



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Efectos del manejo agronómico de nogales (*Carya illinoensis*) sobre la comunidad de lepidópteros en el municipio de Jiménez, Chihuahua, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Bióloga

PRESENTA:

Susana Carolina Alatríste Alcántar

TUTOR

Dr. Johnattan Hernández Cumplido

Ciudad Universitaria, CD. MX. 2023





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.

HOJA DE DATOS DEL JURADO

| | |
|---|--|
| <p>1. Datos del alumno Apellido paterno Apellido materno Nombres Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Carrera Número de cuenta</p> | <p>1. Datos del alumno Alatraste Alcántar Susana Carolina Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 313264634</p> |
| <p>2. Datos del tutor Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>2. Datos del tutor Dr. Johnattan Hernández Cumplido</p> |
| <p>3. Datos del sinodal 1 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>3. Datos del sinodal 1 Dra. Verónica Zamora Gutiérrez</p> |
| <p>4. Datos del sinodal 2 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>4. Datos del sinodal 2 Dra. Marysol Trujano Ortega</p> |
| <p>5. Datos del sinodal 3 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>5. Datos del sinodal 3 Dr. Arturo García Gómez</p> |
| <p>6. Datos del sinodal 4 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>6. Datos del sinodal 4 M. en C. Liliana Itze López Olmedo</p> |
| <p>7. Datos del trabajo escrito Título Número de páginas Año</p> | <p>7. Datos del trabajo escrito Efectos del manejo agronómico de nogales (<i>Carya illinoensis</i>) sobre la comunidad de lepidópteros en el municipio de Jiménez, Chihuahua, México. 61 2023</p> |

A mi abuela, por hacer que el cielo se vea bonito todos los días, te extraño.

A mi madre, por ser la mujer más extraordinaria del mundo.

A mi padre, por ser un modelo a seguir.

A mí, por no rendirme.

“행복은 멀리 없다”.

김승민, 2022.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Johnattan Hernández Cumplido por abrirme las puertas de su laboratorio, compartirme su conocimiento, apoyarme académica y no académicamente, y hacerme ver la ciencia con otros ojos.

A la doctora Verónica Zamora Gutiérrez por permitirme ser parte de su proyecto, que sin él no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A mis sinodales: el Dr. Arturo García Gómez, la Dra. Marysol Trujano Ortega y la M. en C. Liliana Itze López Olmedo por sus valiosos comentarios y observaciones que ayudaron al término y mejoría de este trabajo.

A mi familia: a mi mamá por todo, absolutamente todo, te amo; a mi papá por siempre creer en mí y estar a mi lado, te amo; a mi tía Verónica por ser como una segunda madre; a mis primas Daniela y Penelope por ser mis hermanas; a mi abuela por enseñarme que un buen corazón vale más que toda la riqueza del mundo, te amo y te extraño.

A mis compañeros de laboratorio: Bruno Leyva, Araceli Romero, Eloisa Clain, Jaime Solís, Alexis Bernal, Violeta Jiménez, Luis Juárez y Erick Rojas por ser mi familia académica y brindarme su valiosa amistad.

A Isa Cati Barrera y Juanjo Fierros por tantas risas, lágrimas, caídas en campo, dormidas en clase, experimentos fallidos y por siempre ser mi combo 3.

A Cesar Acosta por ser el mejor amigo de la vida y ver en mí lo que yo no puedo, te amo tambor.

A Andrea Cruz y Mariana Chávez por una increíble década de chino-aventuras y amistad que espero siga así por muchas muchas décadas más.

A Atzalli Loera por ser la hidrocálida más extraordinaria de todas, por ser mi casita y por cruzar 4 estados para venir a verme, te amo ma destiny.

A Dania Serrano por ser mi solecito en esos días de tormenta, te amo chocorrolita.

A Brenda Bustamante, Noah Buda, Annie Rodríguez, Melina Ortega, Rita Bazán, Flor Ortega y Jessica Viramontes por incluirme en sus vidas y en sus corazones a pesar de la distancia, y por demostrarme que las amigas de internet si existen.

A César López por haberme brindado tu apoyo incondicional en aquella caótica etapa de mi vida, te quiero y lo siento.

A Laura R. Vieyra por haber sido mi amor lavanda, te amo.

A mi niño Leo por alegrarme mis días y ser mi pequeño genio.

A Stray kids y Seventeen por ser mi apoyo emocional y darle el mejor soundtrack a mi vida.

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------------|----|
| RESUMEN..... | 2 |
| ABSTRACT..... | 4 |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 1.1. Justificación..... | 11 |
| II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS..... | 12 |
| III. METODOLOGÍA..... | 13 |
| 3.1. Área de estudio..... | 13 |
| 3.2. Sistema de estudio..... | 14 |
| 3.3. Sitios de muestreo..... | 15 |
| 3.4. Muestreo..... | 20 |
| 3.5. Trabajo de laboratorio..... | 22 |
| IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS..... | 23 |
| V. RESULTADOS..... | 25 |
| 5.1. Abundancia..... | 25 |
| 5.2. Diversidad beta (β)..... | 27 |
| 5.3. Diversidad efectiva..... | 28 |
| VI. DISCUSIÓN..... | 31 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 37 |
| LITERATURA CITADA..... | 38 |
| ANEXO I..... | 51 |
| ANEXO II..... | 54 |

Alatríste-Alcántar, S.C. 2023. Efectos del manejo agronómico de nogales (*Carya illinoensis*) sobre la comunidad de lepidópteros en el municipio de Jiménez, Chihuahua, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 61 pp.

RESUMEN

La alteración del ambiente derivada de la agricultura influye profundamente sobre la pérdida de la biodiversidad, la cual ocurre en diferentes grupos taxonómicos entre ellos al orden Lepidoptera. Estos organismos juegan diversos roles en los ecosistemas, que van desde constituir una fuente primaria de alimento hasta poseer un rol dual como plagas siendo larvas y como polinizadores en su fase adulta. En México, el estado de Chihuahua es considerado el primer productor y exportador de nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh) Koch). Las demandas del mercado han incrementado el manejo intensivo de las plantaciones en los últimos años. El uso excesivo de insumos agroquímicos, a su vez genera efectos negativos en la entomofauna asociada al cultivo, tanto para especies consideradas plaga como para especies benéficas. El objetivo de este trabajo fue describir y comparar la diversidad de lepidópteros en tres zonas asociadas a plantaciones nogaleras las cuales fueron: la matriz de vegetación nativa de la región (matorral xerófilo), plantaciones con manejo orgánico y plantaciones con manejo intensivo, todas ellas encontradas en el municipio de Jiménez, Chihuahua. Para la recolecta de los individuos adultos se utilizaron trampas de luz UV durante los meses de mayo-septiembre del 2018 y febrero-abril del 2019. Para la abundancia total, el matorral xerófilo presentó los valores más altos en este parámetro (M: 541 ± 162), mientras que ambas plantaciones, no fueron significativamente diferentes entre sí (NO: 191.8 ± 64.2 ; NI: 85.9 ± 29.4). Se observó una mayor semejanza en cuanto a composición de especies entre el matorral xerófilo y el manejo orgánico, de acuerdo con el coeficiente de similitud de Jaccard (M y NO: 0.575). Para los tres órdenes de diversidad evaluados (${}^0 D$, ${}^1 D$ y ${}^2 D$), las plantaciones orgánicas obtuvieron los valores más altos. Estos resultados confirman que la diversidad de lepidópteros está fuertemente influenciada por el tipo de manejo del cultivo. Se observó que la presencia de agroquímicos está directamente relacionada

con la disminución en la riqueza y diversidad de lepidópteros. Por otro lado, el manejo orgánico en zonas extensivas mostró efectos positivos sobre la diversidad de este taxón, por lo que se recomienda una mayor implementación.

ABSTRACT

Environment modification due to agriculture has a profound influence on biodiversity loss, in this sense taxonomic groups such as Lepidoptera are not exempt. Lepidoptera plays several roles in ecosystems; they can be a primary source of food and/or have dual roles as pests and pollinators. In Mexico, Chihuahua State is considered the first producer and exporter of pecan nuts (*Carya illinoensis* (Wangenh) Koch) in the country. Intensive management of these orchards has increased in recent years due to worldwide demand. The intensive use of agrochemicals has negative effects on several taxa. The effects can be direct, killing of target and non-target species, and indirect, modifying prey-predator and competition relationships. The aim of this study was to describe and compare Lepidoptera diversity in three associated areas with pecan orchards: the natural vegetation of the region (xerophytic scrub), organic and conventional orchards, in Jiménez, Chihuahua, Mexico. Black light traps were used during may-september of 2018 and february-april of 2019 for sampling. For abundance, natural vegetation showed a higher abundance compared to organic and conventional orchards, while organic and conventional orchards did not show significant differences on both vegetation types. According to Jaccard index, a greater similarity was observed between the natural vegetation and the organic orchards (M & NO: 0.575). Diversity was higher in organic orchards even above the natural vegetation (${}^0D, {}^1D, {}^2D$). According with these results, there is a strong relationship between Lepidoptera's diversity and field management. In conventional orchards the use of agrochemicals had strongly negative effects on lepidopteran biodiversity (richness and β diversity). While in organics orchards, this management had positive effects on this taxa, so further implementation is recommended.

I. INTRODUCCIÓN

El 73% del territorio en México se destina a actividades agropecuarias (Corona-Ramírez, 2016), es decir, cerca de 30 millones de hectáreas son tierra de cultivo y 115 millones de agostadero; denotando la importancia de la agricultura en el país (Corona-Ramírez, 2016). Por otro lado, México con su accidentada geografía y por la convergencia de dos regiones (Neártica y Neotropical), posee una gran cantidad de condiciones climáticas que favorecen el cultivo de una gran variedad de alimentos (Morrone, 2019). Esto lo posiciona como uno de los principales países productores y exportadores de productos agrícolas en el mundo (e.g. aguacate, jitomate, chiles, nuez, etc.) (SAGARPA, 2017).

Debido al crecimiento exponencial poblacional y para cumplir las demandas básicas de alimentación de la población, la producción de alimento ha tenido que cambiar su manejo a uno más intensivo para satisfacer la demanda de las ciudades y aumentar sus ingresos económicos (de Grammont, 2010). Así el uso del manejo intensivo de insumos ha ido tomando un lugar preponderante por encima de los demás manejos agrarios (de Grammont, 2010).

El manejo intensivo de cultivos se caracteriza por el uso de fertilizantes, pesticidas químicos inorgánicos, semillas seleccionadas, maquinaria de precisión, además de la modificación del ambiente donde se lleva a cabo el cultivo (e.g. completa deforestación) (Lal *et al.*, 1988). Este tipo de manejo facilita las condiciones para obtener una producción a gran escala y de bajo costo; sin embargo, el uso intensivo de insumos como las sustancias químicas genera repercusiones profundas al medio ambiente (FAO, 2017). Por ejemplo la degradación de los suelos es la repercusión más tangible de la agricultura intensiva, pues provoca pérdida de la materia orgánica, liberación de gases efecto invernadero, erosión, contaminación del suelo, acidificación, salinización y pérdida de la diversidad genética y taxonómica del suelo (Alexandridis *et al.*, 2018; Kopittke *et al.*, 2019); provocando una disminución poblacional de los organismos asociados a las plantaciones, provocando un riesgo en la diversidad biológica (Wu, 2008).

Para mantener los niveles de producción necesarios para alimentar a la población, se pueden implementar estrategias alternativas al uso de agroquímicos, como lo que plantea la agricultura orgánica (Lal *et al.*, 1988; Alpert *et al.*, 2009). De acuerdo con las Naciones Unidas (ONU), la agricultura orgánica, biológica o ecológica; es un sistema agrícola que combina métodos tradicionales, con tecnologías modernas que permiten la producción de alimentos junto con la conservación de los ecosistemas (Marín *et al.*, 2017). En dicha agricultura, se tiene en cuenta la conservación de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, así como su capacidad productiva, por lo que la aplicación de insumos orgánicos como la vermicomposta, las composta y los bioles, favorecen el acondicionamiento del suelo e incorporan biota para optimizar la absorción de nutrientes (Gliessman, 2002).

Por otro lado, se promueven prácticas como los policultivos, los cultivos de cobertura (*cover crops*), el mantenimiento de la vegetación alledaña y la fertilización orgánica, las cuales aportan un incremento en la biodiversidad (Sanz, 2007). El objetivo principal del manejo orgánico es generar una integración entre los elementos del sistema natural y los elementos del paisaje agrario, para así mantener o aumentar la fertilidad, la productividad y la calidad de las producciones al igual que regular las poblaciones de posibles plagas (Machado y Campos, 2008), sin poner en riesgo a la biodiversidad del paisaje.

Los artrópodos son un componente indispensable de los ecosistemas tanto naturales como antropizados (agroecosistemas) (Scudder, 2017). Es uno de los taxones más abundantes y diversos del planeta; este grupo, realiza procesos naturales esenciales para el funcionamiento de un ecosistema, por ejemplo: la polinización, la descomposición de materia orgánica, el control de plagas; además, se les considera un eslabón importante dentro de las redes tróficas para varios organismos como aves, reptiles, anfibios y peces (Farag, 2022). En particular, los insectos son los principales polinizadores en todos los ecosistemas siendo responsables la diversidad de plantas. No obstante, la destrucción de

áreas naturales, la agricultura intensiva, la urbanización y el cambio climático han generado una disminución global en la diversidad de insectos (Richards, 2001; Wagner, *et al.*, 2021).

La agricultura intensiva, junto con la urbanización y la deforestación, son responsables del 78.7% del declive en la diversidad entomológica, pues la implementación de monocultivos y el uso de pesticidas no sustentables afectan su riqueza y abundancia, provocando un cambio en la composición de especies de las áreas transformadas (Wickramasinghe *et al.*, 2004; Santa *et al.*, 2021; Farag, 2022).

Dentro de los grupos de insectos polinizadores más afectados por el cambio de uso de suelo están los lepidópteros (mariposas y palomillas), éstos son el orden más grande y diverso de insectos asociados a las angiospermas, con aproximadamente 160,000 especies descritas (Wagner, 2019). Ecológicamente constituyen una fuente primaria de alimento para diferentes insectívoros y poseen un rol dual como plagas (fase larva) y polinizadores (adultos) gracias a su especialización ecológica (Sánchez-Bayo *et al.*, 2019); además, también se designan como indicadores de la degradación ecológica debido a su sensibilidad a cambios de temperatura, microclima, humedad y nivel de luminosidad (Romo *et al.*, 2013).

