el orden de diversidad q^0 indican que para *V. campechiana* y *V. pennatula*, los valores de diversidad fueron mayores durante la temporada de lluvias y post-lluvias, respectivamente. Este resultado es similar lo reportado por Sousa-Souto et al. (2016), en Brasil, donde los autores reportan variación en los valores



de diversidad entre las temporadas de lluvias y secas, es decir, para las hormigas arbóreas se reportaron valores de diversidad diferentes en temporada de lluvias y secas, los autores atribuyen este resultado a la mayor productividad de follaje de las plantas, lo que además permite mayor conectividad entre las copas, contrario a lo que ocurre en temporada de sequía, donde la productividad primaria y la conectividad entre copas disminuye. Los autores concluyen que los cambios en la productividad primaria pueden ser los principales factores de cambio en la explotación de los recursos entre estaciones, donde en temporada de secas la migración vertical aumenta por parte de especies de hormigas del suelo hacia el dosel. Estas observaciones podrían resultar ser similares con lo reportado en este estudio, donde reportamos una combinación de especies con hábitos arbóreos, terrestres y generalistas entre temporadas, tanto en *V. campechiana* y *V. pennatula*. Sin embargo, se requiere de estudios que demuestren que la variación estacional se encuentra relacionada con procesos de migración vertical, ya que existen pocos estudios que demuestren los efectos de la estacionalidad sobre la actividad de hormigas y la estructura de comunidades dentro de la SBC (Neves et al., 2010; Sousa-Souto et al., 2016).

Las especies *V. campechiana* y *V. pennatula* son especies consideradas como parte de la vegetación secundaria de la SBC en Morelos (Dorado et al., 2008). Nuestro estudio estuvo dirigido a individuos de *V. campechiana* y *V. pennatula* que estuvieron ubicados cerca a la estación biológica del El Limón, en sitios altamente perturbados, en los primeros estadios de regeneración. Se ha documentado que a medida que ocurre la regeneración de la SBC, se producen cambios graduales en la composición, abundancia, riqueza y diversidad de especies (Bazzaz, 1975; Neves et al., 2014; Sousa-Souto et al., 2014). Estos cambios han sido documentados en diferentes estudios (Arnan et al., 2011; Neves et al., 2013; Sousa-Souto et al., 2014; Hernández-Flores et al., 2020), en los que se ha observado diferencias en la composición de hormigas que habitan el dosel en sitios con diferentes estadios sucesionales donde se han observado cambios en la estructura del hábitat, los cuales tienden a afectar la composición de especies de hormigas. Este recambio de especies de hormigas puede estar determinado por factores específicos de cada etapa sucesional (por ejemplo, gradientes microclimáticos, por variación en la humedad y



temperatura), por especie y por individuo arbóreo (características estructurales de los árboles), ya que la especialización de recursos realizada por algunas especies de hormigas puede influir en la distribución de especies menos competitivas en las copas de los árboles (Ribas y Schoereder, 2002; Campos et al., 2006; Neves et al., 2010; Hernández-Flores et al., 2021). Dentro de nuestro estudio no consideramos como factor el estadio sucesional en el que se encontraban los sitios donde se ubicaban los árboles, sin embargo, nuestros resultados podrían encontrarse relacionados con una combinación de factores climáticos regionales, locales y la capacidad de las especies hormigas de hacer uso de los recursos bajo diferentes condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

1. Se reportaron un total de cinco subfamilias, 11 géneros y 21 especies de hormigas en las especies de árboles *V. pennatula* y *V. campechiana* en tres temporadas para el Limón de Cuauchichinola. Esta riqueza representa el 34.44% de las especies reportadas para Morelos.
2. Como parte del inventario se registró a *C. rectangularis rubroniger* y *S. invicta* que resultan ser dos nuevos registros de especies de hormigas para el estado de Morelos, las cuales han sido consideradas como exóticas e invasoras para los ecosistemas.
3. Dentro de la normatividad mexicana ninguna de las especies registradas estuvo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de la normatividad internacional la especie *P. longicornis* es considerada como una especie exótica para México y la especie *D. insanus* está reportada como especie vulnerable y *S. invicta* se encuentra incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo según la *Red List* propuesta por la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza, IUCN.
4. Los resultados para *V. campechiana* indicaron que la riqueza y diversidad de hormigas fue mayor en temporada de post-lluvias que en lluvias y secas, el valor de abundancia más alto fue registrado en la temporada de secas y los menores en temporada de lluvias y post-lluvias, mostrando variaciones estacionales en la composición y abundancia de las especies presentes durante las tres temporadas analizadas.



5. En *V. pennatula* la riqueza diversidad fue mayor en temporada de lluvias que en post-lluvias y secas, el valor de abundancia más alto se registró en la temporada de post-lluvias y los menores en temporada de lluvias y secas, mostrando variaciones estacionales en la composición y abundancia de las especies presentes durante las tres temporadas analizadas.
6. En base a los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis relacionada con la riqueza de especies de hormigas en *V. campechiana* y *V. pennatula*, ya que ambas mostraron los valores de riqueza más altos en la temporada de lluvias y post-lluvias y los menores en temporada de secas.
7. De acuerdo con los resultados observados, rechazamos la hipótesis relacionada con la abundancia de especies de hormigas presentes en *V. campechiana* y *V. pennatula* ya que ambas especies registraron los valores de abundancia más altos en la temporada de secas contrario a los observados en temporada de lluvias y post-lluvias.
8. La diversidad de las comunidades de hormigas presentes en *V. campechiana* y *V. pennatula* fue mayor en temporada de lluvias y post-lluvias, por lo que aceptamos la hipótesis planteada para la diversidad de las comunidades de hormigas.

