



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

“Diversidad de Mariposas diurnas en la vegetación borde de un cultivo de *Ipomoea batatas* (L.) en la zona de Atlixco, Puebla, México”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

María Teresa Reyna Cervantes

DIRECTOR DE TESIS: Dra. Hortensia Carillo Ruiz

CO-DIRECTOR DE TESIS: Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia



Febrero 2020

*A mis papás Arturo Reyna y María
Teresa Cervantes*

*En memoria de Felipe Cervantes
Irigoyen*

Agradecimientos

Quiero empezar agradeciendo a la doctora **Hortensia Carrillo Ruíz** por guiarme y apoyarme en la elaboración de este proyecto, por su paciencia y ayuda pero sobre todo por toda la confianza; muchísimas gracias doctora.

A la doctora **Sombra Patricia Rivas Arancibia** por su apoyo y acompañamiento durante todo el trabajo, por asesorarme y ayudarme en la temible parte estadística. A la doctora **Rosa Andrés Hernández** por su tiempo y disposición para la identificación de las especies vegetales; pero sobre todo quiero agradecerles por su amabilidad y paciencia para la corrección de este trabajo.

Quiero agradecer también a mis papás por siempre apoyar mis sueños, no importa que tan descabellados y locos parezcan, siempre me alientan a superar mis miedos y a luchar por alcanzar mis metas. Agradezco que siempre están dispuestos a ayudarme, incluso a coleccionar en campo a pesar del calor y el cansancio. Nunca me cansaré de repetirlo, de todo corazón mil gracias.

También agradezco a mi familia por tanto amor y apoyo: a mis abuelitas **Tere, Mone y Elo**; a mis tíos **Jorge, Pepe, Juan, Chelo, Paty, Felipe y Rene**; por estar presentes siempre. A mis primos **Paco, Fer, Abril, Martha, Ana y Hugo** les agradezco de todo corazón acompañarme en cada momento.

A mis amigos, que más que amigos puedo decir que son como una segunda familia, un poco disfuncional pero una familia al fin. Hemos compartido tantos momentos y les agradezco de todo corazón siempre estar ahí cuando más nos hemos necesitado. **Jessica Ramírez, Abraham Mendoza e Issachar López** es un gusto poderlos llamar colegas, pero es todo un privilegio llamarlos mis amigos.

A **Diego Medina Cantero** un simple gracias no es, ni será suficiente para agradecerte todo lo que haces por mí, pues puedo decir sin exagerar, que este proyecto en gran parte es gracias a ti. Fueron horas y horas y horas de trabajo durante dos largos años en los que nunca me dejaste sola, pasamos tardes enteras en mis sillones mientras te leía los mismos párrafos una y otra vez y siempre estabas dispuesto a ayudarme. Te estaré agradecida toda la vida y espero que estés tan orgulloso de mí como yo lo estoy de ti.

Y de manera muy especial quiero agradecer al profesor **Felipe Cervantes Irigoyen**, un hombre que me inspira muchísimo, crecí escuchando miles de historias sobre él, y creo que gran parte de esto se lo debo a él. Sé que si viviera, estaría encantado con todo nuestro trabajo, sé que junto a mi papá, hubiera coleccionado mariposas y prensado plantas; de hecho me gusta pensar que esa fue mi mayor herencia. A donde sea que te encuentres abuelo... Te agradezco mucho.

Ah y por último pero no menos importante, quiero agradecerle a México por ser un país Megadiverso.

INDICE

Contenido	
Resumen	1
Introducción.....	2
Antecedentes.	7
Justificación.....	11
Objetivos	12
General.....	12
Particulares.....	12
Hipótesis.....	13
Material y Métodos	14
Sitio de estudio	14
Colecta e identificación de ejemplares	17
Análisis estadísticos	19
Resultados	20
Eficiencia de muestreo	20
Riqueza, Abundancia y Diversidad en el tiempo.....	21
Riqueza, abundancia y diversidad de las familias de Rhopaloceros.	23
Riqueza, abundancia y diversidad de especies en los bordes.....	25
Diversidad entre los bordes estudiados.....	30
Variables ambientales.	31
Especies vegetales y su relación con los Rhopaloceros.	36
Discusión.....	40
Eficiencia del muestreo.....	40
Riqueza, abundancia y diversidad en el tiempo.....	40
Riqueza, abundancia y diversidad por familias.....	41
Diversidad.....	45
Conclusiones.....	55
Bibliografía	56
Anexo	63

Resumen

Los lepidópteros son reconocidos como un grupo bioindicador, debido a su sensibilidad frente a los cambios ambientales, en la vegetación, clima y microclima. Sin embargo, su papel ecológico dentro de los agrosistemas no ha sido extensamente estudiado en el país. Por este motivo, en este trabajo se determinó la diversidad de Rhopaloceros asociados a la vegetación borde de un cultivo de *Ipomoea batatas* (L.) en la localidad de Atlixco, Puebla. México. Se llevaron a cabo dos muestreos mensuales de marzo a noviembre de 2018, mediante recolecta directa con redes entomológicas a lo largo de cuatro bordes, que rodeaban al cultivo. Se recolectaron 735 ejemplares pertenecientes a 62 especies agrupadas en dos superfamilias, Papilionoidea con cinco familias -Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae, Riodinidae y Papilionidae- mostrando mayor riqueza la familia Lycaenidae (18 especies); Hesperioidea de la cual se recolectaron ocho especies de Hesperidae. Siendo Pieridae la más abundante con 351 organismos. *Nathalis iole iole* fue la especie más abundante (144 ejemplares). Con respecto a los índices de diversidad, los valores más cercanos a uno fueron obtenidos en el borde 1 (D: 0.917) y 4 (D: 0.916), siendo el borde 3 significativamente diferente al resto (T-Hutchinson $p < 0.05$) entre los cuatro bordes muestreados, se observó variación en la composición de especies entre cada uno. El borde 1 fue el más diverso, concidiendo con que presentó la mayor riqueza y abundancia de especies vegetales (18 especies presentes de 21 recolectadas en total).

Esto nos permite inferir que los agrosistemas en donde existen bordes de vegetación silvestre, albergan una gran diversidad biológica; por lo que es importante continuar con este tipo de estudios que permitan recomendar a los pobladores mantener estos bordes de vegetación en sus cultivos.

Introducción.

Los insectos son uno de los grupos más diversos, numerosos y evolucionados entre los artrópodos. Se les encuentra en casi todos los ambientes terrestres y dulceacuícolas, así como en la mayoría de los tipos de clima (Llorente-Bousquets *et. al.* 2008). Se calcula que se conocen cerca de 750, 000 especies que constituyen el 60% de las especies animales y vegetales descritas a nivel mundial por lo que son una parte importante de la diversidad biológica (Barnes, 1989).

La importancia ecológica de estos organismos radica en que son polinizadores efectivos, sirven como recurso alimenticio para eslabones superiores en las cadenas tróficas, permiten la desintegración e incorporación de la materia orgánica al suelo y actúan como indicadores de la salud de los ecosistemas (Wilson *et al* 1999, Cabezas 2012).

Dentro de los insectos los grupos con más diversidad son los coleópteros, los dípteros, himenópteros y los lepidópteros (Brusca y Brusca 2003).

Dentro del Orden Lepidoptera se han descrito y denominado unas 155, 000 especies en el mundo, es decir el 10% del total de las especies animales; aunque las estimaciones oscilan entre 255, 000 especies, probablemente más (Kristensen *et. al.* 2007). Este orden tiene la principal característica de presentar cuatro alas de coloraciones muy vistosas. Los lepidópteros o mariposas como comúnmente se les conoce, se subdividieron hace unos 70 millones de años en especies diurnas y especies nocturnas (Vane-Wright, 2004), es por esto, que actualmente se reconocen dos grupos de acuerdo a sus hábitos y características anatómicas específicas: el grupo de los Heterocera o mariposas nocturnas, presentan antenas sin clavos o pectinadas, generalmente más ornamentadas en los machos que en las hembras, poseen colores poco llamativos generalmente marrones, pardos o grises, aunque exhiben diseños intrincados de manchas y líneas, tienen el cuerpo generalmente cubierto por escamas modificadas como cerdas o pelos que les da un aspecto algodonoso (Hernández-Chavarría 2004; Gámez 2010); y el grupo de los Rhopaloceros incluye a todas las mariposas diurnas, se considera que comprenden cerca del 12% de los Lepidoptera, este grupo se caracteriza por tener un ensanchamiento en sus antenas en forma de mazas o clavos, poseen colores llamativos generalmente en la zona dorsal y colores menos llamativos en la parte

ventral; en ocasiones el color que presentan en la parte ventral puede ser muy brillante lo que indica que tiene un sabor desagradable o son venenosas.(Robert *et al.* 1983, Hernandez-Chavarria *et al.* 2004; Gámez 2010).

Las mariposas se han propuesto como indicadores ambientales debido a su fácil muestreo, a sus historias naturales bien documentadas y porque son un grupo altamente sensible a la perturbación del hábitat, es decir, son indicadores de la salud del ecosistema debido a su sensibilidad frente a los cambios ambientales, cambios en la vegetación, clima y microclima (Wood y Gillman 1998, Thomas 2005; Kremen 1992). Gracias a esta sensibilidad que tienen los lepidópteros a los cambios ambientales, se considera que la aparición de cualquier especie de mariposa es un indicador seguro de la presencia de depredadores y parásitos, condiciones ambientales específicas y de la presencia simultánea de otras especies vegetales que representan un recurso alimenticio para el estado larval y el adulto (Constantino *et al.* 2007).

En México la agricultura representa una de las principales actividades, la cual se desarrolla en las zonas rurales del país y constituye una de las primordiales fuentes de ingreso tanto económicas como alimenticias. Así, se estima que México cuenta con un territorio de 198 millones de hectáreas de las cuales 30 millones son tierras de cultivo (FAO).

En nuestro país y en nuestro estado, la expansión de la frontera agrícola, representa una de las causas más importantes en la pérdida de ecosistemas naturales. Esta expansión, es justificada por el aumento en la demanda alimenticia, pero en donde impera el mal manejo de los recursos naturales, favoreciendo los monocultivos dependientes de grandes cantidades de fertilizantes, herbicidas y pesticidas que generan una modificación negativa sobre los ecosistemas (Matson, Parton, Power y Swift 1997).

Las grandes extensiones de monocultivo ha provocado que las especies nativas sean relegadas a pequeños parches de vegetación silvestre entre los cultivos, tanto los parches ruderales como los márgenes linderos a los campos de cultivo, albergan una gran diversidad de especies de plantas nativas y frecuentemente representan el único hábitat adecuado en un agroecosistema para el establecimiento de una

gran variedad de polinizadores como los insectos (Torretta & Poggio 2013; Abos P. 2002).

Sin embargo, numerosos estudios han señalado que la modificación del ambiente debido a las actividades agrícolas disminuyen estos parches de vegetación aledaños a los cultivos, provocando un empobrecimiento en el hábitat que tiene como consecuencia la disminuciónn drástica en el número de polinizadores, ya que se ha documentado que su diversidad está directamente relacionada con la degradación y fragmentación de su hábitat (Rathcke y Jules 1993),

Recientemente han surgido algunos trabajos realizados en agroecosistemas donde se señala que las cercas vivas dispersas en cultivos, favorecen la conservación de la diversidad debido a que pueden actuar como corredores biológicos para la fauna silvestre (Beer *et al.* 2003).

Así, estudios como el realizado por Sáez A. *et al.* (2014) han mostrado que la diversidad de visitantes florales presentes en el borde esta correlacionada significativamente con la diversidad floral. Los cultivos aledaños a los bordes con mayores niveles de diversidad floral presentaron en promedio el doble de riqueza de visitantes florales en comparación con los cultivos rodeados por bordes menos diversos.

De igual manera Holzschuh *et al.* (2006) realizaron una comparación de la diversidad de abejas en cultivos orgánicos y tradicionales de trigo en Alemania, encontrando que la mayor diversidad de abejas se encontró en los cultivos orgánicos, debido a que la cobertura floral y la diversidad de flores fueron mayor para esas zonas.

Abós (2002), utilizó a los Rhopaloceros como indicadores de diversidad entre paisajes de agroecosistemas con distintos grados de perturbación en las sierras del Prepirineo Aragonés reportando que hay mayor riqueza y abundancia de especies de mariposas en los pluricultivos que en los monocultivos, se estableció que la presencia de brechas de vegetación y la ausencia de riego han favorecido la diversidad de mariposas. La riqueza de especies y la abundancia poblacional se correlacionaron positivamente con el grado de parcelación y con la abundancia de

márgenes a un nivel de significación mayor del 99%. En este estudio se reportaron 13 especies en el cultivo y 34 especies en los bordes en la zona de secano semiárido; en la zona de regadío se reportaron nueve especies en el cultivo y 21 en los bordes. Se comprobó que hay una relación entre las poblaciones de mariposas y el número de especies vegetales en los paisajes agrarios, en los márgenes de vegetación espontánea se observa una mayor riqueza de mariposas que en aquellos en donde la vegetación predominante es arvenses y ruderal.

Tobar & Ibrahim (2010), realizaron un estudio en la composición, riqueza y abundancia de mariposas diurnas en dos tipos de cercas vivas, vivas simples y vivas multiestrato, comunes en agroecosistemas de Costa Rica. Registraron un total de 2782 organismos pertenecientes a 75 especies de mariposas, en las cercas vivas multiestrato se registraron 1605 individuos pertenecientes a 70 especies y en las cercas vivas simples se encontraron 1177 organismos de 51 especies. Se reportó que la relación entre las variables de la estructura de vegetación y la riqueza de especies de mariposas evidenció que el número de especies arbóreas y el número de arbustos fueron las variables que más incidieron en la diversidad de mariposas en un 55 %.

De igual manera Tobar D. *et al.* (2006), estudiaron la diversidad de mariposas en ocho sitios de muestreo con diferente cobertura arbórea en un agroecosistema en Costa Rica, donde encontraron que los sitios con mayor diversidad florística presentaron valores más altos en diversidad, riqueza y abundancia de mariposas. La presencia de plantas arbóreas y arbustivas en las cercas vivas permanentes y las pasturas mejoradas con alta diversidad de árboles no solo permiten el movimiento de varias especies que habitan en el agroecosistema, sino que pueden ser un recurso importante para la conservación de mariposas en agroecosistemas, si se mantiene una diversidad de árboles y arbustos que actúen como recursos alimenticios, plantas hospederas y refugio.

Sánchez N. *et al.* (2013), evaluaron la diversidad de mariposas en tres regiones de Costa Rica, comparando los cultivos orgánicos y los cultivos tradicionales encontrando que en promedio los cultivos orgánicos de cacao-plátano presentan mayor riqueza y abundancia de mariposas pudiéndose explicar por la presencia de

un mayor número de plantas herbáceas y árboles en este tipo de cultivos. Sin embargo, en los cultivos de café reportaron una importante cantidad de especies de mariposas típicas de áreas abiertas ya que las especies de mariposas no frugívoras son más comunes de encontrar en áreas abiertas como las plantaciones de café. Ricketts *et al* (2001), compararon la diversidad de polillas en un fragmento de bosque y en 4 zonas agrícolas en Costa Rica reportando que a pesar de no encontrar diferencias significativas en la abundancia y riqueza de especies de polillas entre los hábitats agrícolas, sin embargo la presencia de zonas boscosas cercanas al cultivo influyeron significativamente en la riqueza de especies y en la abundancia de polillas en los hábitats agrícolas. En los sitios cercanos al bosque, la riqueza de especies y la abundancia total fue significativamente mayor que en los sitios más alejados de la reserva. Además, las diferentes distancias de muestreo diferían en la composición de especies, ya que la zona de bosque compartía una mayor proporción de especies con los sitios de cultivo que estaban a una menor distancia.

