



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

TESIS

ECOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN DEL MICROHÁBITAT DE *Mexentypesa hidalguensis* (ARANEAE: MYGALOMORPHAE) UNA ESPECIE ENDÉMICA DEL ESTADO DE HIDALGO

**Para obtener el grado en Maestro en Ciencias en Biodiversidad
y Conservación**

PRESENTA

Lic. Héctor Vicente Salinas Velasco

Directora

Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega

Comité tutorial

Dr. Julián Bueno Villegas
Dr. Luis Fernando Rosas Pacheco
Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark

Mineral de la Reforma, Hidalgo, México., junio de 2024

Mineral de la Reforma, Hgo., a 05 de junio de 2024

Número de control: ICBI-AAB/326/2024

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA.OJUKY DEL ROCIO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

El Comité Tutorial del nombre del producto que indique el documento curricular del programa educativo de posgrado titulado **“ECOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN DEL MICROHÁBITAT DE Mexentypeza hidalguensis (ARANEAE: MYGALOMORPHAE) UNA ESPECIE ENDÉMICA DEL ESTADO DE HIDALGO”**, realizado por el sustentante **Héctor Vicente Salinas Velasco** con número de cuenta **308644** perteneciente al programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que el sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente
 “Amor, Orden y Progreso”

El Comité Tutorial


 Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega
 Vocal


 Dr. Ignacio Esteban Castellanos
 Sturemark
 Presidente


 Dr. Julián Bueno Villegas
 Secretario


 Dr. Luis Fernando Rosas Pacheco
 Suplente

LFRP/CIAF



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
 Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40063, 40064 y 40065
 aab_icbi@uaeh.edu.mx, maritzal@uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco a mis padres Alejandra y Vicente por todo el apoyo, cariño y paciencia incondicional que me brindaron durante todo el proceso, por su esfuerzo por siempre darme lo mejor, son mi razón principal para seguir adelante los quiero inconmensurablemente.

Agradezco a mi directora de tesis, a la doctora Claudia Moreno por su apoyo, por compartirme su conocimiento y guiarme en todo el proceso, por creer en mí y sobre todo por su paciencia.

Les agradezco al Dr. Julián Bueno y al Dr. Alejandro Mondragón por su apoyo con el artículo de la descripción de *Mexentypesa hidalguensis*, sin ustedes ni el artículo ni este trabajo hubiesen sido posibles.

Les agradezco por sus comentarios y observaciones que enriquecieron en gran medida este trabajo a mis sinodales el Dr. Fernando Rosas, el Dr. Ignacio Castellanos y nuevamente al Dr. Julián Bueno.

También le debo un agradecimiento a toda la gente que no menciono pero que me apoyó durante todo el proceso, de verdad gracias.

Contenido

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES	5
3.1. Clasificación taxonómica.....	5
3.2. Distribución de la familia Nemesiidae	5
3.3. Ecología de Nemesiidae	6
4. JUSTIFICACIÓN	8
5. OBJETIVOS.....	9
5.1. General.....	9
5.2. Particulares	9
6. MATERIAL Y MÉTODOS	10
6.1. Área de estudio	10
6.2. Recolecta de ejemplares, registro de variables ambientales y estructurales del microhábitat.....	11
6.3. Mantenimiento en laboratorio de los individuos recolectados.....	13
6.4. Observación de los ejemplares	14
6.4.1 Horarios de actividad	14
6.4.2. Captura de presas	15
6.4.3. Dimorfismo sexual	15
6.4.4. Interacciones intraespecíficas.....	15
6.4.5. Apareamiento	16
6.5 Análisis de datos	16
7. RESULTADOS	18
7.1. Microhábitat	18
7.1.1 Análisis univariados.....	19
7.1.2 Análisis multivariados	19
7.2. Biología y comportamiento.....	21
7.2.1. Horarios de actividad	21
7.2.2. Captura de presas	22

7.2.3. Dimorfismo sexual	23
7.2.4. Interacciones intraespecíficas.....	25
7.2.5. Apareamiento	25
8. DISCUSION	27
9. CONCLUSIONES.....	30
10. BIBLIOGRAFÍA.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1.- Ejemplar de <i>Mexentypesa hidalguensis</i> , juvenil_____	3
Figura 2.- Mapa de distribución de la familia Nemesiidae en el mundo, solo tomando en cuenta registros provenientes de ejemplares depositados en colecciones biológicas, en México se muestra el registro de una araña de la familia Nemesiidae aún no descrita, mapa tomado de GBIF (2021)_____	5
Figura 3.- A) Ubicación de la cabecera municipal de Zacualtipán, el municipio de Zacualtipán de Ángeles (polígono) y de la localidad de La Mojonera (circulo) en el Estado de Hidalgo; B) Bosque mesófilo de montaña en la comunidad de La Mojonera_____	10
Figura 4.- Proceso de recolecta manual de <i>M. hidalguensis</i> _____	11
Figura 5.- Tronco con nivel 3 de putrefacción_____	13
Figura 6.- Diagrama que muestra el establecimiento de los cuadrantes para la estimación del porcentaje de herbáceas_____	13
Figura 7.-Recipiente plástico de 42 litros (A, C) en el que se depositaron los recipientes de 10 cm de diámetro (B, D)_____	14
Figura 8.- Ubicación de los troncos muestreados en los que se registró la ausencia o presencia de individuos de <i>M. hidalguensis</i> . En la tabla se muestran los troncos con presencia el número de individuos encontrados en cada uno_____	17
Figura 9.- A) Grafica del Análisis de Componentes Principales, AMP=árbol más próximo, DIAT= diámetro del tronco, T=tronco. Los puntos azules representan los troncos evaluados, el rectángulo rojo incluye los troncos en los que no se encontró <i>M. hidalguensis</i> , y el rectángulo verde incluye a los troncos donde sí se encontró a la araña. Se señalan con flechas los vectores más largos con valores superiores a 1(humedad y putrefacción) e inferior a -1 (dureza), que corresponden a las variables con mayor importancia en la estructura de los datos_____	19
Figura 10.- Número de individuos activos de <i>M. hidalguensis</i> de un total de 25, en seis horarios de observación durante 3 días. _____	20
Figura 11.- Inserción de los quelíceros en la cabeza de la presa	

Figura 12.- Grafica de caja y violín que muestra la comparación de los tamaños de los machos y hembras de <i>M. hidalguensis</i> . El eje X corresponde a los sexos y el eje Y al tamaño de las arañas en milímetros	22
Figura 13.- Dimorfismo sexual en el color de hembra (A) y macho (B) de <i>M. hidalguensis</i>	23
Figura 14.-Codigo QR para acceder al video de apareamiento de <i>M. hidalguensis</i>	25
Tabla 1.- Valores de la mediana y resultados de las pruebas de Mann- Whitney para las variables ambientales medidas, entre troncos donde <i>M. hidalguensis</i> estuvo presente o ausente. Las variables que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) están señalizadas con un (*), AMP: árbol más próximo, T=tronco	18
Tabla 2.- Coeficientes de función de clasificación obtenidos mediante el Análisis Discriminante, usados para la construcción de la función discriminante	20

1. RESUMEN

Mexentypesa (Raven, 1987) es un género de arañas migalomorfas endémicas de México que incluye la especie *Mexentypesa chiapas* y una nueva especie del estado de Hidalgo, *M. hidalguensis*. Este género ha sido muy poco estudiado y solo se conoce su taxonomía y localidad tipo. Con el objetivo de caracterizar el microhábitat y dar a conocer datos sobre la biología de *M. hidalguensis*, se realizaron muestreos en el bosque mesófilo de montaña de la comunidad La Mojonera, municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. Se revisaron 22 troncos caídos y se obtuvieron datos de 52 individuos, de los cuales 26 fueron trasladados a laboratorio para realizar observaciones sobre su comportamiento. Se realizaron análisis multivariados (Análisis de Componentes Principales y Análisis Discriminante), así como univariados (U de Mann-Whitney) para determinar las características principales del microhábitat y para clasificar los troncos con base en la ausencia o presencia de *M. hidalguensis*. Los resultados mostraron que los troncos con presencia de estas arañas tuvieron mayor porcentaje de humedad, nivel de putrefacción y menor dureza que los troncos sin arañas. Por otro lado, las observaciones en laboratorio revelaron que estas arañas tienen hábitos nocturnos, y no se registró canibalismo o comportamiento agresivo entre individuos en diferentes estadios de su vida en ausencia de alimento (hembra+macho, hembra+crías, crías). Además, se observó que los individuos prefieren realizar sus refugios en troncos caídos en descomposición, y en la mayoría de los casos capturaron sus presas dentro de su madriguera. Las arañas de esta especie tienen dimorfismo sexual siendo las hembras de un color marrón oscuro a negro y los machos color dorado brillante, presentan comportamientos reproductivos similares a los que se han descrito para otras arañas de la misma familia. Estos son los primeros datos sobre la biología y ecología de esta nueva especie, y aún falta por explorarse otras localidades que puedan ampliar el área de distribución conocida hasta la fecha.

