



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**Dinámica e identificación de la comunidad de
mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera)
asociadas a un agroecosistema en Atlixco,
Puebla**

Tesis presentada para obtener el título de:

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

Paola Fascinetto Zago

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia



Noviembre, 2015

Agradecimientos

Esta Tesis forma parte del proyecto “**Dinámica de comunidades de dos grupos de artrópodos (Insecta) en un agroecosistema del centro de Puebla**”, el cual contó con el apoyo financiero de la Vicerrectoría de Investigación y estudios de posgrado (VIEP) de la BUAP.

Asimismo, agradezco a esta misma dependencia (VIEP) por el apoyo a través de una beca para estudiantes adscritos al proyecto antes mencionado.

Agradezco también al Dr. Ygnacio Martínez Laguna, por el apoyo otorgado a su servidora y por su apoyo para participar en la divulgación de este trabajo en reuniones académicas Nacionales (V Congreso Mexicano de Ecología).

A Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia, a la Dra. Hortensia Carrillo Ruiz y a la Dra. Rosa Andrés Hernández, integrantes del Cuerpo Académico de Biología Comparada y Relaciones Ecológicas, por guiarme, apoyarme y asesorarme en este proyecto.

“Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del Consejo de Ciencia y
Tecnología del Estado de Puebla”

A Dios, por acompañarme todos los días de mi vida...

Al Sr. Luis Merlo y al Sr. Fernando Rodiles por permitirme trabajar en su rancho y realizar este proyecto.

A la Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia por ser mi tutora, maestra, consejera y amiga, por todas sus enseñanzas, historias, ánimos y buenos momentos. Por compartirme su espacio, tiempo y cariño. La quiero mucho y le agradeceré siempre.

A la Dra. Hortensia Carrillo Ruiz y a la Dra. Rosa Andrés Hernández, integrantes del Cuerpo Académico de Biología Comparada y Relaciones Ecológicas, por su apoyo en este proyecto y en mi trayectoria escolar, por sus consejos, enseñanzas y momentos agradables. Y sobretodo, por darme la oportunidad de formar parte de su maravilloso equipo.

A la Dra. Dulce Figueroa Castro y al Dr. Salvador Galicia Isasmendi, por todo su apoyo, consejos, buenas charlas y enseñanzas académicas y de vida...

Y a todos los profesores que me acompañaron en mi vida escolar, que me apoyaron y motivaron a seguir adelante con sus enseñanzas y consejos.

A mis padres, que han estado conmigo sin importar las circunstancias, los amo con el alma.

Ma, gracias por tus consejos, por tus ánimos, por tu compañía, por tus regaños, por tus desvelos, por tu ejemplo... la lista de las cosas por las que tengo que agradecerte es infinita... Gracias por tu amor inagotable...

Pa, gracias por tu apoyo, por tu confianza, por las risas y las lágrimas, por las enseñanzas de vida, por estar conmigo y mantenerte fuerte. Tenemos muchas cosas por vivir juntos aún...

A mis hermanas, que no hacen más que llenarme de vitalidad y motivación...

Karina, gracias por tu apoyo, por tus consejos, por escucharme, por impulsarme a ser mejor, por tu ejemplo y por tus apapachos. Claus, gracias por mantenerme siempre viva, por tu cariño incondicional, por tus enseñanzas y por hacer mi vida especial. Son las dos mejores hermanas del mundo...

A Baruc, "mi hermano adquirido". Gracias por preocuparte por mí, por tu cariño, por todo tu apoyo, por los momentos felices, las risas y las buenas pláticas.

A mi barba Toño, por todo su cariño, por sus consejos y apoyo incondicional. Por haber estado y estar siempre en mi vida.

A mi nona, por su amor y cuidado, por sus apapachos y por preocuparse siempre por mí.

A mi sántola y a mi sántol, por su apoyo, consejos y enseñanzas de vida. Y a mis primos, que han sido siempre parte de mi amada familia.

A Betty, que se ha convertido en un miembro más de mi familia y está siempre dispuesta a ayudar.

A mi chispita, mi moka y mi frégola, que me han animado, acompañado y se han desvelado conmigo.

A toda mi familia... Mi vida no sería la misma sin ustedes.

A mi vechito, por su paciencia y compañía, por su comprensión, por sus apapachos, por su apoyo... Por escucharme, por distraerme, por alentarme. Gracias por caminar a mi lado y por todo tu amor. Te amo.

A mis amigos, que me han motivado y distraído, dándome momentos de buena charla, de desahogo y de risas imparables...

Gracias Naty por ser mi compañera de aventuras. Gracias por compartir buenos y malos momentos conmigo, por ser mi apoyo y acompañarme siempre. Eres una persona excepcional. Te quiero mucho.

Maru, Guexo y Germán, gracias por su apoyo, por todas las risas y los buenos ratos, por el chisme y los apapachos. Luis, Gera y Jane, que han sido parte de mi vida desde hace muchos años y me han acompañado a lo largo de ella. Lupita, una nueva amiga que estoy segura nunca dejará de serlo... y todos aquellos que han compartido su tiempo y su vida conmigo, que me han acompañado y entendido, muchas gracias...

Gracias por su verdadera amistad...

Gracias a todo aquél que participó de una u otra manera en este proyecto y lo hizo posible... A todo aquél que compartió un pedacito de su vida conmigo...

“No es el más fuerte el que sobrevive, tampoco es el más inteligente el que sobrevive. Es aquél que mejor se adapta al cambio”

Charles Darwin

ÍNDICE

Resumen	8
Introducción	9
Antecedentes	13
Justificación	16
Hipótesis	18
Objetivos	19
General	19
Particulares	19
Método	20
Sitio de estudio	20
Colecta e identificación de los lepidópteros	21
Análisis de los datos	23
Resultados	25
Abundancia y riqueza de especies de lepidópteros diurnos	25
Variaciones en la comunidad de mariposas diurnas con respecto a las variables ambientales	33
Gremios alimenticios y diversidad funcional de la comunidad de mariposas diurnas	35
Discusión	41
Abundancia y riqueza de especies de lepidópteros diurnos	41
Variaciones en la comunidad de mariposas diurnas con respecto a las variables ambientales	52
Gremios alimenticios y diversidad funcional de la comunidad de mariposas diurnas	55
Conclusiones	57
Bibliografía	60

Resumen

Las mariposas diurnas son organismos muy sensibles a los cambios ambientales y a la perturbación antropogénica; sin embargo, se ha propuesto que algunos agroecosistemas pueden funcionar como reservorios de diversidad, por presentar recursos añadidos y vegetación nativa en la periferia. Por lo tanto, nuestro objetivo fue evaluar la diversidad, riqueza funcional y abundancia de mariposas diurnas en los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*), además de evaluar el efecto de algunas variables ambientales (temperatura, humedad, velocidad del viento y pH del suelo) en dicha comunidad. Para lo anterior, se realizaron 12 muestreos a lo largo de un año (junio-2014 a mayo-2015) en el rancho “San Diego, La Blanca” localizado en Atlixco, Puebla, donde se establecieron tres transectos de 250 m y se colocaron seis trampas Van Someren Rydon con cebo atrayente, espaciadas 50 m una de la otra; simultáneamente se hizo captura manual con redes entomológicas a lo largo de los transectos de 9:00 a 18:00 horas. Para cada captura se registraron las condiciones ambientales y el pH del suelo se midió en 9 muestras tomadas al azar. Los resultados mostraron un total de 57 especies pertenecientes a seis familias. La abundancia y diversidad de especies varió a lo largo del año, siendo agosto y septiembre los meses más abundantes y también los más húmedos. La familia de mariposas más beneficiada por la gestión agraria fue Pieridae, pues fue la más abundante en el cultivo evaluado. Por su parte, Nymphalidae fue la familia con mayor capacidad de adaptación a los recursos alimenticios, pues se registraron especies que pueden alimentarse de los tres gremios encontrados en la comunidad: nectarívoras, acimófagas e hidrófilas. Las mariposas diurnas resultaron ser organismos sensibles a los cambios ambientales y a los cambios en la vegetación de su hábitat, por lo que sitios agrarios donde se conserva una gran cobertura vegetal herbácea, arbustiva y arbórea resultan ser benéficos para sus poblaciones, debido a que añaden recursos a la comunidad. Por lo tanto, los cultivos de alfalfa son sitios propensos para el asentamiento y conservación de lepidópteros, particularmente si se encuentran en distribución mosaico, pues cuentan con vegetación nativa y con el recurso añadido en los cultivos.

Introducción

Los insectos son uno de los grupos más diversos en los ecosistemas terrestres y ocupan una amplia variedad de hábitats, desde el nivel del mar y las regiones desérticas hasta las altas montañas, incluso el ártico (Gamez, 2010; Baquero *et al.*, 2011). Se estima que los insectos incluyen alrededor del 65% de la biota descrita; dentro de éstos, el orden Lepidoptera se considera uno de los grupos más diversos, con unas 146,000 especies agrupadas en 27 superfamilias (Luna-Reyes *et al.*, 2008), representando un 10% de todo el mundo animal (Olivares y Tapias, 2007), donde las mayores y más llamativas especies habitan en las zonas tropicales y subtropicales del planeta (Beutelspacher, 1984; Olivares y Tapias, 2007; Baquero *et al.*, 2011).

Los lepidópteros son invertebrados artrópodos pertenecientes a la clase Insecta. El nombre “Lepidoptera” se deriva de las raíces griegas *lepis*, escama, y *pteron*, ala, lo que significa “alas con escamas” (Beutelspacher, 1984; Gamez, 2010). Poseen una cutícula quitinosa alrededor del cuerpo, apéndices articulados y simetría bilateral (González, 2008). Se caracterizan por presentar cuatro alas membranosas recubiertas de escamas superpuestas, comúnmente de colores muy llamativos (Beutelspacher, 1984; Gamez, 2010). Las partes bucales son de tipo chupador, con una probóscide que se enrolla en espiral (también llamada espiritrompa) y que se aloja entre los palpos labiales, poseen ojos compuestos y antenas relativamente largas (Beutelspacher, 1984; Baquero *et al.*, 2011). Los lepidópteros constituyen uno de los grupos de insectos más fáciles de reconocer, debido fundamentalmente a la vistosidad de sus alas escamosas. Las sedas modificadas en escamas que recubren las alas y el cuerpo son las responsables de la extraordinaria variedad de patrones de coloración que caracteriza a estos insectos (Baquero *et al.*, 2011). El diseño de las alas está involucrado con el dimorfismo sexual, la protección contra los depredadores (coloración adaptativa), la forma de vuelo y la conservación o disipación de calor, entre otras cosas; además de que el mimetismo entre las especies de mariposas está bien documentado, ya que algunos patrones de coloración les ayudan a esconderse y

pasar desapercibidas (colores crípticos), aunque también existen patrones muy brillantes, conspicuos y coloridos, que son utilizados para informar a los depredadores potenciales de que los organismos que los poseen pueden ser muy desagradables al gusto. Otras especies presentan “ocelos”, áreas específicas de círculos notables en las alas y cuerpo de las orugas, que se exponen repentinamente y que pueden disuadir a los depredadores de dirigir sus ataques hacia zonas no vitales, permitiendo al organismo escapar. En otros casos, tanto las orugas como los adultos, producen sustancias químicas volátiles repelentes, y otras incluso poseen sedas barbuladas huecas que contienen productos químicos tóxicos (Gamez, 2010; Baquero *et al.*, 2011). Algunos machos pueden mostrar un comportamiento territorial, defendiendo solos o en grupo pequeñas regiones. El tamaño corporal de los adultos con las alas extendidas es muy variable, desde formas muy pequeñas (2 mm de envergadura) a especies de gran tamaño (30 cm; Baquero *et al.*, 2011).

El orden Lepidoptera se encuentra integrado por dos subórdenes: Jugatae u Homoneura y Frenatae o Heteroneura. El primero se distingue por una ausencia de probóscide, presencia de mandíbulas y venación visiblemente marcada en las alas, en las cuales las anteriores y posteriores son muy semejantes, además de que no presentan acoplamiento entre sí, por lo que a veces funcionan de manera desarticulada. El segundo suborden comprende el resto de las mariposas, caracterizadas por presentar probóscide bien desarrollada, alas con acoplamiento (*frenelum*) que les permite moverse de forma articulada y con venación reducida, incluso algunas venas de la porción basal se han perdido y han sido sustituidas por la célula discal. El suborden Frenatae o Heteroneura comprende dos divisiones: Rhopalocera o “mariposas diurnas”, que se caracterizan por tener antenas terminadas en una maza o clava y crisálidas desnudas en la fase de pupa y Heteroneura o “mariposas nocturnas”, “palomillas” o “polillas”, que incluye aproximadamente a 70 familias caracterizadas por presentar antenas flageliformes o plumosas y un capullo de seda en el suelo, entre la hojarasca o en las grietas de la corteza de los árboles cuando se encuentran en fase de pupa. La división Rhopalocera comprende alrededor de 1350 especies en México, repartidas a su

vez en dos superfamilias: Papilionoidea con unas 850 especies y Hesperioidea con unas 500 especies (Beutelspacher, 1984).

El éxito de las poblaciones de lepidópteros depende de factores climáticos y bióticos, que se interrelacionan con su comportamiento. Las amenazas más comunes que sufren las mariposas son: 1) la destrucción de sus hábitats, donde se encuentran sus plantas nutricias, u otro tipo de intervención que produzca el aislamiento de sus poblaciones como consecuencia de la fragmentación del hábitat, 2) el manejo inadecuado del hábitat, de tal manera que al interferir en las condiciones microclimáticas favorables para la fauna asociada a sus distintos estadios de desarrollo, se ponga en peligro la supervivencia de todos ellos, 3) la desaparición de zonas húmedas debido al uso de tierras para la producción agrícola, 4) la introducción de especies exóticas, tanto animales como vegetales, que pueden afectar a las especies nativas del lugar y 5) la construcción de urbanizaciones, carreteras, minas, canteras y otras obras civiles en zonas donde habitan poblaciones de las especies amenazadas (Conabio, 2008; Baquero *et al.*, 2011).

Es importante señalar que comúnmente se piensa que la captura de mariposas es el mayor riesgo que corren estas poblaciones. Sin embargo, tal y como sucede con el resto de las especies de seres vivos, es la destrucción de los hábitats lo que les hace vulnerables a la extinción. Sin embargo, el mantenimiento de los suelos de uso agrícola y ganadero puede resultar vital para evitar la desaparición de algunas especies, la recuperación de otras y el mantenimiento con poblaciones abundantes de las más resistentes. La ausencia de determinadas especies de lepidópteros en un área determinada pondría de manifiesto la disminución de la abundancia o desaparición de sus plantas nutricias, el aumento o aparición de nuevos parásitos, parasitoides y depredadores, o la introducción de especies alóctonas que compitan por el alimento o el territorio (Baquero *et al.*, 2011), por lo que se afirma que las mariposas son importantes bioindicadores (Liu *et al.*, 2004; Castillo, 2008; Luna-Reyes *et al.*, 2008; Orozco *et al.*, 2009; Gamez, 2010).

Una especie bioindicadora es aquella que, debido a su sensibilidad o resistencia ambiental, sirve para evaluar la calidad del entorno, que ha sido modificado tanto por procesos naturales como antropogénicos (Holt y Miller, 2010). De acuerdo a Orozco *et al.* (2009), las mariposas diurnas se han usado como indicadores del estado de conservación y de riqueza de ecosistemas, y de diversidad de otros grupos biológicos, debido a que tienen ciclos de vida cortos; son sensibles a variables como la humedad; la radiación solar y la temperatura; son fáciles de seguir y manejar en campo y son un grupo taxonómico relativamente bien estudiado; además de que han sido reconocidas como grupo indicador ecológico, valioso por su abundancia, diversidad, facilidad de encuentro y manejo en campo, estabilidad espacio-temporal, niveles de diversidad manejables, estables y funcionalmente importantes en casi todos los ecosistemas. Su identificación es relativamente sencilla en campo y laboratorio, sin requerir mucha experiencia taxonómica, con protocolos de captura, montaje y preservación sencillos, eficientes y rápidos. Tienen también una alta sensibilidad ambiental, con especies que sobreviven en un gran intervalo de condiciones y otras con necesidades microambientales muy estrechas, por lo que sus poblaciones responden rápido a cambios en el entorno (Gamez, 2010). Por otro lado, los ropalóceros han sido utilizados como modelos de análisis de la biodiversidad, impacto ambiental, bioconservación, estudios sistemáticos, biogeográficos, genéticos, etológicos y ecológicos (Luna-Reyes *et al.*, 2008).