Antecedentes.

Actualmente el conocimiento sobre la lepidopterofauna en Puebla es escaso, se han realizado algunos estudios que abordan aspectos de la diversidad de este orden en diferentes ecosistemas conservados y semi-conservados. A continuación se mencionan los trabajos publicados para el estado de Puebla.

Gonzales M. (1996) registro para Puebla 407 especies pertenecientes a 205 géneros de cuatro familias: Papilionidae (30 especies y 13 géneros), Pieridae (47 especies y 27 géneros), Nymphalidae (196 especies y 94 géneros) y Lycaenidae (134 especies y 71 géneros). Para la región de Barranca de Patla realizaron un listado de especies de Papilionoidea registrando un total de 342 especies incluidas en 183 géneros; (27 Papilionidae, 41 Pieridae 158 Nymphalidae y 116 Lycaenidae). En esta zona están representadas el 84% de las especies totales, siendo una de las zonas más diversas del Estado.

Flores (2011) realizó un listado preliminar de especies de Rhopaloceros en la región de Cholula Puebla, registrando 32 especies distribuidas en 5 familias: Pieridae (11), Nymphalidae (15), Papilionidae (4), Hesperidae (1), Lycaenidae (1).

Vázquez (2013) elaboro un estudio lepidopterofaunístico en la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Oaxaca-Puebla), reportando para la zona 368 especies. 199 géneros, 22 subfamilias y 6 familias; provenientes de 186 localidades (171 Oaxaca (9458 registros) y 30 Puebla (1370 registros). La familia que reportó la mayor riqueza fue Hesperidae con 145 especies, siguiendo Nymphalidae 135, Papilionidae 15, Pieridae 47, Riodinidae 14 y Lycaenidae 39.

-Nájera-Moyotl *et al.* (2015) analizaron la diversidad y abundancia de Rhopaloceros del municipio de Atlixco en temporadas de lluvias y fríos en dos tipos de vegetación (selva baja caducifolia y bosque pino-encino). Reportando para la época de lluvias 52 especies de las cuales 40 pertenecen a la selva baja caducifolia y 31 a bosque pino- encino; la familia que presentó mayor diversidad fue Nymphalidae con 15 y 12 especies respectivamente y la familia con mayor abundancia fue Pieridae con 145

y 121 organismos respectivamente. Para la época de fríos reportaron 36 especies y la familia con mayor diversidad y abundancia fue Pieridae con 12 especies y 121 organismos, 71 en selva baja caducifolia y 59 en bosque pino-encino.

Estudios recientes, como el realizado por Rivas-Arancibia *et al* (2014), en El rancho El Salado en el municipio de Jolalpan, Puebla evalúan el efecto de las variables ambientales sobre la diversidad de visitantes florales *Bursera copallifera*. Realizaron un análisis canónico de correspondencia con variables de perturbación del ecosistema y mostraron que el grupo de los Lepidoptera, se encuentran desplazados en dirección opuesta a la mayoría de las variables de perturbación, sugiriendo que es un grupo susceptible a la fragmentación y pérdida de hábitat, ya que fue el único grupo que no presentó especies tolerantes a la perturbación, con lo que se reafirma el hecho de que las mariposas son insectos que pueden ser empleados como indicadores de perturbación antropogénica para la región.

Como podemos observar, los estudios hasta el momento realizados sobre este grupo de insectos en el estado de Puebla, se han llevado a cabo en ambientes conservados y semi-conservados, dejando a un lado ambientes con un grado de perturbación como zonas cultivadas, zonas ganaderas y zonas urbanizadas.

Entre los pocos estudios en ecosistemas agrícolas para el estado de Puebla, podemos mencionar el de Fascinetto (2015), quien evaluó la diversidad, riqueza y abundancia de Rhopaloceros en un cultivo de alfalfa en el rancho San Diego La Blanca en Atlixco Puebla, además de evaluar el efecto de variables ambientales, como la temperatura, velocidad del viento y humedad en la comunidad de mariposas. Reportó un total de 57 especies pertenecientes a 6 familias (Pieridae, Nymphalidae, Papilionidae, Lycaenidae, Riodinidae y Hesperidae) siendo Pieridae la más abundante con 951 organismos; Papilionidae, Riodinidae y Lycaenidae fueron las familias menos abundantes con 50,35 y 20 organismos respectivamente. Agosto y Septiembre se registraron como los meses con mayor número de individuos y Enero con el menor número de registros. En cuanto a diversidad, los

meses menos diversos fueron agosto y septiembre mientras que los más diversos fueron febrero y abril. Respecto a las variables ambientales, reportó que la abundancia de mariposas es mayor en los meses más húmedos con respecto a los fríos y secos. Sin embargo, no encontró diferencias significativas considerando los cambios de temperatura, humedad y velocidad del viento. Realizó un Análisis Canónico de Correspondencia donde encontró que las variables ambientales explican un 36.61% de la fluctuación de la abundancia de las mariposas a nivel familia para el primer eje de ordenación y un 10% para el segundo eje de ordenación. La familia más afectada por la variación de la humedad en el agroecosistema fue Pieridae mientras que Lycaenidae y Papilionidae presentaron mayor variación debido a la fluctuación de temperatura y Nymphalidae se vio más afectada por la velocidad del viento.

El trabajo realizado por Villegas (2019), en la localidad de Cuahueyatla Huauchinango Puebla, donde se evaluó la diversidad y la abundancia de mariposas diurnas asociadas a un agroecosistema de café bajo sombra, a un potrero y a un sendero para determinar su potencial como reservorio de diversidad dependiendo del nivel de perturbación. Obteniendo como resultado 643 individuos pertenecientes a 83 especies de Rhopaloceros. La familia Nymphalidae fue la que presentó mayor riqueza y abundancia en las tres zonas muestreadas; sin embargo el cafetal y el potrero presentaron una mayor complejidad de estructura vegetal. Aunado a esto la zona del sendero presentó valores intermedios de perturbación sin embargo presentó los valores de diversidad más altos demostrando que la heterogeneidad del paisaje puede crear microclimas que alberguen una mayor cantidad de especies.

El trabajo realizado por Lezama en la localidad de Atlixco Puebla (2019) evaluó los valores de diversidad de mariposas diurnas en un cultivo de *Ipomoea batatas* de igual manera se comparó las variables ambientales, la estacionalidad, y el periodo del día afectaban a la diversidad de mariposas. Reportando 1158 ejemplares pertenecientes a 46 especies. 509 ejemplares fueron colectados dentro del cultivo, mientras que 649 fueron capturados en los márgenes de este. En cuanto a la estacionalidad se reporta que el mes de julio fue el más abundante; al comparar la

diversidad de especies del cultivo y los márgenes aledaños, no se reportó diferencia significativa, pero se observó que fue el mes menos diverso, mientras que mayo junio y julio presentaron mayor diversidad dentro del cultivo. Para los márgenes del cultivo, se reporta que agosto es el mes más diverso y marzo el menos diverso. Para las variables ambientales se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia encontrando de estas variables explican la fluctuación de la abundancia de las especies de mariposas diurnas en un 8.4% para el primer eje de ordenación dentro del cultivo, mientras que en los márgenes se explica un 8.5% para el primer eje de ordenación.

Hasta el momento en el estado de Puebla, se han publicado muy pocos trabajos que aborden cómo es la diversidad de mariposas asociada a bordes de vegetación aledaños a los cultivos de la región. Es por esta razón que el objetivo de este proyecto es determinar la diversidad de mariposas que albergan los bordes de vegetación en un cultivo de *Ipomoea batatas* L. de la región de Atlixco Puebla, el cual tienen un manejo semiconservativo, al permitir el crecimiento de esta vegetación en sus límites. Esto nos proporcionará información de cómo se comportan los parámetros (riqueza, abundancia y diversidad) de la comunidad de este grupo de insectos, en los bordes de vegetación aledaños a zonas de perturbación como son los cultivos.

Justificación.

Los lepidópteros son uno de los grupos más importantes dentro de los artrópodos, debido a que actúan como polinizadores eficaces para muchas especies vegetales y actualmente este grupo ha resultado ser muy atractivo para estudios ecológicos biogeográficos y etológicos ya que se consideran como uno de los mejores bioindicadores; esto debido a que su distribución está íntimamente relacionada con la riqueza vegetal de sus hábitats.

Cabe destacar que actualmente se cuentan con numerosos trabajos sobre la diversidad de estos insectos, sin embargo, existe escasa bibliografía sobre lepidópteros en ambientes perturbados como zonas agrícolas. Aunado a esto, año tras año, la intensificación de la agricultura ha contribuido a un empobrecimiento de los hábitats naturales provocando la aparición de grandes extensiones de monocultivos que han relegado a las especies nativas a pequeños bordes de vegetación dispersos dentro de estos agroecosistemas.

Estos márgenes de vegetación silvestre de acuerdo a algunos autores, al parecer tienen un papel muy importante dentro de la conservación biológica ya que proveen recursos alimenticios y de refugio a muchas especies de polinizadores nativos que interactúan en estos ambientes perturbados.

A la fecha no existen trabajos que evalúen la relación que existe entre estos bordes de vegetación nativa y las poblaciones de mariposas diurnas que habitan los agroecosistemas, por lo que resulta importante realizar estudios que permitan determinar la diversidad de estos insectos en este tipo de ambientes, para poder proponer un manejo de recursos óptimo en estas zonas altamente perturbadas, con la finalidad de proveer espacios semi-conservados que actúen como reservorios de diversidad.

Objetivos

General

- Determinar la riqueza, abundancia y diversidad de Lepidoptera (Rhopalocera) asociada a los bordes de vegetación de un agroecosistema de *I. batatas*, ubicado en la localidad de Atlixco, Puebla, México.

Particulares

- Determinar la eficiencia del muestreo, mediante estimadores y curvas de acumulación de especies.
- Determinar la riqueza, abundancia y diversidad de especies en el tiempo asociada a los bordes de un cultivo de *I. batatas*.
- Determinar el efecto de los factores bióticos como la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa en la diversidad de mariposas diurnas asociadas a los bordes de un cultivo de *I. batatas*.
- Determinar las especies vegetales que componen los bordes que rodean un cultivo de *I. batatas*.
- Determinar la asociación de las especies vegetales y las especies de mariposas diurnas que habitan los bordes de un cultivo de *I. batatas*.

Hipótesis

1. Con base en la literatura, se espera que la diversidad de mariposas diurnas esté relacionada con la riqueza y abundancia de especies florales presentes en los bordes del cultivo *I. batatas*, es decir, que aquellos bordes que sean más ricos en plantas tendrán una mayor diversidad de mariposas.

2. Debido a que las mariposas son un grupo susceptible al cambio de temperatura, velocidad del viento y humedad, se espera que las variables ambientales influyan en la riqueza, abundancia y diversidad de mariposas entre los bordes del cultivo de *I. batatas*.

Material y Métodos

Sitio de estudio

El municipio de Atlixco se ubica en la parte centro-oeste del estado de Puebla. Tiene una altitud promedio de 1840 msnm. Su ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas 18° 49` 30" y 18° 58` 30" latitud norte y 98° 18` 24" y 98° 33` 36" longitud occidental. El municipio colinda al norte con el municipio de Tanguismanalco, al Noreste con los municipios de Santa Isabel Cholula y Ocoyucan, al Sureste con el municipio Atzitzihuacan, al Sur con los municipios de Huaquechula y Tepeojuma, Sureste con el municipios de San Diego la Meza Tochimiltzingo, al Este con la Ciudad de Puebla, y al Oeste con el municipio de Tochimilco.

El municipio cuenta con una superficie 239.01 km² y se encuentra comprendido dentro de dos unidades morfológicas: al noreste se encuentra el valle de Puebla y al este el valle de Atlixco; ambos descienden de las faldas meridionales de la Sierra Nevada.

Atlixco pertenece por completo a la subcuenca del Río Nexapa, afluente del Atoyac. El municipio es regado por numerosas corrientes que provienen de las estribaciones del Iztaccíhuatl, siendo la principal el río Nexapa.

Debido a su ubicación, se presenta la transición entre los climas templados del norte del estado y los cálidos del sur; presenta dos variantes de clima: El Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, este clima es característico de las áreas montañosas del Noroeste, es decir de las estribaciones de la Sierra Nevada. Y el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano; este clima se localiza al centro y sur, ocupando la mayor parte del municipio.

La mayor parte de las zonas planas de Atlixco están dedicadas a la Agricultura de riego, constituyendo un área enorme, igual o mayor que la de Izúcar de Matamoros; se siembran tanto cultivos anuales como semipermanentes. Al Noroeste, en las estribaciones de la Sierra Nevada, se ha introducido Agricultura de temporal, donde es evidente la enorme deforestación que se ha producido en esta zona. A pesar de

la enorme deforestación, aún subsisten pequeñas áreas al Norte y Noreste del municipio que albergan especies nativas como cedros y pinos. (INADEF 2010).

