



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**VARIACIÓN TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE
ARAÑAS (ARACHNIDA: ARANEAE) ASOCIADAS A LA
HOJARASCA DE LA RESERVA ECOLÓGICA DEL
PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, CIUDAD DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

CARLOS ALBERTO HERNÁNDEZ VILCHIS



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. LETICIA RÍOS CASANOVA**

**LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA,
ESTADO DE MÉXICO**

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Quiero agradecer enormemente a la Doctora Leticia Ríos Casanova por su apoyo, atención y sobre todo por las enseñanzas otorgadas a lo largo de estos años.

A mis sinodales la Doctora Ana Contreras, el Doctor Cesar Duran, al Doctor Héctor Godínez y al Doctor Leopoldo por su atenta atención para evaluar este trabajo y por sus debidas correcciones para un trabajo de calidad.

Quiero agradecer enormemente a mis padres Leticia Vilchis y Carlos Hernández por su esfuerzo para que yo tuviera una educación de calidad y con las mejores posibilidades para convertirme en un Biólogo. Los amo eternamente y muchas gracias por creer en mi cuando ni yo mismo lo hacía.

A mis amigos Kalahan, Mauricio, Misael, Fernandito y Héctor; gracias por estar siempre en los momentos más difíciles y sobre todo por aquellas risas que aun compartimos, aunque ahora sea de vez en cuando. Siempre serán mis mejores amigos.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos más recientes en Ingredion y Fertygen, Uriel, Claudio, Santiago, Crisanto, Ivonne, Yadira, Abril y Toño, que aunque poco tiempo tenemos de conocernos me han dado muchas lecciones para ser una mejor persona cada día.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCION	5
2. OBJETIVOS	10
3. MATERIALES Y METODOS	11
3.1 Área de estudio	11
3.2 Colecta de arañas.....	14
3.3 Determinación de las arañas.....	15
3.4 Diferencias estacionales de la diversidad de arañas	16
3.5 Relación de las arañas con factores bióticos y abióticos	17
4. RESULTADOS	18
4.1 Diversidad de arañas de la REPSA.....	18
4.2 Relación de factores bióticos y abióticos con las comunidades de arañas asociadas a la hojarasca de la REPSA.....	24
4.3 Correlación entre la diversidad de arañas y sus presas potenciales	25
5. DISCUSIÓN	26
6. CONCLUSIONES	33
7. LITERATURA CITADA	34
8. APÉNDICE	47

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió como los cambios estacionales en la temperatura, la precipitación y abundancia de presas disponibles, afectan a los patrones de diversidad de la comunidad de arañas de la hojarasca de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Esta reserva se caracteriza por tener una marcada estacionalidad, una época de lluvias en la que hay mayor productividad y disponibilidad de recursos, y una época de sequía en la que los recursos son menos abundantes. Se esperaba que durante la temporada de lluvia hubiera mayor diversidad de arañas en comparación con la temporada de sequía, igualmente, que hubiera una correlación con la abundancia de artrópodos asociados a la hojarasca ya que éstos son sus presas potenciales. Se realizaron colectas mensuales durante un año en la Zona Núcleo Poniente de la reserva capturando tanto a las arañas como a sus presas potenciales, para lo cual se utilizó un cernidor de hojarasca en el que se tamizaron 30 muestras de 20 cm² durante cada mes. Se colectaron un total de 237 arañas pertenecientes a 26 morfoespecies en 14 familias. La mayor abundancia y riqueza específica de arañas se registró durante la temporada de lluvias, sin embargo, solo la riqueza específica presentó diferencias significativas entre temporadas. La composición y diversidad de arañas fue diferente entre las temporadas debido a la alta abundancia de especies como *Anyphaena* sp.1 en sequía y de *Pardosa* sp.2 en lluvias. La riqueza específica de la comunidad de arañas asociadas a la hojarasca se correlacionó positivamente con la precipitación, pero negativamente con la abundancia de artrópodos. Encontramos que los cambios temporales de esta reserva provocan variaciones en la riqueza de especies y composición de las comunidades de arañas de la hojarasca, y que esta estacionalidad es determinante en la dominancia de ciertas especies.

1. INTRODUCCIÓN

El Phylum Arthropoda es considerado el grupo de animales más diverso sobre la tierra, ya que constituye entre el 80 y 85% de la riqueza conocida a nivel global (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Los artrópodos son una parte fundamental en la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas debido principalmente a que establecen interacciones con muchos organismos y son parte de distintos niveles tróficos. Esto es posible porque tienen hábitos alimentarios muy variados, es decir, podemos encontrar artrópodos fitófagos, fungívoros, descomponedores y depredadores. (Morón y Valenzuela, 1993; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Cranston y Gullan, 2010). Dentro de los artrópodos depredadores encontramos al Orden Araneae, el cual es un grupo faunístico diverso y ampliamente distribuido en todos los ecosistemas terrestres (Foelix, 1996).

Las arañas son importantes sujetos de estudio en ecología terrestre debido a su gran capacidad para ocupar diferentes tipos de microhábitats tales como el follaje, suelo y hojarasca, además de poseer algunas ventajas fisiológicas como resistir la falta de alimento y la desecación (Nyffeler *et al.*, 1992, Comstock 1995, Sunderland 1999). En tanto a su carácter depredador, las arañas juegan un importante papel como reguladoras poblacionales de muchos organismos, inclusive, tienen la potencialidad de capturar un mayor número de presas que las que pueden consumir (Nyffeler *et al.*, 1992, Provencher y Riechert 1994, Riechert y Maupin 1998). La biomasa de arañas a nivel global es de 25 millones de toneladas y éstas consumen entre 400 y 800 millones de toneladas de presas al año (Penell *et al.*, 2018).

El éxito de las arañas como depredadoras se debe a diversas características como su talla, ya que tienen un amplio rango de tamaños que van desde los 0.5 mm a los 10 cm, característica que les permite explotar diferentes hábitats (King, 2004), además

utilizan diversas estrategias de ataque como la construcción de redes y trampas, y la presencia de glándulas venenosas para inmovilizar o matar a sus presas (Foelix, 1996).

Las arañas ocupan diversos hábitats como el humus, suelo y hojarasca (Palacios-Vargas *et al.*, 2009; Menta, 2012). La hojarasca representa un importante depósito de nutrientes y energía que ofrece a las arañas refugio con condiciones favorables de temperatura y humedad, así como protección contra depredadores y los recursos necesarios para su desarrollo, tales como alimento (Uetz, 1975; Menta, 2012). Las comunidades de arañas suelen responder a los cambios temporales de la temperatura y la precipitación (Wolda, 1988). Se ha observado que el incremento en la precipitación puede inducir un aumento de la riqueza de especies y abundancia de las arañas, incluidas las que se encuentran asociadas al suelo y hojarasca. Esta tendencia se ha atribuido a que el incremento en la temperatura y humedad genera un incremento en la biomasa de la vegetación y de los insectos que son las presas de las arañas (Giraldo *et al.*, 2004; Sudhikumar *et al.*, 2005; Mineo *et al.*, 2010; Campuzano *et al.*, 2016). También se ha documentado que una mayor complejidad en la estructura de la hojarasca es preferida por algunas especies de arañas, lo que también afecta la composición de sus comunidades. Este fenómeno se ve reflejado en un aumento o disminución de la abundancia de ciertas especies cuando hay más o menos hojarasca (Buddle y Rypstra, 2003). Dicha complejidad cambia en diferentes estaciones del año ya que la cantidad de hojarasca varía estacionalmente (Arango-Galván, 2006).

Se sabe que la comunidad de arañas responde a la estacionalidad ya que, en muchos sitios durante la época lluviosa, se presenta la mayor diversidad y abundancia (Cutz-Pool *et al.*, 2016). En un estudio realizado en el matorral sarcocaulé de la región del Cabo en Baja California Sur, la abundancia de arañas se correlacionó con la precipitación, además de que durante el otoño se encontró una alta dominancia de la familia Miturgidae

(Jiménez y Navarrete, 2010). En otro estudio, en el Cerro de la Coronilla en Guerrero, la comunidad de arañas tuvo la mayor abundancia y diversidad en la época de mayor precipitación (López-Palafox, 2012). De la misma forma, algunos factores bióticos como la disponibilidad de presas también ocurren de manera temporal, lo cual podría estar afectando los patrones de diversidad de las arañas debido a su carácter depredador (Wolda, 1988). Diversos estudios sugieren una fuerte correlación entre la disponibilidad de presas y la fluctuación estacional en la abundancia de arañas en diferentes ambientes. Por ejemplo, en zonas tropicales la abundancia de las arañas aumenta durante la estación lluviosa lo cual coincide con un incremento en la abundancia de organismos herbívoros como coleópteros e himenópteros que son parte de sus presas (Valdez-Mondragón, 2005; Richards y Windsor, 2007; Carvalho *et al.*, 2015). Estos estudios sugieren que la variación temporal de las condiciones ambientales y de la disponibilidad de presas, son determinantes en la dinámica de las comunidades de arañas. Dichas variaciones temporales son las principales características de muchos ecosistemas incluidos los matorrales (Breshears *et al.*, 1998).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es una reserva natural urbana de matorral xerófilo ubicada dentro de la Ciudad de México. Posee un alto valor biológico ya que, a pesar de estar inmersa en un entorno urbano, alberga muchas especies de plantas y animales incluidas algunas endémicas (Meave *et al.*, 1994; Chávez y Gurrola, 2009; Hortelano-Moncada *et al.*, 2009; Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2009; SEMARNAT, 2010). En la REPSA se han reportado hasta ahora 50 especies de arañas pertenecientes a 18 familias (Lot y Cano-Santana, 2009). Esto constituye alrededor de un 2% de la diversidad taxonómica conocida para México, si consideramos que el total nacional reportado es de 2,295 especies, 534 géneros y 66 familias (Francke, 2014).