A pesar de que existe la problemática global de que las acciones humanas están contribuyendo cada día más a la pérdida de la biodiversidad (Conabio, 2008), el papel que juegan los paisajes rurales en la conservación de la biodiversidad es un tema que está recibiendo creciente atención en el contexto internacional. Las áreas protegidas, por su ubicación y tamaño, son insuficientes para albergar toda la fauna y la flora en riesgo, sin embargo, se reconoce que algunos grupos humanos han logrado un manejo conservativo de los recursos (Orozco *et al.*, 2009). Considerando lo anterior y la alta sensibilidad ambiental de los ropalóceros es que se plantea este estudio, ya que el análisis de la comunidad de mariposas diurnas podría aportar valiosa información acerca de si, uno de los

cultivos agrícolas con más importancia en México y en el mundo: la alfalfa (*Medicago sativa*), podría estar funcionando como reservorio de biodiversidad.

La alfalfa se cultiva como forraje para la alimentación de ganado y tiene el valor nutricional más alto de los cultivos forrajeros. En el caso de México, se ha identificado una demanda potencial de alfalfa de alrededor de 69 millones de toneladas anuales. Cuando la alfalfa se cultiva en suelos a los que se adapta bien, es el cultivo de mayor rendimiento dentro de los forrajes (Sagarpa, 2009). Debido a la alta incidencia de este cultivo particularmente en el estado de Puebla, es que se pretende determinar si estos agroecosistemas podrían funcionar como áreas para la conservación de la diversidad de lepidópteros del estado.

Antecedentes

El estudio de los agroecosistemas ha cobrado importancia a través de los años debido a su papel ante la pérdida y conservación de la biodiversidad. Se han hecho diversos estudios que, por un lado advierten las consecuencias negativas de los cultivos agrícolas en la riqueza y abundancia de especies, pero por el otro, se exponen los beneficios de los cultivos, sobre todos aquellos en mosaico (en los cuales hay presencia de márgenes con vegetación del hábitat natural) y de los pluricultivos (combinación de varias especies cultivadas juntas) para mantener la biodiversidad en los agroecosistemas. Así, estudios como el de Marreno (2005), han mostrado el efecto de la agriculturización y de la estructura del paisaje en las interacciones polínicas en agroecosistemas pampeanos, encontrando que en los fragmentos con cultivos agrícolas existe una menor riqueza de visitantes florales que en las zonas conservadas; mientras que en las zonas agrícolas destinadas a la ganadería hubo una mayor riqueza de plantas entomófilas que en las zonas recuperadas, concluyendo que la estructura del paisaje modula el servicio de polinización y la riqueza de plantas y visitantes florales. Asimismo, Van Swaay y Warren (1999) reportaron que el aumento en la urbanización, agricultura, contaminación y otras actividades que causan destrucción y pérdida de hábitats naturales, provocan un declive en las poblaciones de mariposas en Europa, pues

los cambios generados por el uso de suelo acaban o modifican los recursos que explotan estos organismos. Sin embargo, algunas especies amenazadas de mariposas dependen de ciertos ambientes encontrados en las zonas de cultivo o artificiales, pues los claros naturales o márgenes que quedan entre los mosaicos funcionan como zonas ricas en recursos para ellas. En un estudio similar Abós (2002), utilizó a las mariposas como indicadores de los niveles de biodiversidad, reportó que la diversidad biológica de los agroecosistemas varía según las técnicas de cultivo utilizadas, reportando que los márgenes de los cultivos, al presentar vegetación espontánea del hábitat natural, tienen un impacto positivo en la diversidad de las comunidades condicionando el mantenimiento de la diversidad biológica, por lo que tanto los pluricultivos como los cultivos en mosaico funcionan mejor como reservorios de biodiversidad que los monocultivos.

Por otro lado, Abós-Castel (2005) analizó la distribución de las comunidades de mariposas en un agroecosistema en las Sierras Marginales del Prepirineo Aragonés, que incluye diversos paisajes agrarios, desde multiparcelas y pluricultivos hasta monocultivos, reportando que las comunidades de mariposas están relacionadas con la tipología vegetal y con la intensidad de la perturbación antropogénica causada por los paisajes agrarios, pues las grandes extensiones de monocultivos y la fragmentación de la vegetación natural mostraron un efecto negativo en las comunidades de lepidópteros, produciendo el empobrecimiento de su riqueza y un declinar en su diversidad, pues las fuentes de néctar para adultos y de alimento para larvas se ven reducidas; sin embargo, encontró que los márgenes entre los cultivos y los pluricultivos son buenas alternativas para mantener la diversidad biológica en un agroecosistema.

Quinteros *et al.* (2006) hicieron un estudio similar pero comparando la composición de las comunidades de lepidópteros en bosques nativos de Bolivia en los cuales se presentan diversos tipos de perturbación, como agricultura, ganadería e introducción de especies exóticas, reportando que las perturbaciones intermedias promueven una mayor diversidad de mariposas pero que cuando las perturbaciones se intensifican la diversidad disminuye, afectando principalmente a especies propias de los bosques nativos. Así también, Orozco y otros

investigadores (2009) estudiaron, en los andes colombianos, los efectos de la reducción de los bosques nativos para su uso agropecuario, afirmando que los paisajes rurales son encargados de albergar a muchas especies silvestres, complementando las estrategias de conservación de las áreas naturales protegidas. Estos autores mostraron que existe baja similitud de especies entre las zonas naturales y perturbadas debido a la presencia de especies diferentes a las típicas en ésta última, lo que puede ser un indicador del papel de los parches de bosques naturales dentro de una granja con cultivos como fuentes provisoras de recursos para las mariposas o como rutas de paso hacia parches de bosques nativos mayores, poniendo en relieve el papel que juegan los paisajes rurales en la conservación de la biodiversidad.

Recientemente, un número creciente de autores considera que además de la diversidad de especies, es importante hacer estudios donde se considere la composición funcional de las comunidades biológicas para predecir sus respuestas ante los cambios ambientales y sus efectos en los servicios ecosistémicos (Díaz *et al.*, 2011). Este tipo de estudios son importantes para entender los efectos de las especies funcionalmente similares en las propiedades del ecosistema y la respuesta de estos grupos de especies ante los cambios en el ambiente, que pueden ser debidos a la perturbación antropogénica, la disponibilidad de recursos o a los cambios climáticos, entre otras cuestiones (Hooper *et al.*, 2002).

Silvestre y colaboradores (2003) consideran que los invertebrados son organismos convenientes para realizar investigaciones sobre la diversidad funcional presente en los ecosistemas, debido a que son individuos adecuados para analizar el estado y las condiciones del ambiente del sitio de estudio y principalmente debido a su abundancia relativamente alta y a su capacidad de respuesta a las modificaciones en la estructura de los sistemas naturales. Por otro lado, Rivas-Arancibia y colaboradores (2014) hicieron un estudio donde evaluaron el efecto de la perturbación en la diversidad funcional de la comunidad de hormigas de una zona semiárida del centro de México, donde encontraron un alto nivel de similitud en cuanto a la diversidad funcional de la comunidad de hormigas

entre un sitio conservado y uno perturbado (72%), pero diferencias significativas en la diversidad de especies entre ambos sitios, concluyendo que la perturbación es un factor determinante en sitios con climas extremos que provoca que la diversidad taxonómica y funcional se vean disminuidas.

La incidencia de agroecosistemas dentro de los ecosistemas naturales es cada vez mayor, siendo hoy en día una actividad común. Esto ocasiona la fragmentación de los hábitats naturales, quedando regiones conservadas inmersas entre campos de cultivo y pastoreo (Marreno, 2005). Aunque es indudable que este tipo de perturbación afecta la diversidad específica y funcional, las pequeñas regiones naturales restantes pueden funcionar como reservorios de diversidad. Entre los organismos que se ven afectados por actividades de este tipo podemos mencionar a las mariposas, ya que son animales más sensibles a la perturbación, pues responden rápidamente a cambios de humedad, radiación solar y temperatura, así como a la introducción de especies nuevas en sus hábitats (Orozco *et al.*, 2009). Debido a esto y a la falta de información existente sobre lepidópteros asociados a los agroecosistemas en el estado de Puebla (Bandano *et al.*, 2003) resulta de vital importancia hacer un estudio en el que se evalúe la riqueza y abundancia de mariposas diurnas en una región del estado en la que no existe ningún registro de lepidópteros (municipio de Atlixco), además de conocer su respuesta ante la perturbación agrícola, pues en esta misma región la abundancia de cultivos para mantenimiento del ganado, especialmente del vacuno, es una actividad altamente incidente. De esta manera se podrá enriquecer el acervo de información sobre el orden Lepidoptera en el estado de Puebla, evaluar su respuesta ante la perturbación causada por los cultivos y finalmente proponer estrategias para la conservación de organismos en áreas agrícolas.

Justificación

El orden Lepidoptera es uno de los grupos más importantes de insectos que existen debido a su papel como polinizadores para muchos cultivos y plantas silvestres, su uso como bioindicador y por el alto valor estético que poseen

(Bandano *et al.*, 2003). No obstante, existen escasos estudios sobre la diversidad e importancia de este orden de insectos y la mayoría están enfocados en descripciones taxonómicas y en grupos particulares de mariposas más que en su diversidad general; específicamente para el estado de Puebla sólo se han publicado dos estudios: uno enfocado a la superfamilia Papilionoidea (Luna-Reyes *et al.*, 2008), y el otro enfocado a las mariposas del Parque Estatal Flor del Bosque (Bandano *et al.*, 2003). Por otro lado, año con año los efectos de la perturbación humana están siendo cada vez más evidentes en los ecosistemas, pues las actividades de baja intensidad, como la extracción de plantas o la cría de ganado que tiene lugar en largos periodos de tiempo y cuyo impacto es observado normalmente a largo plazo, están contribuyendo de manera importante en la perturbación antropogénica crónica (Martorell y Peters, 2008). Dentro de estas actividades, la agricultura tiene especial importancia, pues la presencia de agroecosistemas dentro de los ecosistemas naturales está siendo cada vez más común (Marreno, 2005).

De acuerdo con la Sagarpa (2009) en México uno de los cultivos que más destacan es el de la alfalfa, ya que representa el 60% del valor total de la producción de forrajes del país, particularmente para el uso del ganado lechero, además de ser el forraje con un mayor comercio internacional. Por lo tanto, debido a la escasez de información sobre mariposas en el estado (específicamente en el municipio de Atlixco donde no existen registros de lepidópteros de la región) y por la alta incidencia de agroecosistemas en la zona, entre los que destacan los cultivos de alfalfa (cultivos con impacto internacional), resulta importante realizar estudios que aporten información sobre las mariposas diurnas de Atlixco. De esta forma se podrá enriquecer el conocimiento de los lepidópteros del estado de Puebla (diversidad) y evaluar aspectos ecológicos como su respuesta ante la perturbación que causa el uso del suelo en la actividad agrícola. Asimismo, se podría determinar el papel de los campos de cultivo como probables reservas para mantener la diversidad en el área de estudio, de resultar cierto, se podría generar en un futuro estrategias adecuadas para la conservación, ya que se ha reconocido que existe la situación paradójica de que las áreas naturales que quedan inmersas

entre los campos de cultivo pueden funcionar como reservorios de diversidad. Así, los agroecosistemas pueden constituir un ambiente del que dependen una considerable diversidad de organismos, dentro de los cuales las mariposas destacan por su gran sensibilidad al deterioro ambiental (Liu *et al.*, 2004; Castillo, 2008; Luna-Reyes *et al.*, 2008; Orozco *et al.*, 2009; Gamez, 2010). Por otro lado, al ser las mariposas un grupo tan llamativo y vistoso, pueden funcionar como un grupo emblemático, y su estudio puede ayudar a generar conciencia entre los pobladores de las comunidades sobre la importancia de la conservación de la diversidad de especies, así como la necesidad de generar programas y estrategias adecuados para lograrlo.

Hipótesis

Dado que la literatura menciona que los agroecosistemas en mosaico (con parches de vegetación nativa) pueden funcionar como buenos reservorios de diversidad y que además las mariposas diurnas son organismos muy sensibles a los cambios ambientales y a la perturbación antropogénica, se espera que:

- a) Los cultivos de alfalfa contengan una gran riqueza y abundancia de especies de mariposas diurnas, funcionando así como reservorios de diversidad.
- b) Se encuentren nuevos registros de especies de mariposas para el estado de Puebla, debido a que los recursos que ofrecen los cultivos no se encuentran de forma natural en los paisajes nativos.
- c) Se encuentre mayor diversidad y abundancia de especies de mariposas diurnas en los bordes de los cultivos y no dentro de ellos.
- d) La abundancia y diversidad de mariposas diurnas varíe entre los meses a lo largo del tiempo, debido a los cambios ambientales entre las estaciones del año.
- e) Las variaciones en la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento sean las principales variables ambientales que afecten la abundancia de especies de mariposas diurnas.

- f) Sólo existan uno o dos gremios alimentarios dada la limitante de recursos en un agroecosistema como lo es la alfalfa, por lo que se espera que la riqueza funcional sea baja.

Objetivos

General

Evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de gremios alimentarios de la comunidad de mariposas diurnas en los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) del Rancho “San Diego, La Blanca”, ubicado en el municipio de Atlixco, Puebla.

Particulares

- Identificar las especies de mariposas diurnas presentes en los cultivos de *M. sativa* del Rancho “San Diego, La Blanca”, ubicado en Atlixco, Puebla.
- Comparar la abundancia y diversidad de mariposas diurnas encontradas entre los diferentes meses del año y entre los márgenes y el centro del cultivo (microhábitats).
- Evaluar la riqueza de recursos de los agroecosistemas a través de la identificación de los diferentes gremios alimenticios de las mariposas en el sitio de estudio y valorar el papel de los campos de cultivo agrícola como reservorios de diversidad.
- Determinar el efecto de la temperatura, humedad, velocidad del viento y pH de suelo en la comunidad de lepidópteros diurnos.
- Evaluar la riqueza de gremios alimenticios en los cultivos de *M. sativa* y su importancia dentro de este agroecosistema, dependiendo de las preferencias de las mariposas encontradas en la comunidad.

Método

Sitio de estudio

El municipio de Atlixco está localizado en la parte centro oeste del estado de Puebla , cuyas coordenadas geográficas son 18° 49' 30" y 18° 58' 30" norte y 98° 18' 24" y 98° 33' 36" oeste. Posee una altitud promedio de 1840msnm y ocupa una superficie de 293.01km². Colinda al norte con el municipio de Tanguismanalco, al noreste con los municipios de Santa Isabel Cholula y Ocoyucan, al suroeste con el municipio de Atzitzihuacan, al sur con los municipios de Huaquechula y Tepeojuma, al sureste con el municipio de San Diego la Meza Tochimilcingo, al este con la Ciudad de Puebla y al oeste con el municipio de Tochimilco. El territorio del municipio se encuentra comprendido dentro de dos unidades morfológicas: hacia el noroeste se encuentra el valle de Puebla y hacia el este el valle de Atlixco; ambos descienden de las faldas meridionales de la Sierra Nevada.

En cuanto a hidrografía, el municipio es regado por numerosas corrientes que provienen de las estribaciones del Iztaccíhuatl, siendo la principal el río Nexapa, uno de los pocos de carácter permanente y que cruza por la mitad del valle de Atlixco. Otras corrientes importantes son el Cuescomate, que cruza la ciudad de Atlixco, el río Molino y el río Palomas. Las numerosas corrientes temporales, originadas por deshielos del volcán, forman una gran cantidad de barrancas al Noroeste. Además, cuenta con un complejo sistema de canales de riego distribuido por todo el territorio, pues la agricultura (sobre todo la temporal y la de regadío) es una actividad económica de gran importancia en esta zona.

Debido a que el municipio está localizado en un valle del estado, goza de un clima privilegiado (tanto que el lema de la ciudad es "Atlixco, el mejor clima del mundo"), pues presenta la transición entre los climas templados del norte del estado y los cálidos del sur. El clima templado subhúmedo con lluvias en verano es característico de las áreas montañosas del noroeste, es decir de las estribaciones de la Sierra Nevada, mientras que el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano se presenta en el territorio centro y sur, ocupando la mayor parte del municipio.

La mayor parte de las zonas planas del municipio están dedicadas a la agricultura de riego. Al noroeste, en las estribaciones de la Sierra Nevada, se ha introducido la agricultura temporalera, la cual ha generado una enorme deforestación a causa de la sustitución de áreas boscosas de pino y cedro por cultivos. Sin embargo, aún subsisten pequeñas áreas de bosque al norte y noreste del municipio que alojan vegetación nativa de la zona. Además, se pueden apreciar pequeñas áreas de pastizal inducido y matorrales encinosos al sureste del territorio (INAFED, 2010; Gobierno de Atlixco, 2014).