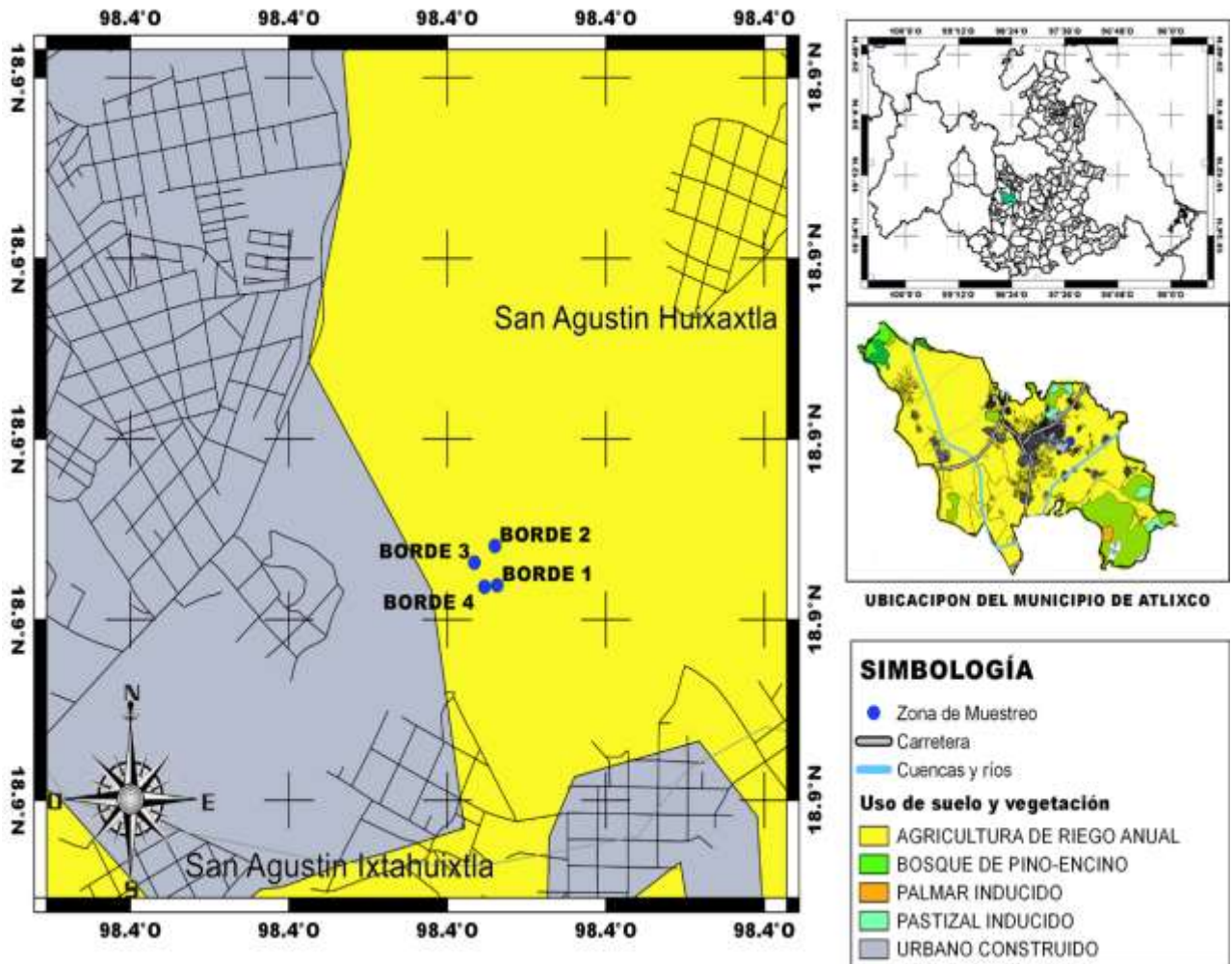


Figura 1 Mapa de la zona de estudio en la localidad de Atlixco, Puebla, México .

El estudio se realizó en un cultivo de *Ipomoea batatas* (L.), donde se delimitaron 4 bordes de vegetación de la siguiente manera:

El borde 1 con coordenadas 18.90595°y N 098.40343° W el cual se encontraba entre un canal de riego para los cultivos aledaños y paralelo al camino de acceso principal a la zona. Este borde estaba compuesto principalmente de pastos y abundantes manchones de vegetación nativa (Fig. 3A).

El borde 2 con coordenadas: 18.90704° N y 098.40350° W; se ubicaba como división entre el cultivo donde se llevó a cabo el muestreo y un cultivo cercano que se utilizaba para flores de especies ornamentales. Este borde estaba compuesto principalmente por pastos y árboles (Fig. 3B).

El borde 3 con coordenadas 18.90658° N y 098.40383° W se ubicaba paralelo a un camino de terracería y la parte trasera de la preparatoria Simón Bolívar BUAP. En este borde se podían encontrar numerosas especies de árboles frutales, así como también especies herbáceas que crecían uniformemente por todo el transecto. Cabe resaltar que era el sitio más transitado de la zona (Fig. 3C).

El borde 4 con coordenadas 18.90591° N y 098.40383° W que se ubicaba en los límites de la vivienda de los dueños del cultivo. Esta zona estaba compuesta por árboles frutales y numerosas especies de plantas herbáceas; cabe mencionar que este borde no era transitado por vehículos ni personas ya que era de difícil acceso (Fig. 3D).



Figura. 2 Distribución de los bordes en la zona de muestreo.



Figura. 3 Fotografías de los bordes de vegetación A: Borde 1; B: Borde 2; C: Borde 3; D: Borde 4.

Colecta e identificación de ejemplares

Se realizaron 18 muestreos en el área de estudio, en el periodo de marzo a noviembre del 2018 (dos salidas por mes). Los muestreos se realizaron en cuatro bordes que rodeaban el cultivo de *I. batatas* (L.), cada uno de los bordes consistió en 100m aproximadamente.

El muestreo fue llevado a cabo por dos colectores que realizaban caminatas a lo largo de los bordes en un periodo de las 9:00 a las 17:00 horas. La captura de los ejemplares fue mediante colecta manual con ayuda de redes entomológicas; en cada captura se registraban los datos ambientales de temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y además, se registraba las especies vegetales con las que estuviera interactuando la mariposa capturada. Los ejemplares fueron

sacrificados al momento, para los microlepidópteros se utilizó el método de digito-presión del tórax; en el caso de los macrolepidópteros se llevó a cabo una inyección de etanol al 70% con ayuda de jeringas de insulina en la región del tórax entre el segundo y tercer par de patas. Posteriormente cada ejemplar fue depositado en un sobre de papel encerado junto con la etiqueta de los datos correspondientes y fueron transportados al laboratorio de Entomología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para posteriormente ser montados e identificados. Después de cada muestreo se realizó el montaje de ejemplares con alfileres entomológicos, sobre placas de poliestireno forradas con papel lustre blanco; las alas de cada ejemplar fueron cubiertas con tiras de papel encerado con la finalidad de preservar las escamas para su posterior identificación.

Cabe destacar que los ejemplares pertenecientes a la especie *Danaus Plexippus* no fueron colectados, únicamente se registraron e identificaron en campo; esto debido a que se encuentran en categoría de especies en riesgo de acuerdo a la NOM-059 (2010).

La identificación a nivel de especie de los ejemplares se llevó a cabo utilizando las guías ilustradas de Glassberg (2007, 2017) y Garwood & Lehman (2005); también se utilizó la base de datos electrónica de Butterflies of America. Todos los ejemplares montados e identificados fueron depositados en la colección entomológica del laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Biológicas en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Por otro lado se colectaron las especies vegetales que se encontraron en cada borde. Se eligieron los ejemplares que estuvieran en periodo de floración, se fotografiaban y se colectaban con la finalidad de identificarlos. Cada ejemplar fue prensado y posteriormente fue secado en un horno a 35°C. La identificación fue realizada en el Laboratorio de Botánica en la Facultad de Ciencias Biológicas de la BUAP. Los ejemplares herborizados fueron depositados en la colección de dicha universidad.

Análisis estadísticos

Se realizó una curva de acumulación de especies, en el programa Stimates para determinar la eficiencia del muestreo o completitud del muestreo (Pineda & Verdú 2013).

Se obtuvo la riqueza específica para cada transecto muestreado, así como la abundancia relativa por mes de colecta. Se compararon las abundancias por transecto muestreado con una prueba Kruskal Wallis.

Con el programa computacional Past versión 1.0, se calculó los índices de diversidad de Simpson en el tiempo y se compararon mediante una prueba de T-Hutchinson. Para la diversidad de los bordes, se realizaron las mismas pruebas estadísticas en el programa Past.

Para analizar las variables ambientales de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento; así como la diversidad florística de cada borde, se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia con el fin de determinar la influencia de los factores ambientales y la presencia de vegetación de cada borde en la distribución de las especies de Rhopaloceros.

Resultados

Durante el periodo de muestreo, se colectaron un total de 738 ejemplares de Rhopaloceros pertenecientes a 61 especies, agrupadas en dos superfamilias: Papilionoidea con cinco familias: Pieridae con 17 especies y 349 ejemplares; Nymphalidae con 13 especies y 106 ejemplares; Lycaenidae con 18 especies y 133 ejemplares; Riodinidae con un género y 13 ejemplares; Papilionidae con cuatro especies y 20 ejemplares. Y la superfamilia Hesperoidea que incluye únicamente a la familia Hesperidae con ocho especies y 113 ejemplares (Anexo 1).

Las especies con mayor abundancia en este agroecosistema fueron *Natalis iole iole* (157), *Eurema daira daira* (97) *Anthanassa texana texana* (50), *Leptophtibia aripa* Elodia (47) y *Phyciodes pallescens* con 46 ejemplares colectados.

Eficiencia de muestreo

De acuerdo al análisis de predicción de la riqueza específica mediante curvas de acumulación de especies, se obtuvo de acuerdo al estimador Bootstrap una eficiencia de muestreo del 87.76% y un total de 61 especies colectadas de 70 especies estimadas.

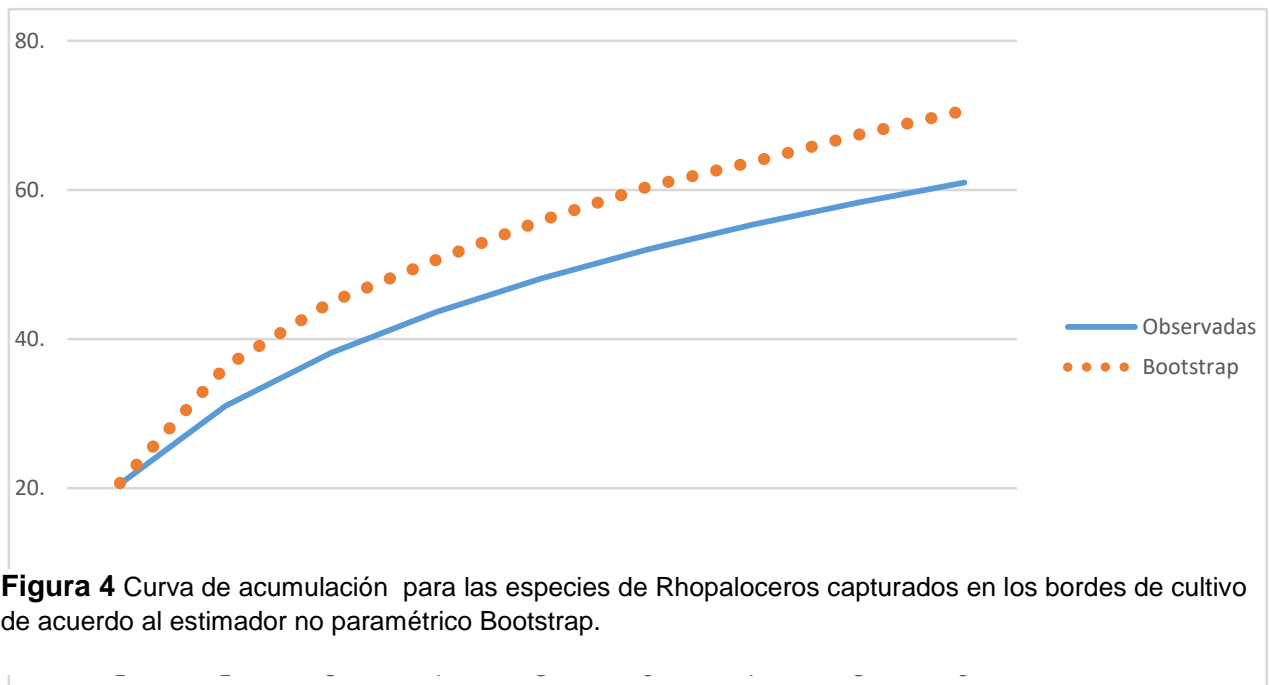


Figura 4 Curva de acumulación para las especies de Rhopaloceros capturados en los bordes de cultivo de acuerdo al estimador no paramétrico Bootstrap.

Riqueza, Abundancia y Diversidad en el tiempo.

Al comparar la riqueza de lepidópteros a lo largo del periodo de muestreo, se observó que los meses con mayor riqueza fueron mayo, agosto y julio con 29, 27 y 26 especies respectivamente. Los meses con menor riqueza fueron marzo y octubre con 12 y 14 especies (Fig. 5).

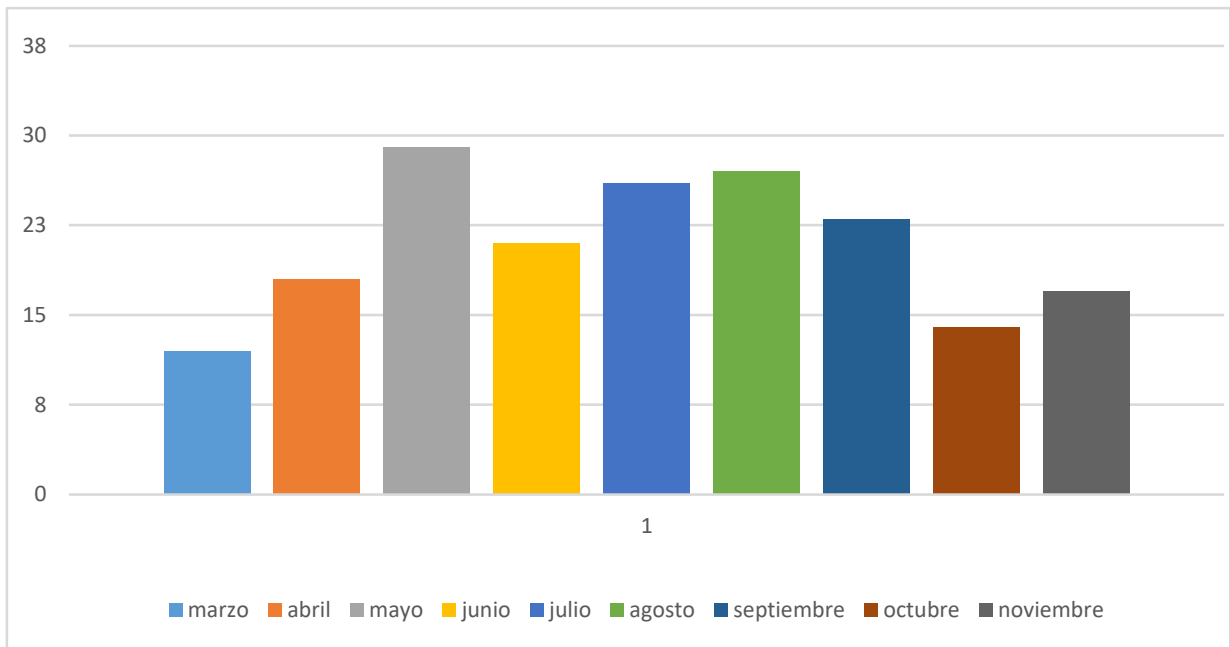


Figura 5. Riqueza de especies a lo largo del tiempo de muestreo en un cultivo de *I. batatas*.

En cuanto a la abundancia, los meses que reportaron mayores valores fueron agosto y mayo con 157 y 146 ejemplares respectivamente; los meses menos abundantes fueron marzo y octubre con 33 y 37 ejemplares respectivamente (Fig. 6). Sin embargo, al realizar la comparación mediante el análisis Kruskal Wallis, se obtuvo que no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$).