2. INTRODUCCIÓN

Las especies endémicas son un componente crucial de la biodiversidad de un lugar, y su relevancia en la definición de prioridades de conservación es ampliamente entendida (Samways, 2020). Las especies endémicas poseen una alta diversidad genética, representan una historia evolutiva única y sus patrones de distribución son influenciados tanto por factores ecológicos como por procesos biogeográficos (Van-Dyke y Lamb, 2020).

La familia Nemesiidae (Simon, 1889) es un grupo de arañas cosmopolita que actualmente contiene 22 géneros (WSC, 2021), estas arañas presentan una gran diversidad de hábitos, uno de los más destacados es su elección de refugio ya que mientras algunas especies viven en telas tubulares de forma similar a los miembros de la familia Euagridae (Opatova et al., 2020), otras viven en madrigueras (entendiéndose como una oquedad donde puede habitar un animal) con o sin puertas trampa. A diferencia de otras migalomorfas como los miembros de la familia Theraphosidae, se ha observado que suelen vivir en agregados donde los refugios de cada individuo quedan muy cerca uno de otro, por lo que si se encuentra una de estas arañas es muy probable encontrar otro individuo muy cerca (Goloboff, 1995).

Dentro de la familia Nemesiidae se encuentra el género *Mexentypesa* (Raven, 1987) que es un género de arañas migalomorfas endémicas de México (Opatova et al., 2020, WSC, 2021), este género incluye solo dos especies: *Mexentypesa chiapas* (Raven, 1987) y *M. hidalguensis* (Figura 1). Este género ha sido muy poco estudiado, la única publicación y registro de estas arañas fue hecha por Raven en 1987, por lo que solo se conoce su taxonomía y localidad tipo. *Mexentypesa chiapas* es una especie que se distribuye en el estado de Chiapas y Oaxaca, mientras que *M. hidalguensis* es endémica de bosque mesófilo de montaña del estado de Hidalgo, esta especie fue descrita por Salinas-Velasco et al. (2024).



Figura 1.- Ejemplar de *Mexentypesa hidalguensis*, juvenil.

El bosque mesófilo de montaña es un ecosistema con una alta biodiversidad a pesar de tener una extensión territorial reducida (CONABIO, 2021), cuenta con un alto nivel de endemismos en casi todos los grupos biológicos que lo habitan. En contraste con su riqueza biológica, el bosque mesófilo de montaña es sumamente frágil y muy susceptible a alteraciones, lo que pone en riesgo la importante riqueza que alberga. Este ecosistema se ve afectado principalmente por los diferentes disturbios antrópicos que provocan la fragmentación del mismo convirtiéndolo en el ecosistema más amenazado a nivel global (Williams, 2007; Palacios-Vargas et al., 2021). CONABIO (2010) estimó que en México el bosque mesófilo de montaña ocupa entre 1% y 0.5% de la superficie del territorio nacional, por lo que su propia conservación y la de las especies que lo habitan se considera prioridad a nivel nacional (Ibarra-Núñez et al., 2011; Jiménez, 2012).

Además de su alta biodiversidad, por su heterogeneidad topográfica y complejidad estructural, el bosque mesófilo de montaña cuenta con una gran cantidad de microhábitats (CONABIO, 2010). Los microhábitats son pequeñas áreas dentro de un hábitat que presentan algunas diferencias respecto a este, lo que da lugar a condiciones únicas que albergan especies que no podrían ser encontradas en otras circunstancias (Van-Dyke y Lamb, 2020).

Uno de los microhábitats más importantes en los bosques son los troncos caídos y la madera en descomposición. En este microhábitat dos de las características que influyen más en la diversidad que alberga son el grado de descomposición y el diámetro de la madera, sin embargo, la cantidad de madera en descomposición por hectárea también es un factor a considerar (Lachat et al., 2013). A las especies que se desarrollan, o que al menos una fase de su ciclo de vida se lleva a cabo en este microhábitat, se les llama saproxílicas (Micó et al., 2021).

En este contexto, con el presente trabajo se pretenden hacer aportaciones sobre la ecología y comportamiento de *M. hidalguensis*, con el fin de sentar bases para estudios posteriores sobre sus poblaciones y su conservación.

3. ANTECEDENTES

3.1. Clasificación taxonómica

Dentro del infraorden Mygalomorphae se encuentra la familia Nemesiidae, esta familia se compone de 10 géneros descritos (WSC, 2021), entre estos se encuentra el género *Mexentypesa* descrito por Raven en 1987, teniendo como especie tipo a *M. chiapas*. Este género contiene solo dos especies, la anteriormente mencionada y *M. hidalguensis*. La monofilia del género se encuentra bien definida, con base en morfología y análisis genómicos, se le considera como el taxon más basal dentro de la familia Nemesiidae, teniendo como grupo hermano al clado compuesto por (*Calisoga* (*Nemesia*, *Iberesia*) (Raven, 1987; Montes de Oca, et al., 2022).

3.2. Distribución de la familia Nemesiidae

La familia Nemesiidae se encuentra distribuida en la mayor parte del mundo concentrándose principalmente en Oceanía, América del Sur, Europa y África. En México solo se encuentra distribuido el género *Mexentypesa* en los estados de Chiapas e Hidalgo (Figura 2).

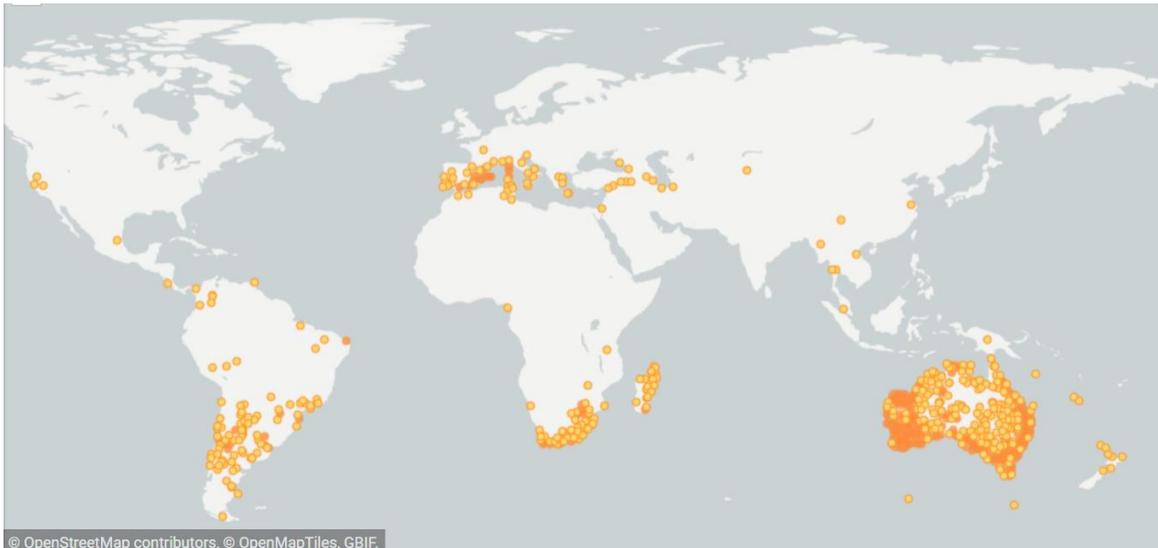


Figura 2.- Mapa de distribución de la familia Nemesiidae en el mundo, solo tomando en cuenta registros provenientes de ejemplares depositados en colecciones biológicas, en México se muestra el registro de una araña de la familia Nemesiidae aún no descrita, mapa tomado de GBIF (2021).

3.3. Ecología de Nemesiidae

Las arañas de la familia Nemesiidae se caracterizan por presentar una amplia diversidad de preferencias de refugio, desde la construcción de túneles de seda en el suelo, madrigueras subterráneas con puertas trampa, hasta el aprovechamiento de madrigueras construidas por otros animales para la construcción de su refugio (Capocasale y Pérez-Miles, 1990; Pérez-Miles y Perafán, 2017).

Al igual que el resto de arañas migalomorfas, se reproducen durante los meses más calurosos del año, las hembras utilizan feromonas de amplia dispersión para comunicarse (Pérez-Miles y Perafán, 2017). El apareamiento comienza cuando los machos adultos salen de sus refugios en busca de las hembras, una vez que el macho encuentra a una hembra receptiva comienza el cortejo el cuál puede terminar con el macho apareándose con la hembra, o con la hembra rechazando al macho y atacándolo. Si el apareamiento fue exitoso la hembra puede retener el semen del macho hasta un año dentro de su espermateca, después cuando las condiciones son favorables la hembra deposita los huevos en una cama de seda y produce un ovisaco que cuida hasta que las crías salen de este y se dispersan (Ferretti et al., 2011; Pérez-Miles y Perafán, 2017).