En diversos países de Europa y Canadá (Pöyry *et al.*, 2004; Littlewood, 2008; Rickert *et al.*, 2012; Bachand *et al.*, 2014) se han realizado estudios donde se ha observado una relación negativa entre el grado de pastoreo en parcelas y la diversidad de polillas; donde, a mayor grado de pastoreo, se reporta una menor riqueza, abundancia y densidad de este grupo (Dar y Jamal, 2021). Desde mediados y finales del siglo XX se ha observado un cambio drástico en la biodiversidad de lepidópteros; en un estudio realizado por Maes y van Dyck (2001), reportaron un declive del 69% de las 45 especies existentes en Bélgica a partir de 1950; mientras que la tasa de extinción local aumentó de 0.2 a 1.7 en 5 años, y estas disminuciones se asocian a la urbanización y la intensificación agrícola. La pérdida de hábitat gracias a la intensificación del manejo agrícola se relaciona con la pérdida de diversidad, pues la conectividad entre los hábitats seminaturales o parches se reduce y provoca una

disminución en el número de organismos especialistas, generando comunidades animales más homogéneas (Ekrros *et al.*, 2010).

El grupo de las mariposas nocturnas o polillas está poco estudiado en México, por lo que la información con la que se cuenta es aún muy limitada (Heppner, 2002; Montañez-Reyna *et al.*, 2022). Una de las razones se debe a muestreos deficientes, y la mayoría de estos se ha enfocado primordialmente en mariposas diurnas y pertenecientes a la super familia Papilionoidea (Clench, 1965; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014; Flores-Contreras y Luna-Reyes, 2017; Sánchez-Jasso *et al.*, 2019), además de la poca cantidad de investigadores especialistas en el grupo (Falcón-Brindis *et al.*, 2021).

Entre las regiones menos estudiadas de lepidópteros en el país se encuentran las zonas áridas del Norte de México, particularmente el estado de Chihuahua. En éste los estudios relacionados con lepidópteros se enfocan al control o eliminación de especies perjudiciales a los cultivos (Harris *et al.*, 2008; Fu-Castillo *et al.*, 2013; Ordóñez-García *et al.*, 2015; Nájera, 2016), por lo que el conocimiento taxonómico o ecológico de la región es escaso.

El orden Lepidoptera cumple importantes funciones ecológicas en las zonas áridas. En Chihuahua donde predomina una vegetación de matorral desértico micrófilo y matorral xerófilo (INECC, 2007), se encuentran las especies vegetales pertenecientes a la subfamilia Cactoideae, las cuales por la forma de sus flores son polinizadas por lepidópteros, mayormente por polillas (Camacho-Velázquez *et al.*, 2016). Un ejemplo es el género *Yucca*, el cual es polinado principalmente por polillas y está ampliamente representado en esta zona por la especie *Yucca rigida* Engelm o palma de San José (Riley, 1892; Pellmyr, 1996; Naturalista, 2022). Además, los lepidópteros forman parte importante en la alimentación de mamíferos pequeños propios de la zona, como los murciélagos (López-González y García-Mendoza, 2006; Cleveland *et al.*, 2006).

Sin embargo, con la modificación del paisaje y el cambio de uso de suelo, ciertas especies se han vuelto de importancia agrícola para determinados cultivos, como el nogal. *Carya illinoensis*

(Wangenh) K. Koch (nogal pecanero) el cual es una especie frutal de la familia Juglandaceae nativa del sur de Estados Unidos y el norte de México: es un árbol que llega a alcanzar los 30 metros de altura, y a su fruto comestible se le denomina pacana, pecana, nuez de pecán, nuez de la isla o nuez encarcelada (Moccias *et al.*, 2020). Principalmente se utiliza como alimento en forma de fruta seca, dulces y postres, así como suplemento alimenticio y productos nutracéuticos en la industria alimentaria (SNICS, 2017), el aceite que se extrae del centro de la nuez es comestible y se utiliza para la producción de medicinas y aceites esenciales. Del árbol se extrae la madera que se usa para la fabricación de pisos, muebles y barniz (Fabrizzio *et al.*, 2018); en México su distribución incluye los estados de Nuevo León, norte de Coahuila, Tamaulipas, Chihuahua y Durango. Su producción agrícola comienza en Estados Unidos en 1871 y en México en 1904, en el estado de Nuevo León; ambos países contribuyen al 93% de la producción mundial de nuez, con 55% y 38% respectivamente (Cervantes-Vázquez *et al.*, 2018).

En México, la producción de nuez pecanera aporta un 1.41% al PIB agrícola nacional (SAGARPA, 2017). Actualmente, la mayor área de superficie cosechada de nogal pecanero se encuentra en el norte del país, siendo Chihuahua, Coahuila, Sonora y Durango los estados de mayor producción (Ávila-Arce *et al.*, 2020). El estado de Chihuahua ocupa el primer lugar en la producción, con 92,938 toneladas de nuez y un rendimiento de 1.5 t/ha (Ojeda-Barrios *et al.*, 2009). En los últimos 30 años Chihuahua ha experimentado un crecimiento acelerado al casi triplicar su área sembrada, yendo de 34 mil hectáreas cultivadas a inicios de los 80's a 75 mil hectáreas cultivadas en 2017 (Reyes-Vázquez y Urrea-López, 2016; García-González *et al.*, 2020). De los diez municipios que representan más del 70% de la producción de nuez en la entidad, los municipios de Jiménez y Camargo destacan por constituir la tercera parte del total estatal (García-González *et al.*, 2020). Dentro de las variedades existentes en el país, las conocidas como Western Schley y Wichita ocupan el 85% del cultivo actualmente, éstas presentan un ciclo vegetativo de 180 días de brotación a cosecha

y tienen un potencial de rendimiento de 2 t/ha; dentro de las otras variedades se encuentran las nueces criollas Barton, Mahan, Texas, Pawnee y Cheyenne (Núñez *et al.*, 2001).

Sin embargo, con la intensificación y expansión de este monocultivo, los campos se han convertido en un ambiente ideal para la explosión demográfica de algunos insectos de importancia económica, creándose así el problema de las “plagas”. Los insectos de mayor importancia económica para el cultivo del nogal se encuentra el gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (Lepidoptera: Pyralidae), el gusano barrenador del ruezno, *Cydia caryana* Fitch (Lepidoptera: Tortricidae), y el complejo de pulgones (Hemiptera: Aphidoidea) formado por *Monelliopsis pecanis* Bisell (pulgón amarillo), *Monellia caryella* Fitch (pulgón amarillo de márgenes negros) y *Melanocallis caryaefoliae* Davis (pulgón negro) (Aguilar Pérez, 2007).

El gusano barrenador de la nuez (*Acrobasis nuxvorella* Neunzig) es la principal plaga del nogal, llegando a provocar daños de más del 40% en la producción y puede ocasionar pérdidas de 317 a 705 kg/ha de nuez en un ciclo vegetativo (Fú *et al.*, 2015). Tiene presencia durante todo el año y provoca daño severo en la base de la nuez en desarrollo y en las yemas aledañas. Una vez transcurrida la fase de post polinización, la larva se alimenta de los frutos recién polinizados, en crecimiento y durante el llenado de la almendra; cada larva requiere consumir de tres a cinco nueces para completar su desarrollo, por lo que su control es primordial durante esta etapa (Tarango *et al.*, 2014).

La segunda plaga de mayor relevancia es el gusano barrenador del ruezno (*Cydia caryana* Fitch), donde el tipo de daño que provoca varía dependiendo del estado fenológico en que se encuentre el nogal. De mayo a junio en nueces tiernas la larva penetra el interior de la nuez para alimentarse, lo que provoca la caída del fruto, a finales del otoño las larvas minan el ruezno impidiendo el desarrollo de la almendra y en ocasiones se pueden encontrar larvas barrenando brotes tiernos; sin embargo, el mayor daño se presenta cuando el ruezno empieza a endurecer a finales de la estación (Coutiño, 2001).

Justificación

Actualmente México se posiciona como el primer productor de nuez a nivel mundial, con una participación del 52% seguido de Estados Unidos y Sudáfrica (SADR, 2021). Este cultivo es una actividad de amplio crecimiento, sobre todo en estados del norte, debido a la amplia adaptación climática y edafológica (Orona-Castillo *et al.*, 2013). En particular, el estado de Chihuahua se considera el principal estado productor de nuez en el país, con una participación de 62.9% y una tasa media anual de crecimiento de 5.4% (SADR, 2021). Así, al ser el nogal una plantación de gran importancia nacional, su forma de cultivo ya sea intensiva u orgánica afecta, en diferente grado, a las comunidades de todos los organismos asociados. Incluyendo a los lepidópteros, los cuales poseen roles ecológicos primordiales y se consideran indicadores de la degradación ecológica debido a su sensibilidad al cambio (Romo *et al.*, 2013; Sánchez-Bayo *et al.*, 2019).

II. OBJETIVOS E HIPOTÉSIS

Objetivo general

Describir y comparar la diversidad de lepidópteros asociados a diferentes manejos en el cultivo de nogal, en el municipio de Jiménez, Chihuahua.

Objetivos particulares

1. Conocer la composición, abundancia y diversidad de lepidópteros en tres zonas: la vegetación natural de la región (matorral xerófilo), plantaciones de nuez pecana con manejo orgánico y plantaciones con manejo inorgánico.
2. Identificar las especies de importancia ecológica y agronómica para los agricultores del cultivo de nogal.

Hipótesis

Debido a que el cambio de uso de suelo, así como la actividad agrícola, provoca un cambio en la composición de las comunidades biológicas, se espera encontrar una mayor diversidad y abundancia de lepidópteros en el matorral xerófilo y en las plantaciones con manejo orgánico, ya que se consideran ambientes menos perturbados; en comparación con las plantaciones de manejo intensivo que presentan un uso intensivo de agroquímicos.

III. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El estado de Chihuahua se encuentra en la parte central del norte de la República Mexicana. Dicho estado colinda hacia el norte con los Estado Unidos de América, y está rodeado por los siguientes estados: Coahuila, Durango, Sinaloa y Sonora. Chihuahua es el estado de mayor extensión del país abarcando una superficie de 247, 456 km² y representa el 12.5% del total del territorio nacional (INAFED, 2010). Su clima va desde cálido subhúmedo con lluvias en verano hasta muy seco templado, dependiendo de la zona fisiográfica. La temperatura anual promedio es de 17.8 °C con una precipitación promedio anual de 427 mm (INEGI, 2017).

El estado de Chihuahua se divide en 10 regiones, dentro de las cuales se encuentran repartidos 67 municipios. La región 09 “Parral”, se ubica en la parte sur del Estado, integra 12 municipios, de los cuales resalta el municipio de Jiménez por ser el tercer municipio con mayor extensión de la entidad (10,789.581 km²) (SDR, 2004). El municipio de Jiménez se sitúa en el extremo sureste del estado dentro de la zona del desierto de Chihuahua (27°00” N, 104°24” W), su clima es semiárido con una temperatura promedio anual de 15.5 °C y una precipitación media anual de 374.1 mm (INAFED, 2010).

La actividad agrícola de esta región se basa en la producción de granos con 17.3 mil hectáreas; forrajes con 21.7 mil hectáreas; y frutales con 17.6 mil hectáreas (SDR, 2012). Específicamente en el municipio de Jiménez la producción de frutales se centra mayormente en la siembra de nogal, con 13,940 hectáreas de cultivo y 20,700 toneladas de producción anual aproximadamente (SIAP, 2018). Durante el 2020 se produjeron 16 mil 120 toneladas de nuez, con un valor de producción de mil 116 millones 713 mil 967 pesos (Rodríguez, 2022).

3.2 Sistema de estudio

El cultivo del nogal depende de la temperatura y la humedad relativa, ya que requiere un periodo mínimo de 210 días libres de heladas y en un estado óptimo de 240 a 280 días sin frío, la temperatura adecuada durante el verano debe ser de 25°C a 30°C y durante el invierno de 7.2°C y 12.3°C respetivamente; para iniciar el periodo de brotación se requieren de 400 a 800 horas-frío dependiendo de la variedad, y si la humedad relativa durante el periodo de polinización es superior a 80% puede llegar a limitarla, al impedir la apertura de las anteras obstruyendo la liberación del polen (Celala *et al.*, 2002).

La época de brotación varía dependiendo de las condiciones climáticas del año, pero generalmente ocurre en la segunda quincena de marzo. El desarrollo de los dos tipos de brotes, fructíferos y vegetativos, ocurre entre finales de marzo y los últimos días de mayo, siendo abril el mes con mayor tasa de crecimiento (Cortés, 1975) (Fig. 1).

El nogal es un árbol monoico al presentar flores femeninas y masculinas en el mismo organismo; su polinización se da por anemocoria y una vez fecundada la flor, empieza el crecimiento del fruto que se divide en tres fases: 1) Crecimiento rápido del fruto, se da el crecimiento de la nuez y ocurre de mayo a finales de junio; 2) Llenado de la almendra, se presenta el endurecimiento de la cáscara a finales de julio y principios de agosto y 3) La maduración del fruto, que es a mediados de septiembre; durante estas etapas la demanda de agua y nutrientes aumenta, por lo que el riego y el control de plagas y enfermedades son labores prioritarias (Storey y Wolstenholme, 1997) (Fig. 1).

El fruto es una drupa, que al deshidratarse, el pericarpio y el mesocarpio, segmentados en cuatro partes, se abren dejando libre al endocarpio y a la semilla (almendra); su peso va de los 4 a los 12 gramos y miden de 2 a 6 centímetros. El periodo de producción de los árboles comienza entre los 6 y 10 años y tiene una duración de aproximadamente 40 años (Retes-López *et al.*, 2021).

El periodo de cosecha empieza a finales de septiembre y termina en la tercera semana de noviembre, las variedades criollas son las primeras en iniciar el periodo de cosecha durante la tercera quincena de septiembre y hasta la primera semana de octubre, después siguen las variedades mejoradas Western y Wichita que van de la segunda semana de octubre y hasta la tercera semana de noviembre, la etapa máxima de cosecha va del 15 de octubre al 15 de noviembre (Orona-Castillo *et al.*, 2013).