Específicamente el rancho “San Diego, La Blanca”, se encuentra en el libramiento Atlixco-Izúcar de Matamoros, Lomas de Tejaluca, Atlixco, Puebla, en las coordenadas 18°52'32.7" norte, 98°25'51" oeste, a una altitud promedio de 1686msnm (figura 1).



Figura 1. Sitio de estudio. De izquierda a derecha, se observa la localización de Atlixco en el estado de Puebla, la comparación entre la ciudad de Atlixco y la ciudad de Puebla y al final la posición del Rancho San Diego, La Blanca, dentro del municipio de Atlixco, donde se señalan los tres transectos trazados en este estudio (T1, T2 y T3= transectos 1, 2 y 3, respectivamente).

Colecta e identificación de los lepidópteros

El muestreo se diseñó de acuerdo al método sugerido por Villarreal *et al.* (2006). Se realizaron 12 salidas al sitio de estudio, una por mes a lo largo de un año (de junio de 2014 a mayo de 2015) al Rancho “San Diego, La Blanca” ubicado en el

municipio de Atlixco, Puebla. En el sitio, se eligieron tres transectos de una longitud de 250 m, que estuvieron asociados a condiciones particulares: cerca del jagüey (pozo o zanja llena de agua; RAE, 2014), entre los cultivos de alfalfa y cerca de asentamiento humano (casa del rancho; figura1). En cada uno de los transectos se colocaron seis trampas Van Someren Rydon colgadas en árboles a una altura promedio de 1.30 m del suelo, espaciadas 50 m una de la otra; en la base de cada una de ellas se colocó un cebo para atraer a las mariposas diurnas, alternadamente con cebo de: piña, plátano (cada uno mezclado con cerveza, azúcar y vainilla, fermentados por un periodo de mínimo 15 días) y calamar. Una vez finalizado este proceso se realizaron muestreos manuales a lo largo de los transectos (considerando un área de 250 m X 10 m), con ayuda de redes entomológicas, desde las 9:00 a las 18:00 horas. Durante cada captura, se registró la fecha, la hora, el transecto correspondiente, la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa. Las variables ambientales se midieron con ayuda de una estación meteorológica modelo Kestrel 4300.

Los individuos colectados, fueron sacrificados al momento de la captura con etanol al 70%, que fue inyectado con ayuda de jeringas de insulina en el tórax de los organismos entre el segundo y tercer par de patas. Posteriormente, fueron guardados en sobres de papel encerado debidamente etiquetados con los datos correspondientes. De manera simultánea, se revisaron cada tres horas las trampas Van Someren Rydon, con el fin de capturar a los ejemplares que estuvieran presentes en ellas, de los cuales se registró el tipo de cebo por el cual fueron atraídos (además de los datos mencionados anteriormente). Asimismo, se colocó un sensor de temperatura y humedad HOBO Data Loggers (U12-012 onset) en cada uno de los transectos, para monitorear cada tres horas dos de las variables ambientales (humedad relativa y temperatura) durante todo el tiempo que duró el muestreo.

Después de cada muestreo, en el Laboratorio de Ecología de Comunidades de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se procedió con el montaje de los ejemplares con alfileres entomológicos en placas de unicel forradas con papel lustre blanco o con papel milimétrico (para

tener una escala de medición); a cada ejemplar se le cubrieron las alas con papel albanene, con el fin de proteger las escamas, evitar la decoloración y así poder conservarlo e identificarlo cuando fuese el momento.

Una vez terminado el muestreo y montaje de las mariposas diurnas encontradas en la región, se procedió con su identificación a nivel de especie con ayuda de guías ilustradas y manuales de identificación del orden Lepidóptera, en particular del suborden Rhopalocera (Llorente-Bousquets *et al.*, 1997; Garwood y Lehman, 2005; Glassberg, 2007; Galindo *et al.*, 2013; Warren *et al.*, 2013), para construir una colección y elaborar un manual de las mariposas diurnas presentes en agroecosistemas de alfalfa de Atlixco, Puebla y así colaborar en el registro de mariposas que se tenía del estado. Los ejemplares fueron fotografiados y colocados con sus etiquetas correspondientes en cajas de madera cubiertas con cristal; se adicionaron pastillas de naftalina para evitar la descomposición y la colonización de hongos. El análisis y preservación de los ejemplares se realizó en el Laboratorio de Ecología de Comunidades de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

Por otro lado, se hizo un muestreo adicional para identificar la vegetación nativa del sitio de estudio y hacer la medición del pH del suelo en cada uno de los transectos. Para llevar a cabo el primer punto, se hizo la identificación de las plantas a nivel familia directamente en campo, con ayuda de un especialista en el área; además, las plantas fueron colectadas y prensadas, posteriormente se pusieron a secar en un horno a 35° y se conservaron para trabajos posteriores en el laboratorio de Botánica de la Escuela de Biología de la BUAP.

En cuanto a la medición del pH del suelo, se hicieron cinco mediciones al azar por transecto. La medición fue tomada directamente en campo con ayuda de un potenciómetro Soil pH Test Kit modelo HI99121 HANNA Instruments.

Análisis de los datos

En cuanto a la abundancia y diversidad de especies, utilizando el software estadístico Past versión 3.08 (Hammer, 2015), se comparó la abundancia de mariposas y la diversidad específica (de acuerdo con el índice de diversidad de

Simpson obtenido de cada transecto por mes) a lo largo del año con ayuda de la prueba estadística Kruskal Wallis; posteriormente se realizaron pruebas de Mann Whitney para las comparaciones múltiples. Asimismo, se comparó la abundancia y diversidad entre transectos a lo largo del año usando también las pruebas Kruskal Wallis y Mann Whitney). Se realizó un prueba de χ^2 para evaluar si la variación en cuanto a abundancia y diversidad depende o no del microclima de los transectos, esto último con el software estadístico NCSS 9 (Hintze, 2013). La curva de acumulación de especies se realizó con el software Estimate S (Colwell, 2005); se obtuvo el estimador Chao 1 para evaluar la efectividad del muestreo, tomando en cuenta el número de especies nuevas que se obtuvieron mes con mes a lo largo del año. Para evaluar el efecto de las variables ambientales, sobre la abundancia de especies de mariposas, considerando las épocas del año: secas cálidas, secas frías y húmedas, se aplicó una prueba ANOVA y comparaciones múltiples de Tukey con ayuda del software Past 3.08 (Hammer, 2015). Además, utilizando el software estadístico MVSP versión 3.22 (Kovach, 2013), se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) a nivel de familias de ropalóceros, con el fin de determinar la influencia de las variables ambientales monitoreadas (temperatura, velocidad el viento, pH del suelo, humedad relativa) en la variación de la abundancia de las especies.

Finalmente, con el objetivo de evaluar la riqueza de gremios existente en el agroecosistema, se contabilizó el número de especies pertenecientes a cada gremio y se compararon mediante una prueba Kruskal Wallis para evaluar si existen diferencias significativas en cuanto a abundancia de especies por gremio alimenticio (Past 3.08, Hammer, 2015). Además, se obtuvo el índice de similitud de acuerdo a los gremios alimenticios entre transectos y entre temporadas del año, con ayuda del índice del índice de Sørensen modificado por Silvestre (Silvestre *et al.*, 2003).

Resultados

Abundancia y riqueza de especies de lepidópteros diurnos

Durante el periodo comprendido de junio de 2014 a mayo de 2015 se encontró un total de 1490 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 57 especies agrupadas en 6 familias (Pieridae, Nymphalidae, Hesperidae, Papilionidae, Lycaenidae y Riodinidae), las cuales pertenecen a dos superfamilias: Papilionoidea y Hesperioidea; ésta última sólo incluye a la familia Hesperidae (Cuadro 1).

Cuadro 1. Abundancia de las especies de mariposas diurnas encontradas en el sitio de estudio, agrupadas por familias y superfamilias. Se encontró un total de 1,490 ejemplares, pertenecientes a 57 especies. Se marcan con asterisco aquellas que son endémicas de México (*).

Superfamilia	Familia	Especie	Abundancia
Papilionoidea	Pieridae	<i>Colias eurytheme</i> Boisduval, 1852	821
		<i>Colias cesonia</i> (Stoll, 1790)	5
		<i>Eurema mexicana</i> (Boisduval, 1836)	1
		<i>Eurema salome</i> (Reakirt, 1866)	1
		<i>Eurema daira</i> (Godart, 1819)	23
		<i>Eurema proterpia</i> (Fabricius, 1775)	11
		<i>Eurema boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	2
		<i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval, 1836)	95
		<i>Catantixia nimibice</i> (Boisduval, 1836)	1
		<i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764)	11
		<i>Nathalis iole</i> Boisduval, 1836	22

	<i>Phoebis boisduvalii</i>	1
	(C. Felder & R. Felder, 1861)	
	<i>Phoebis agarithe</i> (Boisduval, 1836)	2
Nymphalidae	<i>Chlosyne lacinia</i> (Geyer, 1837)	20
	* <i>Chlosyne ehrenbergii</i> (Geyer, [1833])	64
	<i>Vanessa atalanta</i> (Frühstorfer, 1909)	16
	<i>Vanessa annabella</i> (Field, 1971)	8
	<i>Phyciodes texana</i> (W.H. Edwards, 1863)	16
	* <i>Phyciodes pallescens</i> (R. Felder, 1869)	3
	<i>Phyciodes sitalces</i> (A. Hall, 1917)	6
	<i>Agraulis vanillae</i> (Riley, 1926)	2
	<i>Anaea aidea</i> (Guérin-Méneville, [1844])	17
	<i>Dione moneta</i> Butler, 1873	1
	<i>Danaus gilippus</i> (H.W. Bates, 1863)	2
	<i>Danaus plexippus</i> (Linnaeus, 1758)	15
	<i>Junonia coenia</i> Hübner, [1822]	1
	<i>Asterocampa idyja</i> (Geyer, [1828])	1
	<i>Cissia similis</i> (Butler, 1867)	1
	<i>Nymphalis antiopa</i> (Linnaeus, 1758)	3
	<i>Biblis hyperia</i> (Cramer, 1779)	1
	<i>Smyrna blomfidia</i> (Fabricius, 1781)	1
	<i>Morpho polyphemus</i> Westwood, 1851	5

		<i>*Hamadryas atlantis</i> (H. Bates, 1864)	1
		<i>Cyllopsis</i> sp. R. Felder, 1869	14
Papilionidae		<i>Battus philenor</i> (Linnaeus, 1771)	29
		<i>Parides photinus</i> (Doubleday, 1844)	13
		<i>Papilio polyxenes</i> Cramer, 1782	8
Lycaenidae		<i>Hemiargus isola</i> (Reakirt, [1867])	3
		<i>Hemiargus ceraunus</i>	8
		(Butler & H. Druce, 1872)	
		<i>Strymon melinus</i> Hübner, 1818	1
		<i>Strymon astiocha</i> (Prittwitz, 1865)	5
		<i>Ziegleria ceromia</i> (Hewitson, 1877)	1
		<i>Leptotes marina</i> (Reakirt, 1868)	7
		<i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775)	3
	Riodinidae	<i>Calephelis</i> spp. Grote & Robinson, 1869	35
Hesperioidea	Hesperiidae	<i>Pyrgus communis</i> (Grote, 1872)	92
		<i>Ancyloxypha arene</i> (W.H. Edwards, 1871)	58
		<i>Lerema</i> spp. Scudder, 1872	4
		<i>Urbanus dorantes</i> (Stoll, 1790)	10
		<i>Urbanus procne</i> (Plötz, 1881)	2
		<i>Pholisora mexicana</i> (Reakirt, [1867])	1
		<i>Cogia hippalus</i> (W.H. Edwards, 1882)	6
		<i>Poanes zabulon</i>	2

(Boisduval & Le Conte, [1837])

Pyrrhopyge chalybea Scudder, 1872 1

Cymaenes fraus (Godman, 1900) 1

Pompeius pompeius (Latreille, [1824]) 2

Staphylus spp. Godman & Salvin, 1896 4

De acuerdo con el estimador Chao 1 se obtuvo una eficiencia de muestreo del 57% (figura 2).

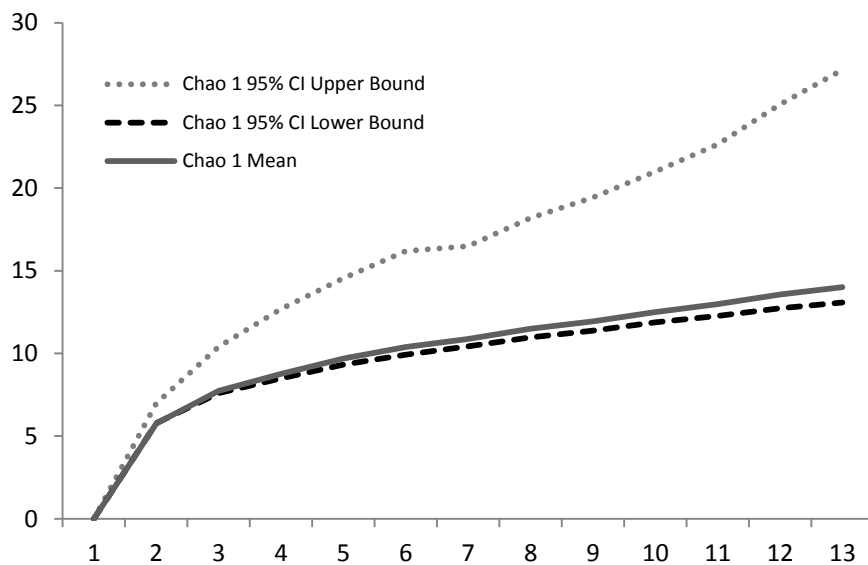


Figura 2. Curva de acumulación de especies basada en el estimador Chao 1. En líneas punteadas se observan los límites de confianza superior e inferior al 95% y en línea continua la media del estimador. Se encontró un 57% de las especies esperadas en este estudio.

Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la abundancia de individuos pertenecientes a cada familia ($H = 43.51$, $p < 0.0001$), siendo Pieridae la más abundante, con 951 ejemplares y Papilionidae, Riodinidae y Lycaenidae las que albergan menos organismos, con sólo 50, 35 y 28 organismos

respectivamente (figura 3). La especie más numerosa en este agroecosistema fue *Colias eurytheme*, con 821 individuos, seguida de *Leptophobia aripa* y *Pyrgus communis*, con 95 y 92 individuos respectivamente. Las especies *C. eurytheme* y *L. aripa* pertenecen a la familia Pieridae, mientras que *P. communis* pertenece a los hespéridos (Hesperiidae; Cuadro 1).

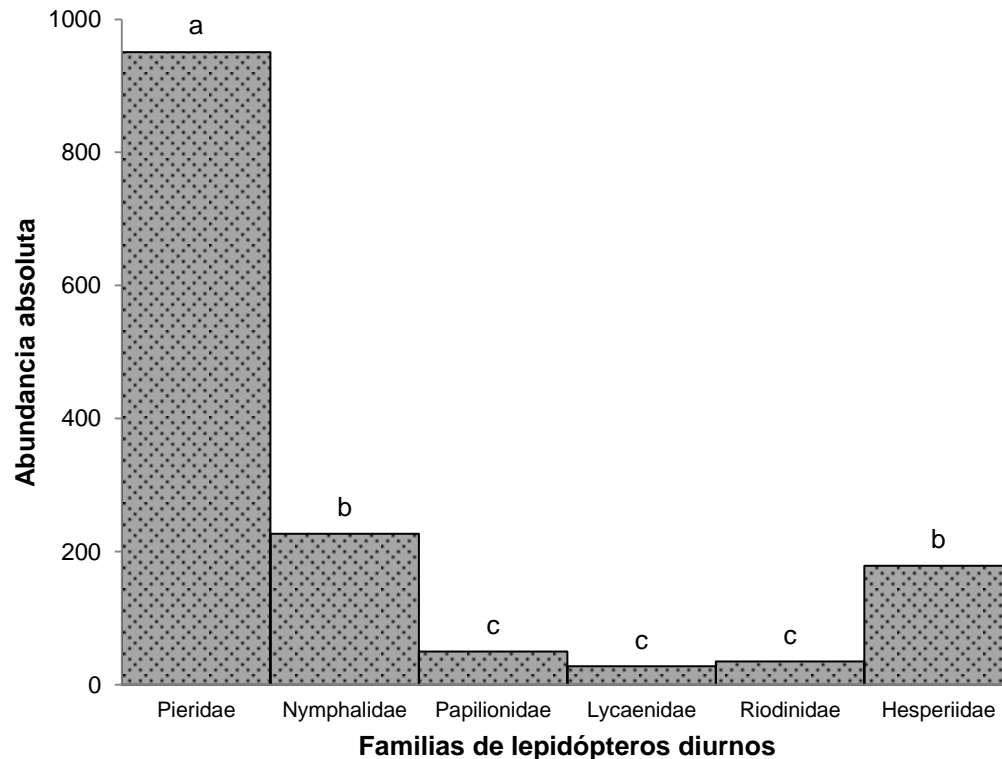


Figura 3. Abundancia de mariposas diurnas a nivel familia. Las letras distintas señalan las diferencias significativas entre ellas ($p < 0.0001$).