A continuación, se enlistan algunos estudios sobre la ecología y el comportamiento de las arañas de la familia Nemesiidae que muestran su amplia variedad de estrategias de supervivencia y reproducción en diferentes hábitats:

- Capocasale y Perez-Miles (1990) realizaron observaciones en campo, así como en laboratorio de los túneles de seda hechos por *Acanthognatus tacuariensis* recopilando datos de su forma, temperatura, humedad y aireación, concluyendo desde un punto de vista ecológico que existe un microclima dentro de sus túneles que provee a estas arañas de las condiciones adecuadas para su supervivencia.
- Capocasale y Lavarello (1999), analizaron la actividad locomotora de la especie *Acanthognatus tacuariensis*, encontrando que factores como el sexo no influyen sobre esta actividad a diferencia de otros factores como la temperatura que si tienen influencia en su actividad locomotora.

- Dandria (2001), realizó observaciones sobre la araña *Nemesia arboricola* haciendo aportes sobre la preferencia de hábitat de esta especie, demostrando que estas arañas prefieren hacer sus madrigueras en troncos de palma que, en sustratos rocosos, probablemente porque el tronco de las palmas proporciona un mejor camuflaje para sus madrigueras.
- Souza-Silva et al. (2014), aportaron datos sobre una población de *Prorachias bristowei*, observaron que los individuos de esta especie viven en grupos probablemente porque esto favorece su supervivencia y hay suficiente abundancia de presas para todas las arañas, además observaron que existía una gran producción de crías por parte de las hembras, pero al haber pocos juveniles se puede asumir que existe una presión considerable de los depredadores sobre estos.
- Schwerdt y Copperi (2014), realizaron contribuciones sobre el apareamiento de *Stenoterommata platensis* concluyendo que su apareamiento es muy similar al de otras especies del mismo género tanto en comportamiento como en la duración de este.
- Pompozzi et al. (2019), observaron que la perturbación causada por el turismo en un pastizal de Argentina no afecta de forma negativa a la especie *Acanthogonatus centralis*, por lo que concluyeron que la persistencia de esta araña es importante para observar los efectos de la perturbación a largo plazo tanto en áreas naturales protegidas como en áreas no protegidas.

4. JUSTIFICACIÓN

Considerando la diversidad biológica que alberga, y la fragilidad ante la antropización del bosque mesófilo, es necesario obtener información básica de este ecosistema, especialmente de sus especies endémicas. En el estado de Hidalgo (así como en todo el país) los remanentes de bosque mesófilo aún no se encuentran bajo un esquema de protección gubernamental, pero albergan una alta biodiversidad.

Las arañas migalomorfas juegan un papel de gran importancia en las cadenas tróficas del ecosistema donde se encuentran, especialmente por su rol como controladores de poblaciones de algunos insectos. Por ello, es importante conocer su ecología, así como el estado de las poblaciones de estas arañas dentro del hábitat donde residen, especialmente si este se encuentra dentro de ecosistemas tan vulnerables como el bosque mesófilo (Denno et. al, 2003).

M. hidalguensis es una de las dos únicas especies de este género y a la fecha no se tiene ninguna información sobre la especie, por lo que el conocimiento que se genere en esta tesis permitirá describir aspectos básicos de su biología y ecología, y sugerir acciones para su conservación.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Caracterizar el microhábitat y algunos aspectos de la biología y comportamiento de *Mexentypesa hidalguensis* por medio de observaciones en el bosque mesófilo cercano al Municipio de La Mojonera, Hidalgo, y mediante observaciones de ejemplares vivos en laboratorio.

5.2. Particulares

1.-Identificar las características del microhábitat de *M. hidalguensis* en el bosque mesófilo e identificar las variables ambientales que se relacionan con la presencia de estas arañas en dicho microhábitat.

2.-Observar ejemplares de *M. hidalguensis* en laboratorio y describir sus horarios de actividad, estrategia de captura de presas, dimorfismo sexual, interacciones intraespecíficas y apareamiento.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El área de estudio esta situada en el bosque mesófilo de montaña (Figura 3-B) aledaño a la comunidad de La Mojonera, dentro del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo (Figura 3-A), sitio donde se colectó *M. hidalguensis* por primera vez (Salinas-Velasco, 2020).

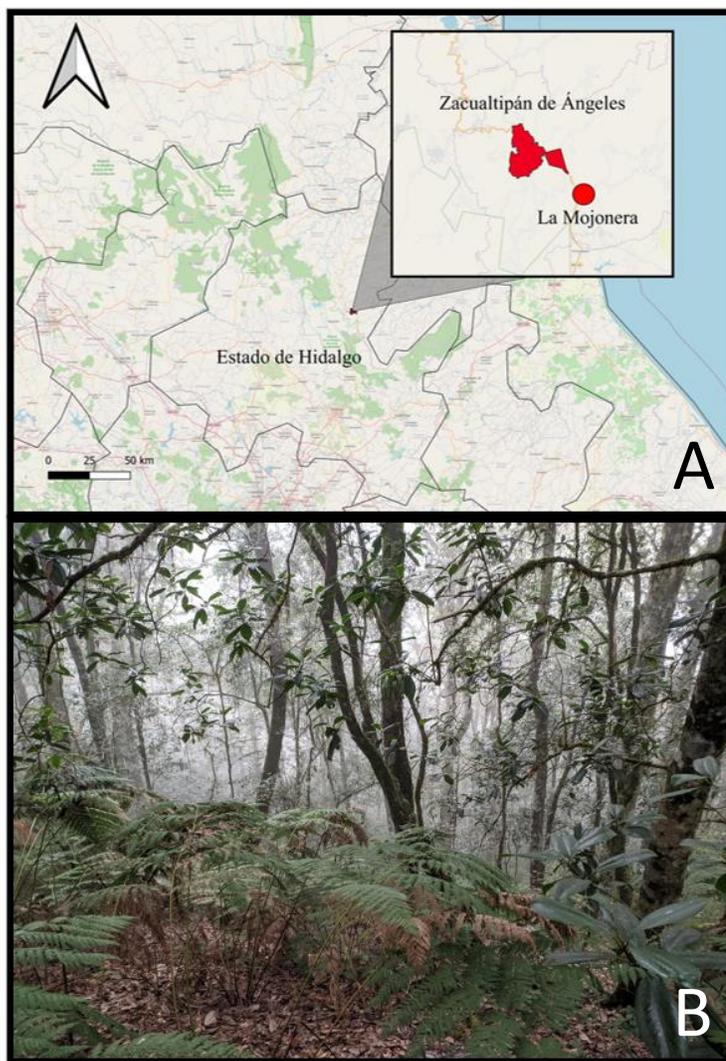


Figura 3.- A) Ubicación de la cabecera municipal de Zacualtipán, el municipio de Zacualtipán de Ángeles (polígono) y de la localidad de La Mojonera (circulo) en el Estado de Hidalgo; B) Bosque mesófilo de montaña en la comunidad de La Mojonera.

6.2. Recolecta de ejemplares, registro de variables ambientales y estructurales del microhábitat

La recolección de ejemplares de *M. hidalguensis* (permiso de recolección no.06597) se llevó a cabo dos veces al mes durante seis meses, desde julio de 2021 hasta diciembre 2022. Se realizó de forma aleatoria seleccionando troncos al azar dentro de un área de aproximadamente 1.5 ha partiendo del punto del último registro de *M. hidalguensis* (coordenadas: 20.633092, -98.614409), el cual se encuentra aproximadamente a un kilómetro de la comunidad de La Mojonera.

En las primeras visitas se recolectó manualmente la mayor cantidad de ejemplares por visita hasta tener 25 ejemplares (se recolectó un ejemplar adicional con crías, la hembra 33) para su mantenimiento en laboratorio (Figura 4). El resto de los ejemplares encontrados no fueron recolectados, solo se les tomaron datos y para evitar registrarlos de nuevo se buscó en troncos diferentes considerando que las arañas migalomorfas (con excepción de los machos adultos) rara vez se mueven a través de distancias amplias (Pérez-Miles y Perafán, 2017).



Figura 4.- Proceso de recolección manual de *M. hidalguensis*.

A todos los ejemplares se les asignó un número y se les tomaron los siguientes datos de recolecta: Fecha, hora, recolector, número de tronco, posición del ejemplar dentro del tronco (midiendo a que profundidad se encontró a lo largo y ancho de este), leg span (longitud desde el tarso de la pata I hasta el tarso de la pata IV del lado contrario en milímetros) (Mwale et. al, 2022), estadio de desarrollo (con base en el dimorfismo sexual que presentan los ejemplares adultos y leg span del ejemplar), sexo del ejemplar.