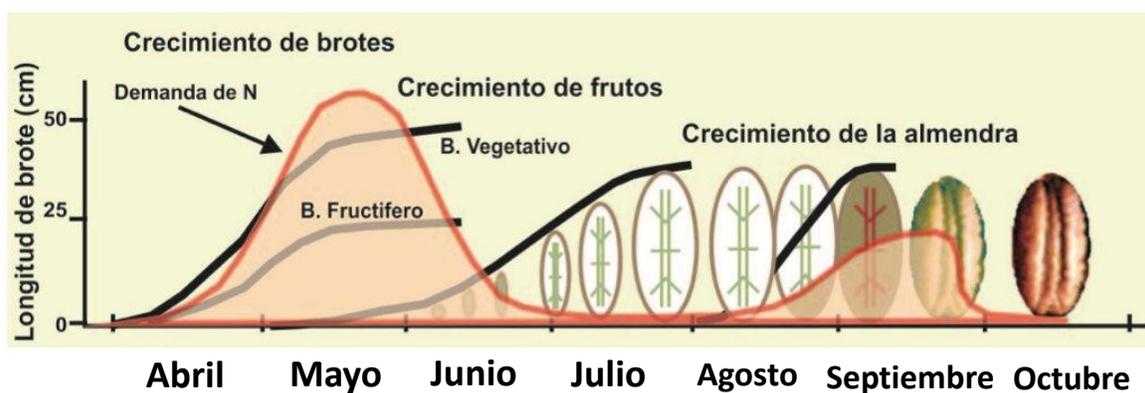


Figura 1. Diagrama de la fenología de la nuez pecanera en relación con su demanda de nutrientes y meses del año. Modificado de INTA, (2013).

3.3 Sitios de muestreo

Para conocer la diversidad de lepidópteros asociados a plantaciones de nogal, se compararon plantaciones con dos tipos de manejo, además de un área de vegetación natural, siendo los siguientes: matorral xerófilo, plantaciones de manejo orgánico (sin uso de pesticidas), y plantaciones con un manejo inorgánico (alto uso de pesticidas).

Se designaron tres sitios de muestreo por cada zona, teniendo un total de nueve sitios de colecta. La autocorrelación espacial se evitó seleccionando sitios con una separación mínima de 10 kilómetros de distancia, además de seleccionar sitios inmersos en la matriz correspondiente de cada zona para reducir la heterogeneidad ambiental y el efecto de borde. Se seleccionaron plantaciones de

edad superior a los 15 años caracterizadas por árboles maduros para homogeneizar el estado de cobertura arbórea entre los sitios de muestreo. La variedad Wichita era la predominante en las plantaciones de ambos tipos de manejo. Todas las localidades se encuentran a una distancia mínima de 100 m de cualquier tipo de cuerpo de agua permanente.

A continuación, se describen las nueve localidades junto con los manejos que los productores tienen en cada sitio correspondiente a los cultivos (Cuadro 1 y 2; Fig. 2 y 3):

Cuadro 1. Información geográfica y vegetal de las tres localidades muestreadas en el matorral xerófilo.

| LOCALIDAD | VEGETACIÓN |
|--|---|
| <p>EL TORDILLO (M1) 1357 msnm; coordenadas 27°15'50.68" N, 104°55'12.61" W</p> | <p>Vegetación de matorral xerófilo con dominancia de mezquite (<i>Prosopis</i> sp)</p> |
| <p>CERRO PRIETO (M2) 1420 msnm; coordenadas 27°12'06.015" N, 104°59'55.06" W</p> | <p>Vegetación de matorral xerófilo con dominancia de mezquite de uso ganadero</p> |
| <p>OJO DE DOLORES (M3) 1389 msnm; coordenadas 27°01'41.23" N, 104°57'05.68" W</p> | <p>Ojo de agua termal rodeado de matorral xerófilo semi perturbado con abundante mezquite</p> |

Cuadro 2. Información geográfica y agronómica de las seis localidades muestreadas en las plantaciones de nogal de acuerdo con su tipo de manejo (NO: Nogalera Orgánica; NI: Nogalera Inorgánica).

| LOCALIDAD | PRINCIPALES PLAGAS | MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP) | MONITOREO | FERTILIZANTES |
|--|--|---|---|--|
| SANTA ROSA (NO1) 1333 msnm; coordenadas 27°19'56.31" N, 104°52'17.68" O. A= 1.68 km ² | 1.- Pulgón negro y pulgón amarillo (Hemiptera: Aphididae) 2.- Barrenador de la nuez (Lepidoptera: Pyralidae) 3.- Gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae) 4.-Chinches (Hemiptera) El salivazo (Homoptera: Cercopidae) | 1.- Hongos entomopatógenos (<i>Trichoderma</i>) 2.-Crisopas como control biológico (Neuroptera: Chrysopidae) | 1.- Monitoreo durante todo el año a través de trampas de feromonas y aplicación del control dependiendo de la cantidad de individuos por planta. 2.- Se consideran las horas calor de la plaga y fenología de la planta. | 1.- Microbiología (micorrizas) 2.- Riego de lixiviado de lombricomposta enriquecido con agua de estanque de tilapias cada 9 días durante 24 hrs. 3.- Estiércol 4.- Restos de la poda triturada esparcidos en el suelo de la huerta (durante el tiempo de poda). |
| SAN MIGUEL (NO2) 1337 msnm; coordenadas 27°14'21.51" N, 104°55'42.88" O A= 0.582 km ² | 1.- Pulgón negro y pulgón amarillo (Hemiptera: Aphididae) 2.- Barrenador de la nuez (Lepidoptera: Pyralidae) 3.- Gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae) | 1.- Detergente en polvo (marca foca) 2.- Hongos entomopatógenos producido por los productores | 1.- Aplicación del detergente en polvo 2 veces cada 4 días de acuerdo con la abundancia de individuos registrados en trampas. 2.- Preparado líquido de hongos aplicado 2 veces al año durante mayo y julio. | 1.- Aplicación de estiércol fresco de vaca una vez al año (tonelada y media por árbol). 2.- Reintegración de la poda triturada. Cultivo de avena para la conservación del suelo. |
| EL CARMEN (NO3) 1330 msnm; coordenadas 27°18'17.10" N, 104°50'23.31" O A= 3.56 km ² | 1.- Barrenador del ruezno (Lepidoptera: Tortricidae) 2.- Barrenador de la nuez (Lepidoptera: Pyralidae) 3.- Barrenador de la yema (Lepidoptera: Tortricidae) 4.- Pulgón negro y pulgón amarillo (Hemiptera: Aphididae) 5.-Chinches (Hemiptera) | 1.- Productos orgánicamente certificados. 2.-Repelentes hechos a base de chile, canela y ajo. | 1.- Revisión diaria de los árboles. 2.-Uso de trampas con feromonas para los barrenadores, de abril a mayo para el barrenador de la nuez y de julio a junio para el barrenador del ruezno. | 1.- Fertilización durante todo el año cada 8 o 15 días con composta y lombricomposta a base de estiércol de vaca y fertilizantes foliares de micronutrientes durante la formación del fruto 2.- Reintegración de la poda triturada. |
| LOS OLIVOS (NI1) 1316 msnm; coordenadas | 1.-Barrenador del ruezno (Lepidoptera: Tortricidae) 2.-Pulgón negro y pulgón amarillo (Hemiptera: Aphididae) | 1.-Detergente en polvo 2.-Insecticida de la marca lorsban (organofosforado) | 1.-Monitoreo con trampas de feromonas y aplicación del control con base en la cantidad de individuos. | 1.-Uso de fertilizantes comerciales de las marcas Bayer y Tepeyac. |

27°23'51.75" N,
104°53'47.25" O
A= 0.610 km²

SAN JOSÉ (NI2)

1402 msnm;
coordenadas
27°08'26.94" N,
104°56'50.64" O
A= 3.57 km²

**EL CAPACACHE
(NI3)**

1397 msnm;
27°10'30.61" N,
104°52'17.68" O
A= 1.35 km²

1.- Barrenador del ruezno
(Lepidoptera: Tortricidae)
2.- Pulgón negro y pulgón
amarillo (Hemiptera:
Aphididae)

1.-Pulgón negro (Hemiptera:
Aphididae)
2.-Barrenador de la nuez
(Lepidoptera: Pyralidae)

1.- Detergente en polvo
2.-Insecticida de la marca
lorsban (organofosforado)

1.-Productos orgánicos
comerciales certificados.
2.-Insecticida de la marca
lorsban (organofosforado)

2.- Aplicación foliar del
insecticida durante la noche de
2 a tres días máximo.

1.- Monitoreo con trampas de
feromonas y aplicación del
control con base en la cantidad
de individuos.
2.- Aplicación foliar del
insecticida durante la noche de
2 a tres días máximo.

1.-Aplicación del producto de
forma foliar durante la noche
cuando se observa un daño
evidente entre los meses de
abril y mayo.

1.- Uso de fertilizantes comerciales de las marcas
Bayer y Tepeyac.

1.-Uso de fertilizantes certificados a manera de
riego cada semana durante la temporada de riego
de marzo a septiembre.

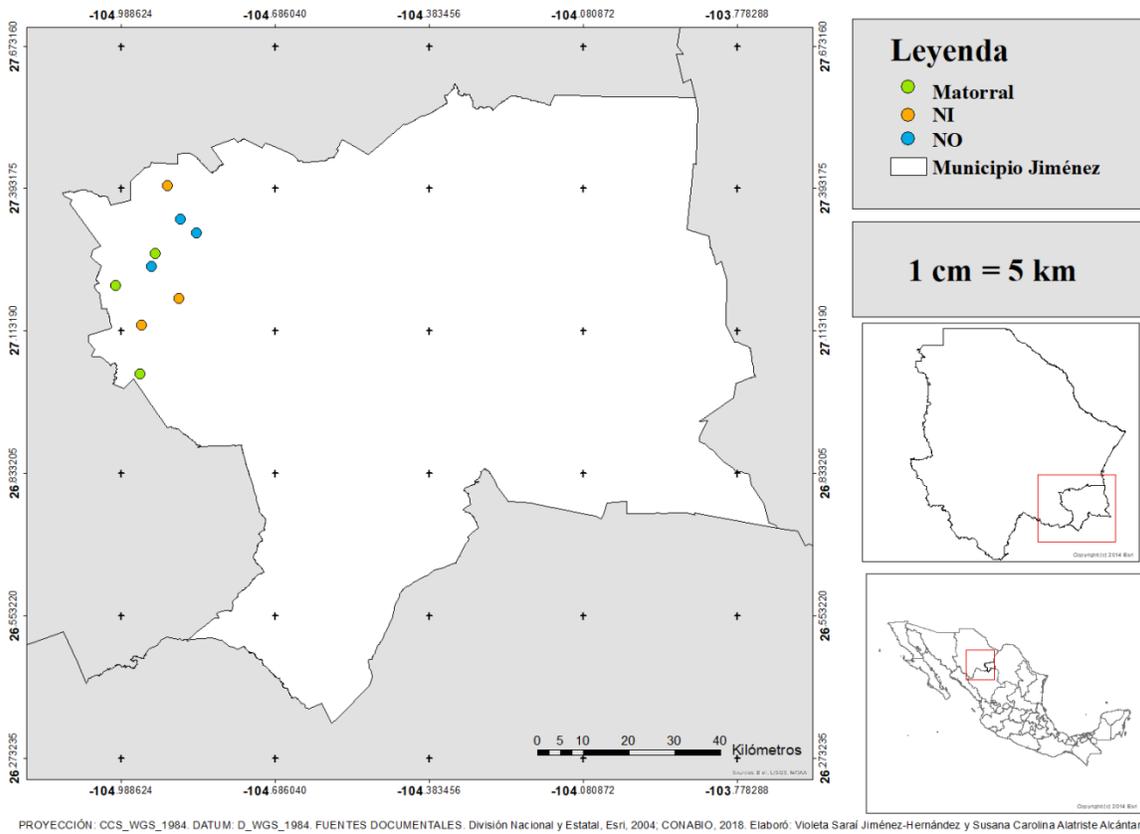


Figura 2. Mapa del municipio de Jiménez, Chihuahua. Los puntos indican cada uno de los nueve sitios de muestreo; los puntos de color verde representan las localidades del matorral, los puntos azules las localidades de NO y los puntos naranjas las localidades de NI Mapa elaborado por: Violeta Sarai Jiménez Hernández y Susana Carolina Alatraste Alcántar.

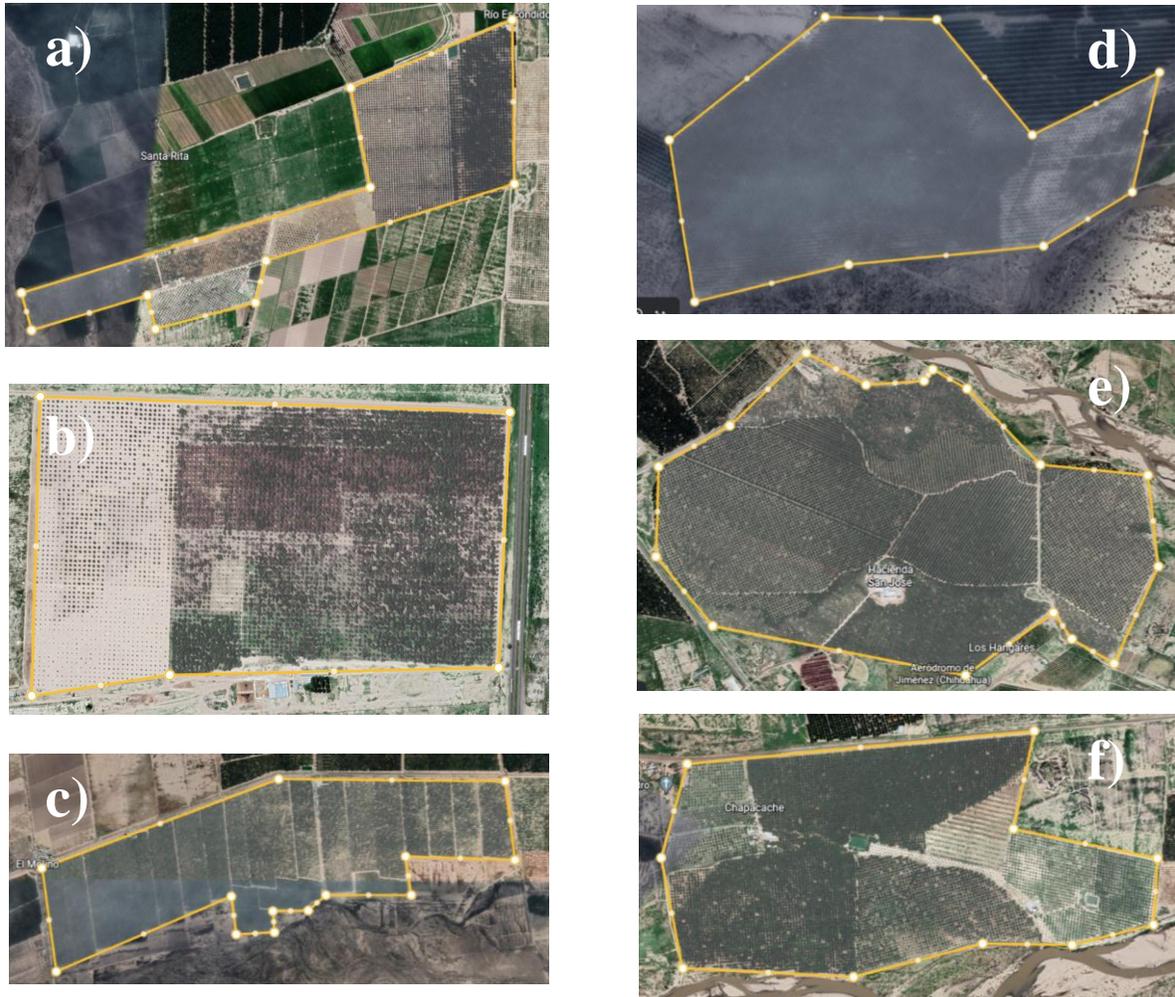


Figura 3. Vista satelital y delimitación territorial de las seis plantaciones de nogal donde se establecieron las localidades de muestreo. a) Santa Rosa (NO1); b) San Miguel (NO2); c) El Carmen (NO3); d) Los Olivos (NI1); e) San José (NI2); f) El Capacache (NI3). Imágenes recuperadas de Google Earth.