La REPSA tiene una estacionalidad térmica poco diferenciada, sin embargo, el patrón de la precipitación presenta una estacionalidad muy bien marcada ya que se presenta la temporada de lluvias durante los meses de junio a octubre y la temporada de sequía de noviembre a mayo (Valiente-Banuet y De Luna, 1990). Dichas condiciones probablemente sean determinantes para la presencia y diversidad de la comunidad de arañas y otros artrópodos de la REPSA, ya que diversos estudios indican que los cambios estacionales tienen efectos claros sobre muchos grupos biológicos de esta reserva. Por ejemplo, los colémbolos y los ortópteros tienen una mayor abundancia, riqueza de especies y densidad durante la temporada de lluvias debido al aumento de sus recursos en dicha temporada (Ríos-Casanova, 1993; Cano-Santana, 1994; Arango-Galván *et al.*, 2007; Razo-González *et al.*, 2010). Por otra parte, otros artrópodos como ácaros y algunos grupos de hormigas son muy abundantes durante la estación seca y disminuyen durante la temporada de lluvias (Ríos-Casanova y Cano -Santana, 1994; González, 2017; García y Ríos-Casanova, 2020).

Específicamente para los artrópodos asociados a la hojarasca del suelo de la REPSA, se ha reportado que su densidad es menor en la temporada de sequía en zonas con vegetación escasa, en comparación con la temporada de lluvias y en sitios con vegetación más abundante (Arango-Galván, 2006; Baltazar, 2017). Para el Orden Araneae, se ha encontrado que los individuos son más abundantes durante la temporada de lluvias (Baltazar, 2017).

A pesar de que las arañas son abundantes y sus comunidades son muy diversas en la hojarasca (Norton, 1973), se conoce muy poco acerca de las respuestas ecológicas de las arañas de la hojarasca frente a los cambios ambientales que ocurren en la REPSA, por lo que sus patrones de diversidad son poco conocidos para esta reserva. El estudio de la araneofauna asociada a la hojarasca resulta de gran importancia debido a su

posición como depredadores en la estructura trófica, ya que su gran diversidad dentro de este ecosistema podría estar influyendo en la densidad y actividad de la fauna de niveles tróficos inferiores como los detritívoros y fungívoros, lo que podría afectar de manera indirecta los procesos de descomposición (Uetz, 1976; Willett, 2001).

Aunque para muchos ecosistemas se ha propuesto que la variación temporal es un factor determinante para la abundancia y distribución de las comunidades de arañas (Samu y Lövei, 1995), aún no son claros los patrones que pudiera tener la comunidad de arañas asociada a la hojarasca en la REPSA. Hasta ahora no hay estudios enfocados en conocer cómo cambian los patrones de diversidad de las comunidades de arañas de la hojarasca a través de las temporadas, como tampoco hay investigaciones que relacionen estos factores con la diversidad de sus presas en este ecosistema. Además, se busca conocer más acerca del comportamiento de las comunidades de arañas de la hojarasca y como pueden estar interactuando entre ellas y los demás organismos.

En este trabajo estudiamos cómo los cambios temporales, en factores bióticos (abundancia de presas) y abióticos (precipitación y temperatura), afectan los patrones de diversidad de la comunidad de arañas asociadas a la hojarasca. Esperábamos que, durante la temporada de lluvia, cuando hay mayor disponibilidad de recursos, hubiera mayor riqueza de especies y abundancia de arañas en comparación con la temporada de sequía. También esperábamos que existiera una correlación positiva de la precipitación y la temperatura con la riqueza y la abundancia de las arañas de la hojarasca. De la misma manera, esperábamos que hubiera una correlación positiva entre la abundancia de presas con la riqueza de especies y abundancia de arañas.

2. OBJETIVOS

Conocer los efectos de la estacionalidad de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, sobre la diversidad de la comunidad de arañas asociadas a la hojarasca.

Objetivos particulares

- Conocer la riqueza de especies y abundancia de arañas asociadas a la hojarasca en temporada de lluvia y sequía en la REPSA.
- Analizar la posible relación entre la riqueza de especies y abundancia de la comunidad de arañas de la hojarasca con la precipitación y la temperatura de la REPSA.
- Determinar si hay una relación entre la riqueza de especies y abundancia de las comunidades de arañas asociadas a la hojarasca con la abundancia de sus presas potenciales a lo largo de un año.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel ubicada al suroeste del Valle de México, dentro de los terrenos de Ciudad Universitaria en la Ciudad de México, entre los 19° 20' 22" y 19° 13' 25" N, y los 99° 8' 26" y 99° 14' 3" O, a 2200 - 2277 m sobre el nivel del mar (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009) (Fig. 1).

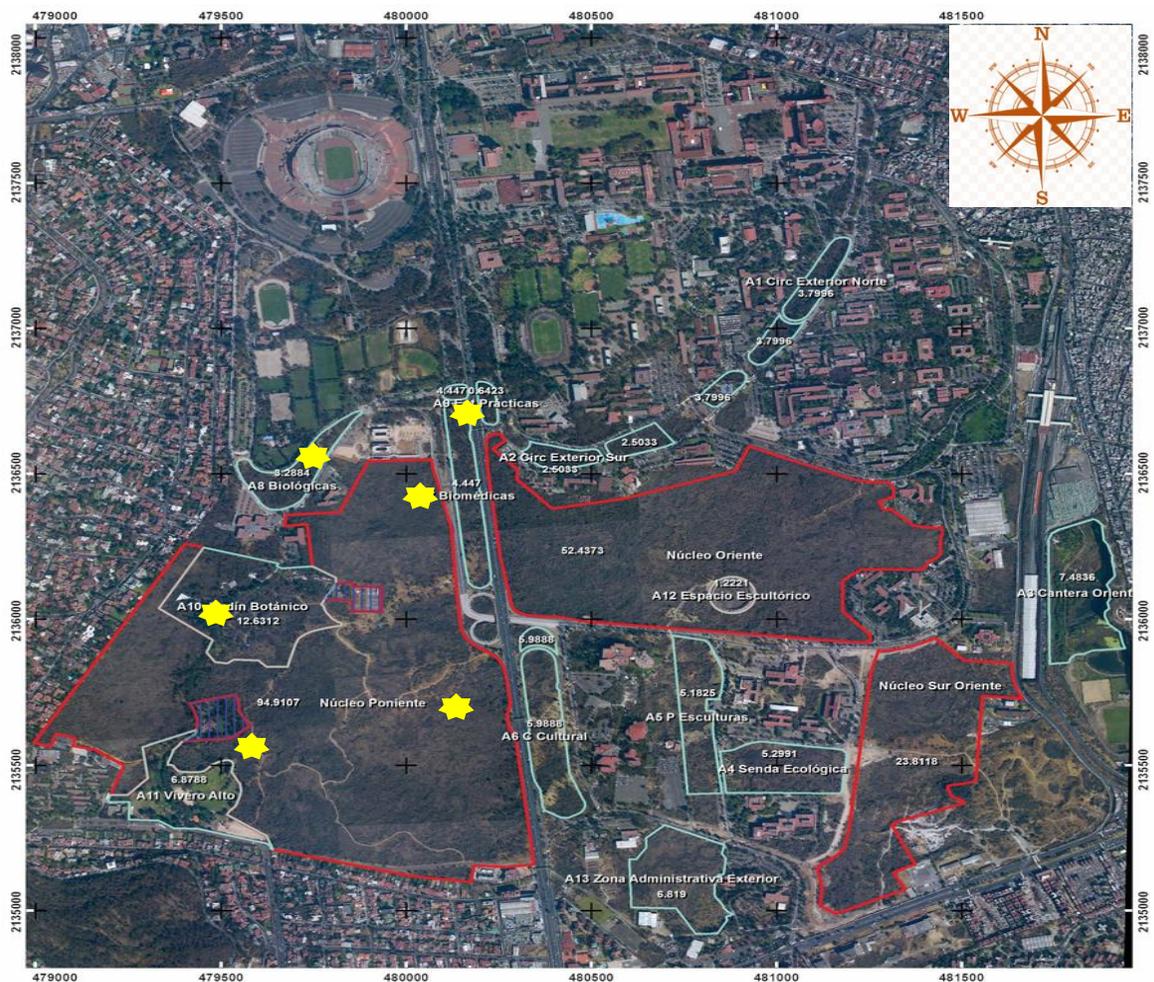


Fig. 1. Fotografía aérea señalando los puntos de muestreo (estrellas amarillas) en la zona núcleo poniente (y sus alrededores) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México. Áreas en rojo: Zonas núcleo; Áreas en blanco: Zonas de amortiguamiento.

El ecosistema del Pedregal de San Ángel tiene una gran relevancia por su excepcional riqueza florística y por presentar elementos únicos de la flora del matorral xerófilo. Se han reportado 377 especies de plantas (Castillo-Argüero *et al.*, 2009), la mayor cantidad para los matorrales de esta región (Carrillo-Trueba, 1995; Challenger *et al.*, 1998). Las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae son las mejor representadas en número de especies (SEMARNAT, 2010).

En cuanto a fauna, se han reportado 148 especies de aves, 33 especies de mamíferos y 817 especies de artrópodos. Estos últimos, quizá sean el grupo biológico más diverso de la REPSA ya que se han reportado 735 especies de insectos y 50 especies de arañas (Santos-Cerquera y Aguilar, 2016).

La estructura espacial del Pedregal es muy heterogénea debido a la tasa de acumulación diferencial del suelo en sitios con diferente topografía, producto de la acumulación de los restos de la erupción del volcán Xitle hace 1700 años (Cano-Santana, 1994; Siebe, 2009). Esta heterogeneidad geomorfológica ha dado lugar a la formación de diferentes microambientes con diversas condiciones de suelo, humedad, temperatura, así como también a lugares con mayor y menor exposición solar (Peralta-Higuera y Prado-Molina, 2009).