También se evaluó la abundancia del total de individuos obtenida en cada mes, donde se observaron diferencias significativas a lo largo del año ($H = 19.46$, $p = 0.0524$); siendo agosto y septiembre los meses con mayor número de individuos ropalóceros y enero el mes con menor número de individuos (figura 4).

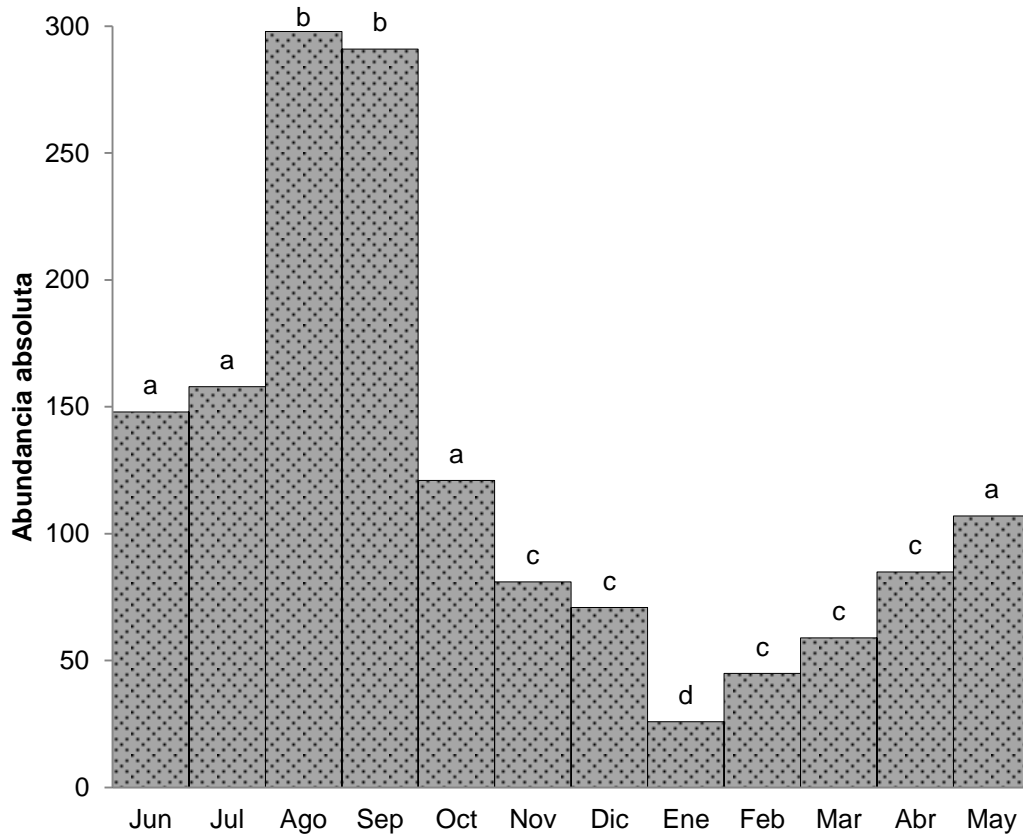


Figura 4. Abundancia de mariposas diurnas a lo largo del año. Se observan diferencias significativas entre los meses, siendo agosto y septiembre los más abundantes y enero el menos numeroso ($p < 0.1$).

Por otro lado, el índice de diversidad Simpson para cada mes (tomando en cuenta los tres transectos establecidos), mostró que existen diferencias significativas en la diversidad de especies de mariposas diurnas entre los meses, a lo largo del año. Los meses menos diversos fueron agosto y septiembre, mientras que los que presentaron mayor diversidad fueron febrero y abril ($H = 16.18$, $p < 0.1$; figura 5).

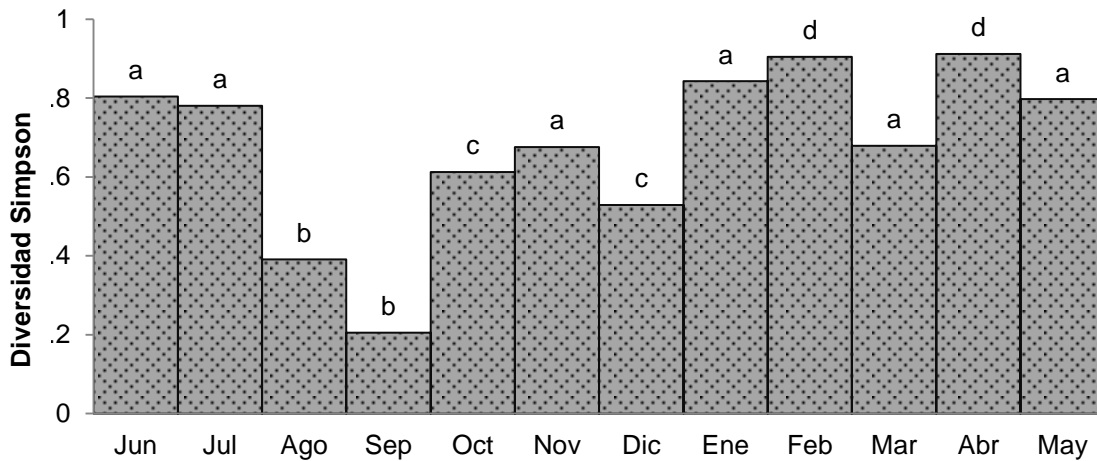


Figura 5. Diversidad de mariposas diurnas a lo largo del año. Las letras diferentes muestran los meses significativamente diferentes ($p < 0.1$).

Los meses más abundantes fueron a la vez los menos diversos, pues la mayor parte de los individuos colectados pertenecen a la misma especie (*Colias eurytheme*). Por el contrario, fueron los meses menos abundantes los que presentaron la mayor diversidad específica de ropalóceros (figura 6).

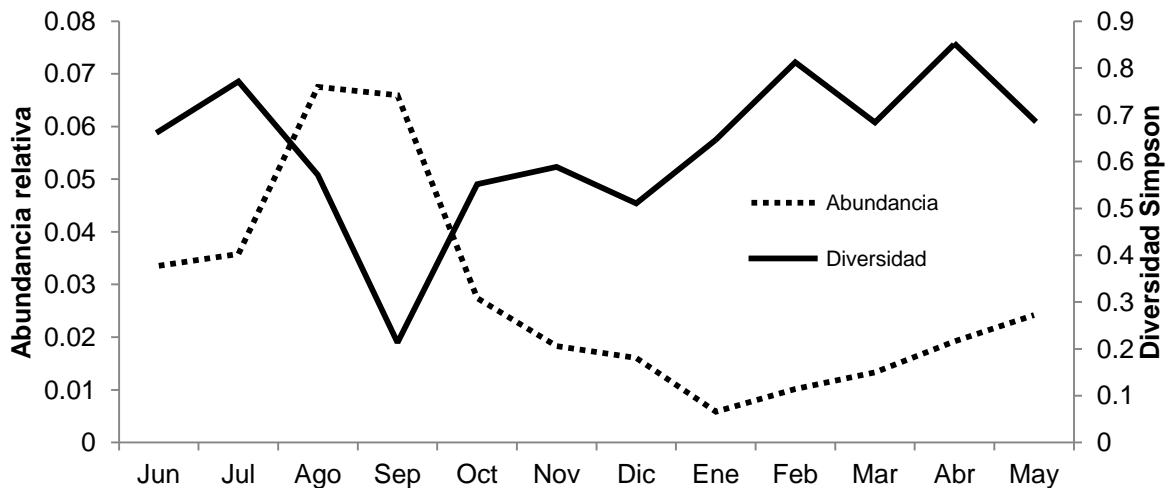


Figura 6. Comparación del comportamiento de la abundancia y de la diversidad específica de mariposas diurnas a lo largo del año.

Además, se observó que la variación de la abundancia a la largo del año depende de los transectos ($\chi^2 = 307.525$, g.l. = 22, 6, $p = 0.000001$; figura 7), contrario de lo que sucede con la diversidad, cuya variación a través del tiempo no depende de los transectos (figura 8).

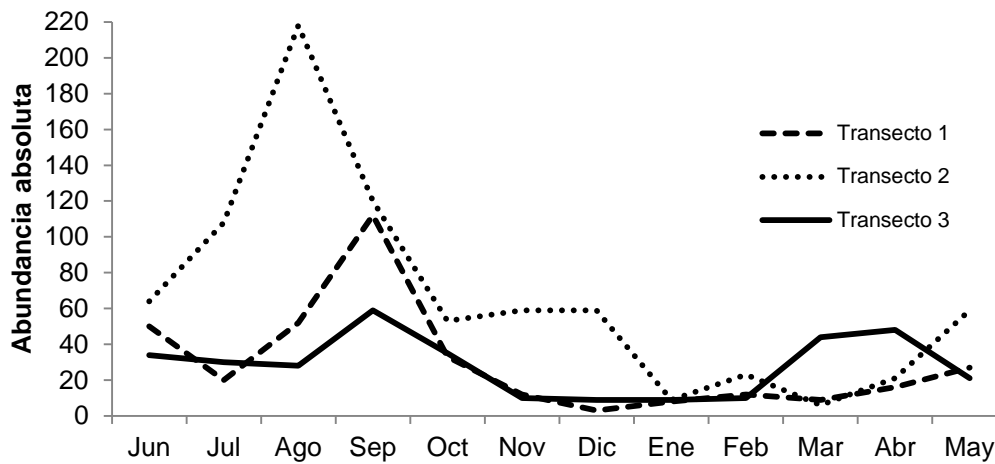


Figura 7. Variación de la abundancia de mariposas diurnas a lo largo del año con respecto a los transectos. Se observa una relación de dependencia entre estas dos variables ($p < 0.0001$).

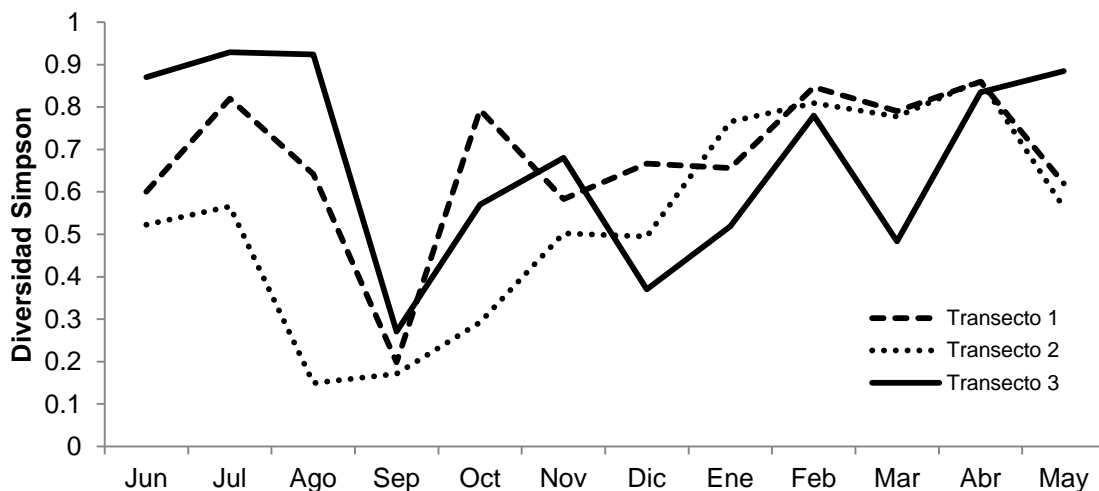


Figura 8. Variación de la diversidad de especies de mariposas diurnas a lo largo del año con respecto a los transectos. Se observa que estas variables no dependen una de la otra ($p > 0.1$).

Finalmente, en cuanto al método de captura, se observó que la captura manual fue significativamente más eficiente que las trampas con cebo, dentro de las cuales el calamar fue totalmente inútil para atraer a las mariposas diurnas en este tipo de ecosistema ($H = 31.03$, $p < 0.00001$; figura 9).

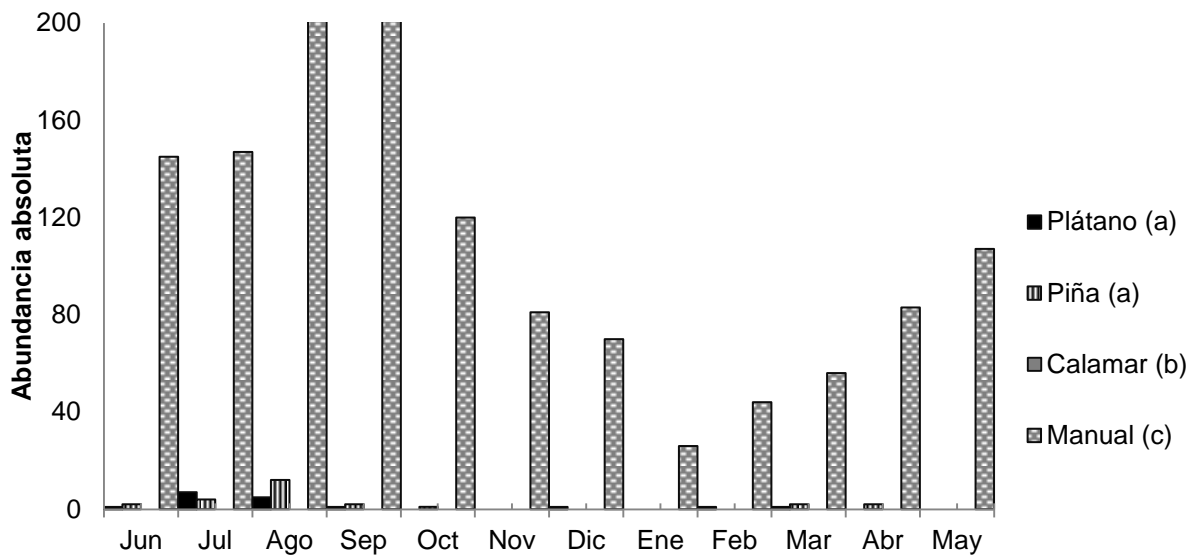


Figura 9. Efectividad del método de muestreo de acuerdo al número de individuos atrapados con cada uno de ellos a lo largo del año. Las letras distintas muestran las diferencias significativas $p < 0.00001$.

Variaciones en la comunidad de mariposas diurnas con respecto a las variables ambientales

La prueba ANOVA mostró que de acuerdo a la temporada del año (secas frías, secas cálidas y húmedas), la abundancia de mariposas diurnas es mayor en los meses húmedos, con respecto a los fríos y secos ($F_{2,9} = 7.822$, $p = 0.0107$, comparaciones múltiples $p = 0.0182$; figura 10).