3.4 Muestreo

En *Carya illinoensis* (Wangenh) Koch (nogal) los periodos de polinización, desarrollo de brotes y crecimiento de frutos ocurre durante los meses de marzo a septiembre (Celala *et al.*, 2002) por lo que, para recolectar el mayor número de lepidópteros (adultos) asociados a la nuez, se realizó el muestreo durante los meses de mayo-noviembre del 2018 y febrero-abril del 2019. En la vegetación natural (matorral xerófilo) se realizaron 15 colectas durante los meses de mayo, julio, septiembre, noviembre

del 2018 y enero y febrero del 2019; en las plantaciones con manejo orgánico se llevó a cabo un total de 12 recolectas durante los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre del 2018; por último, en las plantaciones con manejo inorgánico se efectuaron 14 recolectas durante los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre del 2018 y febrero y abril del 2019.

Se estableció una estación con una trampa de luz negra por sitio en cada una de las nueve localidades. Estas contenían frascos colectores llenos de propilenglicol al 15% diluido con etanol al 70% para el sacrificio y colecta de los individuos, las trampas se dejaron activas durante 12 horas, se inició a las seis de la tarde, removiéndolas al siguiente día (Fig. 4). Al separar el frasco de la lámpara, el contenido se lavó con alcohol al 70% y se fijaron los organismos con alcohol al 96%; además se etiquetaron los frascos con los datos del sitio y el número de trampa.



Figura 4. Trampa de luz negra con frasco colector lleno de propilenglicol establecida en plantación orgánica.

3.5 Trabajo de laboratorio

Los ejemplares colectados fueron separados por órdenes y se les reemplazó el alcohol al 96% por etanol al 70% para su posterior separación e identificación. Después de la separación inicial, se clasificaron por morfoespecie con ayuda de un microscopio estereoscópico (Motic RED39Z), además se les asignaron los datos de colecta y zona. En la identificación a nivel familia se utilizó la venación alar. Para ello a cada morfoespecie se le quitaron las alas (anterior y posterior), estas se sumergieron por un minuto en ácido clorhídrico al 10% y cloro y se enjuagaron en agua para remover la totalidad de las escamas. Posteriormente con ayuda de la clave dicotómica de Johnson y Triplehorn (2004) se realizó la identificación (Fig. 5a y 5b).

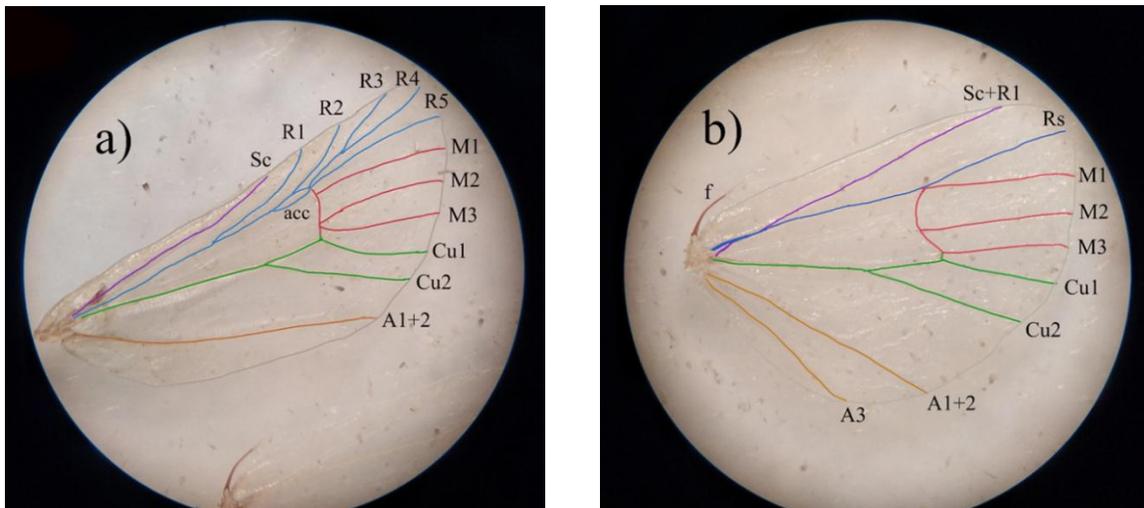


Figura 5. Alas pertenecientes a la familia Noctuidae. a) Ala anterior: segunda vena media (M2) surgiendo más cerca de la tercera (M3) que de la primera (M1); presencia de una célula accesoria (acc). b) Ala posterior: subcostal (Sc) fusionada con vena subradial (Rs) por una distancia corta en la base de la célula discal.

IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

A fin de conocer el efecto de los diferentes tratamientos (M, NO y NI) sobre la abundancia de las comunidades de lepidópteros, se calculó la abundancia promedio por trampa de cada tratamiento. Se aplicó una prueba de bondad de ajuste Shapiro-Wilks para verificar la normalidad de los datos. De acuerdo con estos resultados se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Posteriormente se aplicó una prueba *post hoc* de Tukey-Kramer con un intervalo de confianza del 95%. Estos análisis se hicieron con el paquete JMP 11.

Con la finalidad de conocer la diversidad beta (β) entre las tres zonas se determinó el número de morfoespecies exclusivas y morfoespecies compartidas en cada una de éstas para la realización de un diagrama de Venn. Posteriormente se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard (Moreno, 2001) para conocer el grado de similitud/disimilitud entre las zonas. El intervalo para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre los tratamientos, hasta 1 cuando los tratamientos tienen la misma composición de especies. El coeficiente se calculó con la siguiente fórmula ($I_j: c / (a+b-c)$) (a: número de especies presentes en el sitio A; b: número de especies presentes en el sitio B; c: número de especies presentes en ambos sitios A y B).

Para comparar la riqueza y diversidad entre las tres zonas se hizo uso de los tres órdenes de diversidad $q = 0, 1$ y 2 pertenecientes a los números de Hill (Jost, 2006). La diversidad de orden 0 (0D) hace referencia a la riqueza observada de especies, la diversidad de orden 1 (1D) también conocida como diversidad efectiva se basa en la riqueza y equidad de todas las especies observadas y es el equivalente al exponencial del índice de Shannon-Wiener; por último, la diversidad de orden 2 (2D) es la diversidad de las especies más abundantes observadas y equivale al inverso del índice de Simpson (Sanjuan-Trejo *et al.*, 2021).

Se calculó la cobertura de muestreo (*sample coverage*) por zona, la cual representa el porcentaje de la comunidad que ha sido detectada durante el muestreo, de acuerdo con la proporción

de los individuos de especies ya registradas en las muestras. Estos análisis se obtuvieron con el paquete iNEXT (Chao *et al.*, 2016; Sanjuan-Trejo *et al.*, 2021). Para comparar las comunidades de los tres tratamientos, se estandarizaron los datos a un tamaño de muestra común mediante los procesos de interpolación (rarefacción) y extrapolación descritos por Chao *et al.*, (2014). La diversidad se comparó estadísticamente mediante intervalos de confianza al 95% considerando el traslape de los valores obtenidos en cada tratamiento extrapolado a un mismo número de individuos (Sanjuan-Trejo *et al.*, 2021). Se utilizó el paquete de iNEXT online (<https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>) para obtener estos estimadores (Chao *et al.*, 2016).

V. RESULTADOS

5.1 Abundancia

Se colectaron un total de 13,862 individuos pertenecientes a 23 familias del orden Lepidoptera, para el municipio de Jiménez, Chihuahua, México. El Matorral xerófilo (M) tuvo 10,271 individuos colectados, la Nogalera orgánica (NO) presentó 2,302 individuos y la Nogalera inorgánica (NI) presentó 1,289 individuos. Del total de familias (23) presentes en las tres zonas, Pyralidae fue la familia con mayor abundancia (32.32% individuos), seguido de Noctuidae (23.89%), Geometridae (19.11%) y Gelechiidae (12.01%; Cuadro 3).

De acuerdo con el análisis de Kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas entre las tres zonas en la abundancia promedio por trampa ($X^2= 10.03$; $gl=2$; $P= 0.006$). Siendo M (541 ± 162 individuos por trampa) la zona de mayor abundancia, seguido de NO (191.8 ± 64.2) y por último NI (85.9 ± 29.4) con el menor valor (Fig. 6). Se aplicó una prueba *post hoc* de Tukey-Kramer para evaluar diferencias entre zonas, encontrando diferencias significativas entre M (540.57) y NI (85.93), en contraste con NO (191.83) que no fue significativamente diferente con ninguna de las otras dos zonas (Fig. 6).

Cuadro 3. Abundancia relativa de las familias encontradas del orden Lepidoptera en las tres zonas (M: matorral xerófilo, NO: nogalera orgánica y NI: nogalera inorgánica) en el municipio de Jiménez, Chihuahua, México. ND: no determinado. En negritas se muestran las familias más representativas >5%. * familias correspondientes al menos del 0.01%.

| FAMILIA | TOTAL INDIVIDUOS | M | NO | NI |
|----------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Arctiidae | 0.02% | * | 0.08% | - |
| Coleophoridae | 0.50% | 0.16% | 1.91% | 0.69% |
| Elachistidae | 0.69% | 0.20% | 2.69% | 1.00% |
| Gelechiidae | 12.01% | 13.43% | 11.64% | 1.39% |
| Geometridae | 19.11% | 22.61% | 11.03% | 5.66% |
| Gracillariidae | 0.01% | - | 0.08% | - |
| Lasiocampidae | 0.59% | 0.80% | - | - |
| Lyonetiidae | 0.05% | - | 0.30% | - |
| Noctuidae | 23.89% | 23.96% | 26.88% | 17.99% |
| Nolidae | 4.21% | 3.33% | 6.47% | 7.13% |
| Notodontidae | 0.01% | 0.01% | - | - |
| Nymphalidae | 0.01% | 0.01% | - | - |
| Psychidae | 0.01% | - | 0.08% | - |
| Pterophoridae | 0.09% | 0.06% | 0.26% | - |
| Pyralidae | 32.32% | 31.00% | 27.54% | 51.35% |
| Saturniidae | 0.01% | 0.01% | - | - |
| Sphingidae | 0.01% | * | 0.04% | - |
| Tineidae | 4.14% | 3.60% | 8.07% | 1.47% |
| Tortricidae | 0.78% | 0.56% | 1.99% | 0.38% |
| Yponomeutidae | 0.20% | 0.10% | 0.73% | 0.07% |
| Zygaenidae | 0.02% | 0.038% | - | - |
| ND | * | - | 0.04% | - |
| ND | 1.20% | - | 0.08% | 12.80% |
| TOTAL | 100% | 100% | 100% | 100% |

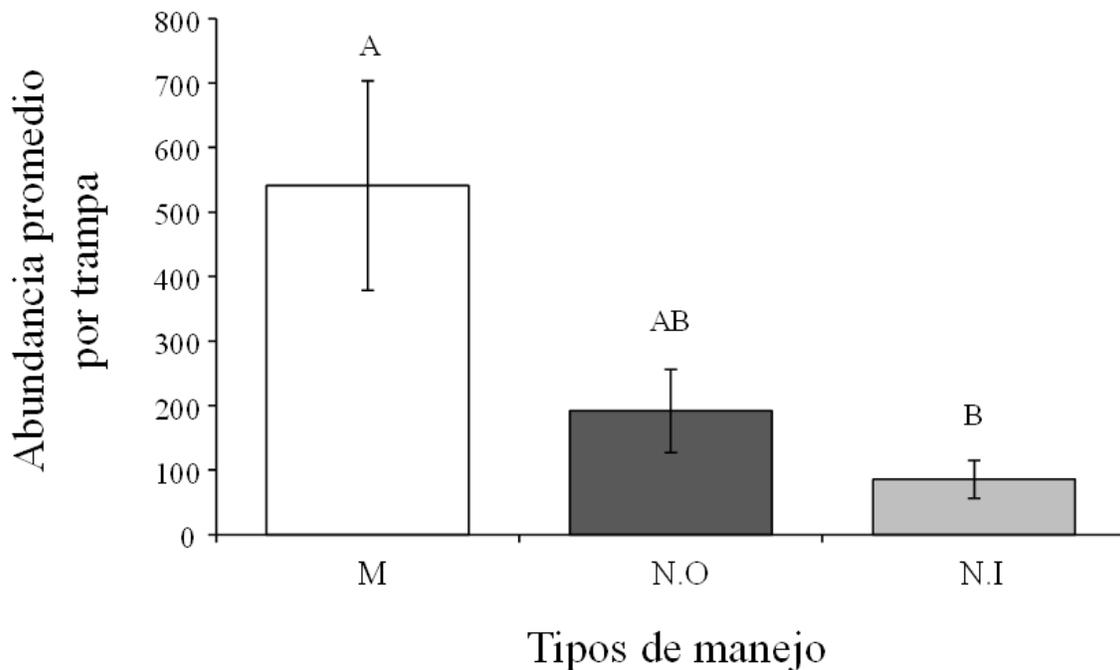


Figura 6. Abundancia promedio por trampa en las tres zonas M, N.O y N.I (M: matorral xerófilo, NO: nogalera orgánica y NI: nogalera inorgánica) ($\chi^2= 10.03$; $gl=2$; $P= 0.006$). Las barras corresponden al promedio de individuos por tratamiento y las líneas corresponden al error estándar. Las letras corresponden a la diferencia entre las medias (M: 540.57; NO: 191.83; NI: 85.93) de la prueba *post hoc* de Tukey con un intervalo de confianza del 95%.