La REPSA se caracteriza por tener un clima templado subhúmedo, con una precipitación promedio anual de 833 mm y una temperatura media anual de 15.6°C (Castillo-Argüero *et al.*, 2007). La temperatura media mensual más alta ocurre en mayo (22.9°C) y la más baja en enero (10°C). La temporada de lluvias comprende los meses de junio a octubre y la de sequía de noviembre a mayo (Rzedowski, 1954; CONABIO y SEDEMA, 2016) (Fig. 2,3).

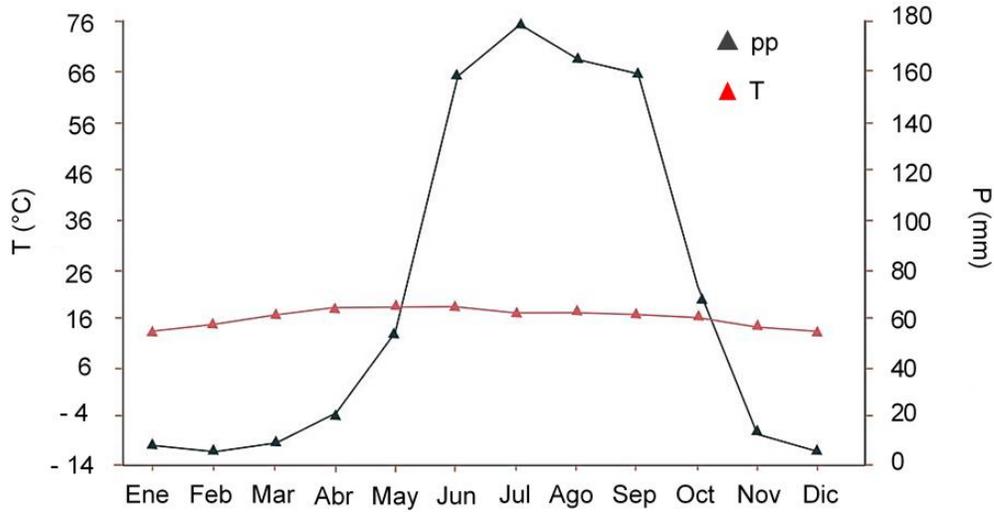


Fig. 2. Diagrama ombrotérmico de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México (1963-2010). Eje Y derecho = precipitación medida en milímetros; Eje Y izquierdo = temperatura medida en grados Celsius (Tomado de CONABIO y SEDEMA, 2016).



Fig. 3. La REPSA durante la temporada de sequía (A) y durante la temporada de lluvias (B).

El sustrato es de roca basáltica y el suelo es escaso y poco profundo, en algunos casos inexistente (Rzedowski, 1954). La acumulación de suelo es principalmente de origen eólico, debido al acarreo de partículas por el viento, y orgánico, por la caída y descomposición de hojarasca. Esta hojarasca está principalmente constituida por las especies vegetales más importantes de la reserva tales como *Buddleja cordata* (Loganiaceae), *Dahlia coccinea* (Asteraceae), *Muhlenbergia robusta* (Gramineae) y

Verbesina virgata (Asteraceae). La hojarasca de *Buddleja cordata* y *Verbesina virgata* presentan tasas de descomposición a diferentes escalas, siendo esta última la que presenta la mayor susceptibilidad a este fenómeno (Arango-Galván, 2006).

La profundidad del suelo varía entre 0 y 30 cm, con un promedio de 4.5 cm (Santibañez-Andrade, 2005). La textura es arenoso-limosa con bajo contenido de fósforo y nitrógeno disponibles, así como de potasio y calcio. El pH es ligeramente ácido en un rango de 5.4 a 6.1 (Martínez-Mateos, 2001).

3.2 Colecta de arañas

Para describir la riqueza taxonómica de la comunidad de arañas de la REPSA, se realizó un muestreo mensual de artrópodos asociados al suelo, a partir de los cuales se obtuvieron las arañas. Estos muestreos se hicieron de marzo del 2015 a febrero del 2016. En cada muestreo, se recolectó en seis sitios dentro de la zona núcleo poniente y en sus alrededores debido a que representan los microambientes más comunes de la reserva. En cada uno de estos puntos se trazó un transecto de 50 m de largo y se tomó una muestra de hojarasca cada 10 m, para obtener cinco muestras por transecto y un total de 30 muestras cada mes. Cada muestra tuvo un área de 20 cm² y una profundidad de 2 cm (Fig. 4A y 4B). Estas muestras se colocaron en un cernidor de hojarasca el cual consiste en dos charolas de plástico de color blanco. La charola interior (cernidor), sobre la cual se coloca la muestra de hojarasca, tenía un fondo con una luz de malla de 5 mm; la charola exterior (de recolección), sin aberturas en el fondo, sirve para contener a los organismos después de agitar vigorosamente la muestra por 20 segundos. Todos los artrópodos que cayeron en la charola de recolección fueron guardados en alcohol etílico al 70 %. El resto de hojarasca fue revisada para capturar a todos aquellos organismos que por su tamaño no pasaban por la malla del cernidor. Éstos también se guardaron en alcohol etílico al 70 %. Todos los organismos colectados fueron colocados en viales



Fig. 4. Colecta de arañas de la hojarasca, A) Cernidor de hojarasca, B) Tamaño de muestra de hojarasca (Fotos tomadas de: González, 2017)

y llevados al Laboratorio de Ecología de la UBIPRO de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM, para su identificación

3.3 Determinación taxonómica de las arañas

Las arañas obtenidas de estas muestras se determinaron con ayuda de un microscopio estereoscópico MOTIC®. Para realizar la determinación taxonómica hasta familia y género se utilizaron las claves dicotómicas de Ubick (2017), finalmente todos los géneros fueron separados por morfoespecies. Los géneros y morfoespecies fueron corroborados con apoyo del Dr. César Gabriel Durán Barrón, de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, especialista en arañas.

Una vez hecha la determinación, los organismos se contabilizaron para conocer la riqueza de especies y la abundancia. Solamente se identificaron los organismos adultos ya que los individuos inmaduros son muy difíciles de identificar debido a que estructuras importantes para su determinación taxonómica como la genitalia o parte de su morfología no están completamente desarrolladas (Ubick, 2017).

3.4 Diferencias estacionales de la diversidad taxonómica de arañas

Debido a que la diversidad depende en gran medida del esfuerzo de colecta, se hicieron curvas de acumulación de especies para conocer la completitud del muestreo en cada temporada y determinar la proporción de especies obtenidas con relación a un total de especies esperado. Las curvas para la temporada de lluvia y sequía se realizaron usando los datos de presencia-ausencia de las especies de arañas obtenidas en cada época. Con estos datos se hicieron 1000 iteraciones con el método de Jackknife de primer orden. Se utilizó este estimador debido a que está basado en el número de especies que ocurren solamente una vez en una muestra (singletons), además de que es un método no paramétrico que no asume ninguna distribución particular de los datos (Colwell y Coddington, 1994; Bautista-Hernández *et al.*, 2013). Aunado a esto, para conocer la composición de especies de arañas para la estación seca y lluviosa en la REPSA, se realizaron curvas de rango-abundancia. Tanto las curvas de acumulación de especies se realizaron usando el programa EstimateS versión 9.1.0 y los gráficos usando el programa Excel 2021 (Colwell, 2006).

Para conocer si existían diferencias en la abundancia y riqueza de especies de las comunidades de arañas entre la temporada de lluvia y sequía, se realizaron comparaciones usando la prueba de U de Mann-Whitney (Ríos-Casanova *et al.*, 2015).

Se cuantificó la diversidad específica utilizando el índice de Shannon-Wiener para cada temporada usando la siguiente fórmula:

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde: H' = el índice de diversidad de Shannon-Wiener; p_i = la abundancia relativa de la especie i y \ln = logaritmo natural. Este índice se comparó entre temporadas con una prueba de t para índices de diversidad (Magurran, 1988).

Además, se calculó el índice de Pielou para medir la equitatividad de las especies de acuerdo con su abundancia; su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988). El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

$$J' = \ln(S) / H'$$

Donde J' = índice de equitatividad de Pielou, $\ln(S)$ = logaritmo natural de la riqueza de especies, y H' = índice de Shannon-Wiener.

Para determinar si la composición de especies variaba entre las dos temporadas, con base en sus abundancias, se usó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) y se complementó con un análisis de similitud (ANOSIM) para conocer las diferencias estadísticas. Finalmente se realizó un análisis SIMPER para determinar la contribución de las especies / taxa a la diferenciación entre las temporadas, todo esto con la finalidad de conocer cómo es que se distribuye la comunidad de arañas a lo largo de las dos temporadas. En todos estos análisis se usó la distancia de Bray-Curtis y se realizaron con el programa PAST 3.0 (Hammer, 2016).

3.5 Relación de las arañas con factores abióticos y bióticos

Obtuvimos los valores de temperatura y precipitación total mensuales de junio de 2015 a mayo de 2016. Dichos datos provinieron de la página web de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos, del Observatorio Atmosférico de la UNAM perteneciente al Centro de Ciencias de la Atmósfera de Ciudad Universitaria. Específicamente usamos los datos de la estación meteorológica ubicada en el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur que es la más cercana a la REPSA. Estos datos fueron utilizados para evaluar

si existía alguna relación entre la riqueza y abundancia de las arañas con la precipitación y la temperatura mediante correlaciones de Spearman. Se decidió utilizar este modelo de correlación debido a que los datos obtenidos en este trabajo no cumplen con el supuesto de normalidad en la distribución de los valores (Restrepo y González, 2007).

Finalmente, para conocer los recursos disponibles para las arañas, los demás artrópodos (no arañas) obtenidos en las muestras fueron contabilizados e identificados a nivel de clase y a nivel de orden con la clave dicotómica de McGavin (2002). Posteriormente, para conocer si la abundancia y riqueza de especies de estos artrópodos se asocia con la riqueza de especies y abundancia de la comunidad de arañas, se realizaron correlaciones de Spearman. Cabe mencionar que, en todas las correlaciones, la riqueza y abundancia de las arañas de un mes se asociaron con la precipitación, temperatura y cantidad de artrópodos no arañas del mes anterior, ya que se ha demostrado que los efectos de los factores bióticos y abióticos no ocurren de manera inmediata sobre la diversidad de artrópodos (Wolda, 1988; Pinheiro *et al.*, 2008). Todas las correlaciones se hicieron usando el programa PAST versión 3.0.