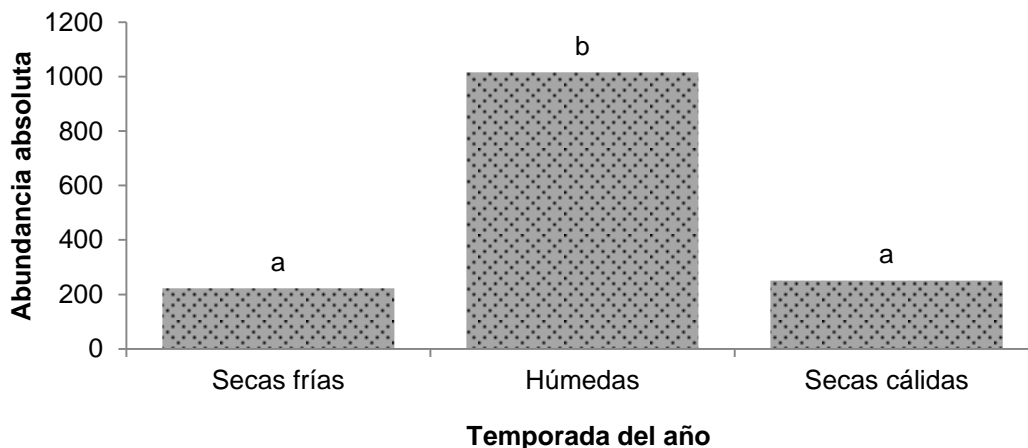
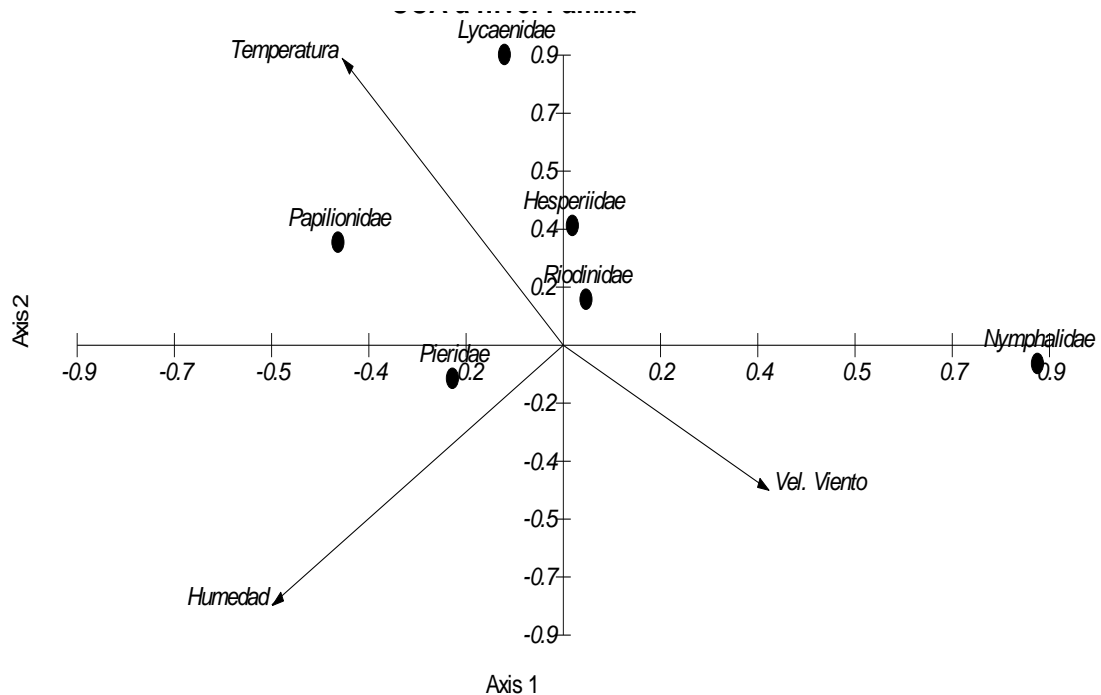


Figura 10. Variación de la abundancia de mariposas diurnas con respecto a la temporada del año. Las letras distintas muestran las diferencias significativas entre ellas ($F_{2,9} = 7.822$, $p < 0.05$).

No se encontraron diferencias significativas entre transectos a lo largo de las temporadas del año (secas frías, húmedas y secas cálidas), ni considerando cambios en la temperatura (secas frías $F_{2,9} = 0.9881$, $p = 0.4093$; húmedas $F_{2,12} = 0.5511$, $p = 0.5902$; secas cálidas $F_{2,6} = 0.2285$, $p = 0.8023$), ni considerando la humedad (secas frías $F_{2,9} = 0.435$, $p = 0.6602$; húmedas $F_{2,12} = 0.103$, $p = 0.9029$; secas cálidas $F_{2,6} = 0.7186$, $p = 0.5241$); tampoco se encontraron diferencias al considerar la velocidad del viento (secas frías $F_{2,9} = 0.5176$, $p = 0.6127$; húmedas $F_{2,12} = 1.402$, $p = 0.2836$; secas cálidas $F_{2,6} = 0.6048$, $p = 0.5764$).

De acuerdo con el Análisis Canónico de Correspondencia (CCA), se encontró que las variables ambientales explican un 36.61% de la fluctuación de la abundancia de las mariposas diurnas a nivel de familia para el primer eje de ordenación y un 10.04% para el segundo eje, siendo la humedad relativa y la temperatura las que tienen un efecto mayor en la comunidad (vectores más grandes; figura 11). Se observó que Pieridae fue la familia más afectada por la variación de la humedad en el agroecosistema, mientras que Lycaenidae y Papilionidae presentan mayor variación debida a las fluctuaciones de temperatura, y Nymphalidae se vio más afectada por la velocidad del viento.



Vector scaling: 1.00

Figura 11. Análisis Canónico de Correspondencia a nivel familia de lepidópteros diurnos. Las variables ambientales explican, en el primer eje de ordenación, un 36.61% de la variación de la abundancia de mariposas a lo largo del año, y un 10.04% en el segundo eje. La temperatura y la humedad relativa fueron las variables que mostraron mayor efecto (tamaño de los vectores).

Gremios alimenticios y diversidad funcional de la comunidad de mariposas diurnas
 Las 57 especies registradas en este estudio, pertenecen a tres gremios alimenticios: nectarívoras, acimófagas e hidrófilas. De estas especies, 51 se alimentan de néctar, 17 de frutos, animales u otros organismos en descomposición y excretas, y 10 de sales minerales y derivados orgánicos tomados de la tierra húmeda, charcos y lodazales (algunas especies de alimentan de más de un gremio; Cuadro 2).

Cuadro 2. Gremios alimenticios encontrados y especies de mariposas diurnas asociadas a cada uno de ellos (X). Las especies que forman parte de más de un gremio alimenticio se marcan con asterisco (*).

Especie	Nectarívoras	Acimófagas	Hidrófilas
<i>Colias eurytheme</i>	X		
<i>Colias cesonia</i>	X		
<i>Eurema mexicana</i>	X		
<i>Eurema salome</i>	X		
* <i>Eurema daira</i>	X		X
* <i>Eurema proterpia</i>	X	X	X
<i>Eurema boisduvaliana</i>	X		
<i>Leptophobia aripa</i>	X		
<i>Catantixia nimibice</i>	X		
<i>Ascia monuste</i>	X		
<i>Nathalis iole</i>	X		
<i>Phoebis boisduvalii</i>	X		
* <i>Phoebis agarithe</i>	X	X	X
<i>Chlosyne lacinia</i>	X		
<i>Chlosyne ehrenbergii</i>	X		
* <i>Vanessa atalanta</i>	X	X	
<i>Vanessa annabella</i>	X		
<i>Phyciodes texana</i>	X		

<i>Phyciodes pallescens</i>	X		
<i>Phyciodes sitalces</i>	X		
<i>Agraulis vanillae</i>	X		
<i>Anaea aidea</i>		X	
<i>Dione moneta</i>	X		
<i>Danaus gilippus</i>	X		
<i>Danaus plexippus</i>	X		
<i>Junonia coenia</i>	X		
* <i>Asterocampa idyja</i>	X	X	
<i>Cissia similis</i>		X	
* <i>Nymphalis antiopa</i>	X	X	
<i>Biblis hyperia</i>		X	
<i>Smyrna blomfidia</i>		X	
<i>Morpho polyphemus</i>		X	
<i>Hamadryas atlantis</i>		X	
* <i>Cyllopsis sp.</i>	X	X	
<i>Battus philenor</i>	X		
* <i>Parides photinus</i>	X		X
<i>Papilio polyxenes</i>	X		
* <i>Hemiargus isola</i>	X	X	X
* <i>Hemiargus ceraunus</i>	X	X	X
<i>Strymon melinus</i>	X		

<i>Strymon astiocha</i>	X		
* <i>Ziegleria ceromia</i>	X		X
* <i>Leptotes marina</i>	X	X	X
* <i>Leptotes cassius</i>	X	X	X
<i>Calephelis sp.</i>	X		
* <i>Pyrgus communis</i>	X	X	X
<i>Ancyloxypha arene</i>	X		
<i>Lerema sp.</i>	X		
<i>Urbanus dorantes</i>	X		
<i>Urbanus procne</i>	X		
<i>Pholisora mexicana</i>	X		
<i>Cogia hippalus</i>	X		
<i>Poanes zabulon</i>	X		
<i>Pyrrhopyge chalybea</i>	X		
<i>Cymaenes fraud</i>	X		
<i>Pompeius pompeius</i>	X		
<i>Staphylus sp.</i>	X		

Clasificación basada en Hernández-Mejía *et al.*, (2008), Martínez-Robles *et. al.*, (2015) y observaciones personales.

El gremio alimenticio más importante en la comunidad de mariposas diurnas presentes en los cultivos de alfalfa fue el nectarívoro, seguido del acimófago y del hidrófilo ($H = 5.95$, $p = 0.05091$; figura 12).

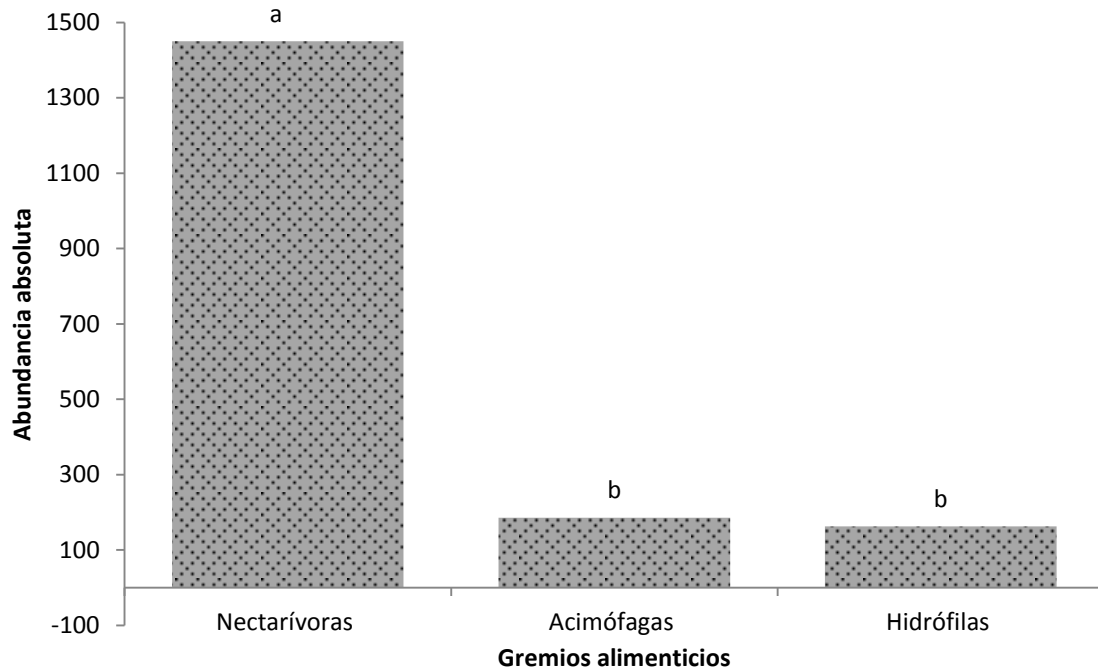


Figura 12. Abundancia de individuos de mariposas diurnas de acuerdo al gremio alimenticio encontrado en el agroecosistema, siendo el nectarívoro el más abundante ($H = 5.95$, $p < 0.1$).

En cuanto a los transectos analizados en el sitio de estudio, los tres incluyen a especies que pertenecen a los tres gremios alimenticios reportados (Cuadro 3). Con base en el índice de Sørensen modificado por Silvestre (2003), se encontró que existe una similitud de gremios del 66.67% entre el transecto 1 y el 3, del 70.73% entre el 2 y el 3, y del 70.77% entre el transecto 1 y el 2, siendo los transectos 1 y 3 los que guardan una menor similitud entre ellos.

Cuadro 3. Número de especies de mariposas diurnas por transecto pertenecientes a los distintos gremios alimenticios.

Gremio alimenticio	T1	T2	T3
--------------------	----	----	----

Nectarívoras	29	28	44
Acimófagas	11	11	14
Hidrófilas	8	7	10

Se comparó también la similitud entre las diferentes temporadas del año y se encontró un índice de similitud del 58.06% entre la temporada de secas frías y la de secas cálidas, del 59.15% entre la temporada húmeda y la de secas frías y de un 70.89% entre el periodo húmedo y el de secas cálidas, siendo las dos últimas temporadas las que guardan una mayor similitud. Además, se encontró que los gremios alimenticios a los que recurren las mariposas diurnas en este agroecosistema se mantienen a lo largo del año, siendo siempre el nectarívoro el más abundante (figura 13).

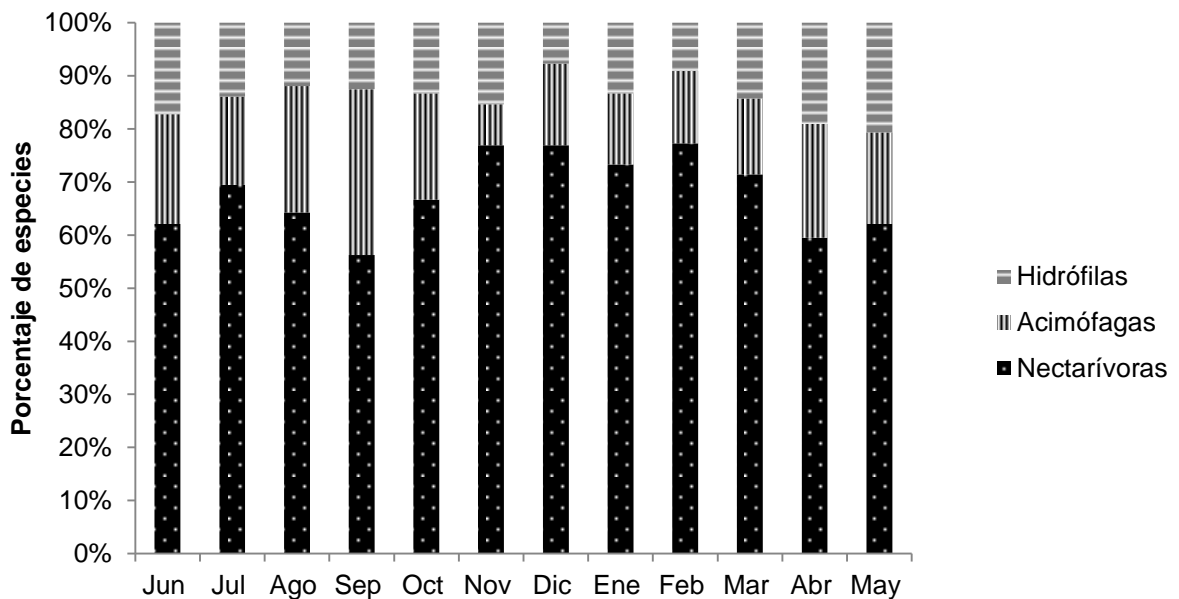


Figura 13. Porcentaje de especies de mariposas diurnas pertenecientes a cada gremio alimenticio a lo largo del año.

Discusión

Abundancia y riqueza de especies de lepidópteros diurnos

De acuerdo con los resultados del índice de Chao1, se puede afirmar que el muestreo realizado en este trabajo no fue suficiente, pues únicamente se registró un 57% del total de las especies presentes en la comunidad de mariposas diurnas del hábitat estudiado. Acorde con lo reportado por De Vries *et al.* (2009), esto puede ser debido a la gran variación que existe en el comportamiento de los lepidópteros y en su relación con el ambiente, por lo que valdría la pena desarrollar métodos de muestreo dirigidos a cada familia de mariposas diurnas, considerando las características particulares de cada una. Sin embargo, estos resultados nos permiten inferir que el agroecosistema es mucho más diverso de lo que se está reportando en este momento, por lo que valdría la pena continuar con el trabajo y hacer más colectas mensuales durante un segundo o tercer año.