5.2 Diversidad beta (β)

En términos de riqueza de especies (S) M presentó la mayor cantidad de morfoespecies con 184, seguido de NO con 147 y por último NI con 85; siendo en total un número de 416 morfoespecies (Anexo 1). En M se encontró el mayor número de morfoespecies exclusivas (73), compartiendo 42 con NO, 13 con NI y 56 con ambas de las zonas antes mencionadas. La NO presentó 42 morfoespecies exclusivas, compartiendo 7 con N.I. La NI presentó el menor número de morfoespecies exclusivas (9) (Fig. 7).

Se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard entre las tres zonas en todas las combinaciones posibles: M y NO; M y NI; y NO y NI. La mayor semejanza de composición de especies se dio entre la combinación M y NO (0.575), la cual tuvo una similitud de más del 50% de

morfoespecies; las combinaciones M y NI (0.188) y NO y NI (0.159) presentaron ambas una baja similitud, menor al 20%.

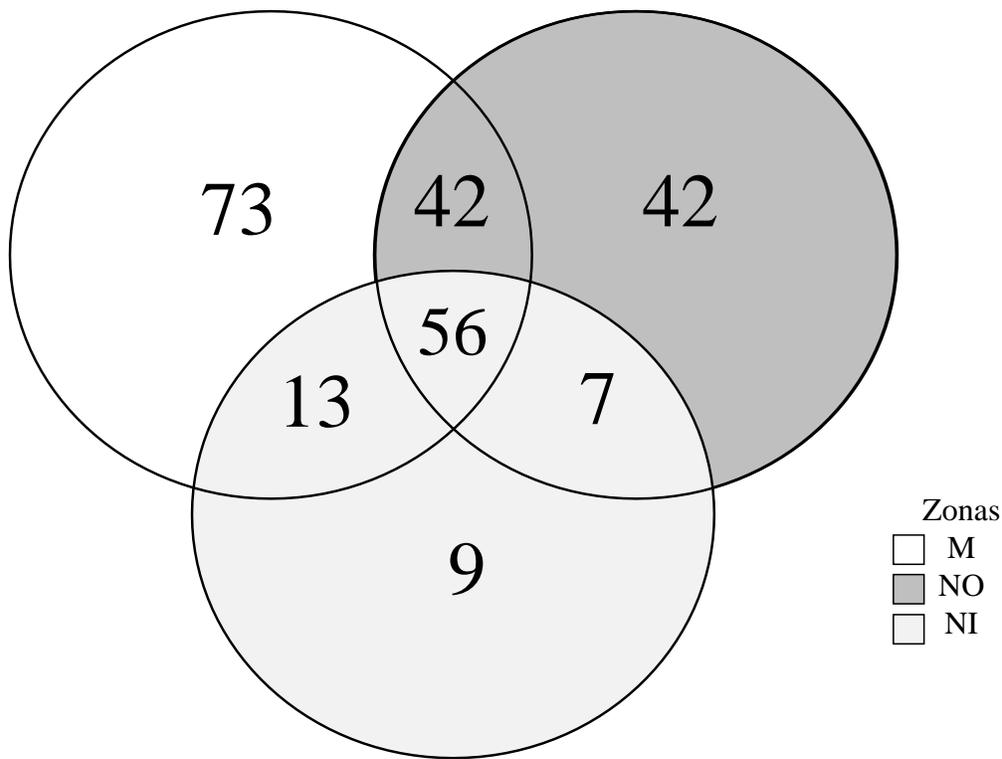


Figura 7. Riqueza de morfoespecies entre las tres zonas (M: matorral xerófilo NO: nogalera orgánica y NI: nogalera inorgánica) indicando morfoespecies exclusivas (M= 73; NO= 42; NI= 9) y morfoespecies en común (M y NO= 42; M y NI= 13; NO y NI= 7; M, NO y NI= 56). Coeficiente de similitud de Jaccard: M y NO= 0.575; M y NI= 0.188; NO y NI= 0.159.

5.3 Diversidad efectiva

La zona con los valores más altos en los tres órdenes de diversidad (0D , 1D , y 2D) fue N.O (Fig. 8). En cuanto a la riqueza de familias observadas (0D), extrapolando los datos de las zonas con menor riqueza a un tamaño de muestra común (10,271), se observó que N.O no presenta diferencias significativas con M ya que ambas zonas obtuvieron el mismo valor (18), sin embargo, NI presentó diferencias significativas tanto con M como con NO (Cuadro 4, Fig. 8).

Cuadro 4. Valores generales de las tres zonas sobre la cantidad de individuos colectados, familias y completitud de la muestra. N: Número de individuos; S.obs: familias observadas; C.hat: Cobertura de la muestra, mayor al 95% en todas las zonas.

| | MATORRAL | NO | NI |
|-----------------------|----------|-------|------|
| N | 10271 | 2302 | 1298 |
| S.OBS (FAM) | 18 | 18 | 11 |
| COBERTURA DE MUESTREO | 0.9998 | 0.999 | 0.99 |

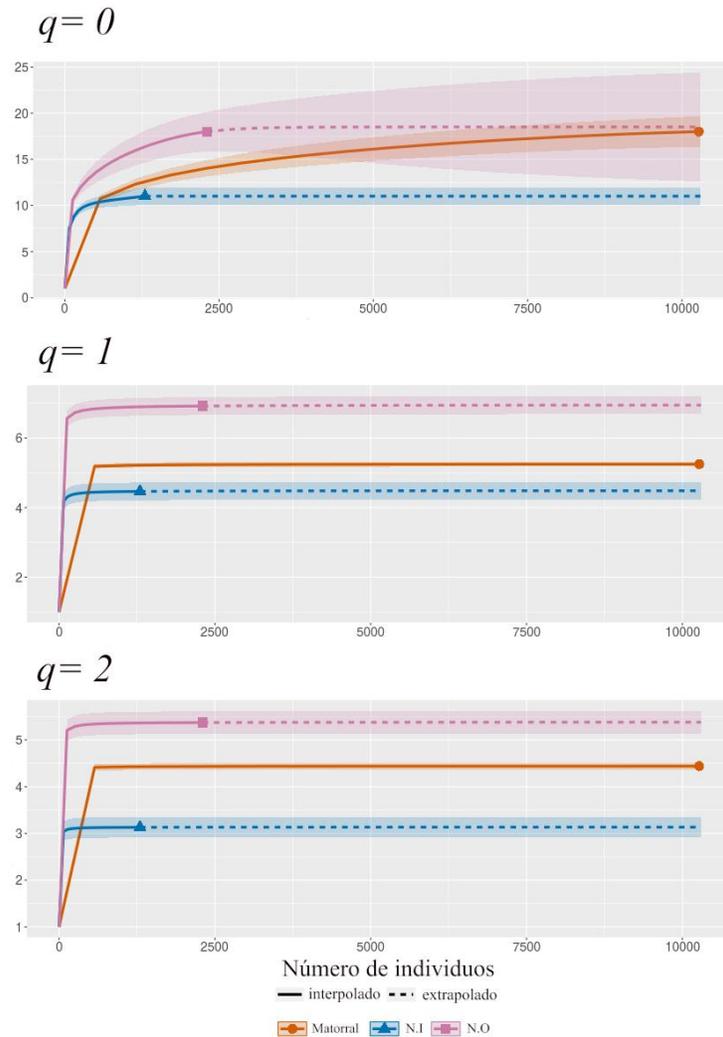


Figura 8. Curvas de interpolación y extrapolación de la riqueza y diversidad de lepidópteros en las tres zonas M: matorral xerófilo, NO: nogalera orgánica y NI: nogalera inorgánica. En las nogaleras de Jiménez Chihuahua. La línea continua de cada curva corresponde a los datos interpolados, el símbolo indica la diversidad observada y la línea punteada corresponde a los datos extrapolados. Las bandas sombreadas representan a los intervalos de confianza calculados al 95%. De arriba hacia abajo se observan los órdenes de diversidad q de la siguiente forma: $^0 D$: riqueza de familias, $^1 D$: diversidad de todas las familias y $^2 D$: diversidad de familias abundantes. Las curvas fueron extrapoladas hasta 10,271 individuos, que corresponde a la mayor abundancia registrada en nuestros muestreos.

Tanto en la diversidad que toma en cuenta todas las especies (1D) como en la diversidad de especies más abundantes (2D) se observaron diferencias significativas entre las tres zonas (Fig. 8). En ambos órdenes (1D y 2D) la diversidad entre N.O y N.I difiere considerablemente, N.O es 2.46 veces más diverso que N.I en la diversidad de orden 1 (N.O $^1D = 6.92$, N.I $^1D = 4.46$), y en la diversidad de orden 2 supera a N.I por 2.24 (N.O $^2D = 5.37$, N.I $^2D = 3.13$). M presentó valores intermedios con respecto a las otras dos zonas en ambos órdenes ($^1D = 5.25$, $^2D = 4.44$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de los tres órdenes de diversidad q (0D , 1D , y 2D) en las 3 zonas (M: matorral xerófilo; NO: nogalera orgánica, NI: nogalera inorgánica).

| ORDEN DE DIVERSIDAD | M | NO | NI |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|
| 0D | 18 | 18 | 11 |
| 1D | 5.24 | 6.29 | 4.46 |
| 2D | 4.43 | 5.37 | 3.13 |

VI. DISCUSIÓN

En el estado de Chihuahua los registros existentes de lepidópteros se limitan a la superfamilia Papilionoidea, haciendo referencia en su mayoría a las mariposas diurnas (Clench, 1965; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014); sin embargo, para el municipio de Jiménez no se tiene antecedentes de dichos insectos, siendo el presente trabajo uno de los primeros esfuerzos de registros a nivel familia de lepidópteros nocturnos (Anexo 1 y 2). Por consiguiente, se sugiere un estudio más profundo, con la finalidad de determinar una riqueza más específica de la zona de estudio.

Pyralidae fue la familia predominante en todas las zonas, lo cual se relaciona con los registros de plagas en el cultivo del nogal (Harris *et al.*, 2008; Hartfield *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2013; Nevárez y Rivero, 2013), siendo la más importante, la ocasionada por la larva del barrenador de la nuez (*Acrobasis nuxvorella*) (Tarango *et al.*, 2014). Una de las hipótesis sobre el arribo de la plaga se relaciona con la intensificación de los cultivos en esta región, gracias a la transformación de la producción alimentaria por la firma del TLCAN en 1994 (Hernández-Pérez, 2021). Siendo que el cultivo del nogal comenzó en el año de 1904 y la presencia de este insecto se registró por primera vez en 1996 (Tarango *et al.*, 2003). Los monocultivos al estar asociados con el uso de pesticidas y la reducción de hábitats propician la presencia de organismos tolerantes a la perturbación y registran una disminución en los depredadores naturales (Andow, 1983; Vides-Borell *et al.*, 2019; Barros *et al.*, 2022), por lo que la gran dominancia de este monocultivo en la región, con la subsecuente homogeneización del paisaje, pudo ocasionar explosiones demográficas de este insecto y convertirse en una plaga de gran relevancia.

De acuerdo con lo encontrado, la abundancia y riqueza total de lepidópteros asociados a plantaciones de nogal difieren entre manejos, lo que concuerda con nuestra hipótesis. Las nogaleras orgánicas presentaron una abundancia promedio mayor sobre las nogaleras inorgánicas. Este efecto se ha observado en cultivos de diversas plantas como brassicáceas, hortalizas, rosáceas y gramíneas,

donde el manejo orgánico tiene un efecto positivo sobre la abundancia de insectos, incrementando su valor, en comparación con plantaciones convencionales (Montañez y Amarillo-Suárez, 2014). El manejo orgánico, al no implementar agroquímicos, favorece la abundancia y diversidad de plantas y grupos benéficos, además de influir en la presencia de especies exclusivas (Bengtsson *et al.*, 2005). En el estudio de Gabriel y colaboradores (2010), al comparar plantaciones convencionales y orgánicas de cereales observaron que las plantaciones orgánicas, las cuales no tienen un uso de fertilizantes e insecticidas químicos, presentaban una mayor diversidad floral, lo que aumentaba la densidad de mariposas y abejas nativas en el lugar.

Los agroecosistemas y los ambientes naturales difieren en varios factores, además de la presencia o ausencia del cultivo: la densidad de las plantas, la fenología, la fertilización y el uso de agroquímicos son factores que pueden modificar directamente la estructura y función de una comunidad de insectos (Chen *et al.*, 2013). Se ha observado que, en comparación con ambientes naturales, los agroecosistemas tienen una comunidad menos diversa de insectos, ya que su dominancia se encuentra concentrada en un menor número de especies (Chao *et al.*, 2011). En estos puede haber una pérdida de hasta el 50% en la riqueza, lo que propicia una simplificación en las interacciones y en las redes tróficas del agroecosistema (Chen *et al.*, 2015). En nuestro estudio, la disminución en el número de morfoespecies exclusivas entre el matorral (73) y la nogalera inorgánica (9), puede estar influida por la modificación en las redes tróficas gracias a la presencia de agroquímicos, ya que su constante aplicación, además de eliminar a las especies blanco, puede provocar brotes de gremios específicos debido a la eliminación de depredadores naturales (Sánchez-Bayo, 2021).

La actividad agrícola no solo tiene efecto sobre la diversidad local, sino también sobre la diversidad a nivel de paisaje (Clough *et al.*, 2007). Al comparar la diversidad beta de nuestras zonas se observó que el mayor grado de similitud se dio entre el matorral y la nogalera orgánica, lo que significa que la estructura de ambas comunidades fue parecida. Por otro lado, al comparar la nogalera inorgánica con las demás zonas, la similitud entre comunidades era baja, llegando a tener la mayor

diferencia con la nogalera orgánica. El efecto del tipo de manejo agronómico sobre comunidades de lepidópteros ha sido poco estudiado; sin embargo, se tiene registro de este efecto en diferentes grupos de insectos (hormigas, abejas, escarabajos), donde la mayoría de los estudios concuerdan que la diversidad beta tiende a elevarse en manejos orgánicos por la ausencia o el poco uso de pesticidas y agroquímicos (Clough *et al.*, 2007; Geiger *et al.*, 2010; Masoni *et al.*, 2017).

Además de los agroquímicos, la modificación del paisaje llega a alterar las relaciones entre la diversidad de diferentes taxones (Dainese *et al.*, 2016). Los lepidópteros al ser animales voladores poseen una movilidad amplia, por lo que la modificación del paisaje tiene un gran efecto sobre su diversidad (Betzholtz y Franzen, 2011; Kuussaari *et al.*, 2014). En específico la intensificación agrícola junto con el cambio de uso de suelo, disminuye la diversidad beta en comunidades de lepidópteros (Sharma *et al.*, 2020), ya que la heterogeneidad del paisaje suele ser mayor en ambientes orgánicos, poco perturbados o agroforestales (Kuussaari, 2007; Ekroos *et al.*, 2010; Samu *et al.*, 2016; Dantas de Miranda *et al.*, 2019).