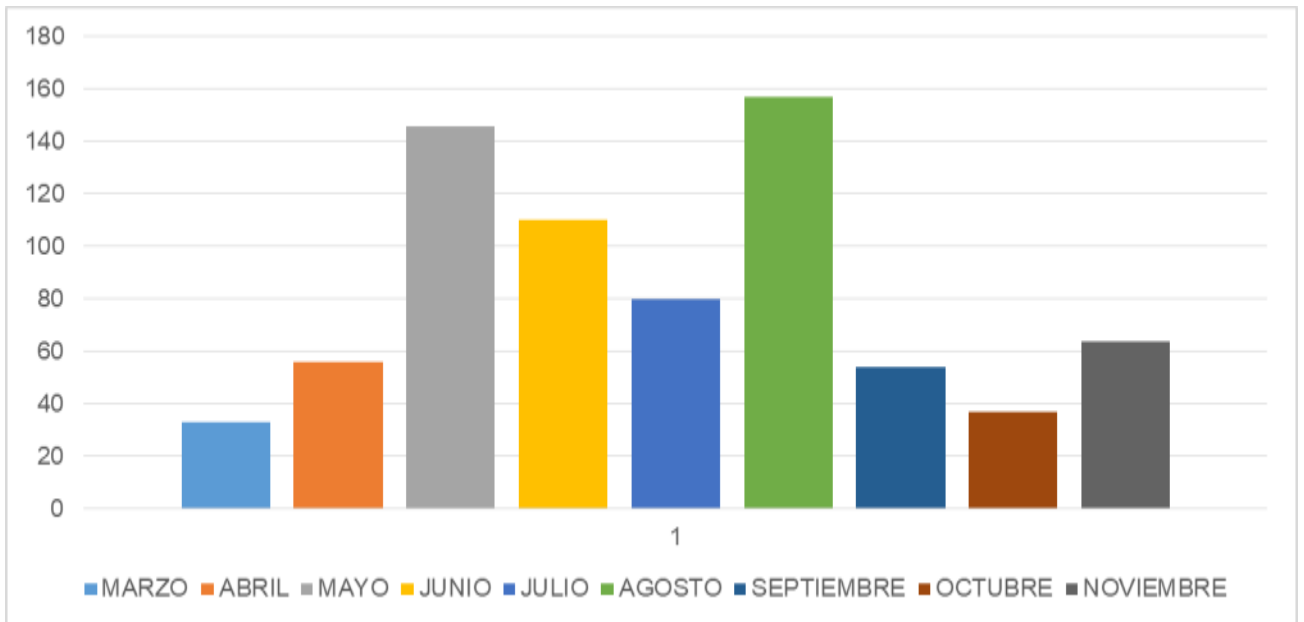


Figura 6 Abundancia de mariposas diurnas a lo largo del tiempo de muestreo en un cultivo de I. batatas

En cuanto a la diversidad, se compararon los meses de muestreo mediante la prueba T-Hutchinson, encontrando que agosto fue estadísticamente diferente al resto de los meses muestreados ($P < 0.05$); aunado a esto agosto fue el mes que reporto el mayor valor de diversidad (D: 0.918415) Los meses con menor diversidad fueron marzo (D: 0.78002) y noviembre (D: 0.80469) (Fig. 7).

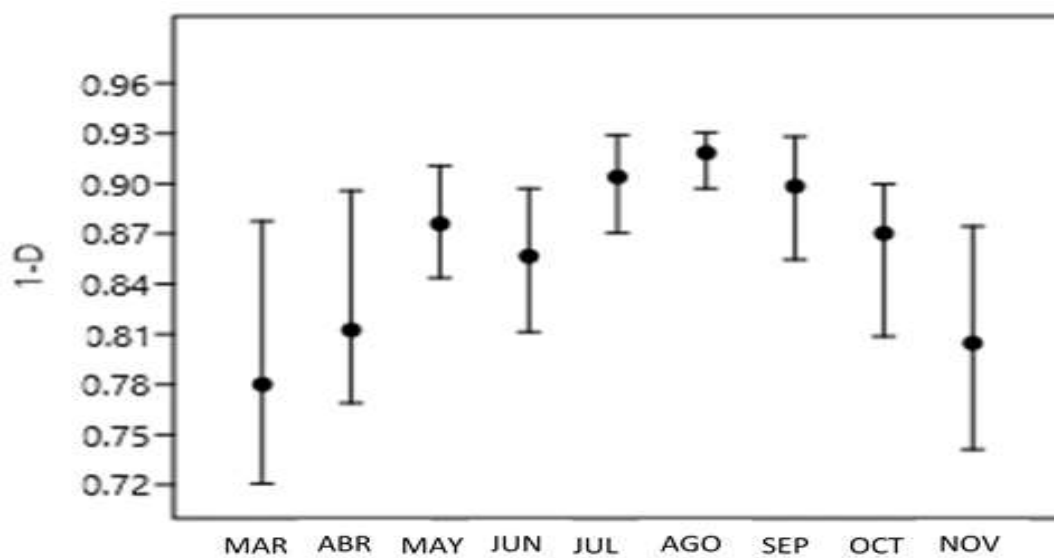


Figura 7. Índice de Diversidad de Simpson de los meses de muestreo

Riqueza, abundancia y diversidad de las familias de Rhopaloceros.

En cuanto de las familias muestreadas, se encontró que Lycaenidae y Pieridae fueron las familias con mayor riqueza con 18 y 17 especies respectivamente; seguido de Nymphalidae con 13 especies. Las familias con menor riqueza fueron Hesperidae con ocho especies, Papilionidae con cuatro y Riodinidae con un género, cuyo representante no pudo ser identificado hasta el nivel específico (Fig. 8).

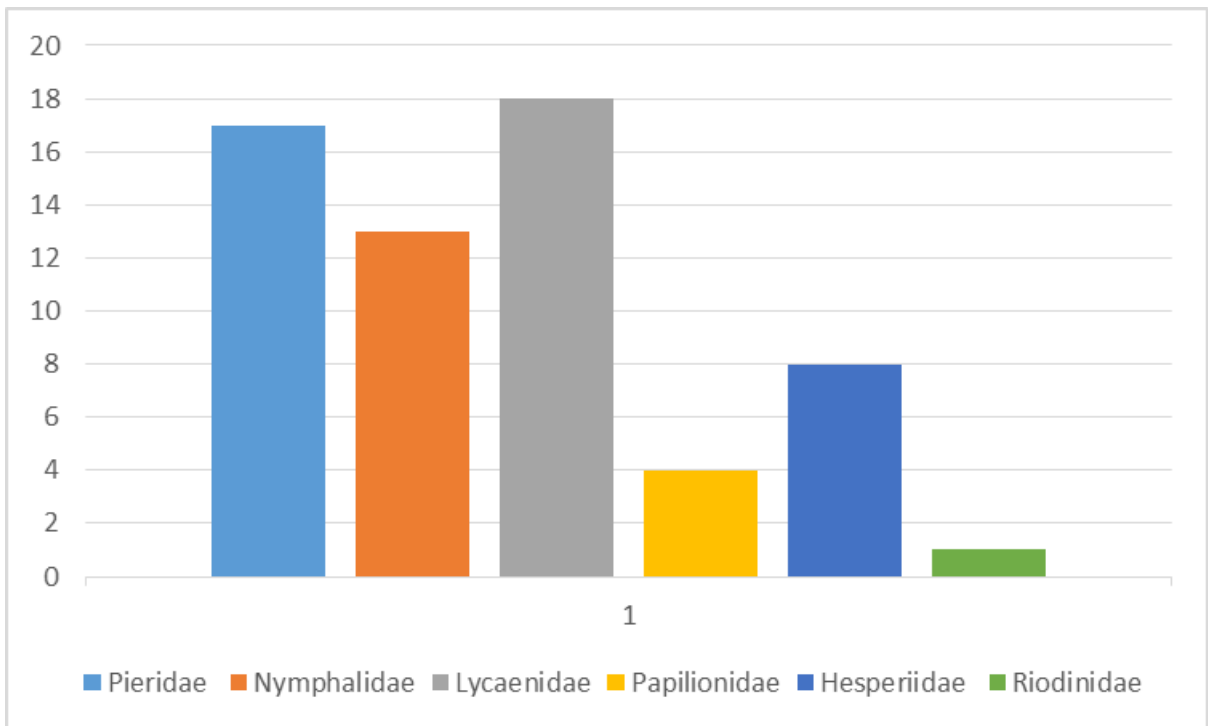


Figura. 8 Riqueza de especies por familia de Rhopaloceros recolectados en los bordes de vegetación de uncultivo de *I. batatas*

La mayor abundancia en el sitio muestreado, se observó en las familias Pieridae con 346 ejemplares, Nymphalidae con 126, Hesperidae con 114 y Lycaenidae con 112. Las familias con menor abundancia resultaron ser Papilionidae con 20 ejemplares y Riodinidae con 15 ejemplares (Fig. 8). Al comparar la abundancia mediante el análisis estadístico Kruskal Wallis, se obtuvo como resultado que si son estadísticamente diferentes ($H= 35.84$, $p < 0.05$). Siendo Pieridae la familia que fue estadísticamente diferente al resto. (Fig. 9).

	Pieridae	Nymphalidae	Papilionidae	Lycaenidae	Hesperiidae	Riodinidae
Pieridae		0.005387	0.0003983	0.001701	0.007018	0.0003739
Nymphalidae	0.005387		0.005104	0.7908	0.9294	0.002139
Papilionidae	0.0003983	0.005104		0.0005513	0.007558	0.2568
Lycaenidae	0.001701	0.7908	0.0005513		0.5357	0.000519
Hesperiidae	0.007018	0.9294	0.007558	0.5357		0.003267
Riodinidae	0.0003739	0.002139	0.2568	0.000519	0.003267	

Figura 9 Comparación estadística mediante el análisis Kruskal Wallis, se marcan en rojo los valores significativamente diferentes.

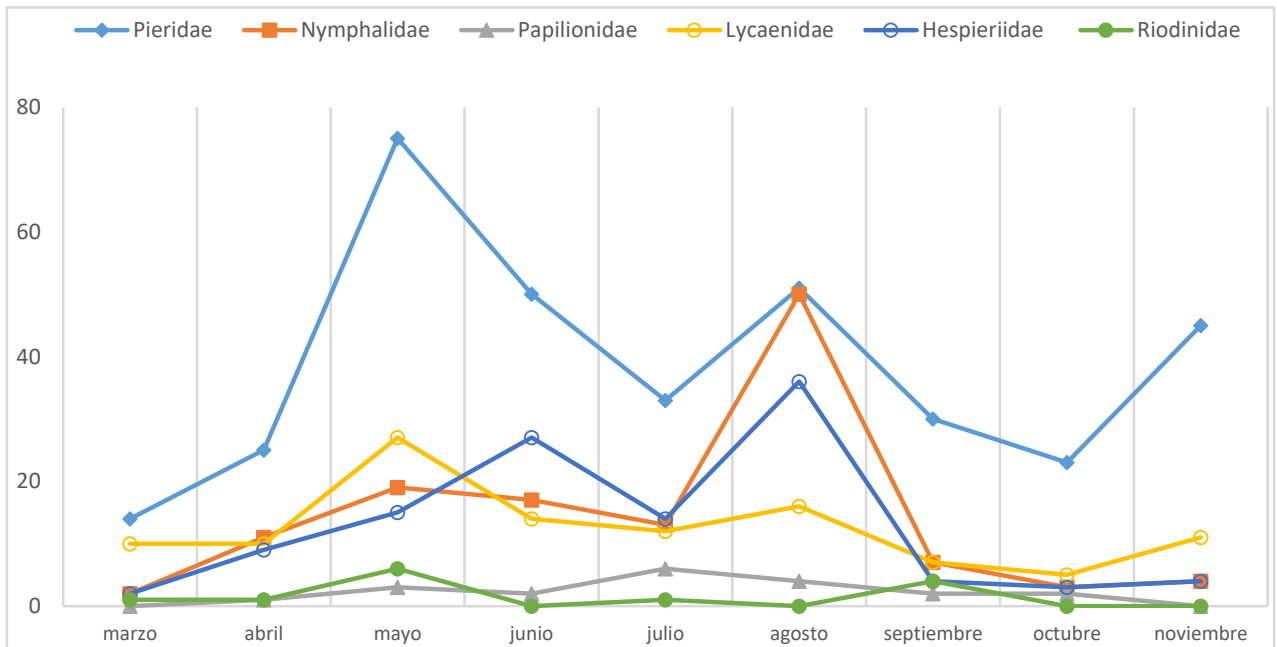


Figura 10 Abundancia de ejemplares recolectados por familias de Rhopaloceros en los bordes de vegetación de un cultivo de *I. batatas*.

Riqueza, abundancia y diversidad de especies en los bordes.

Borde 1.- En este borde se colectaron 36 especies de Rhopaloceros, la familia que reporto una mayor riqueza fue Lycaenidae con 14 especies seguida por Pieridae con 10 especies. Las familias con menor riqueza fueron Riodinidae con un solo género y Papilionidae con una especie. Se recolectaron un total de 212 ejemplares, donde la familia con mayor abundancia para esta zona fue Pieridae con 77, Nymphalidae y Lycaenidae con 46 individuos. Las familias con la menor abundancia fueron Papilionidae y Riodinidae con uno y cinco ejemplares colectados respectivamente (Fig. 11).

Las especies más abundantes de este borde fueron *Nathalis iole iole* (42), *Phyciodes pallescens* (23), *Anthanassa texana texana* (21) y *Ancyloxypha arene* (16). Las especies representadas por un solo individuo fueron *Pyrgus communis communis*, *Echinargus isola*, *Hemiargus ceraunus ceraunus*, *Leptotes cassius*, *Chlosyne ehrenbergii*, *Battus philenor philenor*, *Eurema mexicana mexicana*, y *Pontia protodice*.

En este borde se registraron ocho especies exclusivas, *Chiomara asychis simon*, *Pyrgus adepta*, *Leptotes cassius catilina*, *Strymon istapa modesta*, *Danaus gilippus thersippus*, *Catasticta nimbice nimbice*, *Pyrisitia dina westwoodii*, y *Pyrisitia proterpia*.

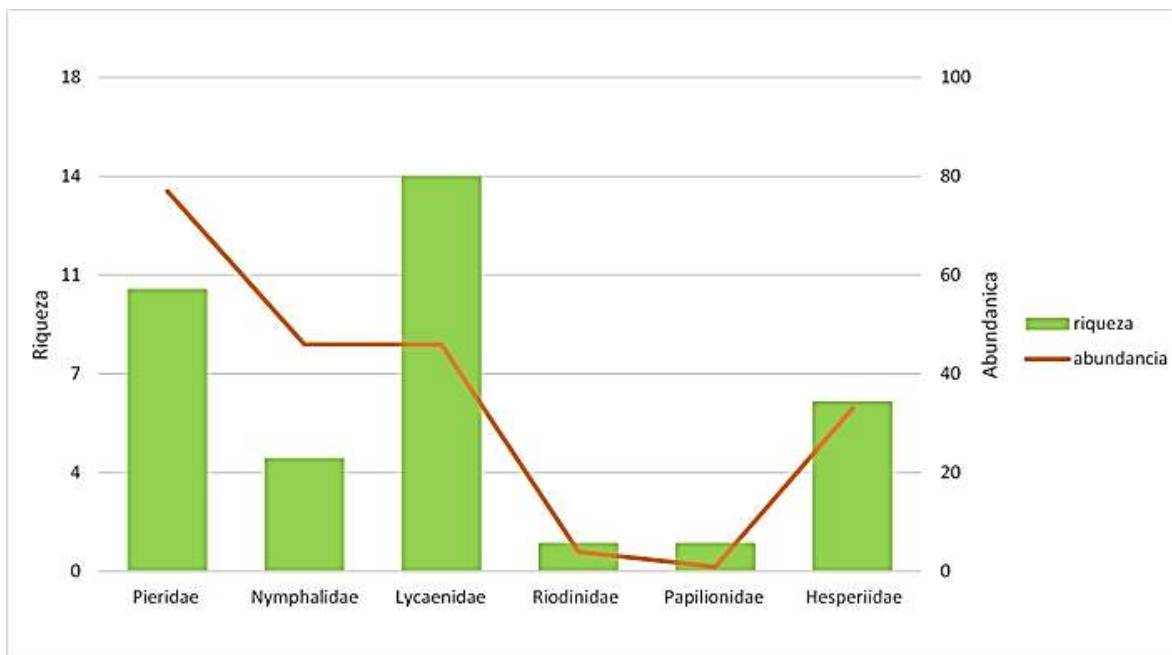


Figura 1 Riqueza y abundancia de las familias de Rhopaloceros del borde 1 en un cultivo de *I. batatas*.