La diversidad de especies de mariposas diurnas varió significativamente a lo largo del año, lo que coincide con lo reportado en otros estudios en los que se ha evaluado la diversidad específica de ropalóceros entre los distintos meses del año. No obstante, los meses que presentaron más y menos diversidad no coinciden con lo observado en otros trabajos. Luna Reyes *et al.* (2008) reportaron que los picos de riqueza de mariposas diurnas se observan en abril y mayo, y en el periodo que va de septiembre a noviembre, además de que el valor mínimo de diversidad se presenta en junio; en el cultivo de alfalfa analizado también se observa un pico de diversidad en abril, pero los otros meses no coinciden, pues la diversidad más baja se observa en agosto y septiembre, uno de los meses más ricos en el trabajo de estos autores. Por otro lado, Abós-Castel (2005) reportó que en diferentes cultivos la diversidad más alta de mariposas diurnas se observa en mayo, agosto y septiembre, presentando importantes descensos en julio y agosto, contrario a lo observado en el cultivo de alfalfa de Atlixco. Por su parte, Fernández-Hernández (2007) encontró que existe un pico elevado de diversidad de especies de mariposas diurnas en la época más húmeda del año, correspondiente a los meses de junio a septiembre, seguido de un segundo pico de diversidad en enero, segundo mes más seco, pues en estos periodos existen

condiciones favorables en los hábitats y disponibilidad estacional de fuentes de néctar (fuente rica de recursos ante la ausencia de muchos otros) y de hospederos larvales, además de que en muchas especies, los adultos se dispersan en esta temporada; los meses más pobres reportados en su estudio fueron marzo, abril y principios de mayo debido al empobrecimiento de los hábitats, además de que las especies que se observaron en este periodo decrecieron después de la primera lluvia fuerte, debido a que las otras aumentaron y ejercieron una fuerte competencia, lo que no concuerda con lo encontrado en el cultivo de alfalfa estudiado

Por lo tanto, se puede observar que la diversidad de ropalóceros diurnos varía a lo largo del año pero no de la misma manera que ha sido reportada en los diferentes estudios realizados; esto se puede deber a las diferentes condiciones ambientales y de perturbación presentadas en los distintos sitios de estudio, ya que las mariposas diurnas son organismos muy sensibles a los cambios en condiciones climáticas como la temperatura, humedad, niveles de luz y a las consecuencias del disturbio ambiental (Pozo de la Tijera *et al.*, 2005), factores que no son constantes, ni compartidos en los diferentes hábitats evaluados.

Otro factor que varía en los diferentes hábitats de las mariposas es la vegetación. En nuestro sitio de estudio existe una amplia cantidad de recursos alimenticios, además del néctar presente en las flores de alfalfa, pues alrededor del cultivo se encontraron presentes representantes de las familias Anacardiaceae, Arecaceae, Asteraceae, Cannaceae, Commelinaceae, Compositae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Phytolaccaceae, Solanaceae y Verbenaceae, además de algunos árboles frutales de las familias Annonaceae, Lauraceae, Musaceae, Myrtaceae, Rosaceae y Rutaceae formando cercas vivas de vegetación circundante, que proveen de valiosas fuentes de recursos a las mariposas diurnas favoreciendo la presencia de diferentes gremios alimenticios, como lo muestra la gran diversidad de especies encontradas en el agroecosistema a lo largo del año. Sin embargo, ésta puede variar debido a que las distintas especies de plantas presentan diferentes periodos de floración, lo que ocasiona que la disponibilidad

de recursos alimenticios cambie de acuerdo a la temporada, lo cual podría ser la causa de las fluctuaciones en la diversidad de especies de lepidópteros a lo largo del año. Esto coincide con lo reportado por Tobar e Ibrahim (2010), quienes asocian a las cercas vivas presentes en los territorios agrícolas, con la diversidad de mariposas diurnas, pues afirman que tener una amplia riqueza de especies de árboles y arbustos asociada a los campos de cultivo ofrece una variedad de recursos alimenticios como flores, frutos y excrementos, plantas hospederas para las larvas y sitios de descanso para los adultos, reduciendo el efecto negativo de los monocultivos sobre las poblaciones de mariposas.

También se ha reportado que la diversidad de mariposas en un agroecosistema se ve favorecida por una alta cobertura arbustivo-herbácea, y por un alto índice de parcelación que propicie la generación y mantenimiento de márgenes con vegetación espontánea alrededor de los cultivos (Abós, 2002), cualidades presentes en el sitio de estudio.

Además de la riqueza de árboles, arbustos y especies herbáceas en los márgenes de los cultivos, los parches remanentes de bosque cerca de las áreas agrícolas son importantes para la conservación de la diversidad de lepidópteros, pues están relacionados con los movimientos altitudinales de especies migratorias (Tobar e Ibrahim, 2010). Este también puede ser un factor clave en el mantenimiento de la diversidad de nuestra comunidad en el cultivo de alfalfa, pues Atlixco forma parte de la Sierra Nevada del estado de Puebla, región en la que aún subsisten pequeñas zonas de bosque de pino y cedro; sumado a esto, entre los especímenes registrados, se encontraron especies migratorias, como *Ascia monuste*, *Smyrna blomfilda*, *Eurema* spp., *Phoebis* spp., (Tobar e Ibrahim, 2010) *Vanessa atalanta* (Stefanescu, 2001) y *Danaus plexippus* (Miller et al., 2012) y una especie del género *Morpho* (*M. polyphemus*) que es típica de las zonas boscosas (Tobar e Ibrahim 2007, 2010); esto permite inferir que las áreas de bosque remanentes de la región, están ejerciendo un papel positivo en el mantenimiento de la diversidad de lepidópteros diurnos, y que los paisajes agropecuarios están funcionando como corredores que permiten el movimiento de varias especies de mariposas, facilitando su migración altitudinal en diferentes épocas del año.

La abundancia de mariposas diurnas encontradas en el cultivo de *M. sativa* fue mayor en la temporada húmeda del año y menores en la época de secas frías y secas cálidas, lo que coincide con lo reportado por Luna-Reyes *et al.* (2008), quienes encontraron los valores máximos de abundancia en la época húmeda. Esto puede ser debido a que la humedad favorece el enriquecimiento vegetal de los hábitats, lo que genera más fuentes de alimento y de reproducción para los lepidópteros, lo que puede aumentar el número de sus poblaciones. Además, los corredores con alta cobertura vegetal permiten el movimiento de varias especies de mariposas a través del paisaje y pueden facilitar su migración hacia ambientes más húmedos y frescos (Tobar e Ibrahim, 2010). Debido a la presencia de ciertas especies migratorias en el cultivo, se puede inferir que ésta es una de las razones por las que se encontró un número mayor de mariposas en la temporada húmeda del año que en las temporadas secas.

Debido a las fluctuaciones ambientales entre las temporadas del año, en nuestro estudio se registraron diferencias significativas en la abundancia de mariposas diurnas entre los meses a lo largo del año, lo que coincide con lo reportado por otros autores. De acuerdo con Luna Reyes *et al.* (2008), los meses que presentan mayor abundancia de lepidópteros diurnos corresponden a los meses húmedos y cálidos (dentro de los cuales entran agosto y septiembre, meses que presentaron mayor abundancia de mariposas en este estudio); mientras que los menos abundantes son los meses secos (tales como enero, que forma parte de los meses de la temporada de secas frías). Además, los resultados coinciden con algunos puntos reportados por Abós-Castel (2005), pues afirma que los meses con mayor densidad poblacional son junio, julio y septiembre, en el que la abundancia aumenta, pero con mayor presencia de unas pocas especies, lo cual también se observó en este estudio, pues septiembre fue uno de los meses con más mariposas diurnas a causa del incremento de individuos de una sola especie.

Por su parte, Fernández-Hernández (2007) afirmó que los meses con mayor abundancia de ropalóceros son los que corresponden al periodo de junio a septiembre, lo que también coincide con lo encontrado en este estudio; no

obstante, este autor también reporta un segundo pico de abundancia en enero, mes que resultó ser el menos abundante en el agroecosistema evaluado, lo que puede estar relacionado con las condiciones climáticas de esta temporada (época de secas frías), que no resultan favorables para las mariposas diurnas.

Dentro de las especies encontradas, *C. eurytheme* fue la más abundante, con un total de 821 individuos (55.1% del total). Esto puede estar relacionado con el hecho de que se alimenta del follaje en etapa larval y ha sido reportada como plaga en los cultivos de alfalfa (Barton, 2004). En Argentina, se ha reportado a otra especie del género, *Colias lesbia*, como una plaga en los cultivos de *M. sativa*, pues se estima que cada hembra ovíparosita de 200 a 300 huevecillos aislados sobre la superficie de las hojas de alfalfa (parte más valiosa de la planta), lo que representa de 8 a 9 generaciones de mariposas por año, produciendo pérdidas que pueden igualar uno o dos cortes para forraje, pues las larvas se alimentan del follaje de este cultivo (Serra *et al.*, 2012). Por su parte, Kir'Yanov y Balcázar-Lara (2007), reportaron que las poblaciones de *C. eurytheme* fueron abundantes en Guanajuato, estado en el que es frecuente la actividad agrícola (50% del territorio), presentando mayor abundancia de adultos de julio a septiembre; lo que coincide con lo encontrado en el cultivo de alfalfa estudiado, pues fueron los meses de agosto y septiembre los que tuvieron más abundancia, gracias al gran número de organismos de esta especie (232 y 259 individuos de *C. eurytheme* de un total de 298 y 291 especímenes recolectados en agosto y septiembre, respectivamente). Sin embargo, estos autores también reportan que esta especie estuvo ausente durante el invierno, y en este estudio se encontró durante todo el año, aunque con poblaciones significativamente más bajas en esta temporada (en ocasiones con un solo individuo recolectado por mes). Al igual que en su trabajo, se encontraron representantes de todas las variedades reportadas para esta especie, pues se colectaron individuos con alas blancas, anaranjadas y amarillas, que mostraron variaciones en tonalidad y en tamaño.

A nivel familia, Pieridae fue la más abundante, lo que coincide con muchos otros estudios realizados en territorios agrícolas, ya que las especies pertenecientes a esta familia se ven beneficiadas por la gestión agraria (Abós-

Castel, 2005; Fernández-Hernández, 2007; Luna-Reyes *et al.*, 2008; Ospina y Reinoso, 2009), pues se caracterizan por su amplia distribución y gran flexibilidad para adecuarse a los recursos alimentarios disponibles en los hábitats, lo que las convierte en especies altamente colonizadoras (Luna-Reyes *et al.*, 2008). Además, estas especies poseen adaptaciones biológicas extremas para sobrevivir en ambientes perturbados, y facilidad para vivir en ambientes abiertos, pues responden bien a los cambios de temperatura, siendo más activas en horas de mayor intensidad solar (Ospina y Reinoso, 2009), lo que pudo observarse en este estudio, pues la mayoría de los piéridos registrados mostraban actividad únicamente cuando se dispersaban las nubes y aumentaba la temperatura, gracias a la incidencia de la luz del sol.

Abós-Castel (2005) analizó la comunidad de mariposas diurnas en diferentes agroecosistemas en Aragón, España y encontró que la familia Pieridae representó el 55% del total de los individuos registrados, cuya representación aumentó conforme lo hizo la gestión agraria. Esto coincide con lo encontrado en el cultivo de alfalfa analizado, sin embargo, este autor también reporta que entre las familias menos abundantes se encuentra Hesperiiidae, la cual no es de las menos numerosas en este estudio. Esto puede ser debido a que, de acuerdo con lo que se ha reportado en otros trabajos (Ospina y Reinoso, 2009), existen especies de hespéridos relacionadas con la presencia de algunas especies de plantas de cultivo, en donde estos individuos ejercen el rol de especies plaga, además de que la familia Hesperiiidae ha demostrado una tendencia a adaptarse a la gestión agrícola moderada (Abós-Castel, 2005). Esta afirmación es apoyada por los datos registrados en esta investigación, pues precisamente la tercera especie de ropalóceros más numerosa, *P. communis*, pertenece a la familia Hesperiiidae, y fue observada volando en el cultivo y alimentándose de él durante todo el año (aunque con abundancias diferentes).

Respecto a la familia Papilionidae, se ha reportado que es beneficiada por la gestión agraria moderada y que es un grupo característico de los ambientes perturbados (Abós-Castel, 2005; Luna-Reyes *et al.*, 2008). Sin embargo, en este estudio Papilionidae fue una de las familias menos numerosas, lo cual puede ser

debido a la alta incidencia de píeridos, pues se ha documentado que estas familias funcionan como principales competidores por los recursos, ya que ambas tienen una alimentación muy similar (Quinteros *et al.*, 2006).

Otra de las familias reportadas en este trabajo es Lycaenidae, la cual estuvo representada por siete especies, aunque todas ellas con una abundancia muy baja. Esto pudo haberse debido a que los individuos de esta familia son inconspicuos, por lo que necesitan un método de muestreo más dirigido y un mayor esfuerzo de captura; esto es apoyado por Luna-Reyes *et al.*, (2008), quien menciona que las especies de esta familia requieren un mayor esfuerzo de colecta, la cual debe estar más enfocada y especializada, considerando la biología particular de esta familia como su horario de mayor actividad y los microhábitats que pueden estar ocupando, siendo sus zonas preferidas las de menor perturbación antropogénica (aún dentro de un ambiente perturbado), pues parecen no soportar la gestión agraria (Abós-Castel, 2005); lo que puede ser otra razón por la que se encontraron pocos representantes en el agroecosistema. Además, los licénidos se caracterizan por ser una familia muy diversa pero con poblaciones muy reducidas (Luna-Reyes *et al.*, 2008), lo que puede ser un motivo más de su baja incidencia en este estudio.

En cuanto a la familia Nymphalidae, ha sido pobremente reportada en algunos agroecosistemas en los que la gestión agraria es intensa (Abós-Castel, 2005), pues los ninfálidos son conocidos por su presencia en áreas bien conservadas, por ser muy selectivos de los hábitats que colonizan (Fernández-Hernández, 2007), mostrando una tendencia a aumentar su riqueza conforme lo hace la conservación de los hábitats (Tórrez *et al.*, 2013). No obstante, en el agroecosistema estudiado, la familia Nymphalidae fue la segunda más numerosa, lo que indica que el sitio de estudio, a pesar de ser un ambiente perturbado con gestión agraria moderada-intensa (por la presencia de riego), también podría estar funcionando como un sitio de reserva para la biodiversidad de mariposas diurnas, sobre todo de aquellas especies características de sitios conservados.

De acuerdo con Fernández-Hernández (2007), los ninfálidos pueden estar presentes en ciertos hábitats debido a la presencia de los recursos necesarios

para ellos y para su descendencia, sin embargo no se establecen de forma permanente si no encuentran las condiciones adecuadas. Ésta puede ser la razón de su presencia en el sitio de estudio, pues los adultos pueden estar encontrando los recursos necesarios para alimentarse, reposar y reproducirse, pero no establecerse allí de forma permanente. La presencia en los cultivos de especies migratorias pertenecientes a los ninfálidos, como *D. plexippus* y *V. atalanta*, podrían ser clave para entender el comportamiento de ciertas especies en este territorio, las cuales no lo usan como hogar permanente, sino que explotan sus recursos mientras lo utilizan como corredor biológico. Por otro lado, se han desarrollado ciertos trabajos en los que se ha reportado una alta incidencia de miembros de la familia Nymphalidae en reservas naturales o corredores biológicos (Pozo de Tijera *et al.*, 2005; Ospina y Reinoso, 2009). En el proyecto del corredor biológico mesoamericano, que incluye el análisis de dos reservas naturales (Sian Ka' an y Calakmul), Pozo de Tijera *et al.* (2005) encontraron 6,393 individuos de ropalóceros pertenecientes a 208 especies, de las cuales la familia Nymphalidae fue la más abundante y diversa, mientras que Pieridae fue la más pobre y menos numerosa. Por su parte, Ospina y Reinoso (2009) hicieron un estudio en el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt, en Colombia, en el que colectaron 281 individuos ropalóceros, correspondientes a 84 especies, donde la más abundante fue Nymphalidae (63%), mientras que Pieridae fue una de las menos numerosas (10%). Estas proporciones son totalmente opuestas a las encontradas en los agroecosistemas con gestión agraria intensa, lo que apoya la teoría de que los ninfálidos son organismos muy sensibles a la perturbación antropogénica.

La proporción de acuerdo a la abundancia de individuos por familia encontrada en el presente estudio coincide con la reportada por Fernández-Hernández (2007), quien indica que los porcentajes de especies por familia encontrados en ambientes agrícolas son en primer lugar Pieridae, seguido de Nymphalidae, Hesperidae, Papilionidae, Lycaenidae. De acuerdo con este autor, esta proporción es característica de agroecosistemas tropicales, en los que existe una riqueza basta de especies de plantas (Ospina y Reinoso, 2009), que hacen posible el establecimiento y mantenimiento de las mariposas diurnas, lo que

podría estar manteniendo a la comunidad de lepidópteros en nuestro sitio de estudio.