Los cambios en la diversidad de lepidópteros varían a escala continental, regional y local, lo que sugiere un conjunto de diferentes factores estresantes (Wagner *et al.*, 2021). En nuestro estudio, tanto el tipo de manejo como el tamaño de las plantaciones son factores que modifican la diversidad de familias de lepidópteros, sugiriendo que el matorral llegaría a tener los valores más altos en nuestros parámetros. Sin embargo, el índice de diversidad alto obtenido en la nogalera orgánica, incluso mayor al matorral xerófilo, no respalda nuestra hipótesis.

El cultivo de la nuez pecana en el municipio de Jiménez se desarrolla de manera extensiva, ocupando aproximadamente 13, 940 hectáreas del territorio municipal (SIAP, 2018). Éste al ser de carácter arbóreo difiere completamente de la vegetación natural (matorral xerófilo), lo que genera un cambio relevante en el ambiente y en su estructura (Urbina, 2015). Las plantaciones frutales poseen una arquitectura particular, pues además del sistema de plantación de los árboles para asegurar la fructificación, dentro del árbol la ramificación y los patrones de crecimiento contribuyen a una organización compleja (Cortesero *et al.*, 2000).

De esta forma, en las plantaciones frutales se pueden encontrar múltiples estratos, los cuales crean una diversidad de hábitats y recursos para diversos taxones: sitios de descanso, diapausa o hibernación, áreas de reproducción, fuentes de alimento. (Simon *et al.*, 2010). Estos recursos, además de la ausencia de agroquímicos en la nogalera orgánica pudieron haber sido la razón del aumento en la diversidad de familias de los lepidópteros, incluso por encima del matorral xerófilo. De esta forma las plantaciones orgánicas de nogal están funcionando como sitios intermedios con condiciones microclimáticas que favorecen la presencia de ciertas familias de lepidópteros.

El conocimiento sobre el efecto de la agricultura intensiva en la diversidad faunística de zonas áridas es escaso (Khoury y Al-Shamli, 2006; Piñero *et al.*, 2011), sin embargo, se sabe que la vulnerabilidad de estas zonas es alta ante la degradación. Su gran dependencia a las lluvias ocasiona que los organismos vivan en el límite de sus umbrales de supervivencia, haciéndolos particularmente sensibles al cambio (Campuzano *et al.*, 2022). En nuestra zona de estudio la extensión de territorio cultivado se extiende ampliamente en el paisaje, por lo que existe un gran cambio y una gran fragmentación de éste. Los lepidópteros al tener una movilidad mayor que los insectos terrestres se ven más afectados por la composición del paisaje (Betzholtz y Franzen, 2011; Kuussaari *et al.*, 2014); sin embargo, nuestros resultados indican que la aplicación de un manejo orgánico puede ayudar a mantener la diversidad de éstos en ambientes altamente homogéneos.

Las plantaciones orgánicas tienen un menor impacto ambiental, pero su efecto difiere dependiendo del tamaño de la plantación (Bavec y Bavec, 2015). Se ha observado que el manejo orgánico tiene un mayor efecto sobre la riqueza y diversidad de especies en plantaciones extensivas que en plantaciones a escala pequeña (Bengtsson *et al.*, 2005). Esto se puede relacionar con el aumento en los parámetros de los lepidópteros en nuestro estudio, ya que la producción del nogal se desarrolla a una escala mayor. De esta forma el implementar más cultivos orgánicos en zonas extensivas podría ayudar a elevar o mantener la diversidad de lepidópteros, además de contribuir a la heterogeneización del paisaje (Fuller, 2005; Rundlöf y Smith, 2006).

El paisaje agrario de manejo orgánico representa un ambiente con niveles altos de diversidad, ya que puede funcionar como conexión entre los parches de áreas naturales generados por la fragmentación del paisaje (Perfecto y Vandermeer, 2008). Por lo que, si se tiene una amplia zona natural rodeada por un paisaje agrario homogéneo, ésta puede llegar a ser menos diversa que una zona natural pequeña y fragmentada, la cual se encuentre rodeada por plantaciones orgánicas que asemejen la heterogeneidad del ambiente y sirvan como conexiones entre los fragmentos (Perfecto *et al.*, 2009; Dotson, 2019).

Se debe reconocer que la superficie terrestre está dominada por ambientes ya modificados, y la cobertura dedicada para la producción de alimento (vegetal y animal) domina ya el 38% de la tierra a nivel mundial (FAO, 2020). Por ello, es necesario pensar en estrategias que nos permitan integrar el manejo de los sistemas agropecuarios con una adecuada dinámica de paisaje que fomente la diversidad a estas escalas.

La separación y la integración de las áreas naturales con el paisaje agrícola, mejor conocido como *land sparing* y *land sharing* en inglés, ha sido un debate controversial de gran importancia desde la década pasada (Salles *et al.*, 2017; Loconto *et al.*, 2020). La separación total del ambiente natural con el paisaje agrícola o *land sparing* (LSP) fue un término utilizado por primera vez en 2005 por Green *et al.* Ellos proponen un modelo donde la implementación de áreas pequeñas con usos intensivos agrícolas presenta un menor impacto en la biodiversidad, ya que hay una menor transformación de la tierra a campos de cultivo y se mantienen las áreas naturales relativamente intactas. Esta idea tuvo mayor apoyo por parte de la comunidad agrícola e industrial gracias a la facilidad de implementación, mantenimiento y ganancia de producción (Loconto *et al.*, 2020). Sin embargo, este modelo no toma en cuenta a las metacomunidades presentes tanto en el paisaje agrícola como en las áreas naturales, divididas por estos monocultivos, lo cual fue ampliamente criticado por la comunidad científica enfocada en la conservación (Vandermeer y Perfecto, 2005; Matson *et al.*, 2006).

Por el contrario, se propuso el modelo de *land sharing* (LSH), donde en vez de separar por completo el paisaje natural del agrícola, se propone una integración entre ambos a través de la agricultura alternativa, diversa y agroecológica, con el fin de mantener la biodiversidad a nivel del paisaje (Phalan *et al.*, 2011; Perfecto y Vandermeer, 2012). Esta propuesta ha tenido menos apoyo debido a las diferentes técnicas que se requieren para mantener la semejanza del área natural y la considerable reducción en la producción, lo cual no satisface completamente la demanda alimenticia que se tiene actualmente (Matson *et al.*, 2006; Salles *et al.*, 2017). Sin embargo, la distribución actual del paisaje no nos permite del todo utilizar una u otra técnica, por el contrario, se debe adecuar a las características del ambiente y sus alrededores.

En nuestro estudio la implementación exclusiva de uno u otro modelo no sería viable, ya que las características de nuestro sistema difieren con ambos modelos. El modelo LSP propone la implementación de áreas pequeñas con manejos intensivos; sin embargo, el cultivo del nogal en Jiménez se desarrolla de manera extensiva y el uso de manejos intensivos, como se observó en nuestros resultados, tiene efectos negativos en la diversidad de lepidópteros. Por otro lado el modelo LSH propone la integración del agroecosistema con la matriz natural; sin embargo, en nuestro estudio la vegetación aledaña (matorral xerófilo) y la vegetación de las plantaciones (arbórea) difieren completamente, por lo que no es posible una completa integración de ambos ambientes. No obstante se observó que la implementación de manejos orgánicos en plantaciones extensivas tiene un efecto positivo sobre la diversidad de lepidópteros.

La distribución de las plantaciones de nogal en el municipio de Jiménez se asemeja más al modelo de LSP, ya que existe una clara separación entre el agroecosistema y la vegetación natural, pero con lo observado en este trabajo se recomienda la implementación de manejos orgánicos como en el modelo LSH, para crear cierta heterogeneidad en el paisaje y mantener la diversidad de lepidópteros.

VII. CONCLUSIONES

El impacto que tiene la agricultura en los ecosistemas es una problemática de gran relevancia, ya que su manejo tiene un efecto negativo o positivo en los diferentes taxones. En este estudio, se observó una estrecha relación entre los parámetros comunitarios de los lepidópteros y el tipo de manejo agrícola.

La presencia de agroquímicos, característico de las plantaciones intensivas, se relaciona directamente con la disminución en los parámetros de abundancia, riqueza y diversidad de lepidópteros. Su constante aplicación modifica la estructura y función de la comunidad de este orden.

En las plantaciones orgánicas los valores de abundancia, riqueza y diversidad fueron considerablemente altos, en ocasiones incluso por encima del área natural. Esto respalda la idea de que los manejos orgánicos (policultivos, cultivos de cobertura (*cover crops*), fertilización orgánica, etc.) influyen de manera positiva a la diversidad de este orden.

Las plantaciones de nogal con un manejo orgánico pueden servir como sitios intermedios con condiciones propicias para el mantenimiento de la diversidad de lepidópteros en el municipio de Jiménez.

El manejo orgánico en zonas extensivas, como la plantación del nogal en Jiménez, tiene efectos positivos en la diversidad de lepidópteros, por lo que se recomienda una mayor implementación.

Cabe mencionar que cada taxón tiene roles e interacciones diferentes en el ambiente, por lo que entre más amplio sea el conocimiento sobre estos más acertada será su conservación. De esta forma se hace la invitación a futuros estudios sobre lepidópteros nocturnos en el país, ya que es un orden muy diverso y de gran importancia agrícola y ecológica.

LITERATURA CITADA

Aguilar Pérez, J. H. (2007). Principales Plagas de nogal en el Norte de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Folleto Técnico Núm. 14. Zaragoza, Coahuila, México. 28 p.

Alexandridis, T. K., Andrianopoulos, A., Galanis, G., Kalopesa, E., Dimitrakos, A., Katsogiannos, F. y Zalidis, G. (2018). An integrated approach to promote precision farming as a measure toward reduced-input agriculture in northern Greece using a spatial decision support system. *Comprehensive Geographic Information Systems*, 2(15), 315-352.

Alpert, E., Smale, M. y Hauser, K. (2009). Invertir en la pequeña agricultura es rentable. Cómo dirigir la inversión en agricultura. Informa Oxfam Internacional.

Andow, D. (1983). The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agric. Ecosystems Environ.*, 9: 25-35.

Ávila-Arce, A., González-Milán, D. J., Montaña-Méndez, I. E. y Vizcaíno-Villareal, L. A. (2020). Análisis de la competitividad y comercialización de nuez pecanera mexicana en el mercado internacional. *Rev. Mex. Cienc. Agric.*, 11(4), 895-904.

Bachand, M., Pellerin, S., Côté, S. D., Moretti, M., De Cáceres, M., Brousseau, P.-M., Cloutier, C., Hébert, C., Cardinal, E., Martín, J-L. y Poulin, M. (2014). Species indicators of ecosystem recovery after reducing large herbivore density: Comparing taxa and testing species combinations. *Ecological Indicators*, 38, 12–19.

Barros, A.P., de Carvalho Silva, A., de Souza Abboud, A.C. *et al.* (2022). Effect of *Cosmos*, *Crotalaria*, *Foeniculum*, and *Canavalia* species, single-cropped or mixes, on the community of predatory arthropods. *Sci Rep* **12**, 16013.

Bavec, M., y Bavec, F. (2015). Impact of organic farming on biodiversity. In Y. Lo, J. A. Blanco, & S. Roy (Eds.), *Biodiversity in Ecosystems - Linking Structure and Function*. IntechOpen.

Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A.-C. (2005), The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42: 261-269.

Betzholtz, P.E., & Franzen, M. (2011). Mobility is related to species traits in noctuid moths. *Ecological Entomology*, 36(3), 369–376.

Camacho-Velázquez, A., Rios-Carrasco, S. y Vázquez-Santana, S. (2016). Biología reproductiva de la subfamilia Cactoideae (Cactaceae). *Cactáceas y suculentas mexicanas*, 61(4), 100-127.

Campuzano, E.F., Briones, O., Larsen, J., Guillén-Cruz, G., Fernández-Luqueño, F. y Flores-Rentería, D. (2022). Procedure for assessing biological soil degradation in arid zones of Northeastern Mexico. *Reality, Data and Space International Journal of Statistics and Geography*, 13(1), 38-57.

Castillo, A. A. F., Harris, M., Puebla, A. A. F., & Zamorano, W. V. (2013). Trampeo e identificación de la feromona sexual del gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en México. *Biotecnia*, 15(2), 25-30.

Cervantes-Vázquez, María Gabriela, Orona Castillo, Ignacio, Vázquez Vázquez, Cirilo, Fortis Hernández, Manuel, & Espinoza Arellano, José de Jesús. (2018). Comparative analysis of pecan orchards (*Carya illinoensis* Koch) in the Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 25-35.

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K. et al. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45– 67.

Chao, A., Ma, K. H., y Hsieh, T.C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/.

Chao D, Fu Z-H, Zhao H-Y. 2011. Structure and dynamics of arthropod communities in kiwifruit orchards. *J. Northwest A F Univ. Nat. Sci. Ed.* 39(11):89–96

Chen, Y. H., Gols, R., & Benrey, B. (2015). Crop Domestication and Its Impact on Naturally Selected Trophic Interactions. *Annual Review of Entomology*, 60(1), 35–58.

Chen Y. H., Langellotto G. A., Barrion A. T., Cuong N. L.. 2013. Cultivation of domesticated rice alters arthropod biodiversity and community composition. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 106(1):100–10

Clench, H. K. (1965). A collection of butterflies from western Chihuahua, Mexico. *Entomological News* 76:157-162.

- Cleveland, C.J., Betke, M., Federico, P., Frank, J.D., Hallam, T.G., Horn, J., López, J.D., Jr, McCracken, G.F., Medellín, R.A., Moreno-Valdez, A., Sansone, C.G., Westbrook, J.K. y Kunz, T.H. (2006), Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 238-243.
- Clough, Y., Holzschuh, A., Gabriel, D., Purtauf, T., Kleijn, D., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. y Tschardt, T. (2007). Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. *Journal of Applied Ecology* 44, 804-812.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2021. Áreas Naturales Protegidas decretadas http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm. Consultado el 27/09/2022.
- Corona-Ramírez, I. (2016). El desarrollo de la agricultura y el impacto que tendría en las finanzas públicas de México. Premio Nacional de las Finanzas Públicas.
- Cortés, D.O. 1975. Caracterización de floración en nogal. Río Bravo, Tamps. CIAT INIA. Circular Informativa 1(12).
- Cortesero A.M., Stapel J.O., Lewis W.J. (2000) Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control, *Biol. Control* 17, 35–49.
- Coutiño Constantino, A. E. (2001). Aspectos fenológicos de *Cydia caryana* (Fitch) en Derramadero, Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Dainese, M., Isaac, N.J.B., Powney, G.D., Bommarco, R., Öckinger, E., Kuussaari, M., Pöyry, J., Benton, T.G., Gabriel, D., Hodgson, J.A., Kunin, W.E., Lindborg, R., Sait, S.M. and Marini, L. (2017), Landscape simplification weakens the association between terrestrial producer and consumer diversity in Europe. *Glob Change Biol*, 23: 3040-3051.
- Dantas de Miranda, M., Pereira, H.M., Corley, M.F.V. *et al.* (2019). Beta diversity patterns reveal positive effects of farmland abandonment on moth communities. *Sci Rep* 9, 1549.
- Dar, A. A. & Jamal, K. (2021). Moths as ecological indicators: A review. *Munis Entomology & Zoology*, 16 (2):833-839.