Borde 2.- En cuanto a la riqueza, el borde 2 presento el menor valor del muestreo, con un total de 25 especies; las familias con mayor riqueza fueron Pieridae y Nymphalidae con seis especies respectivamente. Las familias con menor riqueza fueron Hesperidae, Lycaenidae, y Papilionidae con cuatro especies; de igual manera Riodinidae registro únicamente un género. Este borde fue también, el menos abundante ya que se colectaron 77 individuos en total y al igual que con la riqueza, las familias Pieridae y Nymphalidae fueron las más abundantes con 36 y 15 individuos respectivamente. Las familias menos abundantes fueron Lycaenidae y Papilionidae con siete ejemplares; y Riodinidae con dos ejemplares (Fig. 12).

Las especies con mayor abundancia fueron *Nathalis iole iole* (17), *Eurema daira sidonia* (8), *Leptophobia aripa elodia* (6). Y se registraron seis especies con un individuo, *Arawacus jada*, *Leptotes cassius*, *Papilio garamas garamas*, *Papilio brevicauda brevicauda*, *Ascia monuste monuste*, y *Eurema daira eugenia*.

Las especies exclusivas para este borde fueron dos, *Danaus plexippus megalippe* y *Parides photinus*.

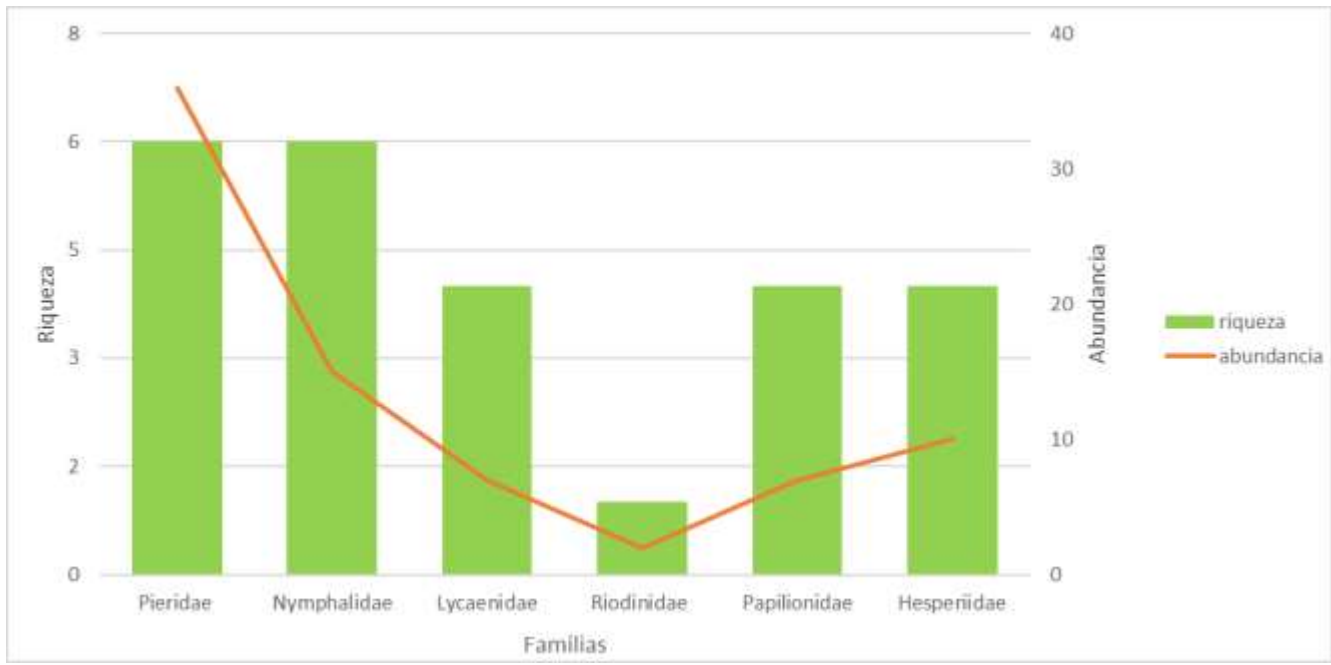


Figura 11 Riqueza y abundancia de las familias de Rhopaloceros del borde 2 en un cultivo de *I batatas*.

Borde 3.- Este borde fue el que presento un mayor número de especies ya que se recolectaron 38 en total. La familia con mayor riqueza fue Lycaenidae con 12 especies, seguida de Pieridae con 11 especies. Las familias con menor riqueza fueron Hesperidae con cinco especies y Papilionidae con dos especies. Al igual que con la riqueza, este borde fue el más abundante, ya que se colectaron 296 ejemplares. Las familias más abundantes fue Pieridae con 160 individuos, Hesperidae con 46, Lycaenidae y Nymphalidae con 39. Las menos abundantes fueron Papilionidae y Riodinidae con ocho y tres ejemplares respectivamente (Fig. 13).

Las especies más abundantes fueron *Nathalis iole iole* (66), *Eurema daira sidonia* (59) y *Phyciodes pallelescens* (19). Se registraron un total de 13 especies con un ejemplar recolectado, *Leptotes cassius cassidula*, *Leptotes cassius theonus*, *Strymon astiocha*, *Strymon istapa cybira*, *Strymon istapa istapa*, *Anaea aidea*, *Chlosyne ehrenbergii*, *Chlosyne lacinia lacinia*, *Papilio brevicauda brevicauda*, *Ascia monuste monuste*, *Eurema daira eugenia*, *Eurema mexicana mexicana* y *Zerene cesonia cesonia*.

En esta zona se encontraron cuatro especies exclusivas, *Chiomara georgina georgina*, *Vanessa virginiensis*, *Phoebis sennae eubule* y *Phoebis sennae marcellina*.

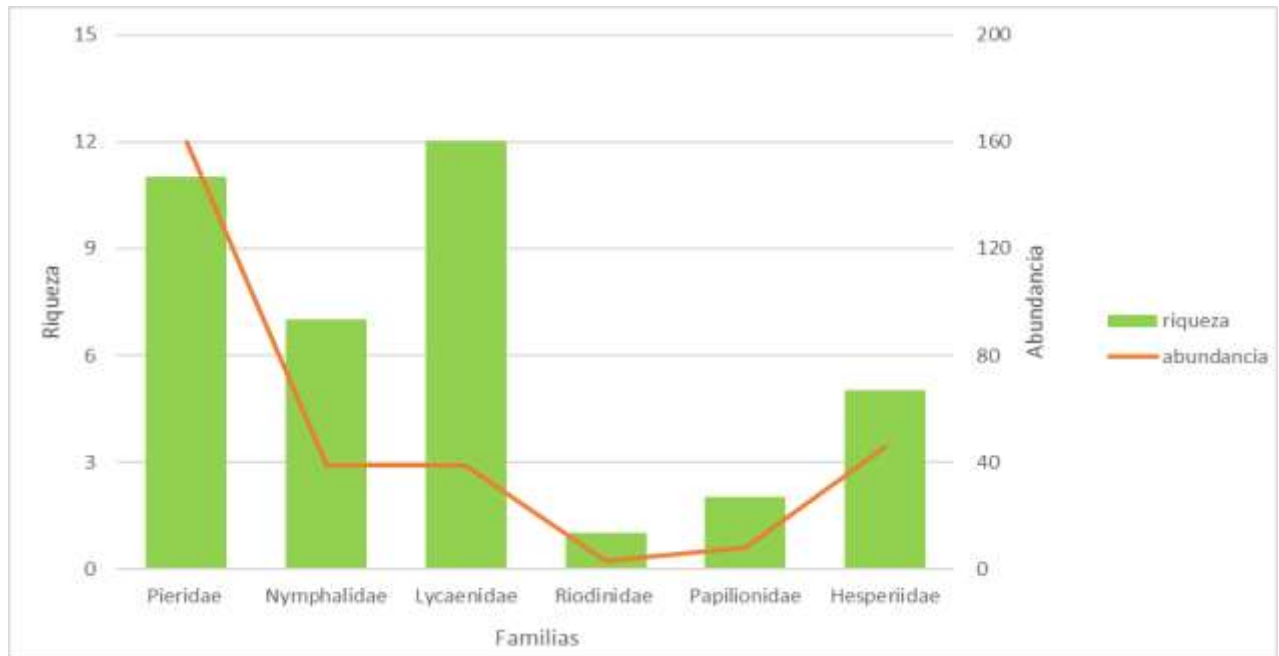


Figura 12 Riqueza y abundancia de las familias de Rhopaloceros del borde 3 en un cultivo de *I batatas*

Borde 4. En este borde se recolectaron un total de 36 especies. Las familias que presentaron la mayor riqueza fueron Pieridae y Lycaenidae con diez especies; las familias con menor riqueza fueron Papilionidae y Hesperidae con dos y cuatro especies respectivamente. En cuanto a la abundancia, se colectaron un total de 153 ejemplares, las familias más abundantes fueron Pieridae con 78 individuos, seguida por Nymphalidae con 26. Las familias menos abundantes fueron Riodinidae y Papilionidae con cuatro registros (Fig.10).

Para esta zona de muestreo las especies con mayor abundancia fueron *Nathalis iole iole* (29), *Leptophobia aripa Elodia* (21) y *Anthanassa texana texana* (13). Las especies con un solo ejemplar recolectado fueron *Brephidium exilis exilis*, *Hemiargus ceraunus ceraunus*, *Leptotes cassius cassidula*, *Leptotes cassius*

theonus, *Strymon istapa cybira*, *Anaea aidea*, *Chlosyne lacinia lacinia*, *Papilio garamas garamas*, y *Eurema mexicana mexicana* (Fig. 14).

Cabe destacar que este borde presento el mayor número de especies exclusivas de toda el área muestreada, diez especies, *Pyrrhopyge chalybea*, *Echinargus huntingtoni hannoides*, *Strymon melinus franki*, *Anthanassa sosis*, *Chlosyne lacinia crocale*, *Morpho polyphemus polyphemus*, *Vanessa annabella*, *Colias philodice eriphyle*, *Colias tyche boothii* y *Pyrisitia nise nelphe*.

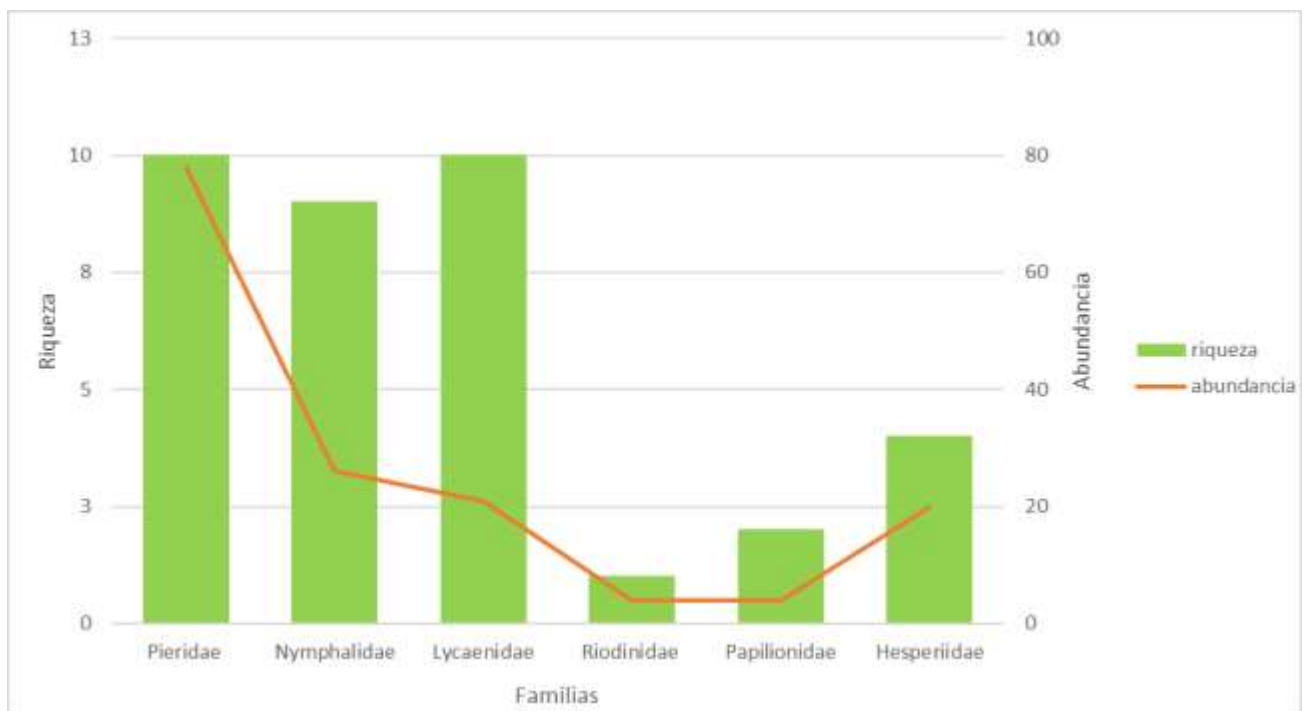


Figura 13 Riqueza y abundancia de las familias de Rhopaloceros del borde 4 en un cultivo de *I batatas*

Al comparar las especies de mariposas entre los cuatro bordes muestreados, se encontró que todos los bordes comparten once especies: *Ancyloxypha arene*, *Anthanassa texana texana*, *Arawacus jada*, *Calephelis sp*, *Eurema दौरा दौरा*, *Eurema दौरा sidonia*, *Leptophobia aripa elodia*, *Nathalis iole iole*, *Pholisora mejicanus*, *Phyciodes pallescens* y *Pyrgus communis communis*.

Diversidad entre los bordes estudiados.