PERSPECTIVAS

1. Se sugiere continuar con el monitoreo de la diversidad de hormigas presentes en el dosel de especies mirmecófitas y con otras especies representativas de la SBC de Morelos, además de incluir diferentes estadios sucesionales y temporadas, con el objetivo de identificar las variables que dan como resultado patrones de distribución y actividad de especies prioritarias para la conservación, especies con potencial invasor y especies bioindicadoras de la calidad del hábitat.
2. Actualmente no existen trabajos que evalúen la variación estacional dentro de las estaciones de lluvias y secas en ambientes de SBC, y la relación de los rasgos funcionales de las especies de hormigas que permita identificar la relación entre los rasgos de historia de vida de las especies y los filtros ambientales que determinan los procesos ontogénicos de las especies de hormigas presentes dentro de la SBC.



3. Sugerimos realizar monitoreos anuales sobre las especies registradas en este estudio y que se encuentran consideradas como especies exóticas invasoras para los ecosistemas, con el objetivo de identificar los efectos potenciales de su presencia sobre la biodiversidad de los ecosistemas, lo que facilitará el entendimiento de sus interacciones locales y el diseño de las mejores estrategias de manejo y erradicación.



REFERENCIAS

- Alatorre-Bracamontes, C., y Vásquez-Bolaños, M. (2010). Lista comentada de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del norte de México. *Dugesiana*, 17(1), 9–36.
- Almazán-Núñez, R. C., Álvarez-Álvarez, E. A., Pineda-López, R., y Corcuera, P. (2018). Seasonal variation in bird assemblage composition in a dry forest of southwestern Mexico. *Ornitología Neotropical*, 29, 215–224.
- Arnan, X., Gaucherel, C. y Andersen, A.N. (2011). Dominance and species co-occurrence in highly diverse ant communities: a test of the interstitial hypothesis and discovery of a three-tiered competition cascade. *Oecologia*, 166:783–794.
- Ávalos, H.O. (2007). Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de Reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 23(1):139–169.
- Avila-Cabadilla, L. D., Stoner, K. E., Nassar, J. M., Espírito-Santo, M. M., Alvarez-Añorve, M. Y., Aranguren, C. I., ... Sanchez-Azofeifa, G. A. (2014). Phyllostomid bat occurrence in successional stages of neotropical dry forests. *PLoS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084572>
- Baena, M. L., Escobar, F., y Valenzuela, J. E. (2020). Diversity snapshot of green–gray space ants in two Mexican cities. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(2), 239–250. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00073-y>
- Bascompte, J., Jordano, P., y Olesen, J. M. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*, 312(5772), 431–433. <https://doi.org/10.1126/science.1123412>
- Bazzaz, F.A. (1975). Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology*, 56: 485-488. doi: 10.2307/1934981
- Bolton, B. (2020). An online Catalogue of the World. <http://www.antcat.org/> Accessed 09 September 2021.
- Bouchenak-Khelladi, Y., Maurin, O., Hurter, J., y Van der Bank, M. (2010). The evolutionary history and biogeography of Mimosoideae (Leguminosae): An emphasis on African acacias. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(2), 495–508. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.07.019>



- Bronstein, J. L. (1998). The contribution of ant-plant protection studies to our understanding of mutualism. *Biotropica*, 30(2), 150–161. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1998.tb00050.x>
- Bujan, J., K. A. Roeder, S. P. Yanoviak, y M. Kaspari. (2020). Seasonal plasticity of thermal tolerance in ants. *Ecology* 101(6): e03051. 10.1002/ecy.3051
- Campos, R., Vasconcelos, H.L., Ribeiro, S.P., Neves, F.S. y Soares, J.P. (2006). Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. *Ecography*, 29: 442-450.doi: 10.1111/j.2006.0906-7590.04520.x
- AntWeb, Version 8.31. California Academy of Science. <https://www.antweb.org> 9th Sept 2021.
- Chao, A., y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533–2547.
- Chao, Anne. (1984). Nonparametric Estimation of the Scandinavian Journal of Statistics. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11(4), 265–270. <http://www.jstor.org/stable/4615964>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Morelos. (2020). La Biodiversidad en Morelos: Estudio de Estado 2, México.
- CICESE (2018). CLICOM. Base de Datos Climatológica Nacional: <http://clicom-mex.cicese.mx>
- CONANP, (2005). Programa de conservación y manejo de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. Dorado O., Maldonado B., Arias D.M., Sorani V. Ramirez R., Leyva E. y D. Valenzuela (eds). México, D.F.
- Contreras-Mac Beath, T., Jaramillo Monroy, F., y Boyas Delgado, J. C. (2006). La diversidad biológica en Morelos: estudio del Estado. En T. Contreras MacBeath, J. C. Boyás y F. Jaramillo (eds.), La Diversidad Biológica en Morelos: Estudio del Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.117454>



- Corona-López, A.M., Toledo-Hernández, V.H., Ruiz, E., Coronado, J.M., y Myartseva, S.N. (2013). Los artrópodos de La Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos México. En: Sígala-Rodríguez J, ed. *Memorias del XX Congreso Nacional de Zoología*. México: Aguascalientes, 74-81.
- Cuezzo, F., y Guerrero, R. J. (2012). The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. *Psyche* (London), 2012, 24. <https://doi.org/10.1155/2012/516058>
- Dáttilo, W., Vásquez-Bolaños, M., Ahuatzin, D. A., Antoniazzi, R., Chávez-González, E., Corro, E., Luna, P., Guevara, R., Villalobos, F., Madrigal-Chavero, R., Falcão, J. C. d. F., Bonilla-Ramírez, A., Romero, A. R. G., de la Mora, A., Ramírez-Hernández, A., Escalante-Jiménez, A. L., Martínez-Falcón, A. P., Villarreal, A. I., Sandoval, A. G. C., ... MacGregor-Fors, I. (2020). Mexico ants: incidence and abundance along the Nearctic–Neotropical interface. *Ecology*, 101(4). <https://doi.org/10.1002/ecy.2944>
- Davidson, D. W., Cook, S. C., Snelling, R. R., y Chua, T. H. (2003). Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science*, 300(5621), 969–972. <https://doi.org/10.1126/science.1082074>
- De Andrade, M. L., y Baroni Urbani, C. (1999). Diversity and Adaptation in the Ant Genus *Cephalotes*, Past and Present. En: *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*. 271: 1–889).
- Dejean, A., Corbara, B., Leponce, M., y Orivel, J. (2007). Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. *Funct. Ecosyst. Commun.*, 1(2), 105–120.
- Del Toro, I., Floyd, K., Gardea-Torresdey, J., y Borrok, D. (2010). Heavy metal distribution and bioaccumulation in Chihuahuan Desert Rough Harvester ant (*Pogonomyrmex rugosus*) populations. *Environmental Pollution*, 158(5), 1281–1287. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.01.024>
- Del Val, E., y Dirzo, R. (2004). Mirmecofilia: Las Plantas con Ejército Propio. *Interciencia*, 29(12), 673–679.
- DOF, 2010. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de



riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Listade especies en riesgo. 78.

- Dorado, O., Arias Atayde, D. M., Ramírez, R., y Sousa, M. (2008). Leguminosas de la Sierra de Huautla. *Acta Botánica Mexicana* 95 (83): 93-95.
- Ebinger, J. E., y Seigler, D. S. (1992). Ant-Acacia Hybrids of Mexico and Central America. *The Southwestern Naturalist*, 37(4), 408. <https://doi.org/10.2307/3671793>
- Elton C. S. (1927). *Animal Ecology*. Londres: Sidgwick y Jackson.
- Fernández, F. y Ospina M. (2003). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Giladi, I. (2006). Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos* 3: 481–492. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14258.x>
- Gómez, J. M., y Zamora, R. (1992). Pollination by ants: consequences of the quantitative effects on a mutualistic system. *Oecologia*, 91(3), 410–418. <https://doi.org/10.1007/BF00317631>
- Gómez-Acevedo, S. L., y Martínez-Toledo, J. (2021). Ant Species Richness Variation Mediated by Seasonality in Two Ant-Acacias from Oaxaca, Mexico. *Open Journal of Ecology*, 11(01), 24–31. <https://doi.org/10.4236/oje.2021.111002>
- Gotelli, N. J., y Colwell, R. K. (2011). Estimating species richness. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment* 12, 39–54.
- Grześ, I. M. (2009). Ant species richness and evenness increase along a metal pollution gradient in the Bolesław zinc smelter area. *Pedobiologia*, 53(1), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2009.03.002>
- Guénard, B., Weiser, M. D., Gómez, K., Narula, N., y Economo, E. P. (2017). The Global Ant Biodiversity Informatics (GABI) database: Synthesizing data on the geographic distribution of ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 24(March), 83–89.



- Gutierrez Zarco, D. (2020). El complejo *Vachellia macracantha* (Humb. y Bonpl. ex Willd.) Seigler y Ebinger (Fabaceae: Mimosoideae) y su relación con *Baronia brevicornis* Salvin (Lepidoptera: Papilionidae) en el Estado de Morelos, México. *Tesis de Mestría*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.
- Hernández, C. X. P., y Caballero, S. Z. (2016). Temporal Variation in the Diversity of Cantharidae (Coleoptera), in Seven Assemblages in Tropical Dry Forest in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9(1), 439–464. <https://doi.org/10.1177/194008291600900124>
- Hernández-Flores, J., Flores-Palacios, A., Vásquez-Bolaños, M., Toledo-Hernández, V. H., Sotelo-Caro, O., y Ramos-Robles, M. (2021). Effect of forest disturbance on ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity in a Mexican tropical dry forest canopy. *Insect Conservation and Diversity*, 14(3), 393–402. <https://doi.org/10.1111/icad.12466>
- Hölldobler, B., y Wilson O., E. (1990). The Ants. En *Springer-Verlag*. 1:732. <https://doi.org/10.2307/1419398>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., y Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). Pp. 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Hulme PE (2009) Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *J Appl Ecol* 46:10–18
- ISSG. (2021). Global Invasive Species Databasa. 3(2): 6.
- IUCN, 2021. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 17/05/21.
- Janzen, D. H. (1966). Coevolution of Mutualism Between Ants and Acacias in Central America. *Evolution*, 20(3), 249. <https://doi.org/10.2307/2406628>
- Janzen, D. H. (1974). Swollen-Thorn Acacias of Central America. *Smithsonian Contributions to Botany*, 13, 1–131. <https://doi.org/10.5479/si.0081024x.13>
- Jaramillo, V.J., Martínez-Yrizar, A., y Sanford-Jr, R.L. 2011. Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry tropical forests. En: Dirzo R, Young HS, Mooney



- HA, Ceballos G, eds. *Seasonally dry tropical forests*. Washington, D.C.: Island Press/Center for Resource Economics, 109_128.
- Jaworski, T., y Hilszczanski, J. (2013). The effect of temperature and humidity changes on insect development and their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. *Forest Research Papers* 74(4):345-355 <http://doi.org/10.2478/frp-2013-0033>.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Juárez-Juárez, B., Cuautle, M., Castillo-Guevara, C., López-Vázquez, K., Gómez-Ortigoza, M., Gómez-Lazaga, M., Díaz-Castelazo, C., Lara, C., Pérez-Toledo, G. R., y Reyes, M. (2020). Neither ant dominance nor abundance explain ant-plant network structure in Mexican temperate forests. *PeerJ*. <https://doi.org/10.7717/peerj.10435>
- Klimes, P., Idigel, C., Rimandai, M., Fayle, T. M., Janda, M., Weiblen, G. D., y Novotny, V. (2012). Why are there more arboreal ant species in primary than in secondary tropical forests? *Journal of Animal Ecology*, 81(5), 1103–1112. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.02002.x>
- Lach, L., Parr, C. L., y Abbott, K. L. (2010). *Ant ecology*. Oxford University Press.
- Leal, I. R., Leal, L. C., y Andersen, A. N. (2015). The benefits of myrmecochory: a matter of stature. *Biotropica*, 47(3), 281-285.
- Leal, I. R., Wirth, R., y Tabarelli, M. (2007). Seed dispersal by ants in the semi-arid caatinga of north-east Brazil. *Annals of Botany*, 99(5), 885–894. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm017>
- Leyte-Manrique, A., Morales-Castorena, J. P., y Escobedo-Morales, L. A. (2016). Variación estacional de la herpetofauna en el cerro del Veinte, Irapuato, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.002>
- Lopatina, B.E. (2018). Structure and adaptative traits of seasonal cycles and strategies in ants. Pp. 8-34. En: *The complex world of ants*, (eds) Shields V. D.C. Towson, Md, USA. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75388>