4. RESULTADOS

4.1 Diversidad de arañas de la REPSA

Recolectamos un total de 237 individuos del orden Araneae, pertenecientes a 14 familias, 16 géneros y 26 morfoespecies. La especie más abundante fue *Anyphena* sp.1, seguida de *Pardosa* sp.2, mientras que las menos abundantes fueron *Amaurobiidae* sp.1, *Drassyllus* sp.1, *Liocranidae* sp.1, *Theridion* sp.1 y *Misumenops* sp.2. Las curvas de acumulación de especies indicaron que conocemos el 81% de las especies de arañas de

la hojarasca que se esperaba encontrar. Específicamente para la temporada de lluvias, el estimador Jackknife de primer orden nos indicó que conocemos el 77.4 % de las especies, mientras que para la temporada de sequía conocemos el 79.1%, en estos casos las curvas calculadas y las observadas se encuentran cerca de alcanzar una asíntota, lo que indica que la probabilidad de encontrar más especies es baja (Fig. 5; Cuadro 1).

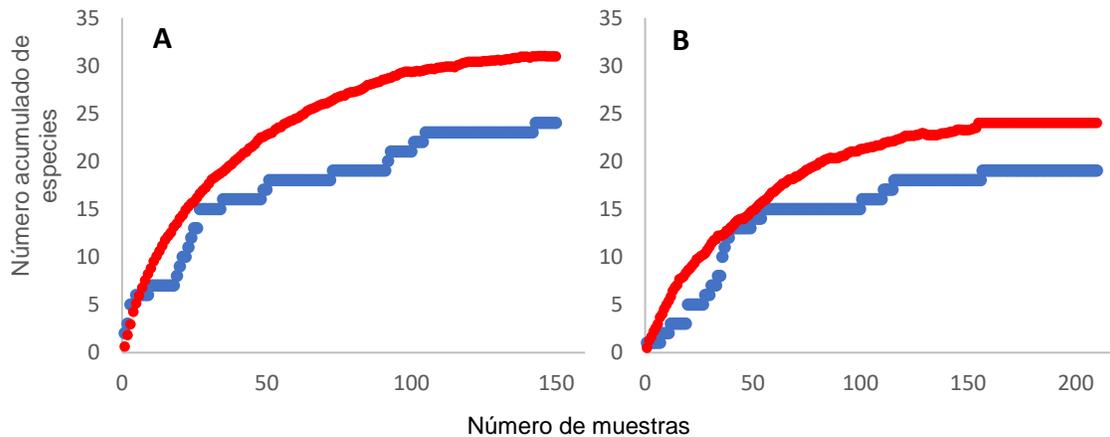


Fig. 5. Curvas de acumulación de especies de arañas asociadas a la hojarasca en la REPSA en la temporada de lluvia (A) y sequía (B). Datos observados (azul) y datos esperados usando el estimador Jackknife de primer orden (rojo).

Encontramos mayor abundancia y riqueza específica durante la temporada de lluvias. Aunque la abundancia no fue significativamente diferente entre temporadas ($Z = -1.462$, $P = 0.149$), la riqueza de especies fue significativamente mayor en las lluvias ($Z = 1.959$, $P = 0.050$; Fig. 6; Cuadro 1).

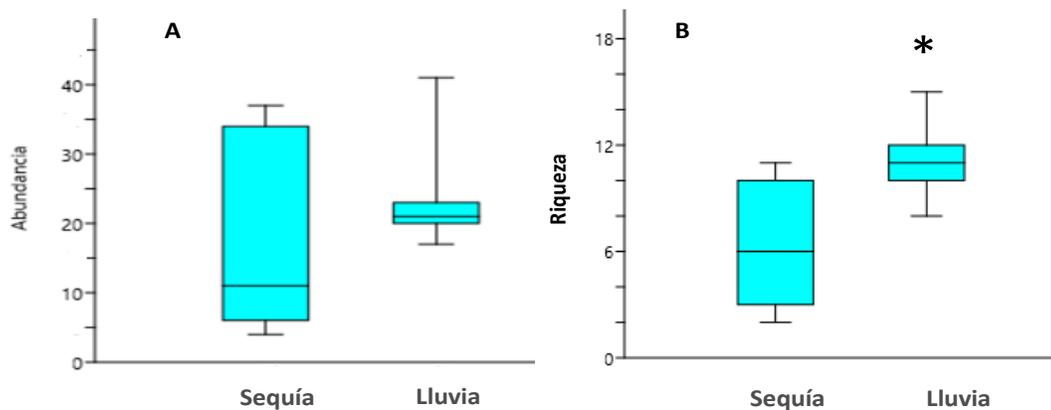


Fig 6. Abundancia (A) y riqueza de especies de arañas (B) de la hojarasca en la REPSA en dos estaciones del año. Las cajas representan el 50% de los datos y dentro de ellas la línea representa la mediana. Las líneas verticales representan el valor mínimo y el máximo. El asterisco denota diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de U de Mann-Whitney).

Cuadro 1. Abundancia de las arañas (Orden: Araneae) asociadas a la hojarasca de la REPSA, por familias, géneros y morfoespecies durante dos estaciones.

Familia	Género/Especie	Abundancia en Sequía	Abundancia en Lluvia
Agelenidae	<i>Coras</i> sp.1	2	2
Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.1	44	11
	<i>Anyphaena</i> sp.2	2	3
Amaurobiidae	<i>Amaurobiidae</i> sp.1	0	1
Clubionidae	<i>Clubionidae</i> sp.1	2	3
Cybaeidae	<i>Cybaeota</i> sp.1	1	2
Desidae	<i>Desidae</i> sp.1	0	2
Dysderidae	<i>Dysdera crocata</i>	3	11
Gnaphosidae	<i>Camillina</i> sp.1	16	16
	<i>Drassyllus</i> sp.1	1	0
Liocranidae	<i>Liocranidae</i> sp.1	1	0
Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.1	4	2
	<i>Pardosa</i> sp.2	5	36
	<i>Pardosa</i> sp.3	0	3
Linyphiidae	<i>Linyphia</i> sp.1	1	1

	<i>Microlinyphia</i> sp.2	4	0
	<i>Microlinyphia</i> sp.3	4	4
Salticidae	<i>Pellenes</i> sp.1	4	2
	<i>Pellenes</i> sp.2	2	2
	<i>Mexigonus</i> sp.1	3	7
	<i>Mexigonus</i> sp.2	11	5
Therididae	<i>Theridion</i> sp.1	0	1
	<i>Theridion</i> sp.2	2	1
	<i>Theridion</i> sp.3	3	3
Thomisidae	<i>Misumenops</i> sp.1	0	3
	<i>Misumenops</i> sp.2	0	1
	Abundancia total	115	122
	Riqueza de especies	20	23

La temporada de lluvias presentó los valores más altos de riqueza de especies y abundancia para los organismos del orden Araneae asociados a la hojarasca, aunque estadísticamente solo la riqueza de especies presentó diferencias entre temporadas ($Z = 1.959$, $P = 0.050$; Fig. 6; Cuadro 1). En esa temporada, la familia Salticidae fue la más rica mientras que la familia con mayor abundancia fue Lycosidae. En la sequía las familias, Linyphiidae y Salticidae fueron las más ricas y la familia más abundante fue Anyphaenidae (Cuadro 1).

Las curvas de rango-abundancia indican que durante las épocas de lluvia la especie *Pardosa* sp.2 de la familia Lycosidae fue la especie dominante; mientras que en época de sequía domina la especie *Anyphaena* sp.1 de la familia Anyphaenidae (Fig. 7 y Fig. 8).

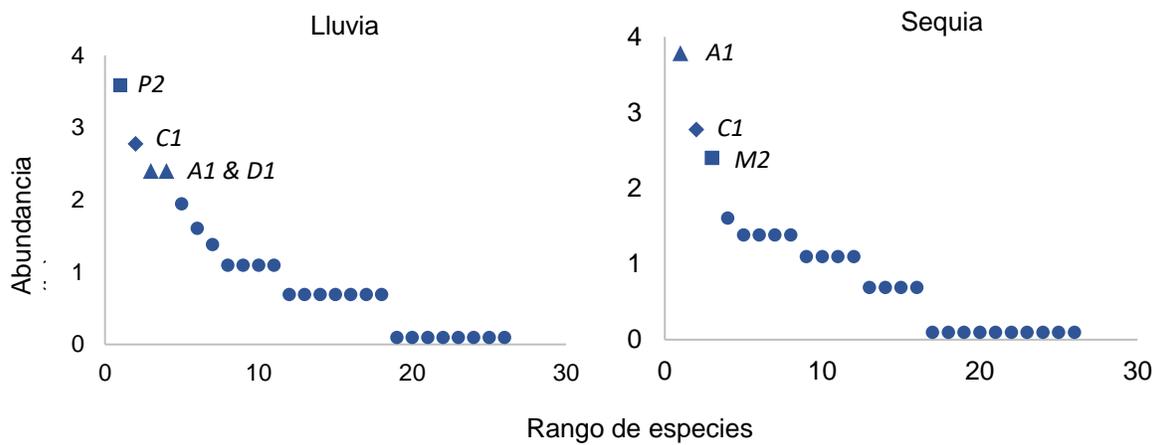


Fig. 7 Curvas de rango-abundancia para las arañas asociadas a la hojarasca en la REPSA durante dos estaciones. *P2* = *Pardosa* sp.2, *C1* = *Camilina* sp.1, *A1* = *Anyphaena* sp.1, *D1* = *Dysdera* sp.1, *M2* = *Mexigonus* sp.2.