Se consideró como un microhábitat a cualquier tronco en descomposición en el suelo junto con el área circundante de este (2 m^2), ya sea con individuos de *M. hidalguensis* o sin ellos, y se tomaron los siguientes datos: Dureza, por medio de un penetrómetro con medida de 0 a 4.5 Kg/cm^2 , diámetro (el cual se tomó a la mitad del tronco), largo del tronco, geolocalización, altitud, humedad en porcentaje y temperatura en grados Celsius por medio de un termohigrómetro digital, distancia al árbol más próximo y su diámetro a la altura del pecho, cobertura del dosel, por medio de un densiómetro esférico, nivel de putrefacción (Figura 5). Este se midió con el método usado por Stéfano (2019), nivel 1: madera dura sin podredumbre (el árbol retiene la corteza o está suelta), nivel 2: madera dura, pero con podredumbre, descolorida o no (árbol medianamente podrido, corteza caída, el cuchillo penetra 2 cm dentro de la madera sin ponerle presión), nivel 3: madera suave y esponjosa, nivel 4: madera con alto grado de podredumbre (el cuchillo penetra sin presión toda la madera, la cual puede ser destruida con los dedos), porcentaje de herbáceas y rocas alrededor del tronco. Para ello, se delimito un cuadrante de 4 m^2 desde el centro del microhábitat, se dividió en cuatro cuadrantes de 1 m^2 para estimar el porcentaje de herbáceas por cuadrante (Figura 6).



Figura 5.- Demostración de putrefacción nivel 3 en un tronco de *Pinus patula*.

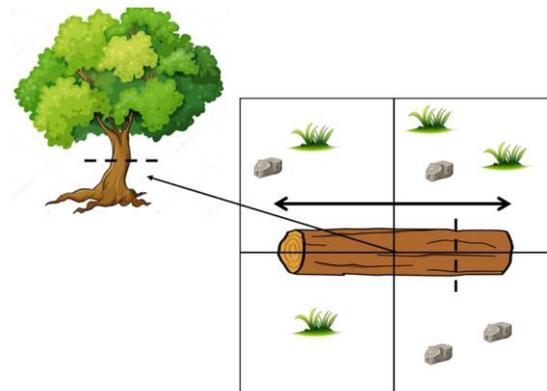


Figura 6.- Diagrama que muestra el establecimiento de los cuadrantes para la estimación del porcentaje de herbáceas, las líneas punteadas indican el diámetro de los árboles y troncos.

6.3. Mantenimiento en laboratorio de los individuos recolectados

Para el mantenimiento en laboratorio de los ejemplares colectados se utilizó una metodología similar a la propuesta por Costa y Pérez- Miles (1998), emulando lo mejor posible las condiciones de sustrato, refugio, temperatura y humedad del tronco dentro del microhábitat de *M. hidalguensis* de acuerdo con lo observado en campo.

Los ejemplares se mantuvieron en recipientes transparentes de plástico de 10 cm de diámetro (Figura 7B, 7D) con tierra y un trozo de tronco del sitio donde se encontraron las arañas. Estos recipientes se depositaron en cajas transparentes de 42 L (Figura 7A, 7C) para llevar un mejor control de la humedad y temperatura, parámetros que se mantuvieron dentro de los 18-20°C y en un intervalo de humedad del 80 a 90%. Los ejemplares se alimentaron cada semana con tres ninfas de grillo cada uno.



Figura 7.-Recipiente plástico de 42 litros (A, C) en el que se depositaron los recipientes de 10 cm de diámetro (B, D).

6.4. Observación de los ejemplares

6.4.1 Horarios de actividad

La observación de los horarios de actividad de 20 individuos (10 hembras, 6 machos y 4 juveniles) se llevó a cabo del 16 al 19 de diciembre de 2021, durante 72 horas. Se observó la actividad de las arañas cada 4 horas, evaluando si la araña se encontraba dentro (inactiva) o fuera (activa) de su madriguera. Para ello, se perturbó lo menos posible a los ejemplares observándolos a través de las tapas transparentes sin mover los recipientes los cuales permanecieron expuestos sobre una mesa controlando

temperatura, humedad lo mejor posible y utilizando una iluminación mínima, en el caso de las observaciones nocturnas se utilizó un foco de luz roja.

6.4.2. Captura de presas

Se observaron los 25 individuos (10 hembras, 7 juveniles, 8 machos) recolectados en los meses de octubre y noviembre de 2021, durante 6 semanas registrando si la captura de la presa se llevaba a cabo dentro o fuera de la madriguera, observando a simple vista y describiendo el lugar de inserción de los quelíceros (cabeza, tórax, abdomen) y si la presa fue atrapada dentro o fuera de la madriguera, estas observaciones se realizaron introduciendo en el recipiente de la araña 3 ninfas de *Acheta domesticus* de aproximadamente entre 3 y 5 mm de largo, observando dentro del mismo sin la tapa, en el caso de las arañas que capturaron su presa dentro de la madriguera fue necesario sacarlas de ella para observar el lugar de la inserción de los quelíceros.

6.4.3. Dimorfismo sexual

Para definir si existía dimorfismo sexual más allá de los caracteres distintivos de las arañas en general (bulbos en los pedipalpos y ganchos tibiales en machos, epiginio en las hembras) se observaron 24 hembras y 14 machos adultos incluyendo los individuos de laboratorio, así como los observados en campo, se comparó el color solo a simple vista y el leg span de los ejemplares.

6.4.4. Interacciones intraespecíficas

Para observar la interacción adulto-adulto, se realizó otra prueba de canibalismo con un ejemplar macho (Mx-7) y una hembra (Mx-1), ambos ejemplares adultos, sin ser previamente apareados, fueron depositados en un recipiente de 14x14x6.5 cm, dejando de alimentarlos por un mes. Además, para observar las interacciones adulto-crías, se utilizaron las hembras recolectadas con crías recién salidas del ovisaco (ejemplares Mx-15, Mx-19, Mx-25 y Mx-33) se separaron en dos grupos: crías con presencia de la madre (Mx-19, Mx-25) y crías sin presencia de la madre (Mx-15, Mx-33).

A las crías de Mx-15 y a la hembra Mx-25 con sus crías se les privó de alimento durante un mes, para observar la presencia o ausencia de canibalismo y o comportamiento agresivo entre las crías o entre la hembra y sus las crías. Respecto a la

hembra Mx-19 está si fue alimentada al igual que las crías de la hembra Mx-33, en el caso de la hembra Mx-19 con sus crías se les realizaron observaciones durante un mes para observar si existía cuidado parental entre la hembra y sus crías o si por el contrario existe un comportamiento hostil entre ellas. En el caso de las crías de la hembra Mx-33 se observó durante un mes si existía comportamiento hostil entre ellas con el fin de observar su tolerancia hacia otros individuos de su misma especie. Los ejemplares se mantuvieron juntos durante todo el experimento, todas las observaciones se realizaron periódicamente cada semana durante la noche entre las 23:00 y las 00:00, con una duración de 30 minutos a una hora.

6.4.5. Apareamiento

Para observar el apareamiento, se seleccionaron solo los ejemplares adultos. Las pruebas se realizaron sobre uno de los troncos donde se encontraron estas arañas que fueron extraídos de su hábitat, se colocaron a las hembras con sus refugios sobre el tronco y a los machos cerca de estas. Las grabaciones se realizaron por la noche entre las 20:00 y 21:00 con luz blanca, se realizaron anotaciones sobre lo observado, la descripción se realizó con base en la compilación de comportamientos reproductivos de Pérez-Miles y Perafán (2017).

6.5 Análisis de datos

Se realizaron pruebas Shapiro Wilk para evaluar la normalidad de los datos de cada una de las variables ambientales registradas en los troncos con y sin *M. hidalguensis*, dado que los datos no siguen una distribución normal se realizaron pruebas no paramétricas de Mann-Whitney para determinar si existían diferencias significativas entre los troncos con presencia y ausencia de estas arañas. Posteriormente los datos fueron normalizados por medio de los métodos Box-Cox y Transformación de Johnson con el fin de poder evaluar el comportamiento de los datos de forma multivariada. Se realizó un Análisis de Componentes Principales para observar las correlaciones entre las variables, además, con el fin de determinar las variables con mayor influencia para la presencia de *M. hidalguensis* y evaluar la clasificación de los troncos analizados se realizó un Análisis Discriminante; para todos los análisis mencionados anteriormente se utilizó el programa Minitab 21 (Minitab Inc., 2022).

Para identificar si existía dimorfismo sexual en esta especie, se formó un grupo de machos (14) y otro de hembras (24) con los datos de leg span para posteriormente observar si existían diferencias significativas de esta medida entre ambos sexos por medio de pruebas de Mann- Whitney.