- MAAMA (2013). *Paratrechina longicornis*. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. 1-4
- Mackay, W. P. (2004). The systematic and biology of the new world carpenter ants of the hyperdiverse genus *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae). The University of Texas, USA.
- Márquez Luna, J. (1996). Las hormigas “arrieras”, *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) de México. *Dugesiana* 3(1), 33–45.
- Martínez-Hernández, J.G., Corona-López, A.M., Flores-Palacios, A., Rös, M., y Toledo-Hernández, V.H. (2019). Seasonal diversity of Cerambycidae (Coleoptera) is more complex than thought evidence from a tropical dry forest of Mexico. *PeerJ* 7: e7866. <http://doi.org/10.7717/peerj.7866>
- Maslin, B. R. (2015). Synoptic overview of *Acacia* sensu lato (Leguminosae: Mimosoideae) in East and Southeast Asia. *Gardens’ Bulletin Singapore*, 67(01), 231. <https://doi.org/10.3850/s2382581215000186>
- Maslin, B. R., y Stirton, C. H. (1997). Generic and infrageneric classification in *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae): a list of critical species on which to build a comparative data set. *Bulletin of the International Group for the Study of Mimosoideae*, 20, 22-44.
- Mbanyana, N., y Robertson, H. G. (2008). Review of the ant genus *Nesomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) in southern Africa. *African Natural History*, 4(1), 35–55.
- Mejía-Recamier, B. E., y Castaño-Meneses, G. (2007). Estructura de la comunidad de cunáxidos (Acarina) edáficos de una selva baja caducifolia en Chamela, México. *Revista de Biología Tropical*, 55(3–4), 911–930.
- Moffett, M. W. (2000). What’s “up”? A critical look at the basic terms of canopy biology. *Biotropica*, 32(4), 569–596. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00506.x>



- Moreau, C. S., Bell, C. D., Vila, R., Archibald, S. B., y Pierce, N. E. (2006). Phylogeny of the ants: Diversification in the age of angiosperms. *Science*, 312(5770), 101–104. <https://doi.org/10.1126/science.1124891>
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., y Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249–1261. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Morgan, C. E., y Mackay, W. (2017). The North America Acrobat Ants of the Hyperdiverse Genus *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae). LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Moya-Raygoza, G., y Larsen, K. J. (2014). Response of Ants to the Leafhopper *Dalbulus quinquenotatus* DeLong y amp; Nault (Hemiptera: Cicadellidae) and Extrafloral Nectaries Following Fire. *Sociobiology*, 61(2), 136–144. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i2.136-144>
- Müller, J., Brustel, H., Brin, A., Bussler, H., Bouget, C., Obermaier, E., y Procházka, J. (2015). Increasing temperature may compensate for lower amounts of dead wood in driving richness of saproxylic beetles. *Ecography* 38(5):499_509 <http://doi.org/10.1111/ecog.00908>.
- Murphy, P.G., y Lugo A. E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17(1):67-88. DOI 10.1146/annurev.es.17.110186.000435.
- Neves, F.S., Braga, R.F., Espírito-Santo, M.M., Delabie, J.H.C., Fernandes, G.W. y Sanchez-Azofeifa G.A. (2010). Diversity of Arboreal Ants in a Brazilian Tropical Dry Forest: Effects of Seasonality and Successional Stage. *Sociobiology*, 56: 1-18.
- Neves, F.S., Queiroz-Dantas, K.S., Rocha, W.D. y Delabie, J.H.C. (2013). Ants of three adjacent habitats of a transition region between the cerrado and caatinga biomes: the effects of heterogeneity and variation in canopy cover. *Neotropical Entomology*, 42: 258-268. doi: 10.1007/s13744-013-0123-7



- Lowman, M. D., y Rinker, B. H. (2004). Forest Canopies. En M. D. Lowman y B. H. Rinker (Eds.), *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Second Edi). Elsevier Academic.
- Pacheco, J. A., y Mackay, W. P. (2013). The Systematics and Biology of the New World Thief Ants of the genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae).
- Pacheco, J. A., Mackay, W. P., y Lattke, J. (2013). The systematics and biology of the New World thief ants of the genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae) (pp. 1-501). Lewiston, New York: Edwin Mellen Press.
- Parker, G.G. (1995). Structure and microclimate of forest canopies. In “Forest Canopies” (M.D. Lowman and N.M. Nadkarni, Eds.), pp. 73–106. Academic Press, San Diego.
- Quiroz-Robledo, L. N., y Valenzuela-González, J. (2004). Las hormigas Ecitoninae (Hymenoptera: Formicidae) de Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 531. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i2.13918>
- Quiroz-Robledo, L. N., y Valenzuela-González, J. (2007). Distribution of poneromorph ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Mexican state of Morelos. *Florida Entomologist*, 90(4), 609–615. <https://doi.org/10.1653/0015-4040>
- R Core Team (20XX) R: A language and environment for statistical computing. RFoundation for Statistical Computing, Vienna.
- Ribas, C. R., Solar, R. R. C., Campos, R. B. F., Schmidt, F. A., Valentim, C. L., y Schoereder, J. H. (2012). Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic? *Journal of Insect Conservation*, 16(3), 413–421. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9427-2>
- Ribas, C.R. y Schoereder, J.H. (2002). Are all ant mosaics caused by competition? *Oecologia*, 131:606–611.
- Rico-Arce, L. (2003). Geographical patterns in neotropical *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae). *Australian Systematic Botany*, 16(1), 41–48. <https://doi.org/10.1071/SB01028>