Fig. 8 Especies más abundantes de la REPSA, imágenes dorsales de *Pardosa* sp.2 (izquierda) y *Anyphaena* sp.1 (derecha)

El índice de diversidad de Shannon-Wiener para ambas estaciones fue muy similar Al compararlos, no encontramos diferencias estadísticamente significativas ($t = -1.605$; $gl =$

231.48; $P = 0.109$). La equitatividad también fue muy similar para ambas estaciones (Cuadro 2).

Cuadro 2. Índices de diversidad de Shannon-Wiener y de equitatividad de Pielou para las comunidades de arañas asociadas a la hojarasca recolectadas en dos temporadas en la REPSA.

Índices	Sequia	Lluvia
Shannon (H')	2.273	2.524
Pielou (J')	0.485	0.540

En los resultados del análisis nMDS se observan dos polígonos, un polígono grande que corresponde a las lluvias, y uno más pequeño que corresponde a la sequía. Ambos polígonos se encuentran traslapados lo cual nos indica que prácticamente no existen diferencias en la composición de arañas de la hojarasca entre las estaciones (Fig. 9).

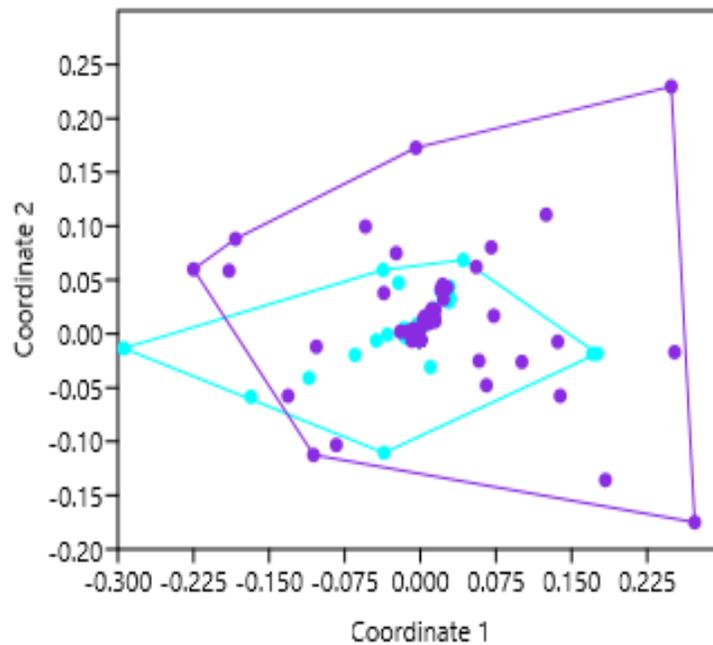


Fig. 9 Escalamiento multidimensional no métrico de la comunidad de arañas de la hojarasca en sequía (polígono azul) y lluvia (polígono morado).

Sin embargo, el análisis de similitud (ANOSIM) indicó que la composición de la comunidad de arañas difirió entre las temporadas ($R = 0.045$, $P < 0.002$). Así mismo la prueba de SIMPER nos indicó que las especies que aportan diferencias entre estaciones son *Anyphaena* sp.1 y *Mexigonus* sp.2 en sequía, así como *Pardosa* sp.2 y *Camillina* sp.1 en lluvia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis SIMPER entre temporadas para la comunidad de arañas asociadas a la hojarasca de la REPSA

Comparación entre temporadas	Especie	Contribución (%)	Disimilitud promedio %
Lluvia-sequía	<i>Anyphaena</i> sp.1	21.43	8.64
	<i>Pardosa</i> sp.2	13.82	
	<i>Camillina</i> sp.1	11.67	
	<i>Mexigonus</i> sp.2	8.2	

4.2 Relación de factores bióticos y abióticos con las comunidades de arañas asociadas a la hojarasca de la REPSA

Las correlaciones de Spearman mostraron que la abundancia de arañas de la hojarasca no se correlacionó con la temperatura ($r_s = 0.08$, $P = 0.78$), como tampoco la riqueza de especies ($r_s = 0.24$, $P = 0.43$). Por otra parte, la abundancia de arañas no se correlacionó con la precipitación ($r_s = 0.16$, $P = 0.61$); sin embargo, la riqueza de especies de arañas se correlacionó positivamente ($r_s = 0.49$, $P = 0.010$; Fig. 10).

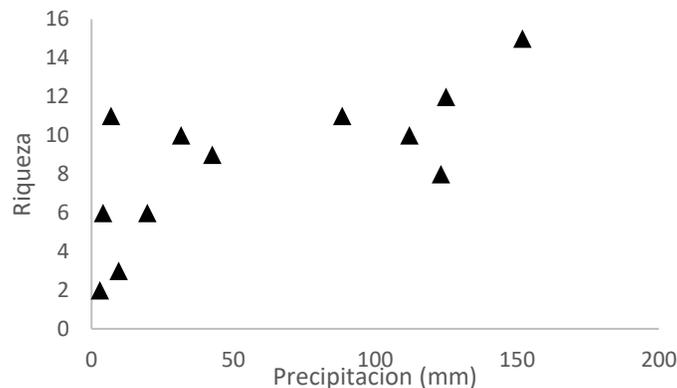


Fig. 10 Correlación de Spearman entre la precipitación media mensual y la riqueza de arañas asociadas a la hojarasca de la REPSA. Los datos de precipitación están desfasados un mes hacia adelante.

4.3 Correlación entre la diversidad de arañas y sus presas potenciales

Registramos un total de 2173 individuos de artrópodos provenientes de las muestras de hojarasca cernida. La temporada de sequía fue la temporada con mayor número de artrópodos (1150 individuos), donde los órdenes más abundantes fueron Isopoda, Hemiptera y Colembola, mientras que en la temporada de lluvia se encontraron 1023 y los órdenes con mayores abundancias fueron Isopoda y Coleoptera, sin embargo, no existen diferencias significativas para la abundancia entre estaciones ($z = 1.13$, $P = 0.26$). El mes de octubre fue el mes con mayor abundancia de artrópodos, que corresponde a la temporada de lluvias, y marzo, que corresponde a la sequía, el mes con la menor abundancia (Cuadro 4; Apéndice 1).

Cuadro 4. Abundancia de artrópodos no arañas asociados al suelo de la REPSA durante el año de estudio.

	Ene	Feb	Mzo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Total de individuos	118	153	116	255	143	199	220	210	126	268	245	120

Al correlacionar estos datos con la riqueza y abundancia de las arañas, encontramos que con la riqueza no hay correlación ($r_s = -0.41$, $P = 0.20$), pero sí con la abundancia aunque esta correlación es negativa ($r_s = -0.73$, $P = 0.009$; Figura 10).

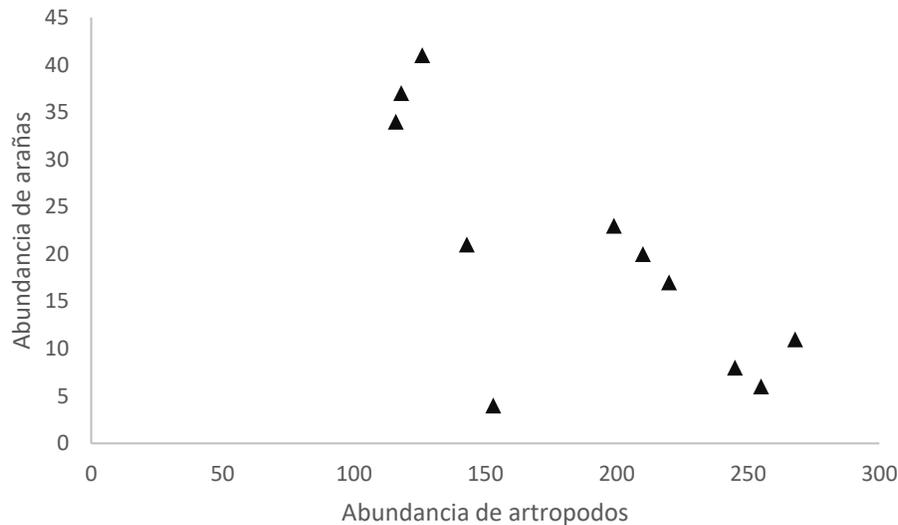


Fig. 10 Correlación entre la abundancia de artrópodos no arañas con la abundancia de arañas asociadas a la hojarasca en la REPSA. Los datos de abundancia de arañas están desfasados un mes hacia atrás con respecto a la de los otros artrópodos.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la variación temporal de la REPSA afecta a la comunidad de arañas de la hojarasca ya que en la temporada de lluvia hay mayor riqueza de especies. Sin embargo, aunque la mayor diversidad de arañas de la hojarasca en la REPSA se presentó cuando ocurrieron los valores más altos de lluvia, ésta no fue diferente a la diversidad de la época seca. No obstante, algunas Familias como Salticidae y Lycosidae presentaron la mayor riqueza específica durante la temporada de precipitaciones, lo cual se esperaba, ya que en algunos trabajos se ha reportado que estas familias son muy ricas en las comunidades de arañas de hojarasca

durante esta temporada, independientemente del ecosistema que se estudie (Samu-
Lovei, 1995; Giraldo *et al.*, 2004; Jiménez y Navarrete, 2010). Además, se sabe
específicamente para los miembros de la familia Lycosidae, que prefieren sitios con baja
complejidad en la cobertura de suelo y que no tengan una capa de hojarasca muy densa
(Uetz, 1979; Churchill y Ludwig, 2004). Este tipo de condiciones se encuentran en la
REPSA durante la temporada de lluvia, además de que se ha detectado que mientras
más llueve en este ecosistema, la degradación de materia orgánica del suelo es más
acelerada disminuyendo la cantidad de hojarasca (Arango-Galván, 2006). Es por esto que
la poca profundidad (1 cm de capa) de la hojarasca es ideal para los licósidos ya que,
para poder cazar a sus presas, obtener pareja, evitar la competencia y la depredación,
necesitan moverse libremente sobre este sustrato donde se les encuentra habitualmente
(Bonte, 2013).