- De Grammont, Hubert C. (2010). La evolución de la producción agropecuaria en el campo mexicano: concentración productiva, pobreza y pluriactividad. *Andamios*, 7(13), 85-117.
- Dotson, E. (2019) "Lepidopteran diversity and abundance across five different indigenously managed land use zones in the Naso-Teribe Territory, Bocas del Toro Province, Panama". *Independent Study Project (ISP) Collection*. 3114.
- Ekroos, J., Heliölä, J. y Kuussaari, M. (2010). Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 47 (2), 459-467.
- Fabrizio, G. C., Elmarie, V. der W., & Gesine, M. C. (2018). Propagation of Pecan (*Carya illinoensis*): A review. *African Journal of Biotechnology*, 17(18), 586–605.
- Falcón-Brindis, A., León-Cortés, J.L. y Montañez-Reyna, M. (2021). How effective are conservation areas to preserve biodiversity in Mexico? *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(4), 399-410.
- FAO. (2017). The future of food and agriculture- Trends and challenges. Roma.
- FAO. (2020). Alimentación y agricultura sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/sustainability/news/detail/es/c/1279267/>. Consultado el 06/03/23.
- Farag, H. A. (2022). 'Impacts of Organic Farming on Insects Abundance and Diversity', en D. H. El-Shafie (ed.), *Global Decline of Insects*, IntechOpen, Londres.
- Flores-Contreras, I., & Luna-Reyes, M. (2017). Diversidad y distribución de cinco familias de papilionoidea (lepidoptera) de las selvas altas en la provincia biogeográfica del golfo de México. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 33(2), 211-230.
- Fú, A. A., Grageda, J., Apodaca, C., Urías, E. y Millanes, R. (2015). Evaluación de daños en productividad de nuez por las diferentes generaciones del gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* en la costa de Hermosillo, Sonora. Memoria del XVI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Septiembre. Hermosillo, Sonora. 112-117 pp.

Fu-Castillo, A. A., Harris, M., Fontes-Puebla, A. A. y Verdugo-Zamorano, W. (2013). Trampeo e identificación de la feromona sexual del gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en México. *Biotecnia* 15 (2): 25-30.

Fuller, R. J., Norton, L. R., Feber, R. E., Johnson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C., Mathews, F., Stuart, R. C., Townsend, M. C., Manley, W. J., Wolfe, M. S., Macdonald, D. W., & Firbank, L. G. (2005). Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology Letters*, 1(4), 431–434.

Gabriel, D., Sait, S. M., Hodgson, J. A., Schmutz, U., Kunin, W. E., y Benton, T. G. (2010). Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters*, 13(7), 858–869.

García-González, C. G., Porrás-Flores, D. A., Arras-Vota, A. M., Prieto-Ampáran, J. A. y Ortega-Rodríguez, A. (2020). Evolución reciente de la producción de nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangech) Koch) en Chihuahua, México. *Agroproductividad*, 13(3), 55-64.

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 97–105.

Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 359p.

Green, R. E., Cornell, S. J. y Balmford, A. (2005). Farming and the Fate of Wild Nature. *Science*, 307 (5709), 550-555.

Harris, M. K., Agustín Fu, A. A., Nunez, H., Aranda-Herrera, E., Moreira, J. A., Steven McElfresh, J., & Millar, J. G. (2008). A new pheromone race of *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 101(3), 769-776.

Hartfield, E. A., Harris, M. K., & Medina, R. F. (2012). Population structure of the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella* throughout its geographical distribution. *Agricultural and forest entomology*, 14(2), 119-125.

Heppner, J. B. (2002). Mexican Lepidoptera biodiversity. *Insecta mundi*, 16: 171-190.

Hernández-Pérez, J. L. (2021). La agricultura mexicana del TLCAN al TMEC: consideraciones teóricas, balance general y perspectivas de desarrollo. *El trimestre económico*, 88(352), 1121-1152.

INAFED. (2010). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Chihuahua.

INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2017. INEGI.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2007) Reserva de la Biosfera Mapimí. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consultado el 21/08/22. (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/2/mapimi.html>).

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2013) Guía para la plantación y cuidado de árboles jóvenes de G94 pecán. – Buenos Aires: Ediciones INTA. 25 p.

Johnson, N., y Triplehorn, C. A. (2004). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. (7th ed.). Brooks/Cole.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363–375.

Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A. y Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132.

Khoury, F. y Al-Shalimh, M. (2006). The impact of the intensive agriculture on the bird community of a sand dune desert. *Journal of Arid Environments*, 64 (3), 448-459.

Kuussaari, M., Heliölä, J., Luoto, M. y Pöyry, J. (2007). Determinants of local species richness of diurnal Lepidoptera in boreal agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122(3), 366-376.

Kuussaari, M., Saarinen, M., Korpela, E. L., Pöyry, J. y Hyvönen, T. (2014) Higher mobility of butterflies than moths connected to habitat suitability and body size in a release experiment. *Ecol Evol*, 19,3800-11.

Lal, R., Miller, F. P., y Logan, T. J. (1988). Are intensive agricultural practices environmentally and ethically sound? *Journal of Agricultural Ethics*, 1(3), 193–210.

Littlewood, N.A. (2008), Grazing impacts on moth diversity and abundance on a Scottish upland estate. *Insect Conservation and Diversity*, 1: 151-160.

- Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. y Warren, A. (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 353-371.
- Loconto, A., Desquilbet, M., Moreau, T., Couvet, D., & Dorin, B. (2020). The land sparing – land sharing controversy: Tracing the politics of knowledge. *Land Use Policy*, 96, 103610.
- López-González, Celia, y García-Mendoza, Diego F. (2006). Murciélagos de la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México. *Acta zoológica mexicana*, 22(2), 109-135.
- Machado, H. y Campos, M. (2008). Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. *Pastos y Forrajes*, 31(4), 1.
- Maes, D. y van Dyck, H. (2001). Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? *Biological Conservation*, 99 (3), 263-276.
- Marín, S., Bertsch, F. y Castro, L. (2017). Efecto del manejo orgánico y convencional sobre propiedades bioquímicas de un Andisol y el cultivo de papa en un invernadero. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 27-46.
- Masoni, A., Frizzi, F., Brühl, C., Zocchi, N., Palchetti, E., Chelazzi, G., & Santini, G. (2017). Management matters: A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 246, 175–183.
- Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2006). Agricultural Intensification: Will Land Spared from Farming be Land Spared for Nature? *Conservation Biology*, 20(3), 709–710.
- Millard, J.; Outhwaite, C.L.; Kinnersley, R.; Freeman, R.; Gregory, R.D.; Adedija, O.; Gavini, S.; Kioko, E.; Kuhlmann, M.; Ollerton, J.; et al. (2021) Global effects of land-use intensity on local pollinator biodiversity. *Nat. Commun*, 12, 2902.
- Moccia, F., Agustin-Salazar, S., Berg, A. L., Setaro, B., Micillo, R., Pizzo, E., Weber, F., Gamez-Meza, N., Schieber, A., Cerruti, P., Panzella, L., & Napolitano, A. (2020). Pecan (*Carya illinoensis* (Wagenh.) K. Koch) Nut shell as an accessible polyphenol source for active packaging and food colorant stabilization. *ACS sustainable chemistry & engineering*, 8(17), 6700–6712.
- Montañez, María N., & Amarillo-Suárez, Ángela. (2014). Impact of organic crops on the diversity of insects: a review of recent research. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 131-142.

- Montañez-Reyna, M., León-Cortés, J. L., Infante, F., Naranjo, E. J. y Gómez-Velasco, A. (2022) Diversity and Climatic Distribution of Moths in the Tribe Arctiini (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae) in Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 115(3), 253–266.
- Moreno, C. E. 2001. Método para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Morrone, J.J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 90, e902980.
- Naturalista. (2022). Plantas Jiménez Chihuahua Mx. <https://www.naturalista.mx/places/101614#taxon=47126>. Consultado el 1/09/22.
- Nájera, A. K. (2016). Caracterización del ciclo biológico de *Cydia pomonella* (L). mediante unidades calor en Chihuahua: región manzanera 2013-2014. Tesis de Licenciatura. Chihuahua, México.
- Nevárez, G. G., & Rivero, S. H. T. (2013). Efficacy of *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for the biological control of *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Cydia caryana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Southwestern Entomologist*, 38(3), 523-530.
- New, T. R. (2004). Moths (Insecta: Lepidoptera) and conservation: background and perspective. *Journal of Insect Conservation*, 8(2/3), 79–94.
- Núñez, M.J., G.B. Valdez, D.G. Martínez, y C.E. Valenzuela. (2001). El Nogal Pecanero en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 3. ISSN-1405-597X. México. 209 p.
- Ojeda-Barrios D. L., O. A. Hernández-Rodríguez, G. R. López-Ochoa y J. J. Martínez-Téllez. 2009: Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. *Tecnociencia Chihuahua* 3(3): 115-120.

Orona-Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Fortis-Hernández, M., Vázquez-Vázquez, Cirilo y Gallegos-Robles, M. Ál. (2013). Producción y comercialización de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en el norte de Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3), 461-476

Ordóñez-García, M., Bustillos-Rodríguez, J.C., Loya-Márquez, J., Rios-Velasco, C. y Jacobo-Cuellar, J. L. (2015). Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Chihuahua, México. *Métodos en Ecología y Sistemática*. 10 (1) 67-78.

Phalan, B., Onial, M., Balmford, A., & Green, R. E. (2011). Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation: Land Sharing and Land Sparing Compared. *Science*, 333(6047), 1289–1291.

Pellmyr, O., Thompson, J. N., Brown, J. M., & Harrison, R. G. (1996). Evolution of Pollination and Mutualism in the Yucca Moth Lineage. *The American Naturalist*, 148(5), 827–847.

Perfecto I, y Vandermeer J. (2008) Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Ann N Y Acad Sci*. 1134:173-200.

Perfecto, I., Vandermeer, J. (2012). Separación o integración para la conservación de biodiversidad: la ideología detrás del debate "land-sharing" frente a "land-sparing". *Ecosistemas* 21(1-2):180-191.

Perfecto, I., Vandermeer, J. y Wright A. (2009). Nature's Matrix: Linking agriculture, conservation and food sovereignty. 1era edición. Earthscan, Reino Unido.

Pinero, F.S., Tinaut, A., Aguirre-Segura, A., Miñano, J., Lencina, J.L., Ortiz-Sánchez, F.J. y Pérez-López, F.J. (2011). Terrestrial arthropod fauna of arid areas of SE Spain: Diversity, biogeography, and conservation. *Journal of Arid Environments*, 75 (12), 1321-1332.

Pöyry, J., Lindgren, S., Salminen, J. and Kuussaari, M. (2004). Restoration of butterfly and moth communities in semi-natural grasslands by cattle grazing. *Ecological Applications*, 14: 1656-1670.

Retes-López, R., Moreno-Medina, S., Ibarra-Flores, F., Martín-Rivera, M. y Suárez-Suárez, N. (2021). Cultivo de nogal pecanero en la costa de Hermosillo asociado a su rentabilidad, ciclo 2020. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 48, 714-723.

Reyes-Vázquez, N. C. y Urrea-López, R. *ed.* (2016). Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México. CIATEJ. México.

Richards, A.J. (2001) Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Ann. Bot.*, 88, 165–172.

Rickert, C., Fichtner, A., van Klink, R. y Bakker, J.P. (2012) α - and β -diversity in moth communities in salt marshes is driven by grazing management. *Biological Conservation*, 146, (1), 24-31.

Riley, C.V. (1892). The Yucca Moth and Yucca Pollination. *Missouri Botanical Garden Annual Report*, 1892, 99-158.

Rodríguez, G. (2022). Cosecha de nuez aumenta 100 hectáreas por año en Jiménez. El Heraldo de Chihuahua. <https://www.elheraldodechihuahua.com.mx/local/jimenez/cosecha-de-nuez-aumenta-100-hectareas-por-ano-en-jimenez-8895332.html>, consultado el 21/11/22.

Romo, H., Sanabria, P. y García-Barros, E. (2013). Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución sobre las especies de Lepidoptera. El caso del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae). *SHILAP Revta. lepid.*, 41(162), 267-286.

SADR (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2021). México, segundo exportador mundial de nuez pecanera sin cáscara. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-segundo-exportador-mundial-de-nuez-pecanera-sin-cascara?idiom=es#:~:text=La%20dependencia%20federal%20resalt%C3%B3%20que,de%20Estados%20Unidos%20y%20Sud%C3%A1frica.>, consultado del 1/03/23.

SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_2017-2030-_parte_uno.pdf, consultado el 01/02/22.

SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257079/Potencial-Nuez_Pecanera.pdf, consultado el 17/11/22.

Salles, J.M., Teillard, F., Tichit, M. y Vinicius, M. (2017) Land sparing versus land sharing: an economist's perspective. *Regional Environmental Change*, Springer Verlag, 17 (5), pp.1455-1465.

Samu, F., Szabóky, C., Horváth, A., Neidert, D., & Tóth, M. (2016). Traits in Lepidoptera assemblages are differently influenced by local and landscape scale factors in farmland habitat islands, *Community Ecology Community Ecology*, 17(1), 28-39.

Sánchez-Bayo F. (2021) Indirect Effect of Pesticides on Insects and Other Arthropods. *Toxics*, 30;9(8):177.

Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27.

Sánchez-Jasso, J.M., Estrada-Alvaréz, J. C., Medina, J.P. y Estrada-Fernández, B.Y. (2019). Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en el paisaje urbano del municipio de Metepec, Estado de México, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90 (2659), 1-2.

Sanjuan-Trejo, G., Mejía-Segovia, D. M. y Moreno, C. E. (2021). Ensamblajes de artrópodos asociados a los frutos de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) en dos localidades del valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92, e923487.

Santa, F., Aguado, L. O., Falco-Garí, J. V., Jiménez-Peydró, R., Schade, M., Vasileiadis, V., Miranda-Barroso, L. y Peris-Felipo, F. J. (2021). Effectiveness of multifunctional margins in insect biodiversity enhancement and RTE species conservation in intensive agricultural landscapes. *Agronomy*, 2021, 11, 2093.