- Ríos-Casanova, L. (2014). Biodiversity of ants in Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, S392-S398. <https://doi.org/10.7550/rmb.32519>
- Ríos Casanova, L., Valiente Banuet, A., y Rico Gray, V. (2004). Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1), 37–54.
- Rodríguez, V.B., y Woolley, J.B. (2005). La fauna de la familia Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en el bosque tropical caducifolio de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 44 (1), 147-155.
- Rojas, P. F. (1996). Formicidae (Hymenoptera). En J. L. Bousquets, A. N. G. Aldrete, y E. G. Soriano (Eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*, 1 edición, pp. 483–500).
- Rojas, P. F. (2001). Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoologica Mexicana*, 1, 189–238.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Taxon*, 31(4), 504.
- Sánchez Galván, I. R., y Rico-Gray, V. (2011). La fuerza del amor en el Neotrópico: contraste en la eficiencia defensiva de dos especies de hormigas del género *Pseudomyrmex* sobre plantas de *Acacia cornigera*. (Parte II). *Cuadernos de biodiversidad*, (36), 10–16. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2011.36.02>
- Santos, M. N. (2016). Research on urban ants: approaches and gaps. *Insectes Sociaux*, 63(3), 359–371. <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0483-1>
- Schulz, A., y Wagner, T. (2002). Influence of forest type and tree species on canopy ants (Hymenoptera: Formicidae) in Budongo Forest, Uganda. *Oecologia*, 133(2), 224–232. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1010-9>
- Seigler, D. S., y Ebinger, J. E. (1988). *Acacia macracantha*, *A. pennatula*, and *A. cochliacantha* (Fabaceae: Mimosoideae) Species Complexes in Mexico. *Systematic Botany* 13(1), 7–15.
- SISG. (1996). *Dorymyrmex insanus*. En The IUCN Red List of Threatened Species (Vol. 8235).



- Skaldina, O., Peräniemi, S., y Sorvari, J. (2018). Ants and their nests as indicators for industrial heavy metal contamination. *Environmental Pollution*, 240, 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.134>
- Sousa-Souto, I., Figueiredo, P.M.G., Ambrogi, B.G., Oliveira, A.C.F., Ribeiro, G.T., y Neves F.S. (2016). Composition and Richness of arboreal ants in fragments of Brazilian Caatinga: Effects of secondary succession. *Sociobiology* 63(2):762-769. <http://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.909>
- Sousa-Souto, L., Santos, E.D.S., Figueiredo, P.M.F.G, Santos, A.J. y Neves, F.S. (2014). Is there a bottom-up cascade on the assemblages of trees, arboreal insects and spiders in a semiarid Caatinga? *Arthropod-Plant Interactions*, 8: 581-591. doi: 10.1007/s11829-014-9341-0
- Subedi, I. P., Bahadur Budha, P., Bharti, H., y Alonso, L. (2020). An updated checklist of Nepalese ants (Hymenoptera, Formicidae). *ZooKeys*, 1006, 99–136. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1006.58808>
- Trejo, I. (2005). Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. En Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. In G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff, y A. Melic (Eds.), *Sobre la diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gama* (pp. 111–122). Zaragoza, España: Monografías Terceel Milenio.
- Tsutsui, N. D., y Suarez, A. V. (2003). The colony structure and population biology of invasive ants. *Conservation Biology*, 17(1), 48–58. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.02018.x>
- IUCN, (2021). IUCN Red List of Threatened Species [WWW Document]. URL <https://www.iucnredlist.org/resources/gonzalezepinosa2011>. Accessed 5 Sept 2021
- Varela-Hernández, F., Medel-Zosayas, B., Martínez-Luque, E. O., Jones, R. W., y De La Mora, A. (2020). Biodiversity in Central Mexico: Assessment of Ants in a Convergent



Region. *Southwestern Entomologist*, 45(3), 673–686.
<https://doi.org/10.3958/059.045.0310>

- Vásquez-Bolaños, M. (2011). HYMENOPTERA: Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*, 18(1), 95–133.
- Vásquez-Bolaños, M. (2015). Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(1), 1–53.
- Verduzco, V. S., Garatuza-Payán, J., Yépez, E. A., Watts, C. J., Rodríguez, J. C., Robles-Morua, A., y Vivoni, E. R. (2015). Variations of net ecosystem production due to seasonal precipitation differences in a tropical dry forest of northwest Mexico. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 120(10), 2081–2094.
<https://doi.org/10.1002/2015JG003119>
- Verduzco, V. S., Garatuza-Payán, J., Yépez, E. A., Watts, C. J., Rodríguez, J. C., Robles-Morua, A., y Vivoni, E. R. (2015). Variations of net ecosystem production due to seasonal precipitation differences in a tropical dry forest of northwest Mexico. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 120(10), 2081–2094
<https://doi.org/10.1002/2015JG003119>.Received
- Vergara-Torres, C. A., Corona-López, A. M., Díaz-Castelazo, C., Toledo-Hernández, V. H., y Flores-Palacios, A. (2018). Effect of seed removal by ants on the host-epiphyte associations in a tropical dry forest of central Mexico. *AoB PLANTS*, 10(5), 1–11.
<https://doi.org/10.1093/aobpla/ply056>
- Vergara-Torres, C. A., Vásquez-Bolaños, M., Corona-López, A. M., Toledo-Hernández, V. H., y Flores-Palacios, A. (2016). Ant (Hymenoptera: Formicidae) Diversity in the Canopy of a Tropical Dry Forest in Tepoztlán, Central Mexico. *Annals of the Entomological Society of Americana*, 110 (2), 197–203. <https://doi.org/10.1093/aesa/saw074>
- Westwood, J. O. (1840). *An introduction to the modern classification of insects: founded on the natural habits and corresponding organisation of the different families* (Vol. 2). Longman, Orme, Brown, Green, and Longmans.