Por lo tanto, la existencia de márgenes con gran riqueza de especies de plantas alrededor de los cultivos, funcionando como cercas vivas, y la presencia de abundantes ninfálicos, podría estar indicando que a pesar de que el cultivo de alfalfa estudiado es un ambiente perturbado por la gestión agraria (debido a la basta presencia de píeridos) parece estar funcionando como un reservorio de diversidad de especies de lepidópteros diurnos.

Entre los organismos recolectados, se encontraron algunos pertenecientes a especies características de los campos de cultivo pero también algunos indicadores de zonas conservadas. Por un lado, se tienen especies como *Urbanus proteus*, *A. monuste*, *L. aripa* y *Leptotes cassius*, que han sido reportadas como especies plaga con importancia en cultivos agrícolas (Fernández-Hernández, 2007), además de *C. eurytheme*, que fue descrita anteriormente. Estas especies, con excepción de *L. cassius*, pertenecen a las familias Pieridae y Hesperidae, que son las familias beneficiadas por la gestión agraria. Otras especies cuya presencia ha sido reportada en ambientes perturbados son *Biblis hypera* (Pozo de la Tijera *et al.*, 2005), *Eurema boisduvaliana* (Hernández *et al.*, 2003) y *Eurema daira* (Tobar e Ibrahim, 2010) y una especie indicadora de zonas con un alto grado de perturbación: *V. atalanta*, que de acuerdo con Abós-Castel (2005), su abundancia es indicador de una ruptura en el equilibrio biológico del agroecosistema, de desaparición de muchas otras especies y como consecuencia, de una reducción significativa en la diversidad de lepidópteros.

No obstante, muchas de las especies mencionadas anteriormente como *B. hypera* y *E. boisduvaliana*, a pesar de ser características de ecosistemas fragmentados, prefieren hábitats con cobertura vegetal abundante, que les provean de sitios de reproducción y alimento suficiente (Hernández *et al.*, 2003), por lo que una de las causas más probables del mantenimiento de la diversidad en el agroecosistema de alfalfa estudiado, es la abundancia y riqueza de vegetación circundante, que está ofreciendo a las mariposas diurnas varias fuentes de alimento y abundantes sitios de reproducción y de descanso.

Además, se encontraron especies características de zonas boscosas, tales como *D. plexxipus* (mariposa monarca; Miller *et al.*, 2012) y *M. polyphemus* (Tobar e Ibrahim 2007, 2010), lo que puede ser otro indicador de que los cultivos funcionan como sitios de alimentación, reproducción y descanso para las mariposas que habitan zonas conservadas aledañas, por lo que su papel en el mantenimiento de la diversidad de la zona es importante. Cabe mencionar que entre las especies colectadas se encontró a *Anaea troglodyta*, especie que por un lado ha sido reportada como indicadora de zonas conservadas (Pozo de la Tijera *et al.*, 2005) y por el otro como una especie presente en hábitats fragmentados en los que existe abundante cobertura vegetal además de los cultivos (Hernández *et al.*, 2003); así la presencia de esta especie también apoya nuestra hipótesis de que el cultivo de alfalfa de Atlixco, está funcionando como un reservorio de diversidad.

Aunado a lo anterior, se encontraron también tres especies endémicas de México: *Chlosyne ehrenbergii*, *Phyciodes pallescens* y *Hamadryas atlantis* (Luna-Reyes *et al.*, 2008), lo que suma valor a estos agroecosistemas, en los que se ofrecen los recursos del cultivo y además se mantiene la vegetación circundante (lo que aumenta los recursos presentes en el territorio), pues permiten mantener a las poblaciones de algunas especies endémicas.

Respecto a la eficiencia de las trampas utilizadas, se encontró que el muestreo manual fue mucho más eficiente que las trampas Van Someren-Rydon cebadas con fruta fermentada y calamar en descomposición para atraer a las mariposas diurnas en este agroecosistema. Esto puede ser debido a que, tal y como lo mencionan Quinteros *et al.* (2006) y Tórrez *et al.* (2013), estas trampas no son efectivas para atraer a mariposas nectarívoras y, debido a esto, todos los organismos que se colectaron con ayuda de las trampas cebadas en el agroecosistema, pertenecieron a la familia Nymphalidae. De acuerdo con estos autores, las trampas Van Someren Rydon son utilizadas para evaluar la abundancia y diversidad de mariposas principalmente en estratos de bosque, pues en este tipo de hábitat los ninfálidos son muy numerosos, y esta familia de

mariposas se caracteriza por explotar una gran cantidad de recursos, pudiendo pertenecer a varios gremios alimenticios (Ospina y Reinoso, 2009).

No obstante, en los agroecosistemas los organismos más abundantes son los piéridos, familia mayoritariamente nectarívora, por lo que las trampas cebadas con fruta descompuesta y fermentada son totalmente ineficientes. Sin embargo, gracias a estas trampas se pudieron atraer varias especies de la familia Nymphalidae que probablemente no estén establecidas de forma permanente en el cultivo y provengan de zonas remanentes de bosque cercanas a él. Un ejemplo de estas especies es *M. polyphemus*, mariposa que se alimenta de materia en descomposición (acimófaga) y que depende de zonas boscosas (Tobar e Ibrahim 2007, 2010), lo que permite inferir que aún existen pequeñas zonas conservadas en la región cerca de los campos agrícolas. Además, las trampas Van Someren-Rydon suelen perder eficiencia debido a ciertas condiciones climáticas como las altas precipitaciones y fuertes vientos (Quinteros *et al.*, 2006), condiciones evidentes en algunos de los meses muestreados, pues gran parte del periodo de tiempo en el que se hizo el estudio se caracterizó por la constante presencia de lluvias.

Este estudio permitió reportar 19 especies para el estado de Puebla que no habían sido encontradas en otros trabajos realizados en la región (Luna-Reyes y Llorente-Bousquets, 2003; Kir'Yanov y Balcázar-Lara, 2007; Luna-Reyes *et al.*, 2008), los cuales únicamente evaluaron a la superfamilia Papilionoidea. Entre las especies con nuevo registros se encuentran las que pertenecen a la superfamilia Hesperioidea (*P. communis*, *A. arene*, *Lerema spp.*, *U. dorantes*, *U. procnes*, *P. mejicanus*, *C. hippalus*, *P. zabulon*, *P. chalybea*, *C. fraus*, *P. pompeius* y *Staphylus spp.*) y algunos miembros de la superfamilia Papilionoidea, tales como *S. astiocha*, *P. boisduvalii*, *P. sitalces*, *B. hyperia*, *Z. ceromia*, *S. melinus* y *Cyllopsis sp.*

Finalmente, tomando en cuenta el número de individuos y de especies encontrados a lo largo del año y los resultados del índice de Chao1, se puede inferir que el agroecosistema resguarda una riqueza de especies mucho más alta de la que se está reportando en este momento, razón por la que valdría la pena continuar con este estudio, lo que permitiría enriquecer y reafirmar el valioso papel

que este tipo de agroecosistemas (parcelados y con márgenes diversos de vegetación) tienen en el mantenimiento de las comunidades de mariposas, sobre todo en espacios donde la perturbación antropogénica crece cada día más. De esta manera, también se podrían proponer estrategias de gestión agrícola adecuadas para conservar la diversidad de mariposas diurnas en zonas perturbadas.

Variaciones en la comunidad de mariposas diurnas con respecto a las variables ambientales

No se encontraron microclimas diferentes en el cultivo de *M. sativa*, pues las condiciones ambientales evaluadas no fueron significativamente diferentes entre los transectos. Sin embargo, se observó que la abundancia de mariposas sí varía entre los diferentes transectos, mientras que la diversidad no muestra diferencias. Esto puede ser debido a la vegetación circundante, la cual no se mantiene constante en los tres transectos, pues no se observa ni la misma riqueza y ni una abundancia similar de especies vegetales en los tres sitios evaluados. Las distintas especies de mariposas encontradas en el sitio de estudio, están visitando las plantas presentes en la periferia y dentro del cultivo de los tres transectos (razón por la que la diversidad puede no variar entre ellos); no obstante, al existir diferente riqueza y abundancia de vegetación entre los transectos el número de mariposas que pueden albergar no es el mismo, pues existen zonas que ofrecen mayor cantidad de recursos de un tipo, y menos de otro (lo que puede explicar las diferencias en la abundancia entre los distintos transectos).

De acuerdo con Pozo de la Tijera *et al.* (2005), las mariposas diurnas son altamente sensibles a los cambios en las variables ambientales como temperatura, humedad y niveles de luz, parámetros típicamente afectados con el disturbio del hábitat. Esto coincide con lo reportado por el análisis canónico de correspondencia realizado en este estudio, pues se observa que las variables ambientales evaluadas explicaron en un 37% la variación de la abundancia de la comunidad de mariposas para el primer eje de ordenación, además de que su efecto es diferente dependiendo la familia de lepidópteros. La familia Pieridae fue la familia más afectada por las fluctuaciones de la humedad, y la familia Nymphalidae fue

mayormente afectada por los cambios en la velocidad del viento, mientras que los papiliónidos y licénidos fueron más sensibles a los cambios de temperatura. Esto no coincide con lo reportado por Quinteros *et al.* (2006), pues en los bosques de Bolivia se observó que los píeridos, por encontrarse en zonas abiertas, modifican su actividad dependiendo de la temperatura, aumentándola conforme lo hace esta variable ambiental. Sin embargo, el efecto de las variables ambientales puede variar debido a las condiciones de las zonas de estudio, pues la fisionomía del paisaje es muy diferente, y ésta puede modificar y/o contrarrestar el efecto del clima en las poblaciones de mariposas.

En cuanto a los papiliónidos, se ha reportado que las variables ambientales que más los afectan son la velocidad del viento (debido al gran tamaño de sus alas) y la temperatura, pues aumentan su nivel de actividad conforme lo hace esta variable (Quinteros *et al.*, 2006), lo cual podría explicar lo encontrado en el cultivo de alfalfa, ya que se registró un escaso número de individuos pertenecientes a esta familia.

Por su parte, los licénidos han mostrado ser organismos muy sensibles a las variaciones en la temperatura, pues su actividad está restringida a los momentos de mayor intensidad solar (Quinteros *et al.*, 2006; Luna-Reyes *et al.*, 2008), lo que permite explicar por qué la familia Lycaenidae fue la más afectada por las variaciones en la temperatura en los cultivos de *M. sativa*.

Finalmente, Nymphalidae resultó ser la familia más afectada por la velocidad del viento, lo cual no ha sido reportado como tal en otros estudios realizados con mariposas. Lo que se ha observado es que los ninfálidos son muy sensibles a las condiciones ambientales en general, estando sus poblaciones más restringidas a los cambios ambientales (Luna-Reyes *et al.*, 2008) y siendo algunas subfamilias más propensas a los efectos de la fluctuación de la temperatura (Quinteros *et al.*, 2006) y a la perturbación en los hábitats, pues resienten el cambio en la vegetación de los ecosistemas que habitan, prefiriendo siempre zonas más conservadas (Tórrez *et al.*, 2013). Por lo tanto, al ser esta familia muy sensible a los cambios en su hábitat, la conservación de la riqueza vegetal en los bordes del cultivo de alfalfa puede estar teniendo un efecto amortiguador ante las

fluctuaciones ambientales, lo que podría explicar los resultados obtenidos en el CCA.

Cabe mencionar que algunos ejemplares fueron recolectados con las alas muy maltratadas, rotas o decoloradas, lo que puede ser debido a la presencia de condiciones climáticas extremas en el agroecosistema evaluado, como fuertes vientos o intensas lluvias, que golpean a los organismos contra la vegetación o dañan sus alas durante el vuelo (Quinteros *et al.*, 2006).

Finalmente, el pH del suelo registrado en el sitio de estudio resultó ser en promedio de 6.33, valor que está dentro del rango de pH adecuado para el correcto desarrollo de las plantas de *M. sativa* (6.3 - 7.0), pues las bacterias del género *Rhizobium*, que se asocian endosimbióticamente con los nódulos radiculares de este cultivo, sólo pueden desarrollarse en ese intervalo de pH y son importantes porque son las encargadas de fijar el nitrógeno en el suelo (Orloff, 2007). Debido a esto, se puede inferir que la alfalfa que crece en el cultivo evaluado es de alta calidad, y presenta grandes cantidades de nitrógeno, lo cual es importante para mantener a las poblaciones de mariposas de la comunidad, pues de acuerdo con Abós-Castel (2005), la presencia cultivos de alfalfa en los agroecosistemas aumenta la abundancia de mariposas y mantiene a sus poblaciones más nutridas, debido a la riqueza de nutrientes que posee. Incluso este autor reportó que, en los monocultivos, la alfalfa es fundamental para albergar el 83% de los lepidópteros en la comunidad, pues se ha observado que sin dicho cultivo la abundancia poblacional y la riqueza de especies disminuye significativamente.

Por lo tanto, es evidente que las mariposas diurnas son afectadas por los cambios en las condiciones ambientales pero también por la perturbación sobre la vegetación de sus hábitats, pues en muchos casos la existencia de una especie de mariposa depende de la presencia de una especie de planta específica (Gamez, 2010); además de que cultivos con alto contenido de nutrientes, como lo es la alfalfa, son fundamentales para su desarrollo y conservación (Abós-Castel, 2005). De acuerdo con lo observado en este estudio y con lo reportado en muchos otros, a pesar de que existen ciertas constantes entre los diferentes territorios

evaluados, también se puede observar que la estructura de una comunidad de mariposas diurnas responde de modo diferente dependiendo de cada sitio, lo que ratifica su alta especificidad hacia la vegetación de la que se alimentan y hacia las fluctuaciones en los niveles de luz, viento, humedad y temperatura, siendo un grupo de insectos con alta sensibilidad (Zambrano-González y Ortiz-Ordóñez, 2009).

Gremios alimenticios y diversidad funcional de la comunidad de mariposas diurnas
Contrario a lo que se esperaba, en el cultivo de alfalfa se encontraron los tres gremios alimenticios reportados para las mariposas diurnas. En este tipo de monocultivo no se esperaba que existiera gran variedad de recursos para los lepidópteros. Sin embargo, gracias a la abundante y diversa vegetación arbórea, arbustiva y herbácea alrededor de los cultivos de *M. sativa*, los recursos disponibles para las mariposas fueron más diversos de lo pensado.

La mayor parte de las mariposas encontradas pertenecen al gremio nectarívoro, pues el néctar de las flores es el recurso más abundante en los agroecosistemas. De acuerdo con Tobar e Ibrahim (2010), el gremio nectarívoro es más abundante en los agropaisajes debido a que las mariposas que los habitan dependen de ellos para su supervivencia.

Dentro de las especies nectarívoras encontradas en el agroecosistema evaluado están la mayor parte de los miembros de la familia Pieridae (Abós-Castel, 2005; Luna-Reyes *et al.*, 2008), Papilionidae, HesperIIDae, Lycaenidae y Riodinidae (Ospina y Reinoso, 2009), razón por la que este gremio fue el más abundante en la comunidad. De estas familias, Pieridae se caracteriza por su gran capacidad de adaptación a los recursos alimentarios disponibles, tanto en estado larval como en estado adulto, por lo que la introducción de plantas en los campos de cultivo la favorece al introducir nuevos recursos en la comunidad, razón por la que esta familia no es perjudicada por la gestión agraria.

En cuanto a las especies acimófagas, la gran mayoría pertenecen a la familia Nymphalidae, pues de acuerdo a lo reportado en otros estudios (Ospina y Reinoso, 2009; Tobar e Ibrahim, 2010) esta familia se caracteriza por una mayor

explotación de los diversos recursos disponibles en su hábitat; en su estado adulto pueden recurrir a fuentes de néctar (gremio nectarívoro), de sales minerales disueltos en la arena húmeda o en asentamientos de agua (gremio hidrófilo) y de materia orgánica en descomposición (gremio acimófago); esta versatilidad para explotar diferentes recursos puede significar una ventaja frente a otras especies más restringidas en su alimentación (Ospina y Reinoso, 2009), por lo que ésta puede ser una de las razones de su presencia en nuestro sitio de estudio.

De acuerdo con Tobar e Ibrahim (2010), la presencia de árboles y arbustos, además de la vegetación herbácea, es importante en los ecosistemas agrarios para ofrecer una variedad más amplia de recursos alimenticios (flores, frutos, excrementos) a los lepidópteros; en el sistema agrario evaluado, en todos los márgenes de los cultivos se cuenta con vegetación arbórea y arbustiva, lo que puede explicar la riqueza de gremios encontrada en el estudio. Estas formas de vegetación están presentes en los tres transectos evaluados y se observaron durante todo el año de muestreo, lo que puede explicar la alta similitud de gremios encontrada entre ellos y entre las distintas temporadas del año.