Sanz, F.X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16 (1):44

Scudder, G.G.E. (2017). The Importance of Insects. In *Insect Biodiversity* (eds R.G. Foottit and P.H. Adler).

SDR, Secretaría de Desarrollo Rural. 2004. Programa Sectorial Desarrollo Rural 2004-2010, 120. Disponible en: <http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/sf/uploads/indtfisc/progsec04-10/Rural.pdf>

SDR, Secretaría de Desarrollo Rural. 2012. Programa Sectorial Desarrollo Rural 2010-2016, 155. Disponible en: <http://ihacienda.chihuahua.gob.mx/tfiscal/indtfisc/progSER2010-2016/ANEXODESARROLLORURAL.pdf>

Sharma, K., Acharya, B. K., Sharma, G., Valente, D., Pasimeni, M. R., Petrosillo, I. y Selvan, T. (2020). Land use effect on butterfly alpha and beta diversity in the Eastern Himalaya, India. *Ecological Indicators*, 110, 105605.

SIAP-SAGARPA. (2018). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Informe del sistema producto nuez.

Simon, S., Bouvier, J.C., Debras, J.F. y Sauphanor, B. (2010). Biodiveristy and pest management in orchard system. A review. *Agron. Sustain, Dev.*, 30, 139-152.

SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2017). Nogal (*Carya illinoensis* W.). Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/nogal-carya-illinoensis-w>

Storey, J. B. y Wolstenholme, B.W. (1997). Desarrollo de la fruta del nogal. México CONAFRUT. 3° Ciclo de Conferencias Internacionales de Productores de Nuez de la República Mexicana. pp. 42-48.

Tarango Rivero, S. H., González Hernández, A. y García Nevárez, G. (2014). Manejo del barrenador de la nuez en Chihuahua. INIFAP. Campo Experimental Delicias. Folleto Técnico Núm. 26. Segunda edición, Delicias, Chihuahua, México. 37 p

Vandermeer, J., Perfecto, I., 2005. The future of farming and conservation. *Science* 308, 1257-1258.

Vides-Borrell, E., Porter-Bolland, L., Ferguson, B. G., Gasselin, P., Vaca, R., Valle-Mora, J., & Vandame, R. (2019). Polycultures, pastures and monocultures: Effects of land use intensity on wild bee diversity in tropical landscapes of southeastern Mexico. *Biological Conservation*, 236, 269–280.

Wagner, D. L. (2019). Insect Declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology*, 65, 457-480. Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L. y Stopak, D. (2021). Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *PNAS*, 18 (2),1-10.

Wagner, D. L., Fox, R., Salcido, D. M. y Dyer, L. A. (2021). A window to the world of global insect declines: Moth biodiversity trends are complex and heterogeneous. *PNAS*, 118 (2), 1-8.

Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G. y Vaughan-Jennings, N. (2004). Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conservation Biology*, 18 (5), 1283-1292.

Wu, J. (2008). Land use changes: Economic, social, and environmental impacts. *Choices*, 23(4), 6-10.

ANEXO I

Listado de familias del orden Lepidoptera encontradas en tres tratamientos: Matorral, NO y NI en el municipio de Jiménez, Chihuahua, México. *La clave de cada especie corresponde al número de morfoespecie asignado en cada tratamiento.

| Tratamiento | Familia | Género | Especie | Morfoespecie | No. Individuos | Claves* |
|-----------------|---------------|---------------------|------------------|--------------|--|--|
| MATORRAL | Arctiidae | ND | ND | 1 | 1 | 82 |
| | Coleophoridae | ND | ND | 2 | 17 | 86, 130 |
| | Elachistidae | ND | ND | 3 | 21 | 115, 175, 204 |
| | Gelechiidae | <i>Agonochaetia</i> | ND | 1 | 574 | 1 |
| | Gelechiidae | <i>Canarischema</i> | ND | 1 | 323 | 69 |
| | Gelechiidae | ND | ND | 12 | 483 | 25, 73-78, 102, 107, 109, 118, 176 |
| | Geometridae | ND | ND | 37 | 2323 | 12, 14-18, 27, 29, 34, 40, 44, 48, 52, 55, 64, 88, 94, 96, 100, 105, 106, 110, 112, 116, 117, 120, 122, 135, 136, 139, 143, 155, 165, 178, 180, 187, 190 |
| | Lasiocampidae | <i>Tolype</i> | <i>distincta</i> | 1 | 83 | 9 |
| | Noctuidae | ND | ND | 53 | 2461 | 2, 4, 6, 7, 13, 20, 24, 28, 31, 35, 49, 50, 53, 54, 56, 57, 60-63, 66, 68, 70, 84, 95, 114, 119, 121, 123-126, 128, 138, 144, 149, 154, 157, 158, 159, 161, 164, 166, 171, 172, 179, 181, 184, 189, 191, 193, 195, 198 |
| | Nolidae | ND | ND | 6 | 343 | 83, 99, 134, 146, 153, 199 |
| | Notodontidae | ND | ND | 1 | 2 | 196 |
| | Nymphalidae | ND | ND | 1 | 2 | 201 |
| | Pterophoridae | ND | ND | 1 | 7 | 188 |
| | Pyralidae | <i>Ephestia</i> | <i>elutella</i> | 1 | 954 | 8 |
| Pyralidae | ND | ND | 43 | 2231 | 10, 19, 23, 30, 32, 36, 42, 47, 51, 67, 72, 85, 87, 89, 90-93, 97, 98, 101, 111, 113, 127, 129, 133, 137, 140-142, 147, 148, 151, 160, 162, 167, 177, 185, | |

| | | | | | | |
|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------|----|-----|--|
| | | | | | | 186, 192, 197, 200, 202 |
| | Saturniidae | ND | ND | 1 | 2 | 203 |
| | Sphingidae | ND | ND | 1 | 1 | 81 |
| | Tineidae | <i>Tinea</i> | ND | 1 | 79 | 26 |
| | Tinedae | ND | ND | 9 | 291 | 103, 104, 132, 152, 168, 169, 173, 174, 182 |
| | Tortricidae | ND | ND | 6 | 58 | 11, 108, 131, 163, 183, 194 |
| | Yponomeutidae | ND | ND | 1 | 11 | 65 |
| | Zygaenidae | ND | ND | 1 | 4 | 145 |
| NOGALERA ORGÁNICA | Arctiidae | ND | ND | 1 | 2 | 51 |
| | Coleophoridae | ND | ND | 6 | 44 | 16, 26, 78, 88, |
| | Elachistidae | ND | ND | 3 | 62 | 40, 95, 100 |
| | Gelechiidae | <i>Agonochaetia</i> | ND | 1 | 102 | 25 |
| | | <i>Canarischema</i> | ND | 1 | 15 | 23 |
| | Gelechiidae | ND | ND | 13 | 151 | 4, 27, 29, 42, 47, 49, 62, 111, 112, 115-117, 123 |
| | Geometridae | ND | ND | 25 | 254 | 1, 11-13, 19, 21, 30, 34-36, 38, 44, 46, 50, 58, 60, 64, 65, 93, 98, 102, 105, 136, 142, 147 |
| | Gracillariidae | ND | ND | 1 | 2 | 20 |
| | Lyonetiidae | ND | ND | 1 | 7 | 124 |
| | Noctuidae | ND | ND | 39 | 619 | 3, 5, 18, 24, 31-33, 37, 39, 61, 67, 69, 72-74, 79, 80, 84, 86, 89-91, 94, 96, 97, 106, 110, 113, 114, 119, 125, 132, 137, 139, 141, 143, 145, 146 |
| | Nolidae | ND | ND | 3 | 149 | 10, 83, 109 |
| | Psychidae | ND | ND | 1 | 2 | 53 |
| | Pterophoridae | ND | ND | 2 | 6 | 121, 144 |
| | Pyralidae | <i>Ephestia</i> | <i>elutella</i> | 1 | 152 | 2 |
| | Pyralidae | ND | ND | 28 | 482 | 6-9, 22, 28, 41, 45, 55, 57, 59, 63, 68, 70, 71, 75, 103, 104, 107, 118, 126-128, 130, 131, 134, 135, 138 |
| | Sphingidae | ND | ND | 1 | 1 | 133 |
| | Tineidae | ND | ND | 9 | 186 | 17, 43, 56, 77, 81, 82, 85, 87, 101 |
| | Tortricidae | ND | ND | 5 | 46 | 48, 66, 92, 99, 129 |
| | Yponomeutidae | ND | ND | 2 | 17 | 14, 15 |

| | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|---------------------|-----------------|----|-----|---|
| | PA | ND | ND | 1 | 1 | 54 |
| | ND | ND | ND | 1 | 2 | 76 |
| NOGALERA INORGÁNICA | Coleophoridae | ND | ND | 3 | 9 | 25, 39, 72 |
| | Elachistidae | ND | ND | 1 | 13 | 40 |
| | Gelechiidae | <i>Agonochaetia</i> | ND | 1 | 2 | 49 |
| | Gelechiidae | ND | ND | 5 | 16 | 16, 24, 27, 54, 68 |
| | Geometridae | ND | ND | 10 | 73 | 17, 19, 20, 22, 23, 48, 57, 61, 65, 86 |
| | Noctuidae | ND | ND | 31 | 232 | 1, 13-15, 18, 21, 29, 31, 33, 35, 38, |
| | Nolidae | ND | ND | 4 | 92 | 4, 36, 37, 45 |
| | Pyralidae | <i>Ephestia</i> | <i>elutella</i> | 1 | 391 | 3 |
| | Pyralidae | ND | ND | 21 | 271 | 5, 7, 8, 10-12, 26, 30, 32, 34, 46, 50, 52, 59, 63, 71, 75, 76, 79, 82, 83 |
| | Tineidae | ND | ND | 3 | 19 | 28, 44, 60 |
| | Tortricidae | ND | ND | 2 | 5 | 55, 70 |
| | Yponomeutidae | ND | ND | 1 | 1 | 85 |
| | ND | ND | ND | 1 | 165 | 2 |

ANEXO II

Registro fotográfico de las morfoespecies más abundantes de cada familia del orden Lepidoptera encontradas en tres zonas: Matorral, NO y NI en el municipio de Jiménez, Chihuahua, México. (M: morfoespecie).

Figura 9. Familia Arctiidae: 1) M82 vista lateral y 2) vista dorsal (*Grammia parthenice*); Familia Coleophoridae: 3) M130 vista ventral; Familia Elachistidae: 4) M175 vista ventral; Familia Gelechiidae: 5) M1 vista ventral (*Agonochaetia* sp.) y 6) M69 vista ventral (*Canarischema* sp.).



Figura 10. Familia Geometridae: 7) M100 vista lateral; 8) M117 vista lateral; 9) M122 vista ventral y 10) patrón alar; 11) M136 vista lateral; 12) M15 vista lateral.

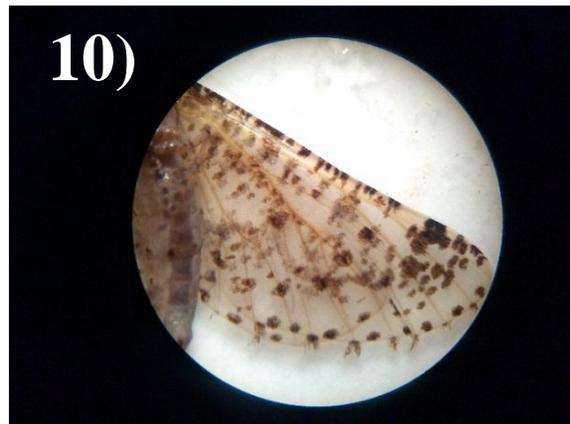


Figura 11. Familia Geometridae: 13) M17 vista lateral; 14) M34 vista lateral; 15) M52 vista dorsal; Familia Lasiocampidae: 16) M9 vista dorsal (*Tolype distincta*); Familia Noctuidae: 17) M13 vista lateral y 18) patrón alar.



Figura 13. Familia Noctuidae: 19) M28 vista ventral y 20) patrón alar; 21) M6 vista lateral y 22) patrón alar; 23) M66 vista lateral; 24) M7 vista lateral.

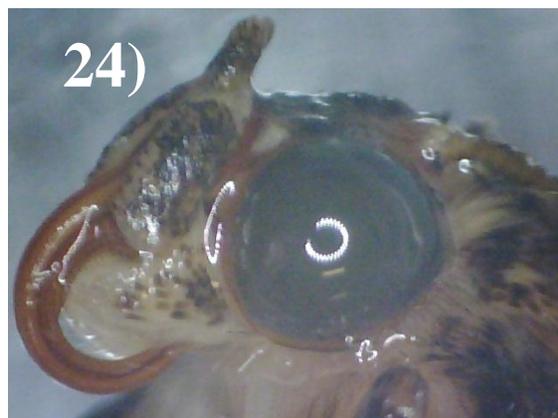


Figura 14. Familia Nolidae: 24) M153 vista ventral; 25) M83 vista lateral; Familia Notodontidae: 26) M196 vista ventral; Familia Nymphalidae: 27) M201 vista lateral; Familia Pterophoridae 28) M188 vista ventral; Familia Pyralidae: 29) M10 vista lateral.



Figura 15. Familia Pyralidae: 30) M147 vista lateral; 31) M51 vista ventral; 32) M8 vista ventral; 33) M140 vista ventral; Familia Saturniidae: 34) M203 vista ventral; Familia Sphingidae: 35) M81 vista ventral.

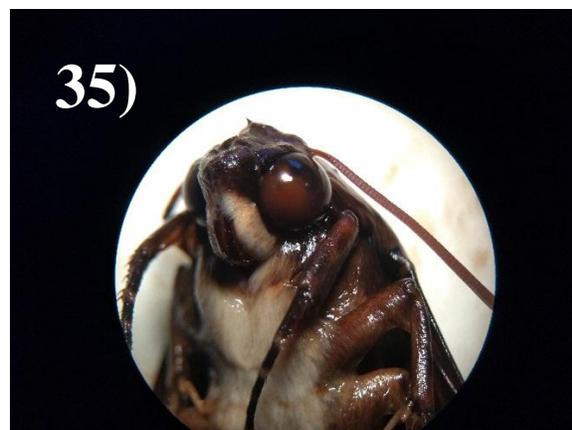


Figura 16. Familia Tineidae: 36) M132 vista ventral; 37) M173 vista ventral; Familia Tortricidae: 38) M131 vista ventral; Familia Yponomeutidae: 39) M65 vista ventral; Familia Zygaenidae: 40) M145 vista ventral; Familia Gracillariidae: 41) M20 vista ventral.



Figura 17. Familia Lyonetiidae: 42) M124 vista ventral; Familia Psychidae: 43) M145 vista lateral.