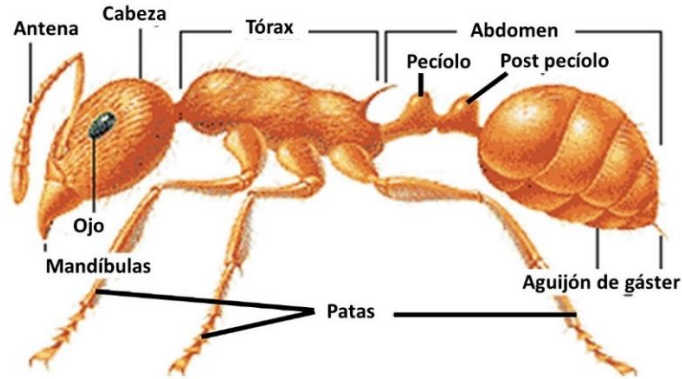


- Whigham, D. F., Towle, P. Z., Cano, E. C., O'Neill, J., y Ley, E. (1990). The effect of annual variation in precipitation on growth and litter production in a tropical dry forest in the Yucatan of Mexico. *Tropical Ecology*, 31(2), 23–34.
- Wilson E. O., (2003). Pheidole in the new world: a dominant, hyperdiverse ant genus. *Choice Reviews Online* 40, 5813 <https://doi.org/10.5860/choice.40-5813>
- Whittaker, R. H. (1965). Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, 147(3655), 250–260. <https://doi.org/10.1126/science.147.3655.250>
- Wilson, E. O. y Hölldobler, B. (2005). The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(21), 7411–7414. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502264102>



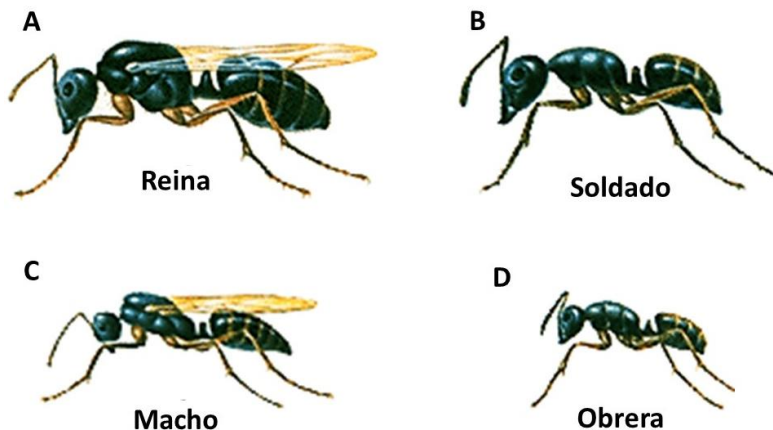
Anexo I. Morfología general de la familia Formicidae

Dentro del orden Hymenoptera se encuentra la familia Formicidae en donde se agrupan las hormigas. Estos insectos se caracterizan por presentar una morfología general similar (Anexo 1), dentro de la cual se pueden diferenciar las partes principales como: cabeza-tórax-gáster (abdomen) y tres pares de patas ubicadas en el tórax, además de otro grupo de estructuras que se muestran a continuación:



Anexo 1. Morfología general de los individuos de la subfamilia Formicidae. Tomado y modificado de Grupo Investigativo de Hormigas.

Sin embargo, de forma general la alta organización social de las hormigas, ha moldeado diferentes morfologías, observándose en colonias maduras cuatro castas principales en la que destaca la presencia de una o más reinas (Anexo A), soldados (Anexo B), obreras (Anexo C) y machos (Anexo D), todas con la misma morfología general, pero con variaciones en sus estructuras, lo que provee de diferencias morfofuncionales, lo cual se refleja en el desempeño de distintas labores clave para el mantenimiento de la colonia.



Anexo 1. Morfología de hormigas según la casta a la que pertenecen. Tomado y modificado de Grupo Investigativo de Hormigas.



Anexo II. Descripción del género *Vachellia*

El género *Vachellia* comprende una extensa lista de alrededor de 1,200 especies reportadas, que presenta a un complejo con un ensamble de diferentes taxa y ha resultado en múltiples arreglos taxonómicos. (Maslin y Stirton, 1997). A lo largo del tiempo se han publicado bastantes estudios científicos que argumentan que el género *Vachellia* no es un grupo monofilético, si no polifilético, es decir, es un grupo que no incluye un ancestro común cercano para todos sus miembros (Maslin, 2015).

Por lo tanto, existe un gran debate sobre la nomenclatura botánica de *Vachellia*. En 1840 Bentham manifestó que el género ya era un complejo taxonómico grande a lo cual después de muchos estudios debatiendo esto se decidió restringir el nombre a *Acacia sensu lato*. Posteriormente fue hasta 1986 que con una reevaluación del género *Vachellia* paso por un proceso de fragmentación en tres grupos *Vachellia sensu stricto*, *Senegalia* y *Racosperma* (Maslin, 2015) A partir de ahí, se llevaron a cabo diversos estudios moleculares usando el ADN del cloroplasto para aportar información nueva y relevante sobre la filogenia y clasificación de *Vachellia*; para así, robustecer la hipótesis sobre su situación parafilética (Miller y Seigler, 2012). El nombre *Vachellia* se consideraba sinonimia de *Acacia* Mill, siendo el segundo género más grande de la familia Leguminosae. No obstante, después de realizar estudios usando marcadores moleculares, se propuso que *Acacia* Mill, es un grupo polifilético y, por lo tanto, era conveniente dividirlo en cinco géneros monofiléticos: *Acacia* Mill *sensu stricto*, *Acaciella* Britton y Rose, *Mario Sousa* Seigler y Ebinger, *Senegalia* Raf. y *Vachellia* Wight y Arn. (Maslin 2015 y Rico-Arce, 2003).