Por otra parte, las familias que presentaron la mayor riqueza de especies durante
la estación seca fueron Linyphiidae y Salticidae lo cual posiblemente se deba a que en
esta temporada hay un aumento en la profundidad de la capa de hojarasca, lo que podría
estar aumentando la densidad de las presas y/o la diversidad de microhábitats, logrando
así un espacio con más recursos para estas dos familias de arañas (Swift y Anderson,
1989; López-Gómez *et al.*, 2010; Flores, 2014). La familia Linyphiidae es una de las
familias más diversas de ambientes templados (Buddle y Draney, 2004), pero es poco
común en hábitats tropicales como la REPSA (Ibarra-Nuñez *et al.*, 2011). Una
característica de los linífidos es que tienen ciclos de vida cortos en comparación con las
demás arañas, lo que les permite producir varias generaciones al año si las condiciones
se tornan favorables para ellas (Draney y Crossley, 1999). Las condiciones favorables
para los linífidos se presentan en la temporada de sequía en la REPSA, cuando la capa
de hojarasca es más densa y por lo tanto les provee un refugio que las hace menos

susceptibles a la desecación. Adicionalmente la hojarasca densa de la sequía les proporcionaría recursos como los colémbolos, en los cuales las arañas de la familia Linyphiidae basan el 48% de su alimentación (Nyffeler, 1999). En este estudio encontramos que los colémbolos representaron el grupo más abundante en la hojarasca durante la sequía, además de que en la REPSA ya se ha reportado que las mayores abundancias de colémbolos se presentan durante dicha temporada (Baltazar, 2017).

Por otro lado, cabe recalcar el hecho de que no haya diferencias ni en la abundancia ni en la diversidad de arañas de la hojarasca de la REPSA. Esta situación podría estar relacionada con la alta abundancia de la familia Lycosidae en temporada de lluvias y Anyphaenidae en temporada de sequía, pues tuvieron los valores más altos debido principalmente a la abundancia que presenta una sola especie en cada una de estas familias lo cual podría estar sobreestimado este resultado. En la familia Lycosidae, la especie *Pardosa* sp.2 presentó la mayor cantidad de organismos en temporada de lluvias, lo que concuerda con algunos estudios donde Lycosidae es la familia con mayor abundancia y sobre todo es dominante durante las lluvias (Srikanth *et al.*, 1997; Bardwell y Averbill, 1997). Un aspecto importante que se ha documentado del género *Pardosa* en Norteamérica es que los individuos bien alimentados tienden a reducir su movilidad en comparación con los individuos que han obtenido poco alimento (Walker *et al.*, 1999). Quizá por esta razón la abundancia de estas arañas en la hojarasca aumente en lluvias, ya que en esta época muchas de ellas se encuentran muy bien alimentadas, pero con poca movilidad, producto del aumento en la cantidad y calidad de recursos que hay en la hojarasca (Wagner y Wise, 1997). En cuanto a la familia Anyphaenidae, *Anyphaena* sp.1 fue una especie muy bien representada en las dos temporadas, sin embargo, su mayor abundancia la encontramos en la temporada de sequía. Las arañas del género *Anyphaena* habitan principalmente en flores y utilizan el follaje de la vegetación arbórea y

arbustiva para capturar a sus presas (Urones, 2011) a pesar de ello, en este estudio encontramos a esta especie como la araña dominante en la hojarasca durante la temporada seca. Este fenómeno podría atribuirse a que, como ya se ha reportado en otras especies de este género, durante la temporada de oviposición buscan hábitats protegidos con la mayor humedad ambiental que es favorable para el desarrollo de los juveniles (Urones, 2011). Por esta razón y de acuerdo con los resultados de nuestro estudio, estas arañas podrían estar bajando de la vegetación hacia la hojarasca durante la sequía a dejar sus puestas. Así mismo, durante la temporada de lluvias, estas arañas dejarían la hojarasca para de nueva cuenta subir a la vegetación en busca de pareja y de recursos para alimentarse ya que las condiciones se tornan favorables para estas arañas sobre la vegetación por lo que la abundancia que detectamos en la hojarasca es más baja en esta temporada (Urones *et al.*, 1995).

En cuanto a la composición de especies de arañas y de acuerdo con nuestros resultados, la comunidad de arañas es diferente entre las temporadas, sin embargo, las diferencias están dadas por unas cuantas especies que son las que dominan en cada una de las épocas del año. Estas especies son *Anyphena* sp.1, *Camilina* sp.1, *Mexigonus* sp.2 en temporada de sequias y *Pardosa* sp.2, *Camillina* sp.1, *Anyphaena* sp.1 y *Dysdera* sp.1 que presentaron las mayores abundancias en épocas de lluvias. En un estudio para comunidades de arañas del suelo y hojarasca la composición de especies de arañas en temporada de lluvias estuvo principalmente compuesta por especies como *Pardosa* sp. y *Anyphaena* sp., mientras que la temporada de sequias se vio compuesta por la dominancia de *Anyphaena* sp. y *Pelegrina* sp. (Medina, 2002). De igual manera en otro estudio realizado para comunidades de zonas áridas de Nuevo México, se describe a la familia Gnaphosidae a la cual pertenece *Camillina* sp. 1, como una familia que se

encuentra mejor adaptada a condiciones áridas como las que se pueden presentar en la REPSA (Russell-Smith, 2002).

Los pequeños cambios en la composición de especies de la comunidad de arañas de la hojarasca de la REPSA podrían deberse a las diferencias en las estrategias de caza de las arañas dominantes en sequía como las tejedoras y las cazadoras errantes, ya que les permitiría competir por los recursos de manera eficaz con las especies que se encuentran en ese mismo momento, sin embargo, cuando hay cambios en las temporadas, la aparición de las arañas dominantes en lluvias con otras técnicas de caza mejor adaptadas a esta temporada como las cazadoras activas o por emboscada, podrían estar reduciendo la capacidad de las arañas de sequía para competir por los recursos disminuyendo así sus abundancias, pues una capa de hojarasca poco densa como la que se presenta en lluvias evitaría el posible escape o la disminución de refugios de las presas logrando así una mayor eficacia en su método de caza en esta temporada (Wise, 1994). Un estudio de la comunidad de arañas ha demostrado que las diferentes familias de arañas en cada microhábitat podrían estar evitando la competencia y la depredación al utilizar distintas estrategias de caza y diversos recursos ecológicos (Cardoso *et al.*, 2011).

Diversidad de arañas y su relación con los factores bióticos y abióticos

Se ha documentado que en diversas zonas con climas cálidos y secos en México, no existe una correlación entre la temperatura y la abundancia de las arañas debido a que son sitios con temperaturas relativamente estables (Jiménez y Navarrete, 2010; Navarro-Díaz, 1991). Para la arañas de la REPSA tampoco encontramos que la abundancia o la riqueza de especies se correlacionaran con las temperaturas lo que podría deberse a que en la hojarasca la temperatura también permanece relativamente estable. Se sabe que la

hojarasca proporciona a los artrópodos en general, protección contra las fluctuaciones de temperatura externa, además conserva la humedad que evita la desecación de estos organismos (Foelix, 1982; Lienhard, 1998; Arango-Galván, 2006).

Contrario a esto, la abundancia y riqueza de especies de arañas se correlacionó positivamente con la precipitación, lo cual coincide con otros estudios donde se ha analizado este mismo efecto sobre la comunidad de arañas (Foelix, 1982; Wise, 1994; Medina, 2002). Este hecho se puede asociar a la mayor productividad primaria durante la época de lluvia, que se refleja en el incremento de los consumidores primarios como algunos saprófagos del suelo que son las presas potenciales de las arañas (Hernández-García *et al.*, 2003). Contrariamente a lo esperado, la abundancia de arañas se correlacionó con la abundancia de artrópodos de forma negativa. Esta relación podría ser producto de la sobre estimación de los grupos más abundantes de artrópodos como es el caso de los isópodos, hemípteros y de los colémbolos ya que el método de muestreo utilizado en este estudio es muy eficiente para capturar a estos organismos (Márquez-Luna, 2005). De acuerdo con nuestras hipótesis, un incremento en la abundancia de presas debería verse reflejado en un aumento de la abundancia de arañas, sin embargo, la gran abundancia de individuos de tamaño pequeño puede ser un artefacto que no necesariamente muestre el efecto positivo que este gran número de artrópodos tiene sobre la abundancia de la comunidad de arañas. No obstante, diferentes estudios han reportado que los colémbolos, isópodos y hemípteros se encuentran entre las presas potenciales de las arañas además de otros artrópodos de los órdenes Blattodea, Coleoptera y Orthoptera (Nentwig, 1986; Lucio-Palacio y Ibarra-Nuñez, 2015; Toft y Macías-Hernández, 2017). Para la REPSA se ha reportado que durante los meses de lluvia se presentan la mayor abundancia de estos artrópodos (Ríos-Casanova, 1993; Valdez-Mondragón, 2005; Arango-Galván, 2006) por lo que será necesario realizar más evaluaciones respecto a los cambios en la abundancia de las arañas y sus presas, pero

considerando arañas de diversos hábitats y no únicamente las que están asociadas a la hojarasca.

Finalmente, después de estudiar a la comunidad de arañas de la hojarasca de la REPSA, sugerimos realizar estudios con el uso simultáneo de métodos de colecta como trampas de caída, embudos de Berlese y colecta manual debido a que esto amplía el tiempo de colecta y el espectro de arañas que pueden ser capturadas, ya que no solo se atraparía a aquellas que son colectadas mediante la hojarasca que se tamiza en los cernidores, sino a todas aquellas asociadas al suelo y a la vegetación. También sugerimos generar información dirigida a las especies de arañas más abundantes y su relación con las comunidades de artrópodos, ya que son parte fundamental de las redes tróficas del suelo y nos ayudarían a tener un mayor entendimiento del funcionamiento de las interacciones que se llevan a cabo en la hojarasca de la reserva.