Se comparó la diversidad de Simpson de cada borde mediante la prueba T-Hutchinson, obteniendo como resultado que el borde 3 fue estadísticamente diferente al resto ($P < 0.05$). Cabe destacar que el borde 1 fue el que presentó el mayor índice de diversidad ($D: 0.91741$), los menores índices se observaron en el borde 2 ($D: 0.914151$) y 3 ($D: 0.88419$).

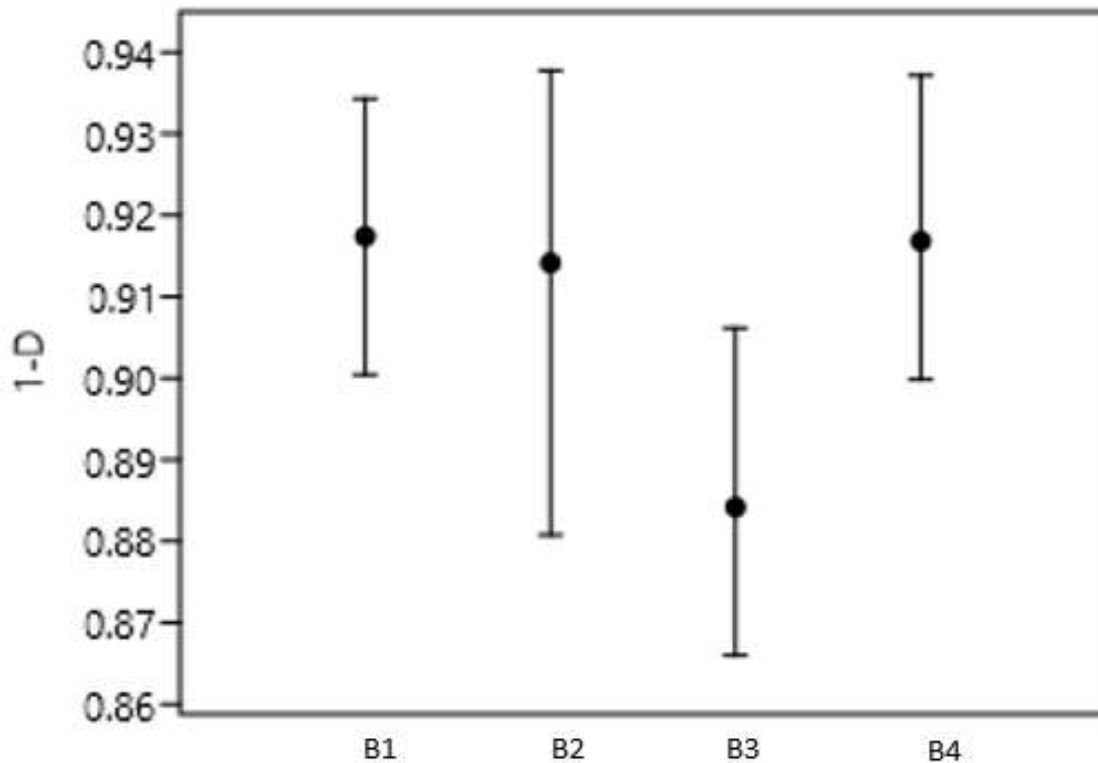


Figura 14 Comparación del índice de diversidad de Simpson entre los cuatro bordes de muestreo

VARIABLES AMBIENTALES.

Pieridae.-De acuerdo al Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) se encontró que la temperatura, humedad y velocidad del viento explican un 25.3 % de la abundancia de las especies de mariposas para el primer eje de ordenación, mientras que el segundo eje de ordenación explica un 9.65%.

En el gráfico se puede apreciar un ligero desplazamiento de algunas especies; como *Pontia Protodice*, ya que su abundancia puede verse afectada por un aumento en la velocidad del viento y una disminución en la temperatura.

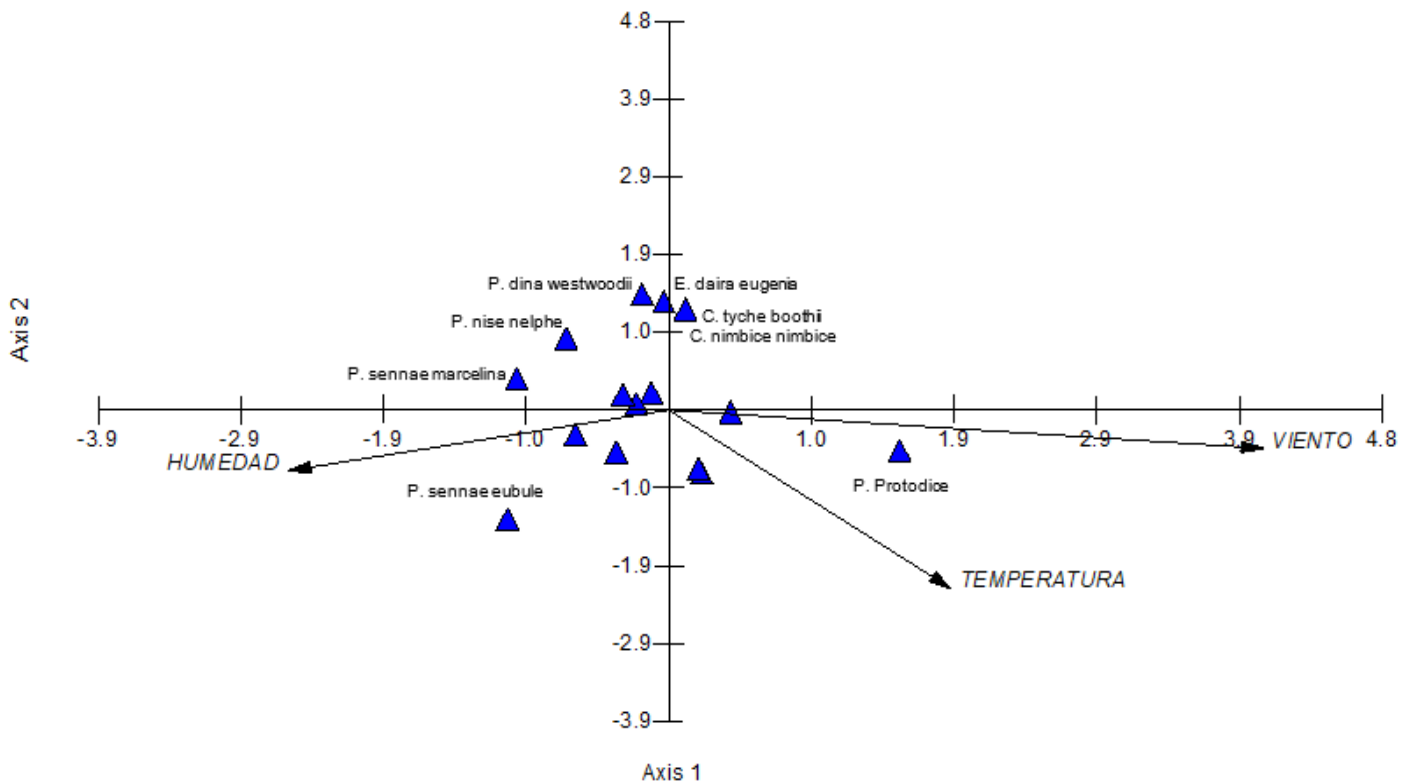


Figura 15 ACC de la familia Pieridae respecto a las variables ambientales de humedad, temperatura y velocidad del viento.

Nymphalidae.- Para esta familia, el ACC mostró que las variables ambientales explican un 22.24% de la fluctuación de la abundancia para el primer eje de ordenación y 8.95% para el segundo eje. El viento y la humedad fueron las variables que tuvieron un mayor efecto en esta familia.

Solo las especies *Anaea aidea* y *Danaus gilippus thersippus*, se vieron afectadas por un aumento en la velocidad del viento. De igual manera las especies *Morpho polyphemus polyphemus*, *Vanessa anabella* y *Danaus plexippus megalippe* podrían verse afectadas por la temperatura.

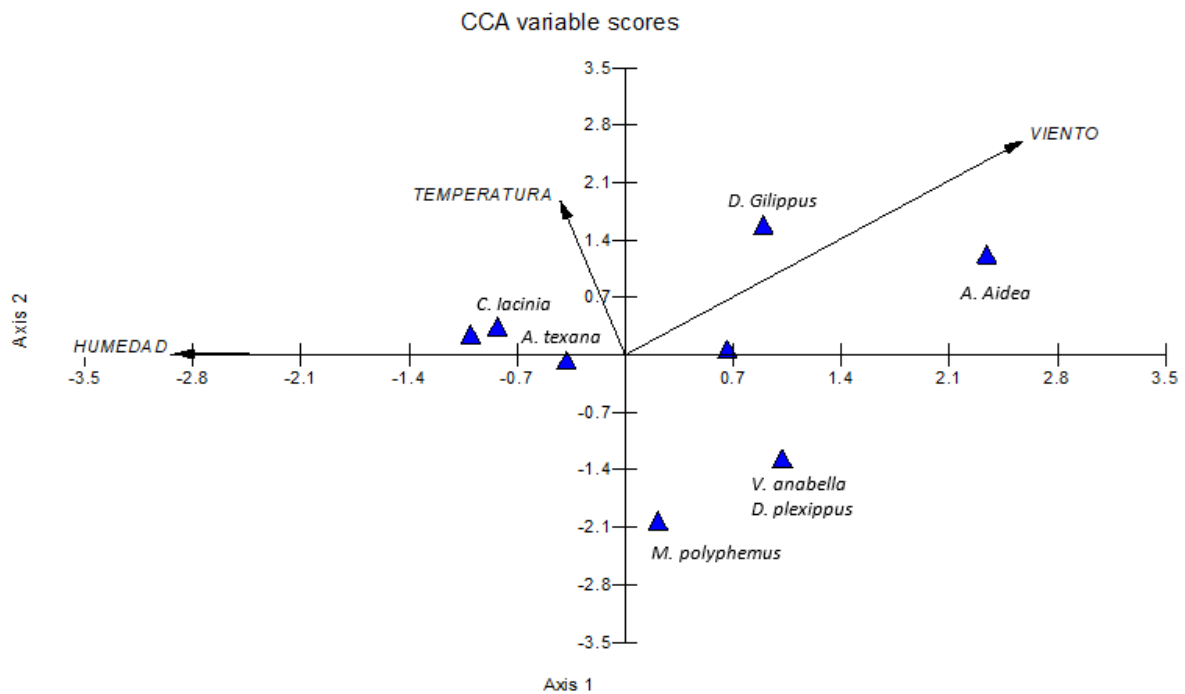


Figura 16 ACC de la familia Nymphalidae respecto a las variables ambientales de humedad, temperatura y velocidad del viento

Lycaenidae.-El análisis mostró que para esta familia, las variables ambientales explicaron la abundancia de las mariposas en un 15.58 % para el primer eje de ordenación y un 9.90% para el segundo eje. En términos generales, estos porcentajes son muy bajos e indican que las variables ambientales medidas no fueron significativas para explicar la variación de la abundancia de las especies para esta familia.

Sin embargo en el gráfico se puede observar el desplazamiento de algunas especies como *Echinargus huntingtoni hannoides* indicando que la humedad podría afectar la abundancia de esta especie. De igual manera la especie *Leptotes cassius cassidula* podría estar siendo afectada por la temperatura.

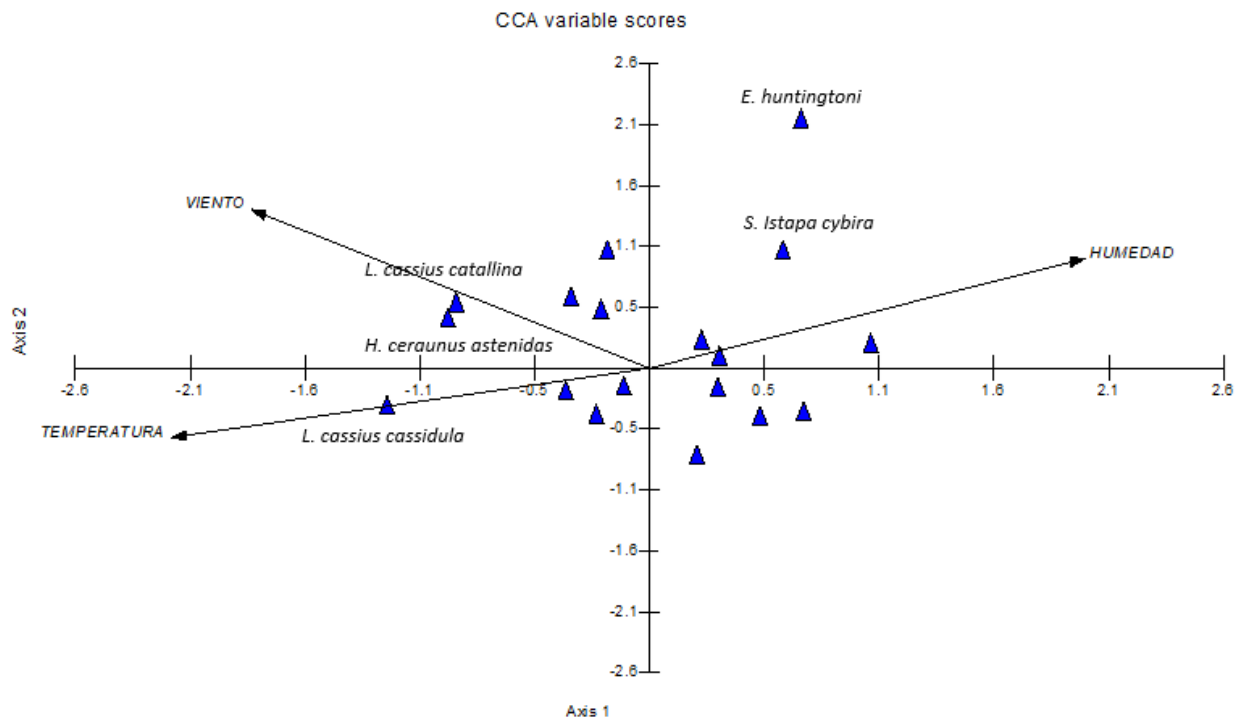


Figura 17 ACC de la familia Lycaenidae respecto a las variables ambientales de humedad, temperatura y velocidad del viento

Hesperiidae.-Para esta familia, se encontró que la abundancia de las especies es explicada por las variables ambientales medidas, en un 23.18% para el primer eje de ordenación y un 9.68 % para el segundo eje. La temperatura y la humedad, fueron las variables que tuvieron un mayor efecto en la comunidad de mariposas de esta familia.