Por lo tanto, la importancia de la vegetación circundante en los campos agrícolas vuelve a hacerse evidente para conservar a las poblaciones de mariposas diurnas, pues aumentan la cantidad y diversidad de recursos alimenticios a los que estos organismos pueden acceder, aumentando la riqueza funcional de los agroecosistemas.

Se ha observado que las poblaciones de mariposas en determinados ecosistemas agrarios se ven favorecida por una alta cobertura arbustivo-herbácea, por un alto índice de parcelación y un bajo nivel de gestión agraria caracterizado por la presencia de márgenes ricos en vegetación nativa (Abós-Castel, 2005). Además, Marreno (2005) reportó que la introducción de plantas exóticas en un ecosistema puede ayudar a aumentar el número de visitantes florales, por la oferta de nuevos recursos, pues observó casos donde la agricultura favoreció la riqueza y abundancia de visitantes florales al aumentar la heterogeneidad del paisaje; por lo que se puede inferir que los niveles de gestión agraria intermedios pueden estar favoreciendo a las comunidades de lepidópteros diurnos y que los

agroecosistemas con una gestión agraria adecuada pueden funcionar como reservorios de diversidad en un mundo en el que el crecimiento de las actividades antropogénicas se intensifica día con día.

Conclusiones

- Durante el periodo de muestreo, se encontró una gran abundancia y diversidad de lepidópteros diurnos, entre los que se encontraron 19 especies que representan nuevos registros para el estado de Puebla, dentro de los cuales la mayoría pertenecieron a la superfamilia Hesperioidea, pues éste es el primer trabajo realizado en el estado que incluye a este grupo. Además, se registraron 3 especies endémicas de México. Así, nuestro cultivo de alfalfa parcelado y rodeado con márgenes de vegetación diversa, resultó ser un agroecosistema que efectivamente está funcionando como reservorio de diversidad.
- Microclimáticamente hablando, la abundancia y diversidad de especies no varió entre los transectos evaluados, a pesar de que la vegetación de los márgenes fue diferente. Sin embargo, las variables ambientales (temperatura, humedad y velocidad de viento) no fueron significativamente diferentes entre transectos, por lo que, y debido a la movilidad de estos insectos, el cultivo de alfalfa y sus respectivos márgenes de vegetación parecen estar funcionando de manera integrada como un único ecosistema, lo que debe ser tomado en cuenta al considerar este tipo de ambientes como reservorios de diversidad.
- La abundancia de mariposas diurnas no es constante a lo largo del año. El mayor número de mariposas se observa en la temporada húmeda, pues es cuando los lepidópteros tienen más recursos a los que pueden acceder y porque las especies migratorias suelen buscar espacios más húmedos y frescos para establecerse. Además, los meses más abundantes resultaron ser los meses de eclosión de la especie plaga del cultivo: *C. eurytheme*.

- La diversidad de ropalóceros diurnos varió a lo largo del año, lo que puede estar relacionado con cambios ambientales en las diferentes temporadas, así como con la diferente fenología de las especies vegetales del agroecosistema, variables que afectan de manera distinta a las diferentes especies de mariposas.
- Las condiciones ambientales (temperatura, velocidad del viento y humedad relativa) tuvieron un efecto en la abundancia de lepidópteros diurnos, lo que refleja su sensibilidad ante los cambios climáticos de su hábitat. Sin embargo, no puede dejarse de lado la vegetación natural de los márgenes de las parcelas. Esta variable puede afectar tanto a las mariposas como lo hacen las variables ambientales.
- En los agroecosistemas, el método de captura de lepidópteros más adecuado es la captura manual con red entomológica, pues la mayor parte de los individuos encontrados son nectarívoros y no son atraídos por las trampas cebadas. Sin embargo, éstas últimas son útiles para capturar especies acimófagas atraídas por los cebos.
- La comunidad evaluada presentó una alta riqueza funcional, pues los tres gremios alimenticios reportados para las mariposas fueron encontrados en este estudio, evidenciando la riqueza de recursos existente en el agropaisaje.
- La familia más numerosa fue Pieridae, pues es beneficiada por la gestión agraria, ya que los cultivos pueden estar ofreciendo más fuentes de néctar, alimento casi exclusivo de esta familia; además, muchas de las especies de esta familia son consideradas insectos plaga, por lo que pueden adaptarse a las condiciones de los ecosistemas agrarios. Por otro lado, Nymphalidae fue la familia con mayor capacidad para adaptarse a las fuentes alimenticias de la comunidad, pues la mayoría de sus especies puede alimentarse de cualquier gremio. Ésta puede ser una de las razones que esté soportando su presencia en el cultivo a pesar de ser una familia altamente sensible a la perturbación, pues la vegetación puede estar amortiguando el efecto de ésta en los campos de cultivo.

- El muestreo realizado mostró una eficiencia del 57%, por lo tanto es necesario aumentar el esfuerzo de muestro para alcanzar una completitud del inventario. Estos resultados indican que este hábitat puede resguardar todavía mayor riqueza y abundancia de lepidópteros diurnos que los reportados en este estudio.

A pesar de que los cultivos de alfalfa son ambientes perturbados, cuando se manejan de forma parcelada y se mantienen márgenes con abundante y diversa vegetación circundante (herbácea, arbustiva y arbórea), funcionan como reservorios de diversidad para las mariposas, que parecen aprovechar los niveles intermedios de perturbación agraria. Así también, los campos de cultivo cerca de remanentes de zonas boscosas pueden resultar beneficiosos para conservar la abundancia y diversidad de mariposas diurnas, pues organismos dependientes del bosque pueden acudir a los cultivos a alimentarse o a reproducirse, utilizando los cultivos y sus márgenes de vegetación como corredor biológico. Con base en los resultados de trabajos como éste, se podrán proponer estrategias de gestión agraria adecuadas para que de forma simultánea se obtengan beneficios económicos de los cultivos, pero también se ayude a mantener la diversidad y abundancia de especies nativas, aprovechando estos espacios como sitios de conservación.

Bibliografía

Abós F. 2002. El pluricultivo y la presencia de márgenes mantienen la diversidad biológica en los agrosistemas. *Ecología*. 16: 273-285.

Abós-Castel F. 2005. Análisis de las comunidades de mariposas en los agrosistemas en Aragón, España (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). *SHILAP Revta Lepid.* 33 (131): 247-263.

Badano E., Vergara C., Cuautle M., Barranco M., Luna F. 2010. Relaciones entre el estado de salud del ecosistema del Parque Estatal Flor del Bosque y factores de cambio global. Reporte técnico: catálogo fotográfico de especies de Lepidoptera dentro del parque "Flor del Bosque". 71pp.

Barton B. 2004. "*Colias eurytheme*" (On-line), Animal Diversity Web. Consultado el 10 de abril de 2015 desde: http://animaldiversity.org/accounts/Colias_eurytheme/

Baquero E., Moraza M.L., Ariño H.A., Jordana R. 2011. Mariposas diurnas de Pamplona. Ayuntamiento de Pamplona. 137pp.

Beutelspacher R.C. 1984. Mariposas de México. Ediciones Científicas La Prensa Médica Mexicana. México D.F. 129pp.

Castillo V.M. 2008. Catálogo de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) del estado de Michoacán. Tesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 325pp.

Colwell R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.

Conabio. 2008. Convenio sobre la diversidad biológica. Consultado el 25 de julio de 2014 desde:

http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/db_mexico.html

De Vries J.P., Austin T.G. y Martin H.M. 2009. Estimating species diversity in a guild of Neotropical skippers (Lepidoptera: HesperIIDae) with artificial lures is a sampling problem. *Insect Conservation and Diversity*. 2: 125-134.

Díaz S., Di Renzo J., Pla L., Casanoves F. 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Tirrualba , CR: CATIE.

Fernández-Hernández D.M. 2007. Butterflies of the agricultural experiment station of tropical roots and tubers, and Santa Ana, Camagüey, Cuba: an annotated list. *Acta Zoológica Mexicana*. 23 (2):43-75.

Galindo L., Rickards G., Arreola A. y Terroba A. 2013. Mariposas comunes de la ciudad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Gamez J.A. 2010. Mariposas Nymphalidae (Lepidoptera: Rhopalocera) en el área natural protegida la Joya, del Departamento de San Vicente, el Salvador, Centroamérica. Tesis. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. 102pp.

Garwood K. y Lehman R. 2005. Butterflies of Northeastern Mexico (Nuevo León, San Luis y Tamaulipas). 2° Ed. CONABIO y Gobierno del estado de Nuevo León. 193pp.

Glassberg J. 2007. A swift guide to the butterflies of Mexico and Central America. Sunstreak Books. 266pp.

Gobierno de la H. Ciudad de Atlixco. 2014. Municipio: Sobre Atlixco. Consultado el 20 de septiembre de 2015 desde: <http://atlixco.gob.mx/historia-de-atlixco>

González L.F. 2008. Mariposas diurnas del Parque Regional de Sierra Espuña. Servicio de Protección y Conservación de la Naturaleza, Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio. 228pp.

Hammer O. 2015. PAleontological STatistic (Past version 3.08). Museo de Historia Natural. Universidad de Oslo.

Hernández B., Maes J.M., Harvey A. C., Vílchez S., Medina A. y Sánchez D. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 10: 39-40.

Hernández-Mejía C., Llorente-Bousquets J., Vargas-Fernández I. y Luis-Martínez A. 2008. Las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) de Malinalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 117-130.

Hintze J. 2013. NCSS 9: Number Cruncher Statistical Systems. NCSS, Kaysville.

Holt E. y Miller W. 2010. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*. 3(10):1-8.

Hooper D. U., Solan M., Symstad A., Díaz S., Gessner M.O., Buchmann N., Degrange V., Grime P., Hulot F., Mermillod-Blondin F., Roy J., Spehn E. y van Peer L. 2002. Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning

(195–208) *En*: Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives. Loreau M., Naeem S. y Inchausti P. (Eds.) Oxford University Press, Oxford, UK.

INAFED. 2010. Atlixco. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Estado de Puebla. Mexico. Consultado el 15 de septiembre de 2015 desde: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21019a.htm>
!

Kir'Yanov A. y Balcázar-Lara M. 2007. Papilionidae and Pieridae butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) of the state of Guanajuato, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 23 (2): 1-9.

Kovach. 2013. MVSP: Multivariate Statistical Package for Windows (version 3.22). Kovach Computing Services, Anglesey, Gales.

Liu G., Panq H., Zhou C., Wen R., Chen H., Jia F., Mo Z. 2004. Diversity of Butterflies in Lianhua Mountain Nature Reserve of Dongguan City, Guandgdong Province. *Journal of Applied Ecology*. 15(4): 571-574.

Llorente-Bousquets J., Oñate-Ocaña L., Luis-Martínez A. y Vargas-Fernández I. 1997. Papilionidae y Pieridae de México: Distribución geográfica e ilustración. UNAM, CONABIO. 230pp.

Lotts K. y Naberhaus T. 2015. Butterflies and Moths of North America. Consultado el 21 de julio de 2015 desde: <http://www.butterfliesandmoths.org>

Luna-Reyes M. y Llorente-Bousquets J. 2004. Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra Nevada, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 20(2): 79-102.

Luna-Reyes M., Llorente-Bousquets J. y Luis-Martínez A. 2008. Papilionoidea de la Sierra de Huautla, Morelos y Puebla, México (Insecta: Lepidoptera). *Revista de Biología Tropical*. 56 (4): 1677-1716.

Marrero H. 2005. Efecto de la agriculturización y la estructura del paisaje sobre el servicio de polinización en agroecosistemas pampeanos. Tesis. Universidad Nacional del Sur, Facultad de Agronomía. 171pp.

Martínez-Noble J.I., Meléndez-Ramírez V., Delfín-González H. y Pozo C. 2015. Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86: 348-357.

Martorell C. y Peters E. 2008. Disturbance-response analysis: a method for rapid assessment of the threat to species in disturbed areas. *Conservation Biology*. 23 (2): 377-387.

Miller N.G., Wassenaar L.I., Hobson K.A. y Norris D.R. 2012. Migratory connectivity of the monarch butterfly (*Danaus plexippus*): patterns of spring recolonization in Eastern North America. *PLoS ONE*. 7(3): e31891.

Olivares H.E. y Tapias G.O. 2007. Estudios preliminares de Mariposas Diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en el Jardín Botánico del Táchira, Parque Natural Paramillo, Estado Táchira, Venezuela. *Entomotrópica*. 22 (3): 185-189.

Oñate-Ocaña L., Morrone J. y Llorente-Bousquets J. 2000. Una evaluación del conocimiento y de la distribución de las Papilionidae y Pieridae mexicanas (Insecta: Lepidoptera). *Acta Zool .Mex*. 81: 117-132.

Orloff S.V. 2007. Choosing appropriate sites for alfalfa production. *En: Irrigated alfalfa management for Mediterranean and Desert zones*. Summersand G.C. y

Putman D.H. (Eds.) University of California. *Division of Agriculture and Natural Resources* 8288.

Orozco S., Muriel S.B. y Palacio J. 2009. Diversidad de lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del occidente antioqueño. *Actual Biol.* 31 (90): 31-41.

Ospina L.A. y Reinoso F.G. 2009. Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del jardín botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad de Tolima (Ibagué-Colombia). *Tumbaga.* 4: 135-148.

Pozo de la Tijera M.C., Salas-Suárez N., Maya-Martínez A. y Prado-Cuellar B. 2005. Subproyecto mariposas. *En: Uso y monitoreo de los recursos naturales en el corredor biológico mesoamericano (áreas focales Xpujil-Zoh Laguna y Carrillo Puerto.* Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. CONABIO.

Quinteros R., Paz-Soldán L.A., Pinto C.F., Aguirre L.F., Ruiz O. y Tacachiri D. 2006. Influencia de actividades antropogénicas sobre comunidades de mariposas en bosques de *Polylepis besseri* de Cochabamba-Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental.* 20: 43-64.

RAE. 2014. Diccionario de la Lengua Española. 23° Ed. Consultado el 8 de octubre de 2015 desde: <http://www.rae.es>

Rivas-Arancibia S.P., Carrillo-Ruiz H., Bonilla A., Figueroa-Castro D.M. y Andrés-Hernández A.R. 2014. Effect of disturbance on the ant community in a semiarid region of central Mexico. *Applied Ecology and Environmental Research.* 12 (3): 703-716.

Sagarpa. 2009. Diseño de estrategias de mercado, logísticas y de adecuación de productos para la integración de la alfalfa mexicana en el comercio global de forrajes. FIRCO. Programa de Pro-Mercado.

Serra V.C., La Porta C.N., Ávalos S. y Mazzuferi V. 2012. Fixed-precision sequential sampling plants for estimating alfalfa Caterpillar, *Colias lesbia*, egg density in alfalfa, *Medicago sativa*, fields in Córdoba, Argentina. *Journal of Insect Science* 13 (41): 1-10.

Silvestre R., Brandao C. y da Silva R. 2003. Grupos funcionales de hormigas: El caso de los gremios del Cerrado. *En: Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Fernández F. (Ed.) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Stefanescu C. 2001. The nature of migration in the red admiral butterfly *Vanessa atalanta*: evidence from the population ecology in its southern range. *Ecological Entomology*. 26: 525-536.

Tobar L. e Ibrahim M. 2007. Mariposas del paisaje ganadero del bosque subhúmedo tropical Esparza, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 37pp.

Tobar L. e Ibrahim M. 2010. ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios? *Rev. Biol. Trop.* 58 (1): 447-463.

Tórrez M., Arendt W. y Maes J.M. 2013. Comunidades de aves y lepidópteros diurnos y las relaciones entre ellas en bosque nuboso y cafetal de Finca Santa Maura, Jinotega. *Encuentro*. 95: 69-79.

Villarreal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. y Umaña A. 2006. Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. 2º Ed. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236pp.

Warren A.D., Davis K.J., Stangeland E.M., Pelham J.P. y Grishin N.V. 2013. Illustrated Lists of American Butterflies. Consultado el 20 de julio de 2015 desde: <http://www.butterfliesofamerica.com>

Wettstein W., Schmid B. 1999. Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effects of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology*. 36(3):363-373.

Van Swaay C. y Warren S. 1999. Red Data book of European butterflies (Rhopalocera). Nature and Environment, No. 99, Council of Europe Publishing, Strasbourg. 259pp.

Zambrano-González G. y Ortiz-Ordóñez G.F. 2009. Diversidad de lepidópteros diurnos en tres localidades del Corredor Biológico y Multicultural Munchique-Pinche, Cauca, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. 13:214-224.