7. RESULTADOS

7.1. Microhábitat

El microhábitat de *M. hidalguensis* son troncos caídos, en estado de putrefacción posiblemente pertenecientes al género *Pinus patula* ya que es una de las tres especies de árboles más abundantes en el rango de altitud muestreado y cuya madera es fácilmente distinguible de *Fagus grandifolia* y *Quercus* sp., ya que presenta una menor densidad que estos dos últimos (Ayala y Vega, 2001; TFAED, 2022), la distribución y cantidad de ejemplares encontrados en los troncos muestreados se observa en el mapa (Figura 8).

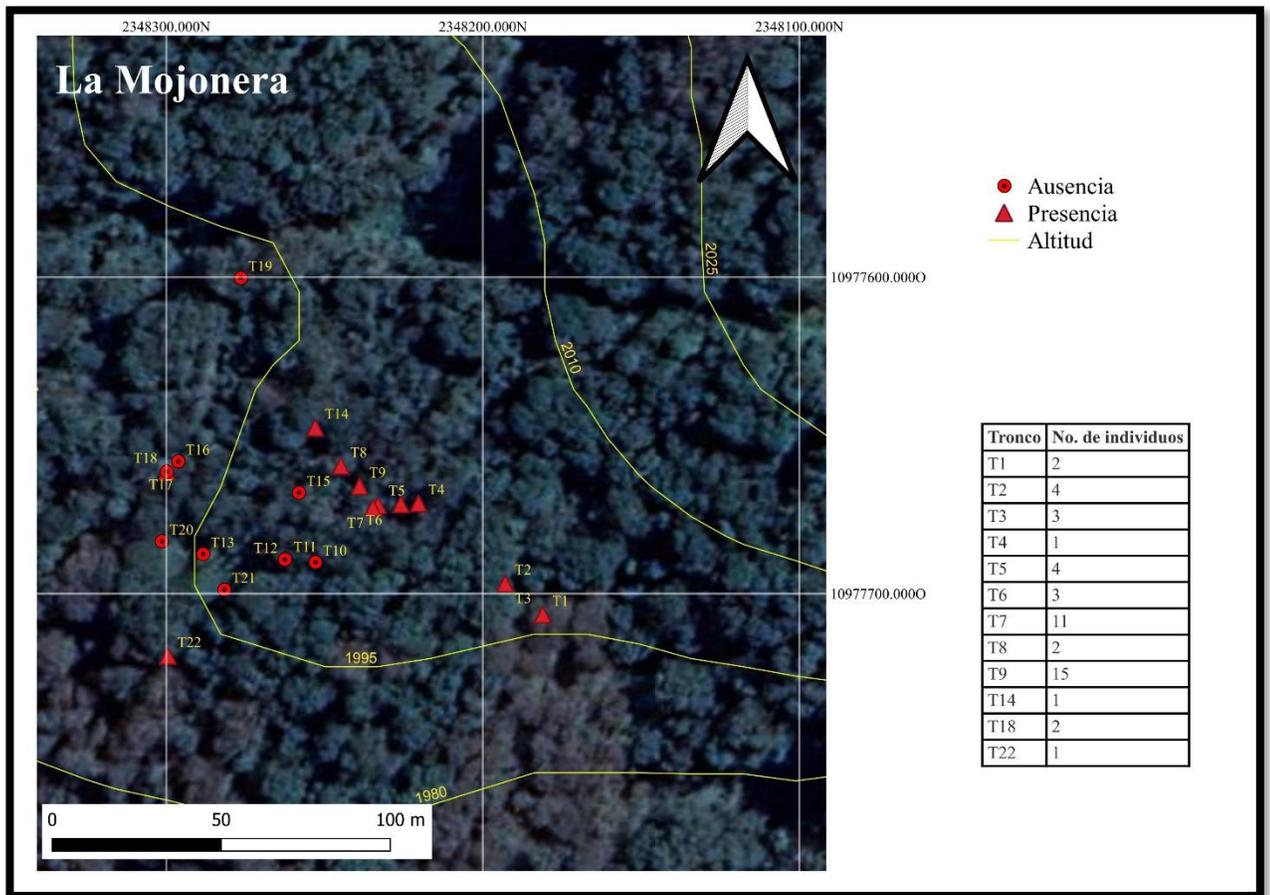


Figura 8.- Ubicación de los troncos muestreados en los que se registró la ausencia o presencia de individuos de *M. hidalguensis*. En la tabla se muestran los troncos con presencia el número de individuos encontrados en cada uno.

7.1.1 Análisis univariados

Al realizar las pruebas de Mann-Whitney, cuatro de las variables medidas en campo (distancia AMP, dureza del sustrato, humedad relativa y nivel de putrefacción) presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre troncos con y sin arañas (Tabla 1). Los troncos con presencia de arañas tuvieron menor dureza, mayor porcentaje de humedad relativa y mayor nivel de putrefacción que los troncos sin arañas (Tabla 1).

Tabla 1.- Valores de la mediana y resultados de las pruebas de Mann-Whitney para las variables ambientales medidas, entre troncos donde *M. higoensis* estuvo presente o ausente. Las variables que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) están señalizadas con un (*), AMP: árbol más próximo, T=tronco.

Variable	Ausencia	Presencia	W	P
Dureza	4 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	175	0.001*
DiámetroT	24 cm	29.25 cm	95.5	0.21
LargoT	4.5 m	4 m	122.5	0.64
Humedad relativa	83.5 %	89 %	71	0.001*
Temperatura	15.5 °C	18 °C	96.5	0.22
DiámetroAMP	18 cm	27 cm	106	0.57
DistanciaAMP	1.21 m	0.53 m	99	0.01*
Cobertura	93.5 %	94 %	114.5	1.00
Herbáceas	4	4	119	0.81
Putrefacción	1	3	58.5	0.001*

7.1.2 Análisis multivariados

En el Análisis de Componentes Principales se obtuvieron 11 componentes de los cuales se seleccionaron los primeros dos según el criterio de Kaiser (valores propios mayores a uno) que explican el 49% de variación de los datos. Posteriormente se graficaron dichos Componentes Principales para observar el comportamiento de las variables (Figura 9).

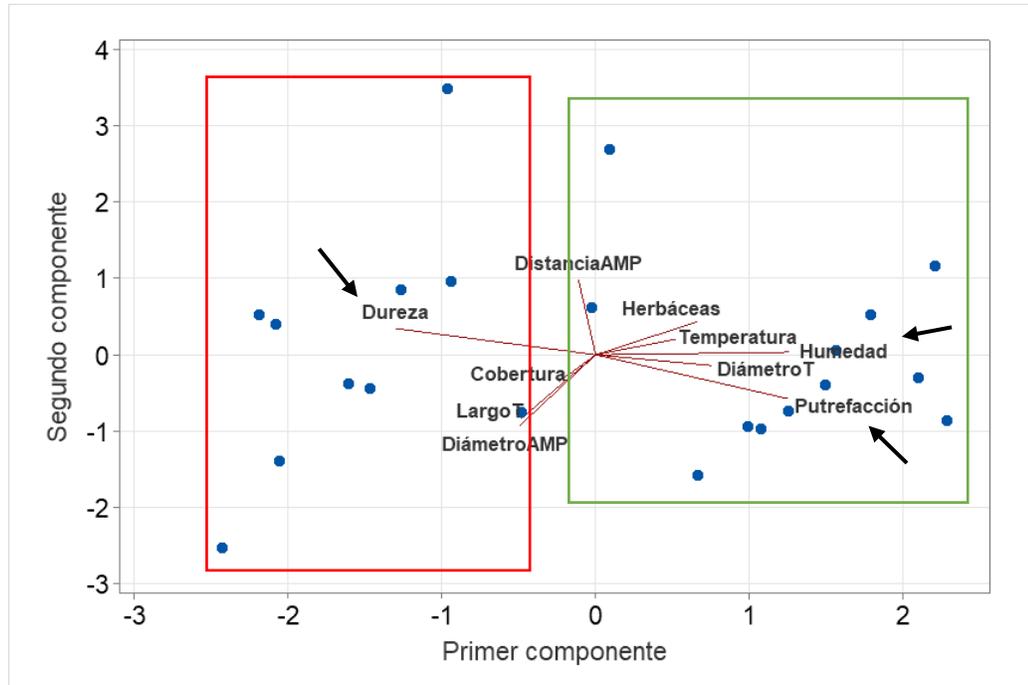


Figura 9.- A) Gráfica del Análisis de Componentes Principales, AMP=árbol más próximo, DIAT= diámetro del tronco, T=tronco. Los puntos azules representan los troncos evaluados, el rectángulo rojo incluye los troncos en los que no se encontró *M. hidalguensis*, y el rectángulo verde incluye a los troncos donde sí se encontró a la araña. Se señalan con flechas los vectores más largos con valores superiores a 1(humedad y putrefacción) e inferior a -1 (dureza), que corresponden a las variables con mayor importancia en la estructura de los datos.