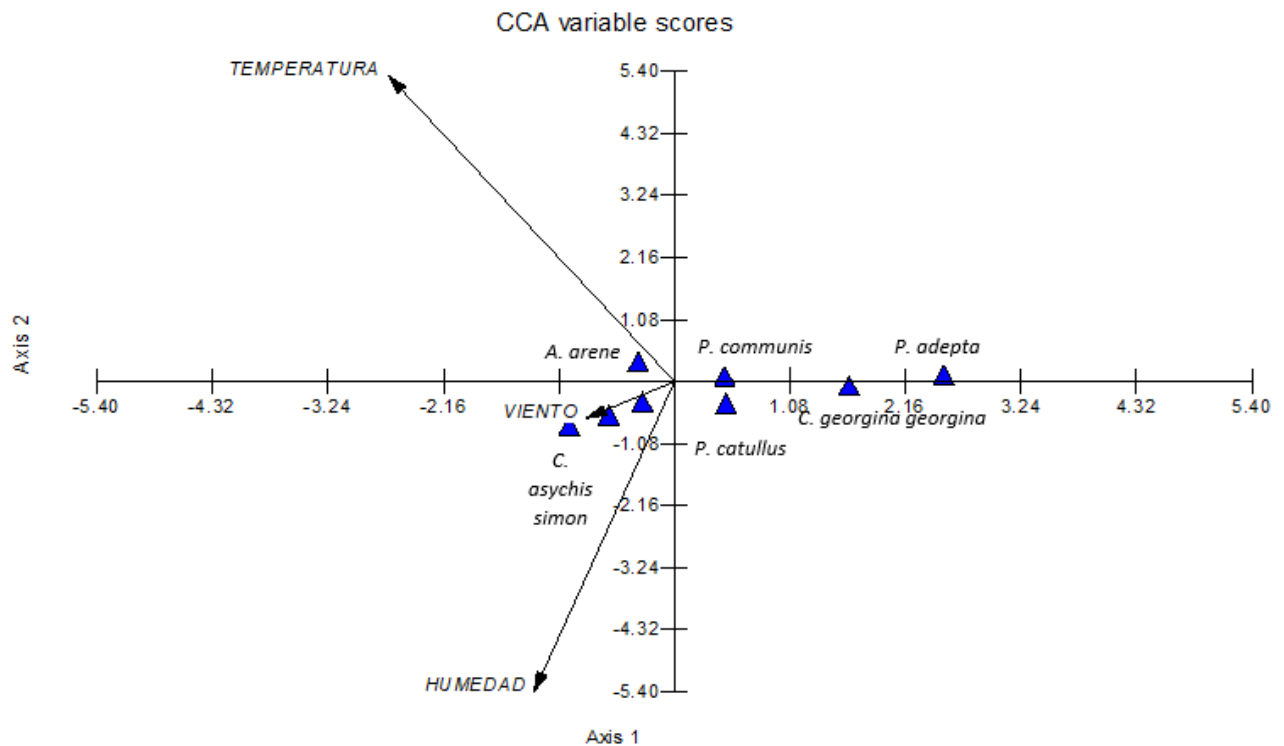


Figura 18 ACC de la familia Hesperiidae respecto a las variables ambientales de humedad, temperatura y velocidad del viento.

Papilionidae.- De acuerdo a los valores porcentuales obtenidos para esta familia, se encontró que las variables ambientales explican un 43.45% la abundancia de las especies para el primer eje de ordenación y un 8.21% para el segundo eje. El viento fue la variable que tuvo un mayor efecto en la fluctuación de la abundancia de las especies.

Se puede observar que las especies *Papilio brevicauda brevicauda* y *Papilio garamas garamas* fueron las especies que se vieron más afectadas por un aumento en la velocidad del viento y una disminución en la humedad; mientras que la especie *Parides Potinus* se vio más afectada por la humedad y la temperatura.

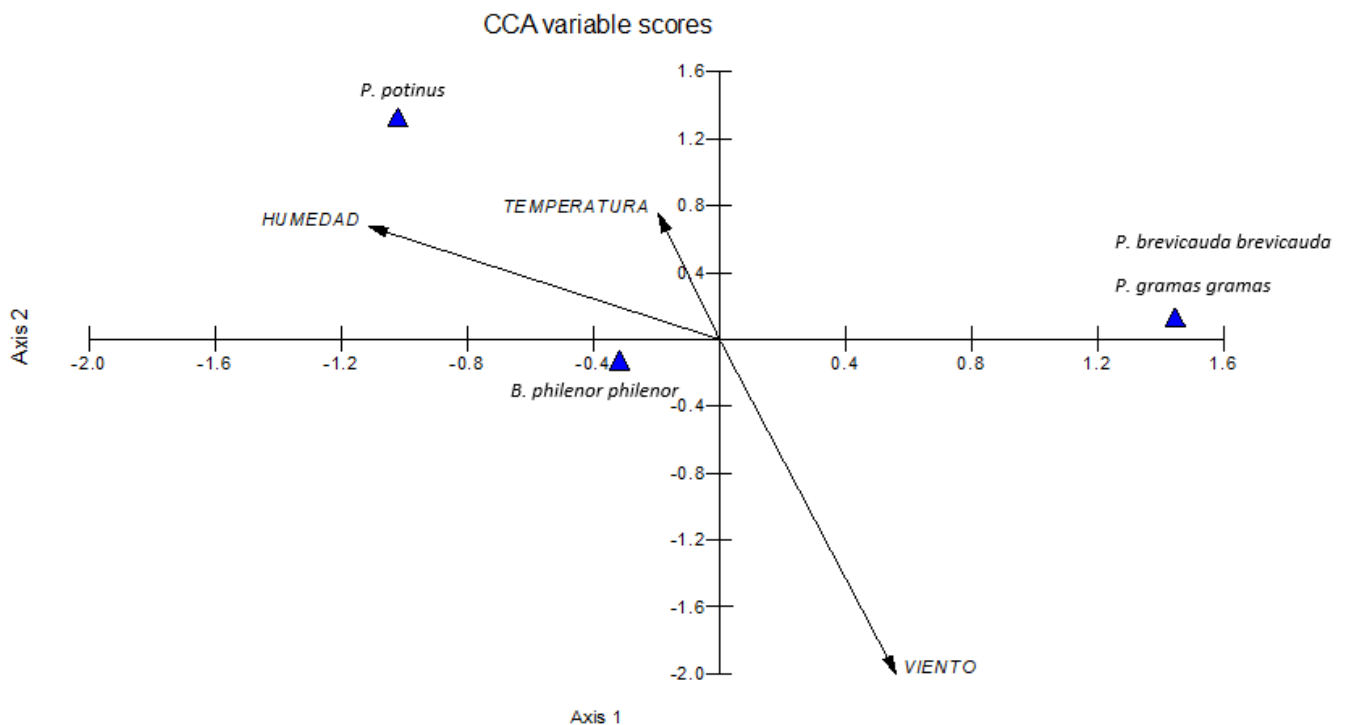


Figura 19 ACC de la familia Papilionidae respecto a las variables ambientales de humedad, temperatura y velocidad del viento.

Especies vegetales y su relación con los Rhopaloceros.

Para la zona muestreada, se identificaron un total de 21 especies de plantas, agrupadas en 11 familias

Cuadro 1. Listado de especies de plantas encontradas en los bordes que rodean a un cultivo de I. batatas en la localidad de Atlixco, Puebla, México.

Orden	Familia	Especie
Asterales	Asteraceae	<i>Aldama dentata</i>
		<i>Bidens odorata</i>
		<i>Erigeron longipes</i>
		<i>Perymenium buphthalmoides</i>
		<i>Pinaropappus roseus</i>
		<i>Taraxacum officinale</i>
	Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i>
	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>
Brassicales	Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i>
Cyperales.	Poaceae	<i>Bromus carinatus</i>
Ericales	Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>
		<i>Pediomelum sp</i>
Lamiales	Lamiaceae	<i>Hedeoma piperita</i>
	Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>
	Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i>
Malvales	Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>
Myrtales.	Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i>
Plumbaginales.	Plumbaginaceae	<i>Plumbago pulchella</i>
Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea pubescen</i>
	Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i>

Al realizar el análisis Canónico de Correspondencia (ACC), se obtuvo como resultado que la presencia de especies vegetales explica la abundancia de las mariposas en los bordes de vegetación del cultivo de *I. batatas* en un 43.65% para el primer eje de ordenación y un 33.52% para el segundo eje.

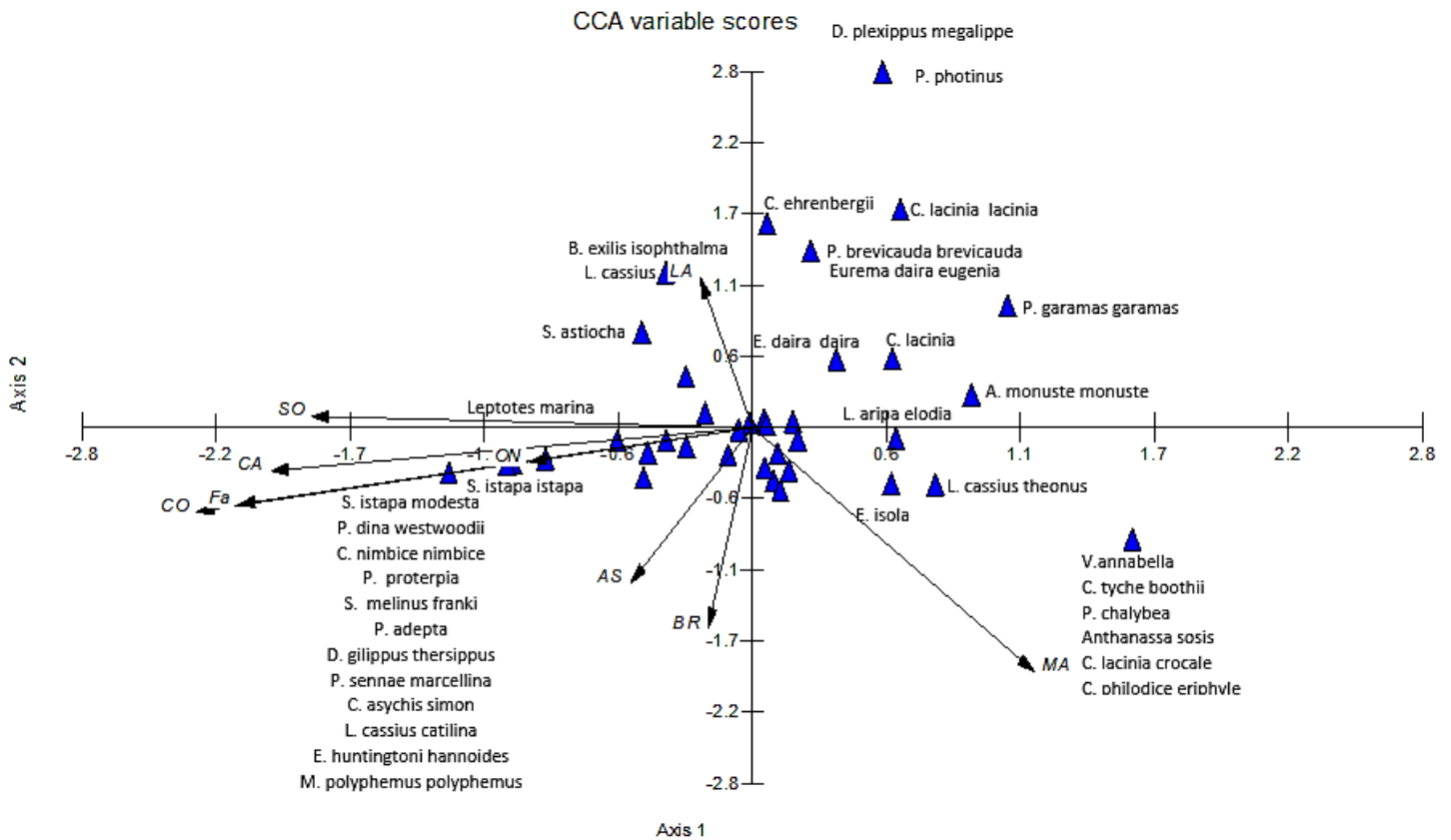


Figura 20 ACC de las especies de mariposas diurnas respecto a las especies de plantas recolectadas en los bordes de un cultivo de *I. batatas*.

Como se puede observar en la gráfica, se formaron dos grupos de mariposas asociadas a especies de la familia Malvaceae y Fabaceae. Cabe mencionar que estos grupos están conformados por las especies de mariposas que solo tuvieron un solo registro en todo el muestreo, por lo que nos fue imposible aplicar una prueba de correlación múltiple.

Con el resto de las especies, se evaluó la relación planta-mariposa; encontrando que 13 especies de mariposas interactuaron con 13 especies de plantas, donde la especie de la familia Asteraceae, *Bidens odorata*, fue la especie vegetal que más relaciones presentó con las mariposas.

Cuadro 2. Resultados del análisis de coorelación múltiple obtenidos a partir de las abundancias entre especies de plantas y especies de mariposas. Se muestran únicamente las relaciones que fueron estadísticamente diferentes.

Especie de planta	Especie de mariposa	P	r ²
<i>Aldama dentata</i>	<i>Anthanassa texana texana</i>	0.00002	0.181
<i>Anoda cristata</i>	<i>Eurema daira sidonia</i>	0.00597	0.12
<i>Bidens odorata</i>	<i>Anthanassa texana texana</i>	0.00001	0.798
	<i>Ancyloxypha arene</i>	0.00015	0.89
	<i>Pholisora mejicanus</i>	0.0001	0.89
	<i>Phyciodes pallescens</i>	0.036	0.51
	<i>Brephidium exilis exilis</i>	0.00163	0.83
	<i>Eurema daira daira</i>	0.00406	0.62
	<i>Eurema daira sidonia</i>	0.00001	0.24
	<i>Leptophobia aripa elodia</i>	0.00001	0.801
	<i>Nathalis iole iole</i>	0.00001	0.47
	<i>Pyrgus communis communis</i>	0.00007	0.75
	<i>Arawacus jada</i>	0.00004	0.79
<i>Bromus carinatus</i>	<i>Arawacus jada</i>	0.02411	0.72
	<i>Pholisora mejicanus</i>	0.004	0.78
	<i>Brephidium exilis exilis</i>	0.01507	0.94
	<i>Eurema daira sidonia</i>	0.00001	0.72
	<i>Nathalis iole iole</i>	0.00001	0.66
	<i>Pyrgus communis communis</i>	0.0003	0.89

<i>Erigeron longipes</i>	<i>Phyciodes pallescens</i>	0.0045	0.521
	<i>Brephidium exilis exilis</i>	0.00102	0.93
	<i>Eurema दौरा दौरा</i>	0.01289	0.55
	<i>Nathalis iole iole</i>	0.00001	0.84
<i>Hedeoma piperita</i>	<i>Battus philenor philenor</i>	0.0342	0.62
	<i>Eurema दौरा दौरा</i>	0.01159	0.73
	<i>Leptophobia aripa elodia</i>	0.0216	0.816
<i>Lobelia laxiflora</i>	<i>Anthanassa texana texana</i>	0.00001	0.841
	<i>Battus philenor philenor</i>	0.0119	0.98
<i>Melampodium perfoliatum</i>	<i>Ancyloxypha arene</i>	0.0028	0.766
	<i>Pholisora mejicanus</i>	0.017	0.96
<i>Oenothera rosea</i>	<i>Phyciodes pallescens</i>	0.0244	0.667
<i>Perymenium buphthalmoides</i>	<i>Eurema दौरा sidonia</i>	0.00001	0.96
	<i>Pyrgus communis communis</i>	0.01541	0.95
<i>Pinaropappus roseus</i>	<i>Arawacus jada</i>	0.0024	0.86
<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Anthanassa texana texana</i>	0.00001	0.987
	<i>Phyciodes pallescens</i>	0.00013	0.95
	<i>Nathalis iole iole</i>	0.00001	0.97

De igual manera las especies *Anthanassa texana texana*, *Phyciodes pallescens*, *Eurema दौरा sidonia*, *Nathalis iole iole*; se relacionaron con un mayor número de plantas.