6. CONCLUSIONES

1. La riqueza de especies de la comunidad de arañas de la hojarasca fue mayor en temporada de lluvias en la REPSA.
2. La riqueza de especies de arañas se correlaciono positivamente con la lluvia y negativamente con la abundancia de artrópodos sin embargo esto podría deberse a una posible sobreestimación de sus presas producto del método de colecta.
3. Las especies *Anyphena* sp.1 y *Mexigonus* sp.2 fueron dominantes en temporada de sequias y *Pardosa* sp.2 y *Camillina* sp.1 en lluvias.

7. LITERATURA CITADA

- Arango-Galván, A. 2006. *Heterogeneidad espacial y dinámica de la descomposición de hojarasca de cuatro especies abundantes en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 88 pp.
- Arango-Galván, A., L. Q. Cutz-Pool y Z. Cano-Santana. 2007. Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Riqueza, composición y abundancia relativa. *Entomología Mexicana*, 6:397-400.
- Baltazar, G. 2017. *Patrones de diversidad de las comunidades de artrópodos asociados a la hojarasca en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 43 pp.
- Bardwell, C. y A. Averill. 1997. Spiders and their prey in Massachusetts cranberry bogs. *The Journal of Arachnology*, 25(25): 31-41.
- Bautista-Hernández, C. E., S. Monks, G. Pulido-Flores. 2013. Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, 2: 13-17.
- Bonte, D. 2013. Cost-benefit balance of dispersal and the evolution of conditional dispersal strategies in spiders. En: Nentwing, W. (Ed) *Spider Ecophysiology*. Springer, Heidelberg, New York. Pp.67-78.
- Buddle, C. M. y A. L. Rypstra. 2003. Factors initiating emigration of two wolf spider species (Araneae: Lycosidae) in a agroecosystem. *Environmental Entomology*, 32: 88-95.

- Buddle, C. M. y M. L. Draney. 2004. Phenology of linyphiids in an old-growth deciduous forest in central Alberta, Canada. *The Journal of Arachnology*, 32 (2), 221-230.
- Breshears, D. D., J.W. Nyhan, C.E. Heil y B.P. Wilcox. 1998. Effects of woody plants on microclimate in a semiarid woodland: Soil temperature and evaporation in canopy and inter-canopy patches. *International Journal of Plants Sciences*, 159 (6):1010-1017.
- Campuzano, E. F., G. Ibarra-Núñez, E. Chamé-Vázquez, y H. Montaña-Moreno. 2016. Understory spider assemblages from a cloud forest in Chiapas, Mexico, and their relationships to environmental variables. *Arthropod-Plant Interactions*, 10 (3): 237-248.
- Cano-Santana, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpuracens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis Doctoral. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. 198 pp.
- Cardoso, P., S. Pekár, R. Jocqué, J. Coddington. 2011. Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *Plos one*, 6 (6): 2-10.
- Carrillo-Trueba. C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México. *Revista Ciencias*. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11502/10827>. Fecha de consulta: 17 de Noviembre de 2020.
- Carvalho L.S., N. Sebastian, H.F.P. Araújo, S.C. Dias, E. Venticinque, A.D. Brescovit, A.Vasconcellos. 2015. Climatic variables do not directly predict spider richness and abundance in semiarid caatinga vegetation, Brazil. *Environmental Entomology*, 44:54–63.

- Castillo-Argüero, S., G. Montes-Cartas, G. Romero-Romero, Y. Martínez-Orea, P. Guadarrama-Chávez, I. Sánchez-Gallen y O. Nuñez-Castillo. 2004. Dinámica y conservación del matorral Xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F, México). *Boletín de la sociedad botánica de México*, 74:51-55.
- Castillo-Argüero, S., Y. Martínez, M. Romero, P. Guadarrama, O. Núñez, I. Sánchez, J.Meave. 2007. *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos Florísticos y Ecológicos*. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 289 pp.
- Castillo-Argüero S., Y. Martinez-Orea y J.A. Meave. 2009. Flora de la Reserva del Pedregal de San Ángel: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. (pp. 107-135). En: Lot, A. y Z. Cano-Santana (Eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México.
- Challenger, A., J. Caballero, S. Zarate y R. Elizondo. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. CONABIO. México, Ciudad de México.
- Chávez, C. y M.A. Gurrola. 2009. Avifauna. (pp. 261-275). En: Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. En: Lot, A. y Z. Cano-Santana (Eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México.
- Churchill, T. B. y J.A. Ludwig. 2004. Changes in spider assemblages along grassland and savanna grazing gradients in northern Australia. *The Rangeland Journal*, 26(1):3,5,50,51.

- Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transaction of the Royal Society*, 345: 101-118.
- Colwell R. K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness an shared species from samples. Versión 8. User's guide and application. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/> . Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019.
- Comstock, J.H. 1995. *The spider book: A manual for the study of spider and their near relatives*. Universidad de Harvard. Estados Unidos de Norteamérica, Massachusetts.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2016. *La biodiversidad en la Ciudad de México*. CONABIO/SEDEMA. México. 350 pp.
- Cutz-Pool, L., G.A. Escalante-Poot y H.J. Ortiz-León. 2016. Arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a dos ecosistemas contrastantes en el ejido de Petcacab, Quintana Roo. *Entomología mexicana*: 3: 58–63.
- Cranston P. y P. Gullan. 2010. *The insects: An outline of entomology*. Chapman y Hall. Reino Unido, Londres. 584 pp.
- Draney M. y D.A. Crossley. 1999. Relationship of habitat age to phenology among ground dwelling linyphiidae (araneae) in the southeastern United States. *The Journal of Arachnology*. 27: 211–216.
- Flores, A. 2014. *Variación espacial y temporal de los artrópodos de una zona semiárida del centro de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 49 pp.

- Foelix, R. 1982. *The biology of spiders*. Harvard University press. 306 pp.
- Foelix, R. 1996. *Biology of Spiders*. Oxford University Press. New York, New York. 330 pp.
- Francke, O.F. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 408-417.
- García, P. y L. Ríos-Casanova. 2020. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la Cantera Oriente, una reserva dentro de la Ciudad de México. *Dugesiana*, 27 (1): 29-36.
- Giraldo, A., D. Pérez y G. Arellano. 2004. Respuesta de la comunidad de arañas epígeas (Araneae) en las Lomas de Lachay, Perú, ante la ocurrencia del evento el niño 1997-98. *Ecología aplicada*, 3(1): 45-58.
- González, L. 2017. *Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a la hojarasca en el Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores. Universidad Nacional Autónoma de México. 49 pp.
- Hammer, O. 2016. PAST, Reference Manual. Disponible en: http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/2.17c/past_part1.pdf . Fecha de consulta: 20 de Agosto de 2019.
- Hernández-García, M. A., D. Granados-Sánchez, A. Sánchez-González. 2003. Productividad de los ecosistemas en las regiones áridas. Universidad Autónoma de Chapingo. *Revista Chapingo*, 9 (2): 113-123.
- Hortelano-Moncada, Y., F. Cervantes y A. Trejo. 2009. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria. UNAM. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(2): 507-520.

- Ibarra-Nuñez, G., J. Maya-Morales y D. Chamé-Vázquez. 2011. Las arañas del bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1183-1193.
- Jiménez, M. y J. Navarrete. 2010. Fauna de arañas del suelo de una comunidad árida tropical en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81:417- 426.
- King, G.F. 2004. The wonderful world of spiders: preface to the special Toxicon issue on spider venoms. *Toxicon*, 43: 471-475.
- Lienhard, C. 1998. Pscopteres euro-méditerranéens. *Faune de France*, 83:1-517.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. (pp. 283-322). En: Soberon J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Eds.). *Capital natural de México*. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, Ciudad de México. 620 pp.
- López-Gómez, V., M. Blanco-Becerril y Z. Cano-Santana. 2010. Estructura trófica de la comunidad de artrópodos asociados a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae) en dos temporadas constantes. *Dugesiana*, 17(2):221-228.
- López-Palafox, T. 2012. *Variación espacial y temporal de la diversidad de arácnidos (Arthropoda:Arachnida) en el Cerro de la Coronilla, Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 115 pp.
- Lot, A y Z. Cano-Santana. 2009. *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, Ciudad de México. 538 pp.

- Lucio-Palacio, C y G. Ibarra-Nuñez. 2015. Arañas arborícolas de cacaotales con diferente tipo de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86:143-152.
- Márquez-Luna, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1(37): 385 – 408.
- Martínez-Mateos, A. 2001. *Regeneración natural después de un disturbio por fuego en dos microambientes contrastantes de la Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 66 pp.
- Magurran A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press New York, New Jersey. 179 pp.
- McGavin, G. C. 2002. *Insects, spiders and other terrestrial arthropods*. Smithsonian handbooks. 255 pp.
- Meave, J., J. Carabias, V. Arriaga y A. Valiente-Banuet. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. (pp.91-105). En: Rojo, A. *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Medina, F.J. 2002. *Las arañas y su distribución temporal en un bosque de San Martín Cachihuapan, Municipio de Villa del Carbón, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 129 pp.
- Menta, C. 2012. Soil Fauna Diversity – Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. En: Akeem, G (Ed.). *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diversity World*. INTECH. 59-94 pp.