Respecto al Análisis Discriminante, se obtuvieron dos conjuntos de coeficientes de clasificación, de los cuales se eligió el primer conjunto (Tabla 2) para la construcción de la función discriminante ya que este clasifica de mejor manera los troncos. La función discriminante obtenida fue la siguiente: $Y = -25.627 + 13.710 \times D - 1.204 \times P - 1.278 \times H$ (donde D=dureza, P=putrefacción, H= humedad), esta función tuvo un 100% de efectividad al clasificar los troncos, los límites de decisión obtenidos son los siguientes: ausencia= $-99.5 < Y$, presencia= $-99.5 > Y$.

Tabla 2.-Coeficientes de función de clasificación obtenidos mediante el Análisis Discriminante, usados para la construcción de la función discriminante.

Coeficientes de función de clasificación	
Dureza	13.710
Humedad relativa	-1.278
Putrefacción	-1.204
(Constante)	-25.627

7.2. Biología y comportamiento

7.2.1. Horarios de actividad

En los tres días continuos de observaciones de 25 individuos, entre 3 y 6 individuos de *M. hidalguensis* estuvieron activos en los horarios de las 00:00 hasta las 4:00 horas demostrando una actividad principalmente nocturna, sin embargo, también se observó actividad de 1 o 2 individuos a las 12:00 y un individuo a las 16:00 (Figura 10).

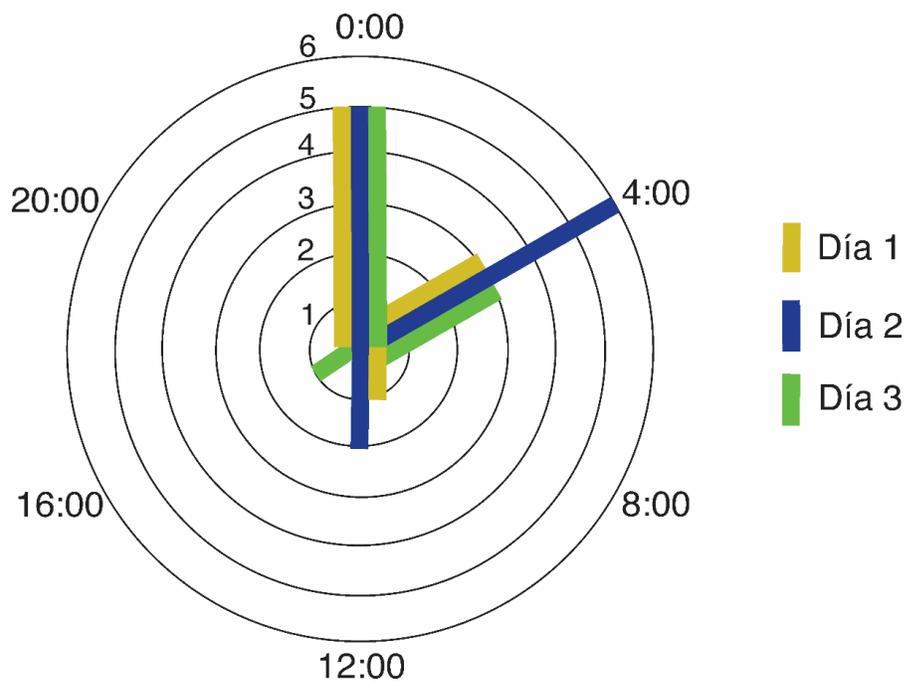


Figura 10.- Número de individuos activos de *M. hidalguensis* de un total de 25, en seis horarios de observación durante 3 días.

7.2.2. Captura de presas

Las arañas realizaron la captura de su alimento dentro de la madriguera en 50 de los 57 casos registrados. En los otros siete casos la captura fue realizada fuera de la madriguera y posteriormente la presa fue llevada dentro para ser consumida, esto se verificó al no encontrar el cuerpo de la presa posteriormente. En todos los casos, la araña atrapó a la presa sometiéndola, utilizando sus quelíceros e introduciéndolos en el cuerpo de la presa. Se observó en 38 de los casos que el lugar de la inserción fue la cabeza (Figura 11), en 14 casos fue en el tórax y en 5 casos fue en el abdomen de la presa. Para realizar estas observaciones fue necesario sacar a la araña de su madriguera.



Figura 11.- Inserción de los quelíceros en la cabeza de la presa

7.2.3. Dimorfismo sexual

Se obtuvieron un total de 38 medidas (leg span) de ejemplares adultos (24 de hembras y 14 de machos). En ambos casos (hembras y machos) los datos no tuvieron una distribución normal ($P < 0.05$ en pruebas de Shapiro Wilk). Las hembras midieron de 21 a 26 mm, con un valor de la mediana de 23 mm y rango promedio 4.20, mientras que los machos midieron de 20 a 25 mm con una mediana de 22 mm y rango de 4.80. La diferencia en tamaño entre ambos sexos no fue significativa de acuerdo con la prueba de U de Mann-Whitney ($U = 32.5$; $P = 0.152$, Figura 12).

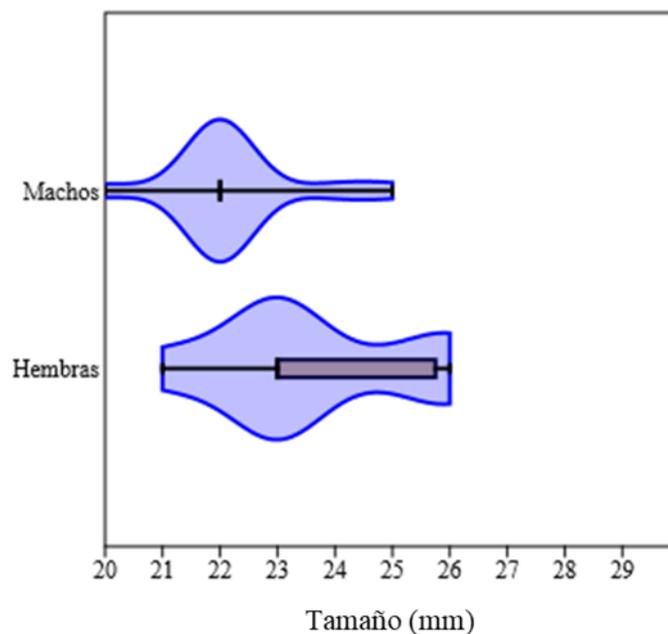


Figura 12.- Grafica de caja y violín que muestra la comparación de los tamaños de los machos y hembras de *M. hidalguensis*. El eje X corresponde a los sexos y el eje Y al tamaño de las arañas en milímetros.

Por otro lado, se observó a simple vista una clara diferencia en la coloración de ambos sexos siendo las hembras adultas (Figura 13-A) de un color marrón oscuro, mientras que los machos adultos (Figura 13-B) presentan un color dorado brillante.

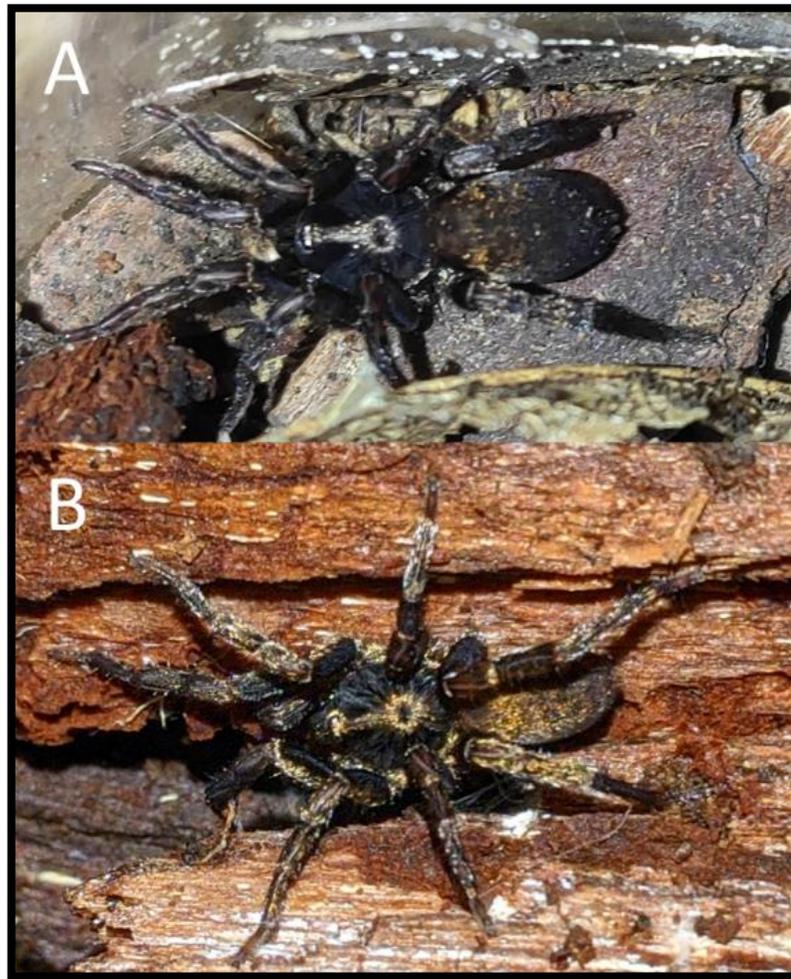


Figura 13.- Dimorfismo sexual en el color de hembra (A) y macho (B) de *M. hidalguensis*.