Las especies *V. campechiana* y *V. pennatula* están comprendidas dentro del género *Vachellia* (Bouchenak-Khelladi et al., 2010). Actualmente, aún existe controversia sobre esta clasificación. En el presente trabajo se utilizará *Vachellia* como nombre del género de este par de especies, así como para otras incluidas en el mismo género. Agregando que en este documento se usará *Vachellia campechiana* (Mill.) Seigler y Ebinger, en sustitución de *A. cochliacantha*, siendo este el nombre aceptado actualmente (Seigler y Ebinger, 2005).



Anexo III. *Vachellia campechiana*

La especie *V. campechiana*, comúnmente llamada “*cubata roja*” es un arbusto y algunas veces árbol de 4.5 m de alto, cuenta con espinas estipulares en forma de cuchara (Anexo 2). Normalmente son color blanquecinas o rojizas; pecíolo de 4-8 mm de largo y con una glándula erecta cerca del primer par de pinnas; raquis con 1-2 glándulas entre los últimos pares de pinnas; folíolos 22-39 pares por pinna. Inflorescencia en capítulos axilares o en fascículos de 2-4, cabezuelas de 5-7 mm de diámetro en anthesis, flores amarillas. Legumbre de 8-17 cm de largo, 0.8-1.4 cm de ancho y 2.5 -4 mm de grueso, indehiscente, septada en el interior con un tejido rígido, sin márgenes evidentes. Florece en abril a junio y fructifica en enero (Dorado et al., 2005).



Anexo 2. Características morfológicas de *V. campechiana*. Tomado y modificado de Dorado, 2012.

Esta especie se distribuye principalmente en sitios secos y relativamente perturbados; en elevaciones de aproximadamente 1,800 m.s.n.m en el oeste y sur de México (Seigler y Ebinger, 1988) (Anexo 3). En Morelos se encuentra distribuida en los municipios de: Amacuzac, Coatlán del Río, Jojutla, Miacatlán, Puente de Ixtla, Tepalcingo, Tetecala, Tlaltizapán, Tlaquiltenango y Villa de Ayala (Dorado et al. 2005).

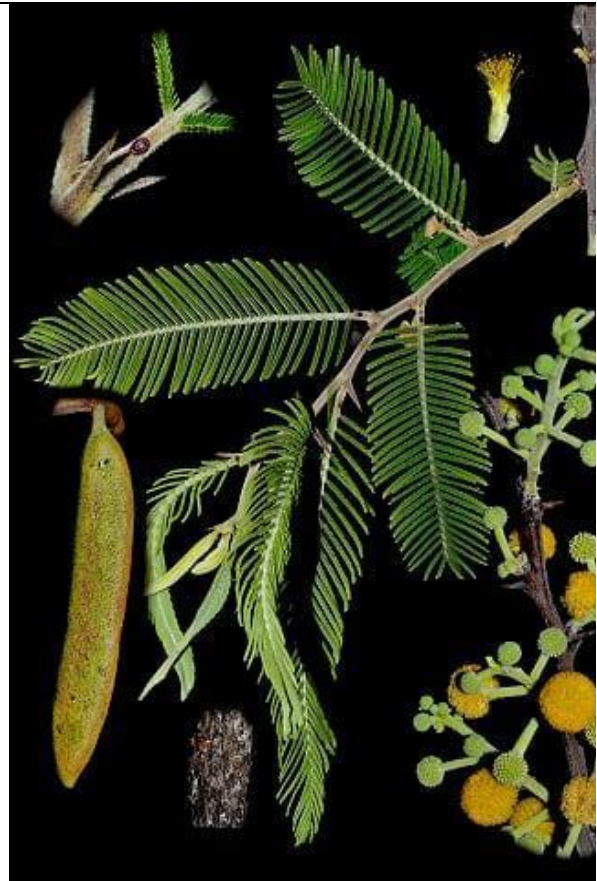


Anexo 3. Distribución de *V. campechiana* en México. Tomado y modificado de Naturalista.



Anexo IV. *Vachellia pennatula*

La especie *V. pennatula* comúnmente llamada “*Cubata blanca* o *Espino blanco*” es un arbusto o árbol de 4.5 m de alto, de corteza amarillenta (arbusto) u oscura fisurada (árbol) (Anexo 4). El tallo está armado con espinas estipulares cilíndricas o planas, rectas y fuertes. Estípulas de hasta 1.5 cm de largo, frecuentemente verdes o rojizas. Pecíolo de 3-11 mm de largo con una glándula; raquis 3.7-15 cm de largo con 14-41 pares de pinnas; pinnas 1.3-3.2 cm de largo, con 1-2 glándulas entre los últimos pares de pinnas; folíolos 27-44 pares de pinnas. Flores en capítulos, arregladas en fascículos axilares; cabezuelas 0.8-1 cm de diámetro; flores amarillas. Legumbre de 6.5-13 cm de largo, 1.5-2.5 cm de grueso, túrgida, compresada pero no plana, algunas veces ligeramente curva, las valvas gruesas, leñosas, negras, oscuras o rojizas, glabra o estrigulosa, con puntos glandulares rojizos, indehiscentes en ambas suturas, con septos leñosos de tejido poroso. Florece de enero a mayo, fructifica de agosto a diciembre (Dorado et al. 2005).



Anexo 4. Características morfológicas de *V. pennatula*. Tomado y modificado de Dorado, 2012.