- Mineo, M. F., K. Del-Claro, y A. D. Brescovit. 2010. Seasonal variation of ground spiders in a Brazilian Savanna. *Zoologia*, 27(3):353-362.
- Morón, M.A. y J.E. Valenzuela-González. 1993. Estimación de la biodiversidad de insectos en México; análisis de un caso. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44: 303-312.
- Navarro-Díaz, O. 1991. Estudio sobre la *Loxosceles cubana* de la Cueva del Agua (La Habana). *Furada*, 10: 32-34.
- Nentwig, W. 1986. Non-webbuilding spiders:prey specialists or generalists?. *Oecologia*, 69:571-576.
- Norton, R.A. 1973. Ecology of soil and litter spiders. (pp 138-156). En: Dindal, D.L. (Ed) *Proceedings of the first soil microcommunities conference*. National Technical Information Service. Virginia. 285 pp.
- Nyffeler, M., D.A. Dean y W.L. Sterling. 1992. Diets,feeding specialization and predatory role of two Lynx spiders, *Oxyopes salticus* and *Peucetia viridans* (Araneae: Oxyopidae), in a Texas cotton agroecosystem. *Environmental Entomology*, 21:1457-1465.
- Nyffeler M. 1999. Prey selection of spiders in the field. *The Journal of Arachnology*, 27: 317-324.
- Palacios-Vargas, J., B. Mejia-Recamier y L. Cutz-Pool. 2009. Microartrópodos edáficos. En: A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.). *Biodiversidad del Pedregal de San Angel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México. 538 pp.
- Penell, A., F. Raub y H. Höfer. 2018. Estimating biomass from body size of European spiders based on regression models. *Journal of Arachnology*, 46:413–419.

- Peralta-Higuera, A. y J. Prado-Molina. 2009. Los límites y la cartografía. En: A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds). *Biodiversidad del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México. 27-42 pp.
- Pinheiro, F., I. R. Diniz, D. Coelho, M.P.S. Bandeira. 2008. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecology*, 27(2): 132-136.
- Provencher, L. y S.E. Riechert. 1994. Model and field test of prey control effects by spider assemblages. *Environmental Entomology*, 23: 1-17.
- Razo-González, M., G. Castaño-Meneses, A. Callejas-Chavero, D. Pérez-Velázquez y J. Palacios-Vargas. 2010. Variación temporal de la comunidad de artrópodos edáficos asociados a *Pitocaulon (Senecio) praecox* (Asteraceae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Sociedad Mexicana de Entomología*, 365-369.
- Restrepo, L. y L.J. González. 2007. De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20 (2): 183-192.
- Richards L.A. y D.M. Windsor. 2007. Seasonal variation of arthropod abundance in gaps and the understory of a lowland moist forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 23:169–176.
- Riechert, S.E. y J. Maupin. 1998. Spiders effects on prey: tests for superfluous killing in five web-builders. *European Arachnology*, 203-210.
- Ríos-Casanova, L. 1993. *Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel, D.F, (México)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Ciudad de México. 73 pp.

- Ríos-Casanova, L. y Z. Cano-Santana. 2004. Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del Pedregal de San Angel. En: *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Angel: Ecología, historia natural y manejo*.
- Ríos-Casanova, L., Z. Cano-Santana y H. Godínez-Álvarez. 2010. Patterns of arthropod diversity in contrasting habitats of El Pedregal de San Angel, a preserve in Mexico City. *Southwestern Entomologist* 35: 165-175.
- Ríos-Casanova, L., P. Dávila, H. Godínez-Álvarez y V. Rico-Gray. 2015. Diversity inhabiting a Mosaic of environmental condition in a semi-desert of central México. *Southwestern Entomologist* 40: 307-322.
- Ríos-Casanova, L. y P. García-Villar. 2020. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de La Cantera Oriente, una reserva dentro de la ciudad de México. *Dugesiana* 27(1): 29-36.
- Rueda-Salazar, A. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. (pp. 171-201). En: Lot, A y Z. Cano-Santana (Eds). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México. 538 pp.
- Russell-Smith, A. 2002. A comparison of the diversity and composition of the ground-active spiders in Mkomazi Game Reserve, Tanzania and Etosha National Park, Namibia. *Journal of Arachnology*, 30:383-388.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (D. F. México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 8:59-129.
- Samu, F. y G.L. Lövei. 1995. Species richness of a spider community: extrapolation from simulated increasing sampling effort. *European Journal Entomology*, 92: 633–638.

- Santibañez-Andrade, G. 2005. *Caracterización de la heterogeneidad ambiental en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 67 pp.
- Santos-Cerquera, C. y A.G. Aguilar. 2016. *La biodiversidad en la Ciudad de México. México*. CONABIO-SEDEMA. México, Ciudad de México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom_059_semarnat_2010.pdf
Fecha de consulta: 10 de Octubre de 2020.
- Siebe, C. 2009. La erupción del volcán Xitle y las lavas del Pedregal hace 1670 +/- 35 años AP y sus implicaciones. En: Lot, A y Z. Cano-Santana (Eds). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México. 538 pp.
- Srikanth, J. S., K. Kurup y G. Santhalakshmi. 1997. Spider abundance insugarcane: Impact of culture practices, irrigation and pos-harvest trash burning. *Biological agriculture and horticulture*. 14 (4): 343-356.
- Sistema Meteorológico Nacional. 2019. Información estadística climatológica: Normales Climatológicas por Estado.
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>. Fecha de consulta: 12 de Enero de 2019.
- Sudhikumar, A. V., M. J. Mathew, E. Sunish, y P. A. Sebastian. 2005. Seasonal variation in spider abundance in Kuttanad rice agroecosystem, Kerala, India (Araneae). *Acta Zool Bulg* 1:181-190.

- Sunderland, K. 1999. Mechanisms underlying the effects on pest population. *Journal Arachnology*, 27:308-316.
- Swift, M.J. y J.M. Anderson. 1989. Decomposition, (p.547-569). En Lieth, H. y M.J.A. Werger (Eds.). *Tropical rain forest ecosystems: Biogeographical and ecological studies. Ecosystems of the world*. Elsevier Science, Nueva York. 713 pp.
- Toft, S y N. Macias-Hernández. 2017. Metabolic adaptations for isopod specialization in three species of *Dysdera* spiders from the Canary Islands. *Physiological Entomology*, 42 (2): 191-198.
- Ubick, D. 2017. *Spiders of North America: An Identification Manual*. American Arachnological Society. Estados Unidos de Norteamérica, Arizona. 425 pp.
- Uetz, G. 1975. Temporal and spatial variation in species diversity of wandering spiders (Araneae) in deciduous forest litter. *Environmental Entomology*, 720-724.
- Uetz, G. 1976. Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. *Journal of Arachnology*, 3:101-111.
- Uetz, G. 1979. The influence of variation in litter habitats on spider communities. *Oecologia*; 40: 29–42.
- Urones, C., J.A. Barrientos y A. Espuny. 1995. El género *Anyphaena* Sundevall, 1883 (Araneae: Anyphaenidae) en la Península Ibérica. *Asociación española de Entomología*, 19 (1-2): 109-131.
- Urones, C. 2011. Catálogo y atlas de las arañas de la familia Anyphaenidae en la Península Ibérica e islas Baleares. *Graellsia*, 52:73-80.
- Valdez-Mondragón, A. 2005. *Diversidad de Arañas (Arachnida: Araneae) relacionados con las grutas de Juxtlahuaca, Guerrero, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad

- de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 115 pp.
- Valiente-Banuet, A. y E. De Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Ángel, México, Ciudad de México. *Acta Botanica Mexicana*. 9: 13-30.
- Wagner, J.D. y D.H. Wise. 1997. Influence of prey availability and conspecifics on patch quality for a cannibalistic forager: laboratory experiments with the wolf spiders *Schizocosa*. *Oecologia*, 109:474-482.
- Walker, S.E., S.D. Marshall, A.L. Rypstra, D.H. Taylor. 1999. The effects of hunger on locomotory behaviour in two species of wolf spider (Araneae, Lycosidae). *Animal Behaviour*, 58:515-520.
- Willett T., R. 2001. Spiders and other arthropods as indicators in old-growth versus logged redwood stands. *Restoration Ecology*, 9(4): 410-420.
- Wise, D.H. 1994. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge, Cambridge, Inglaterra. 328 pp.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: why?. *Annual review of ecology and systematics*, 19(1), 1-18.

8. APÉNDICE 1

Abundancia (%) de artrópodos, presas potenciales para las arañas, asociadas a la hojarasca en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México.

Orden	Ene	Feb	Mzo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acari	3.39	15.03	5.17	11.37	3.5	18.59	9.09	8.57	18.25	1.87	17.55	8.33
Blattodea	7.63	6.54	1.72	1.96	2.1	1.01	1.36	0.95	3.97	2.61	2.45	2.5
Chilopoda	0.85	8.5	10.34	4.31	4.2	1.51	5	1.9	9.52	16.79	8.57	0
Coleoptera	0.85	3.92	2.59	13.33	32.17	6.53	37.73	10.48	17.46	20.15	1.63	5
Colembola	0	3.92	6.9	22.35	0.7	32.66	4.09	6.19	1.59	12.31	37.55	14.17
Dermaptera	0	0	0	1.57	0	0	13.64	0	0.79	5.97	0	1.67
Diptera	1.69	2.61	0.86	1.57	0.7	0.5	0.45	2.38	0.79	0	1.22	1.67
Hemiptera	42.37	16.34	24.14	14.12	24.48	16.08	5.91	6.67	16.67	9.7	9.8	17.5
Hymenoptera	1.69	0.65	0	0.39	0	0	0.45	0.48	1.59	0.75	2.86	0.83
Isopoda	3.39	9.8	25	13.33	15.38	15.58	13.64	27.62	14.29	25	10.2	18.33
Lepidoptera	0	0	0.86	0	0	0	0	0	0	0	0.41	0.83
Pseudoscorpionidae	0	0.65	3.45	3.53	8.39	3.02	3.64	4.76	2.38	1.12	1.63	3.33
Psocoptera	36.44	30.72	6.03	10.2	6.99	0.5	0	5.71	3.97	1.87	5.71	24.17
Thysanoptera	0	0	0	0	0	1.51	0.91	2.86	0.79	0	0	0
Inmaduros	1.69	1.31	12.93	1.96	1.4	2.51	4.09	21.43	7.94	1.87	0.41	1.67