7.2.4. Interacciones intraespecíficas

Para observar la interacción adulto-adulto, la prueba de canibalismo entre el macho Mx-7 y la hembra Mx-1 inicio el 1 de octubre de 2021 y finalizaron el 17 de octubre de 2021, no se presentó canibalismo entre los ejemplares, sin embargo, la hembra murió 17 días después de que la prueba iniciara.

Para las interacciones adulto-crías, las pruebas iniciaron el 15 de octubre de 2021. En el caso de la hembra Mx-25 con sus crías, está murió junto con las crías 20 días después de iniciar la prueba, sin embargo, durante el periodo de observación no se presentó canibalismo o comportamiento agresivo entre la hembra y sus crías, el total de defunciones fue de 17 individuos. La hembra Mx-19 junto con sus crías murieron a causa de un hongo 16 días después de iniciar con la prueba, durante las observaciones no se detectó canibalismo o comportamiento agresivo entre los individuos en total hubo 26 defunciones.

Las observaciones de interacción entre crías iniciaron al mismo tiempo que las pruebas anteriores; respecto al grupo de crías de la hembra Mx-15 no se observó comportamiento agresivo entre los individuos ni canibalismo, sin embargo, hubo un total de 3 defunciones entre los 17 individuos después de los 30 días de observación. En el caso de las crías de la hembra Mx-33, al final de la prueba sobrevivieron 20 individuos de 28, ninguna de las muertes fue a causa de canibalismo, así mismo no se observaron signos de agresión entre los individuos. Se asume que ninguna de las muertes durante las pruebas fue a causa de canibalismo ya que se lograron recuperar los cuerpos de los ejemplares muertos.

7.2.5. Apareamiento

Los machos al detectar a las hembras se movieron directamente hasta ellas y comenzaron con el cortejo, realizaron el clasping (los machos usan los claspers de las patas I para anclar los quelíceros, pedipalpos y las patas de las hembras a la vez que levantan la mitad de su cuerpo) dejando a la hembra en un estado de catalepsis (un estado inmóvil durante y después del apareamiento, en el cual las hembras se quedan quietas y se dejan manipular por el macho). Posteriormente, los machos procedieron a

realizar cinco veces el palpal boxing (movimiento alternado de arriba hacia debajo de los pedipalpos haciendo contacto con el esternón de la hembra), alternando con body jerks (espasmos de gran amplitud en todas las patas y pedipalpos). Luego procedieron a insertar y sacar el embolo de los pedipalpos en el epiginio de la hembra en repetidas ocasiones por aproximadamente 10 segundos. Después, los machos introdujeron el embolo de los pedipalpos de forma alternada pero esta vez dejando el embolo dentro del epiginio por al menos de 5 a 10 minutos en cada ocasión durante aproximadamente 39 minutos. Al finalizar el apareamiento los machos se alejaron rápidamente de las hembras, las cuales permanecieron inmóviles sin presentar signos de agresión hacia los machos (Figura 14).



Figura 14.-Codigo QR para acceder al video de apareamiento de *M. hidalguensis*.

8. DISCUSION

Este es el primer estudio que describe la ecología de *M. hidalguensis* en su hábitat, y su comportamiento en laboratorio. Los resultados revelaron las posibles diferencias en las variables ambientales entre troncos, las únicas variables con diferencias significativas fueron la dureza del tronco, la humedad, el nivel de putrefacción y la distancia al árbol más próximo. Esto podría sugerir que estas variables podrían desempeñar un papel de suma importancia en la presencia de *M. hidalguensis* en su microhábitat.

Con el Análisis de Componentes Principales (ACP) se exploró la estructura de las variables ambientales. La representación gráfica de los resultados obtenidos reveló que la humedad y el nivel de putrefacción mostraban asociaciones positivas, mientras que la dureza del tronco mostraba una asociación negativa respecto a la presencia de estas arañas en los troncos, lo que revela que estas arañas optan por habitar dentro de troncos con altos niveles de putrefacción que por consiguiente almacenan más humedad en lugar de habitar en troncos de árboles que murieron recientemente los cuales tienen una humedad menor así como una mayor dureza.

Gracias al Análisis Discriminante realizado utilizando las variables ambientales identificadas como relevantes en el ACP se logró construir una función discriminante que demostró una capacidad adecuada para distinguir correctamente entre troncos con y sin presencia de arañas, gracias a esta función en estudios posteriores se podrá detectar la presencia de esta especie en los troncos realizando la medición de la humedad relativa, la dureza y el nivel de la putrefacción de los troncos.

Se confirmó que es una especie de araña migalomorfa saproxilica, ya que se encontraron individuos desde crías hasta adultos dentro de los troncos. El registro de un comportamiento similar se detectó para *Nemesia arborícola* que, si bien no es saproxilica, también construye sus refugios en árboles, estos consisten en un tubo de seda dentro de las oquedades de los árboles, tubos que cubren con una puerta trampa que a veces puede estar recubierta de musgo (Cassar et al., 2022).

El microhábitat de *M. hidalguensis* son los troncos que tienen un alto nivel de descomposición, y que además presentan humedad relativa muy alta, condiciones que propician una gran cantidad de oquedades dentro de las cuales estas arañas hacen sus refugios de seda. Estas condiciones no solo proveen refugio, además crean un microclima que es necesario para la presencia de estos arácnidos, así como de otras especies de artrópodos que pueden ser presas potenciales para estas arañas (Seibold et al., 2015).

Se confirmó que *M. hidalguensis* tiene hábitos nocturnos, ya que presentan una mayor actividad locomotora en este horario y suelen encontrarse en la entrada de sus refugios o incluso salir fuera de estos por las noches. Este comportamiento se ha visto en la mayoría de las arañas migalomorfas siendo la actividad diurna algo propio de las arañas araneomorfas (Capocasale y Lavarello, 1999).

Respecto a su alimentación, los individuos de *M. hidalguensis* presentan tanto estrategia de caza "sit and wait" como caza activa, sin embargo, esta última es muy poco usual en estas arañas. Esto coincide con la gran mayoría de las especies dentro de la familia Nemesiidae que emplean varias estrategias sit and wait, como por ejemplo la construcción de puertas trampa para cazar a sus presas (Pompozzi y Copperi, 2018; Montes de Oca, 2020).

De acuerdo con lo reportado en la literatura hasta la actualidad, no existen casos de competencia intraespecífica fuerte en ninguno de los géneros de la familia Nemesiidae, lo cual concuerda con lo observado en las pruebas de competencia intraespecífica realizadas en esta tesis. De hecho, se ha observado que las madrigueras de las arañas de esta familia en general se encuentran muy cerca una de otra, separadas por apenas algunos centímetros (Goloboff, 1995).

Al parecer, *M. hidalguensis* emplea todos los comportamientos reproductivos empleados en el cortejo y apareamiento descritos para las arañas de la familia Nemesiidae (Pérez-Miles y Perafán, 2017). Otra observación a tener en cuenta es que el

apareamiento solo fue posible sobre el microhábitat lo cual puede indicar que el éxito del apareamiento de estas arañas se ve influenciado por el lugar donde se realiza.

En general el estudio de las arañas migalomorfas tiende a ser complicado debido a la gran variedad de sitios donde pueden hacer sus madrigueras, además de que al tener hábitos nocturnos es aún más difícil encontrarlas cuando están activas. La captura de los ejemplares de *M. hidalguensis* resultó ser complicada, ya que al vivir dentro de los troncos en descomposición la única forma de recolectar a estas arañas es sacarlas manualmente, además de tener que buscar en todos los troncos disponibles, lo cual conlleva una inversión de tiempo considerable. Sin embargo, gracias a la fórmula discriminante obtenida en este trabajo la recolecta de esta especie se facilitará ya que solo se tendrán que buscar troncos con mayor nivel de putrefacción (≤ 3), humedad ($> 88\%$) y menor dureza ($< 3\text{kg/m}^2$) para aumentar en gran medida la probabilidad de encontrar estas arañas.

Los datos aportados en este trabajo sobre la biología y comportamiento de *M. hidalguensis* abren las puertas para el estudio en campo de esta especie, y de arañas con características similares a esta. Dentro de las principales aportaciones se puede destacar el primer registro en video del apareamiento de esta especie, siendo también el primer registro en la familia Nemesiidae. Esta información, así como las observaciones de su comportamiento, podrían llegar a ser de utilidad para la conservación de esta especie, que hasta el momento se registra como endémica del bosque mesófilo del estado de Hidalgo.