La distribución de esta especie ocurre en sitios perturbados y relativamente secos, en elevaciones de 500 a 2,500 m.s.n.m en México, aunque también es común encontrarla en toda América Central y en el norte de Sudamérica (Seigler y Ebinger, 1988) (Anexo 5). En Morelos se encuentra distribuida en los municipios de Amacuzac, Cuernavaca, Tepalcingo, Tepoztlán, Yautepec, Tetecala y Xochitepec.



Anexo 5. Distribución de *V. pennatula* en México. Tomado y modificado de Naturalista.



Cuernavaca, Morelos a 13 de septiembre de 2021

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **GRISEL OAXACA OÑATE**, con el título del trabajo: **Efecto de la estacionalidad sobre la diversidad de hormigas presentes en el dosel de dos leguminosas.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación **por Tesis** como lo marca el artículo 4° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DR. GUADALUPE PEÑA CHORA

SECRETARIO: M. EN C. GABRIEL FLORES FRANCO

VOCAL: M. EN B.I.B. Y C. EDUARDO AARÓN CHÁVEZ RAMÍREZ

SUPLENTE: DR. ARMANDO BURGOS SOLORIO

SUPLENTE: DR. JONÁS MORALES LINARES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

GUADALUPE PEÑA CHORA | Fecha:2021-09-13 21:08:49 | Firmante

CrG5uA5QHvYSknuuvOuAlhy+liRpFweCwlcojeJbkzqF6zaN/mpGdP52Tk3od2xrJUjsZOE+Rs9aoPDWLoRMatGhMSZj5mkPH0uOIQ1gbSM1+sQqHEKI5zCxt0IV5jbC1hUTo9dltzZE9Ce88UcSHkVMKXuj8m2cZ3a/whsnofdLM0a3McxwOXOMN1Fefgqa1VwfiZRYpk2bcO4ZQoylzOGt/iLuWJWIWW2NQmrdK7IIVDk1co+WXML2Ex1EvjrDLMv5BqteYzek+Sb5n01SiaShv4WOD5huXIN6uUp0wr27N8NVzxNfbiXbZyxeHXXJYmIkQzf/t1Nm+DZPFw==

GABRIEL FLORES FRANCO | Fecha:2021-09-14 11:40:00 | Firmante

dJhlpE8tkcS209ritq+sO9tz9F6RHJ7fVWLXh88soX036/Zcivi9rs/ympi9y7lrcxFG2HgoHkYHOe2IK3S3bcRqQBxHwdlCKn2aJFbb4I6/cv5EpBlivZ4iI3hMh5bMaaFqvkqfv0tAzgQynH4Q/VitkjtAAAPuyJvM07QTKIMII8wtjZ6wV1kyFzb1aY66X0lv5mPNptewZ7wmM7ileK7FYu9vceRfb5XaWskWYdAuZRSLXsExwGMigX9PQyQaXTVn6L2gKQU9Jm5FczC6BV3m8hqUFHYZG5eVwTmij2JoCN8UA5SkHuTOIWBGX3WWS63i0N8kVHMc2hfd3EDg==

ARMANDO BURGOS SOLORIO | Fecha:2021-09-20 11:14:30 | Firmante

M0ocX11+7aPa/zJOPRDoelOsciTq8cz5tGNSAuo/mAiwD0tIjeZJix5IMH35KnSmjquxeKgkik5wZ2mrLdObws7rnB/gXKDOckcW+TyooHls13QW5ajYszr22N5oVY3lnMHcHGsfupYFvzcx2qKcaY//C1oi0CrUgeFT2CNAD3wECQpWAcursJfOGQw4ZbPNy/H79UB0MV2QsTEvmaX+xq3X6aVoDWcSZQB3Cz3pPn/khFmETJBxJsvVudUKymZL6XpPOKKAGYlofnv/8LPNe20bdnrrj0NBhzlr/JWPJ3WFNa+42/kQj4F397Ps2p4xy3itbqIB67M8nLZNXu23A==

EDUARDO AARÓN CHÁVEZ RAMÍREZ | Fecha:2021-09-21 22:18:25 | Firmante

qtUT3igCQxpkgmSbo7GJLh7um5aoQq4ND0v+ZC458s45vEzC11RMRzxSMLcNtuECH7OX0+n2Xw94oU4JXyYLETFoG1N6Y54aMiQX2vvXI0MgQ/w/zXP41/HTUVmHc+jCCI6YIXnGlnKOlh5XzEkm58qq3/g8A1OutngASywK4nD0pb8TG2KYIAF8yzTxk9Qk1SGDOQAE2LEpKy5jpGjntqRLGtSozEL4Q6Fo72N77ocHRAYLWxo6rTJZ2XSAzq1jiTzwSaBFa4ev9GKEcDHTGzG142Jvp7ikth4O7t1btGoHmgbmGd8BthEuHFBj7VP0ItWckCpCzbEiOWRlg==

JONAS MORALES LINARES | Fecha:2021-10-11 10:11:26 | Firmante

CdyRvqInhNsanlt9aZ9avo0QttJMiDpz1u3JDP9D2/uMAAd2oXUoXDVKwMszLESzQHurdIDDpDlqfn9W/ZJE4LPjzIE2+koOI0h08i4TpBOqtrcrFKUTrsKoSAAAnI3zvyqcdvVQKEGJ8Bo2qZmgLGszE5eilSByVmo0zDjKsmkS86UQuldziAiP8oEyomFgvFhFgaTjh/vTy0hCOA0hfLqZntnfuMQCW1Xmy3LwRQmPTP8F/WIJqz2v92Md5QS9r8EthiNCOM7/22A6q24I9ARNRFLf0s2BQ3wqnAJfvMKMFfniRG81OYcwZBfKOEIbIc7dlXZof+wi9yifP7W1UA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



05ZCuY8Ka

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/K7NvkSzqNb3eFLoVykV8BgNf6Y1hVicY>