9. CONCLUSIONES

El microhábitat de *M. hidalguensis* en el bosque mesófilo son troncos con valores bajos de dureza y alto nivel de putrefacción, en sitios con alta humedad relativa y a distancias cortas al árbol más cercano.

En el laboratorio, los ejemplares de *M. hidalguensis* estuvieron activos en un horario principalmente nocturno, y la mayoría de las veces sometieron a sus presas dentro de la madriguera introduciendo sus quelíceros en el cuerpo de la presa. No hubo diferencias significativas en el tamaño (leg span) entre machos y hembras, pero las hembras tuvieron un color marrón oscuro, mientras que los machos adultos presentaron un color dorado brillante. No se observó canibalismo ni signos de agresión entre los individuos. Se describió y se grabó en video el cortejo y el apareamiento de ejemplares.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, O. A. y Vega, I. L. (2001). Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana*, 54, 51-87.
- Capocasale, R. M. y Perez-Miles, F. (1990). Behavioural ecology of *Acanthogonatus tacuariensis* (Araneae, Nemesiidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 25(1), 41-47.
- Capocasale, R. M. y Lavarello, L. (1999). Análisis de la actividad locomotora diaria de *Acanthognatus tacuariensis* (Araneae, Nemesiidae). *Miscel·lània Zoològica*, 22(2), 1-9.
- Cassar, T., Mifsud, D. y Decae, A. E. (2022). The Nemesia trapdoor spider fauna of the Maltese archipelago, with the description of two new species (Araneae, Mygalomorphae, Nemesiidae). *European Journal of Taxonomy*, 806, 90-112.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2021). La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado. CONABIO, pp. 480
- CONABIO. (2010). El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F., México pp. 197
- Costa, F. G. y Perez-Miles, F. (1998). Behavior, life cycle and webs of *Mecicobothrium thorelli* (Araneae, Mygalomorphae, Mecicobothriidae). *Journal of Arachnology*, 26(3), 317-329.
- Dandria, D. (2001). Observations on the endemic Maltese trap-door spider *Nemesia arboricola* Pocock, 1903 (Araneae: Nemesiidae). *The Central Mediterranean Naturalist*, 3(3), 103-107.
- Denno, R. F., Gratton, C., Döbel, H. y Finke, D. L. (2003). Predation risk affects relative strength of top-down and bottom-up impacts on insect herbivores. *Ecology*, 84(4), 1032-1044.

- Micó, E. M., Marcos-García, A., Ramírez-Hernández, A. y Galante E. (2021). El bosque adhesado como refugio de una entomofauna muy diversa. UNE. España. 1-144.
- Ferretti, N., Pompozzi, G. y Pérez-Miles, F. (2011). Sexual behavior of *Acanthogonatus centralis* (Araneae: Mygalomorphae: Nemesiidae) from Argentina, with some notes on their burrows. *The Journal of Arachnology*, 39(3), 533-536.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2021). Global Biodiversity Information Facility. Recuperado el 11 de octubre de 2021 desde: https://www.gbif.org/occurrence/map?q=nemesiidae&basis_of_record=PRESERVED_SPECIMEN&has_coordinate=true&has_geospatial_issue=false.
- Goloboff, P. A. (1995). A revision of the South American spiders of the family Nemesiidae (Araneae, Mygalomorphae). Part 1, Species from Peru, Chile, Argentina, and Uruguay. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 224, 19-23.
- Ibarra-Núñez, G., Maya-Morales, J. y Chamé-Vázquez, D. (2011). Las arañas del bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1183-1193.
- Jiménez, V. R. E. (2012). Assessing success of forest restoration efforts in degraded montane cloud forests in southern Mexico. Tesis de Maestría. Michigan Technological University.
- Lachat, T., Bouget, C., Bütler, R., y Müller, J. (2013). Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. In: D. Kraus y F. Krumm (Eds.) *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. European Forest Institute, pp. 92-102. Freiburg, Alemania.
- Minitab Inc. (2022). Minitab software for quality improvement. Disponible en: www.minitab.com (Descargado en agosto 18, 2022).

- Montes de Oca, L. (2020). Phylogenomic analysis of South American Nemesiidae and Pycnothelidae and the delimitation of the Crassitarsae clade (Araneae, Mygalomorphae). Tesis de doctorado. Universidad de la Republica Montevideo, Uruguay.
- Montes de Oca, L., Indicatti, R. P., Opatova, V., Almeida, M., Pérez-Miles, F. & Bond, J. E. (2022). Phylogenomic analysis, reclassification, and evolution of South American nemesioid burrowing mygalomorph spiders. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 168(107377), 1-19
- Mwale, T., Olweny, C. y Andika, D. (2022). Growth performance of the huntsman spider (*Spariolenus aratta*) based on different feed sources. *International Journal of Agricultural Extension*, 10(1), 47-54.
- Opatova, V., Hamilton, C. A., Hedin, M., De Oca, L. M., Král, J. y Bond, J. E. (2020). Phylogenetic systematics and evolution of the spider infraorder Mygalomorphae using genomic scale data. *Systematic Biology*, 69(4), 671-707.
- Palacios-Vargas, J. G., Castaño-Meneses, G. y Valladares, L. (2021). Estructura de la comunidad de colémbolos (Hexapoda) del dosel de un bosque mesófilo en Hidalgo, México. *Caldasia*, 43(1), 149-160.
- Pérez-Miles, F. y Perafán, C. (2017). Behavior and biology of Mygalomorphae. En: Viera C., Gonzaga M. (Eds.) *Behaviour and ecology of spiders: Contributions from the Neotropical region*. Springer, pp. 29-54.
- Pompozzi, G. y Copperi, S. (2018). Feeding frequency, prey acceptance, and natural diet of the mygalomorph spider *Acanthogonatus centralis* Goloboff 1995 (Araneae: Nemesiidae). *Zoological Studies*, 57, e31.
- Pompozzi, G., Schwerdt, L., Copperi, S. y Ferretti, N. (2019). Do disturbed environments affect density of the tunnel-web spider *Acanthogonatus centralis* (Mygalomorphae: Nemesiidae) from native grasslands in Argentina?. *Turkish Journal of Zoology*, 43(1), 146-151.

- Raven, R. J. (1987). A new mygalomorph spider genus from Mexico (Nemesiinae, Nemesiidae, Arachnida). *Journal of Arachnology*, 14, 357-362.
- Salinas-Velasco, H. V. (2020). Inventario de las arañas migalomorfas (Araneae: Mygalomorphae) del estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Salinas-Velasco, H. V., Valdez-Mondragón, A. y Bueno-Villegas, J. (2024). A new species of the spider genus *Mexentypesa* Raven (Araneae: Nemesiidae) from Hidalgo, Mexico and taxonomic comments on *M. chiapas*. *Zootaxa*, Aceptado
- Samways, M. J. (2020). *Insect conservation: A global synthesis*. CABI: London, UK, 347.
- Schwerdt, L. y Copperi, S. (2014). A contribution to the knowledge of burrows and reproductive biology of *Stenoterommata platensis* Holmberg (Mygalomorphae: Nemesiidae). *Munis Entomology and Zoology*, 9, 84-88.
- Seibold, S., Bäessler, C., Brandl, R., Gossner, M. M., Thorn, S., Ulyshen, M. D. y Müller, J. (2015). Experimental studies of dead-wood biodiversity - A review identifying global gaps in knowledge. *Biological Conservation*, 191, 139-149.
- Simon E. (1889). *Etudes arachnologiques*. 21e Mémoire. XXX. Descriptions de quelques arachnides du Chili et remarques synonymiques sur quelques unes des espèces décrites par Nicolet. *Ann Soc ent Fr.* 8:217-222.
- Stéfano, D. (2019). Descomposición de la madera de roble (*Quercus* spp.) *in vivo* e *in vitro*. *Polibotánica*, 47, 59-76.
- Souza-Silva, M., Silva, I. G. y Brescovit, A. D. (2014). Bionomic aspects of *Prorachias bristowei* (Araneae: Mygalomorphae: Nemesiidae): burrow density and shape, food items, body size and reproduction. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 49(2), 106-113.
- Tree Functional Attributes and Ecological Database (TFAED). (2022). Wood density. Recuperado el 08 de enero de 2022 desde: <http://db.worldagroforestry.org/wd>

- Williams, L. G. (2007). El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Instituto de Ecología, A.C., CONABIO. México. pp. 196
- World Spider Catalog (WSC). (2021). World Spider Catalog. Versión 20.0. Recuperado el 08 de abril de 2021 desde: <https://wsc.nmbe.ch/family/61/Nemesiidae>.
- Van-Dyke, F. y Lamb, R. L. (2020). Conservation biology foundations, concepts, applications. Springer. Swiss land, pp. 613