Discusión.

Eficiencia del muestreo.

El estimador no paramétrico empleado (Bootstrap) mostró que, de acuerdo al número de especies esperado (70) y la eficiencia del muestreo (87.76%) nos faltan por coleccionar un total de nueve especies. Probablemente, estas nueve especies no fueron recolectadas durante el período de muestreo ya que los agricultores realizaron la quema de los bordes que rodeaban el cultivo, eliminando algunas de las especies atrayentes. Otra razón pudiera ser que la captura directa no es efectiva para algunos gremios alimenticios, por ejemplo las especies acimófagas en donde es necesario el diseño de recolecta con trampas atrayentes. A pesar de que el objetivo de este estudio no era tener un inventario completo, de acuerdo con Pineda-Verdú (2013), nuestro inventario en la zona puede ser considerado casi completo, ya que de acuerdo a estos autores *“un inventario se considera razonablemente completo cuando el porcentaje de las especies observadas es mayor al 80% de la riqueza total estimada”*.

Riqueza, abundancia y diversidad en el tiempo.

En la zona de estudio, observamos poca oscilación en la riqueza de lepidópteros a lo largo del año. Con respecto a la riqueza el mes con mayor número de especies resultó ser el mes de mayo (29 especies), mientras que el mes con menor riqueza y abundancia fue marzo (12 especies, 33 individuos), esto puede ser explicado por un lado por los factores abióticos como la temperatura y la humedad. La temperatura osciló a lo largo del año de 27°C a 32.3°C, siendo el mes más cálido agosto (32.3°C) y el más frío noviembre (27°C); con respecto a la humedad esta osciló de 38% a 68%, siendo el mes con mayor porcentaje de humedad julio (68%) y el mes con menor porcentaje de humedad marzo (38.5%). Se ha reportado que a una baja humedad las mariposas pueden perder agua y se deshidratan lo que impide que los imágos realicen sus actividades con normalidad (Moyes- Arevalo y Cano- Santana, 2009), esto podría estar explicando el decremento en la riqueza y abundancia de mariposas en el mes de marzo en nuestra zona de estudio.

De igual manera podemos observar que las condiciones abióticas en la zona estudiada no son muy diferentes entre sí. Lo cierto es que el mes de mayo presento

una temperatura media de 31°C y 45% de humedad, condiciones que permiten considerar a este mes como parte de la época seca. Estos resultados coinciden parcialmente a lo reportado por Luna- Reyes et al (2008) quienes observaron en la Sierra de Huautla Morelos y Puebla un pico de riqueza en la época seca en los meses de abril y mayo. De igual manera Hernández- Mejía *et al* (2008) encontraron a finales del mes de mayo, cuando inician las primeras lluvias del año, la mayor riqueza de especies en la zona de Malinalco, México. Lo reportado por estos autores, coincide con nuestros datos obtenidos en el cultivo de camote, donde de acuerdo al portal meteorológico Weather Atlas, en la zona de Atlixco, Puebla el mes de mayo reportó diez días de lluvia. Aunado a esto, se reporta para el periodo de mayo a agosto un incremento en las horas de luz diurna, lo que podría propiciar que el tiempo de actividad de las mariposas se prolongue y por ende haya más mariposas en vuelo.

Lo mismo sucede con la abundancia, al parecer los bordes permiten que las mariposas diurnas tengan su mayor abundancia en los meses más cálidos y con menor humedad en el año (mayo 31°C y agosto 32.3°). Esto nos lleva a proponer que muy probablemente la vegetación de los bordes permite que estos insectos puedan estar presentes en mayor número en meses donde la radiación puede ser más intensa y donde se incrementa la temperatura y disminuye la humedad. En este sentido, la presencia y distribución de estas especies en cultivos en donde se conserva vegetación en los bordes, puede estar determinada por la estructura de esta y no necesariamente por los factores abióticos como se ha registrado en zonas conservadas y semi-conservadas.

Riqueza, abundancia y diversidad por familias.

El conocimiento en el estado de Puebla con respecto a la riqueza de especies de Lepidoptera en ecosistemas conservados y semi-conservados es escaso, y para el caso de las especies asociadas a ecosistemas perturbados como lo son los cultivos, es todavía menor.

En este trabajo, la familia con mayor riqueza en nuestra zona de estudio, resulto ser Lycaenidae, de la cual para el estado de Puebla se han reportado 118 especies, siendo la segunda familia más diversa para la entidad (Lamas 2008). Esto no coincide con lo reportado para el estado, ya que numerosos trabajos han reconocido a Nymphalidae como la familia con mayor riqueza (Fascinetto 2015; Villegas-Ramírez 2019, González-Martínez 1996; Nájera-Moyotl *et al.* 2015; Luna-Reyes *et al.* 2008). Esto puede deberse, de acuerdo con Ehrlich (1960) citado por Luna-Reyes *et al.* (2008), a que la familia Lycaenidae es muy diversa, sin embargo presenta poblaciones muy reducidas, lo que coincide con este trabajo ya que esta familia fue la cuarta, en cuanto a abundancia se refiere. De igual manera, la mayor presencia de Lycaénidos se presentó en los bordes de cultivo 1 y 3 que fueron registrados como las zonas con mayor actividad antropogénica, coincidiendo con lo registrado en la literatura, ya que se sugiere que algunas especies de Lycaénidos prefieren zonas perturbadas y abiertas con presencia de especies arvenses, ruderales y pequeñas leguminosas de las que se alimentan. (Hernández- Mejía *et al.* 2008). Por ejemplo la especie *Brephidium exilis exilis* (Boisduval, 1852) recolectada en nuestra zona de estudio, se ha reconocido como una especie indicadora que es muy abundante en hábitats perturbados.

La segunda familia con el mayor número de especies y la familia con mayor abundancia fue Pieridae, ya que se conoce que las poblaciones de esta familia están menos diversificadas pero tienen poblaciones mayores; lo que los hace más fáciles de recolectar y observar (Luna-Reyes *et al.* 2008). Esto coincide con lo reportado por Lezama (2019) quien registra las especies de mariposas asociadas a este cultivo, en la misma zona de estudio. De igual manera nuestros resultados coinciden con Fascinetto (2015), quien determinó que Pieridae es la familia con mayor abundancia en un cultivo de alfalfa en Atlixco, Puebla. Se sabe que las especies pertenecientes a esta familia, se caracterizan por ser capaces de colonizar ambientes agrarios ya que se ven favorecidas por la perturbación, debido a que sus larvas están asociadas a la vegetación secundaria, además de que las especies de Pieridae, presentan una amplia distribución y con la capacidad para adaptarse a utilizar diversos recursos del ambiente, estas características hacen que sea una

familia que se puede asentarse exitosamente en los agroecosistemas (Luna-Reyes et al. 2008). De la familia Pieridae, hasta el momento se han reportado 49 especies para el estado (Llorente-Bousquets 2014), lo que significa que en los bordes del cultivo de camote, en la zona de estudio, se distribuyen cerca del 34.6% del total descrito para Puebla.

La especie *Nathalis iole iole* Boisduval, 1836 fue la más abundante de esta familia, y la más abundante con respecto al resto de las especies, con 157 individuos recolectados, lo que representa el 21.27% del total de ejemplares registrados. Esta especie está considerada como especie multivoltina, es decir, que existen varias generaciones en un mismo año; de igual manera se tiene registrado que esta especie es tolerante a las variaciones de temperatura, presentando mayor actividad en las horas del día con mayor intensidad solar (Hernández-Mejía et al/2008; Ospina y Reinoso, 2009) estas características pueden favorecer su adaptación en ambientes con condiciones heterogéneas.

En cuanto a la familia Nymphalidae, fue la tercera con mayor número de especies; sin embargo fue la segunda más abundante de este estudio. Fascinetto (2015) reportó también a esta familia como la segunda más abundante dentro de un cultivo de alfalfa en una zona cercana a nuestra zona de muestreo. Cabe mencionar que se ha reportado en la literatura, que esta familia se adapta mejor a zonas conservadas ya que tienden a ser selectiva para habitar en ciertos ambientes (Fernández- Hernández 2007). De igual manera se sabe que las especies de esta familia son eurífagas, es decir que pueden aprovechar uno o más sustratos para sobrevivir en diferentes ambientes (Hernández- Mejía et al. 2008); sin embargo, los trabajos realizados con mariposas diurnas en el municipio de Atlixco (Fascinetto 2015; Lezama 2019; Villegas 2019), han reportado que la familia Nymphalidae fue principalmente acimógafa (es decir, que se alimentan de materia en descomposición. Por esta razón, se podría explicar la poca riqueza de especies que se encontró en los bordes del cultivo de camotes; ya que nuestro muestreo fue únicamente manual y dirigido a las especies de mariposas que estuvieran interactuando con las plantas.

Aunado a esto, Fernández- Hernández (2007) menciona que los ninfálidos pueden habitar ciertos ambientes si encuentran los recursos necesarios, sin embargo, no se establecen de forma permanente para reproducirse y dejar descendencia, a menos que las condiciones sean adecuadas. Esta podría ser la razón de la elevada abundancia de ejemplares pero la escasa riqueza de especies de esta familia, ya que los adultos podrían encontrar los recursos alimenticios y de refugio que necesitan, pero no así las condiciones necesarias para establecerse de forma permanente.

Para la familia HesperIIDae se tiene registradas 118 especies para el estado de Puebla, siendo la segunda familia más rica; sin embargo, en este estudio se registró una baja riqueza (8 especies) pero resultó ser la tercera familia más abundante (114 ejemplares) con respecto al resto de las especies recolectadas. Nuestros resultados no coinciden con lo encontrado en los trabajos realizados en el municipio de Atlixco Puebla, donde se reporta que HesperIIDae es una familia muy rica en esta zona. Las especies de esta familia, se sabe que poseen una amplia distribución geográfica ya que constituyen el 40% de las mariposas diurnas y están presentes en cualquier localidad del País, sin importar el ambiente o la temporada (Warren, 2000). Consideramos que esta baja riqueza puede deberse a diferencias en el tipo de muestreo, en este caso no se emplearon trampas con cebos como atrayentes sino que la recolecta fue siempre directa y manual.

En los bordes del cultivo de camote, las familias con menor riqueza y menor abundancia fueron Papilionidae (4 especies y 20 ejemplares) y Riodinidae (1 género y 13 ejemplares). Esto coincide con todos los trabajos que se tienen para la entidad poblaba donde ambas familias reportan una baja riqueza y abundancia. Llorente *et al.* 2014 reportan para el estado 33 especies de la familia Papilionidae, sin embargo, se sabe que la riqueza de estas especies es mayor entre los 860 y 1190 msnm y en México la riqueza aumenta en la región Neotropical (Oñate- Ocaña, 2004). Aunado a esto, se ha documentado que las especies de esta familia son competidoras de la familia Pieridae, pues utilizan recursos alimenticios similares; por lo que la fuerte presencia de piéridos en los bordes del cultivo, podría explicar

la baja riqueza y abundancia de Papilionidae en nuestro muestreo (Quinteros *et al.* 2006).

Para la familia Riodinidae, solo se reportó un género dentro de los bordes de cultivo, esto debido a la dificultad para identificar a los ejemplares a nivel específico, ya que al momento de ser sacrificados perdían su coloración lo que impedía apreciar los caracteres de identificación. De igual manera se ha reportado en la literatura que esta familia tiene una distribución geográfica discontinua, estando presentes principalmente en las regiones de bosques tropicales (DeVries, 1997). Llorente *et al.* 2014 registraron 64 especies de Riodinidae para Puebla, pero se estima que su riqueza es mucho mayor a lo que se tiene registrado, debido probablemente, a que existe poca información para esta familia, ya que no son organismos muy comunes debido a que tiene vuelos restringidos en cuanto a estacionalidad y espacio por lo que se hace difícil registrarlos en campo (Villegas 2019).

Diversidad

En cuanto a la diversidad, el borde 1 fue el más diverso (0.917), seguido por el borde 4 (0.916), el borde 2 (0.914) y el borde 3 (0.884). De acuerdo con la prueba de T-Hutchinson, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el borde 3 con respecto a los bordes 1, 2 y 4. Estas diferencias no son explicadas por los factores abióticos como la temperatura, la humedad y velocidad del viento dado que el análisis canónico de correspondencia presenta un bajo porcentaje de exposición menor al 40%. Así que, estas diferencias podrían ser explicadas por la estructura de la vegetación propia de cada borde.

A continuación se describen los parámetros ecológicos para cada borde, dado que permite integrar los aspectos de la estructura de la vegetación y la presencia de las especies de mariposas:

Borde 1, se recolectaron 36 especies de mariposas siendo Lycaenidae la familia con mayor riqueza (14 especies); en cuanto a la abundancia se registraron 212

ejemplares y Pieridae fue la familia más abundante. Cabe mencionar que este borde fue el más diverso en comparación con los demás con un índice de diversidad de 0.917.

Las especies más abundantes de este borde fueron *Nathalis iole iole* (42), *Phyciodes pallescens* (23) y *Anthanassa texana texana* (21).

En cuanto a la especie *N. iole iole* se ha reportado que tiene una amplia distribución geográfica desde Estados Unidos hasta Sudamérica (Pulido-B, *et al* 2010). De igual manera se sabe que, para México, las especies de plantas hospederas que utiliza esta mariposa son los géneros *Dyssonia*, *Bidens*, *Tagetes*, *Sttalaria*, *Helenium* y *Erodium*. (Le Crom *et al.* 2004). Esto coincide con nuestros resultados, ya que de acuerdo al análisis de correlación múltiple, *N. iole iole* se relacionó significativamente con *Bidens odorata*. Por lo que la alta abundancia de esta mariposa dentro del borde podría explicarse debido a esta especie vegetal, la cual fue la más abundante y estuvo presente durante gran parte del muestreo.

Con respecto a *A. texana texana*, se sabe que es una mariposa que puede habitar áreas conservadas como bosques pero también se adaptan a zonas perturbadas como caminos y parques urbanos (Sada y Madero, 2011). De igual manera, se sabe que las plantas hospederas de esta especie pertenecen a la familia Acanthaceae, y existen registros de especies del género visitando regularmente plantas de la familia Asteraceae (Freitas *et al* 2015), sin embargo, también se ha visto que los adultos de *Anthanassa* son muy generalistas ya que no muestran preferencia por alguna familia de plantas en específico (Silva, 2017). Dentro del borde 1, la familia Asteraceae fue la más abundante, con especies presentes como *Aldama dentata*, *Bidens odorata* y *Taraxacum officinale*, esto podría explicar la gran abundancia de esta especie de mariposa en el borde; cabe mencionar que en el análisis de correlación múltiple, estas tres especies de plantas estuvieron relacionadas significativamente con esta mariposa, como lo descrito por Freitas y colaboradores (2015).

La especie *P. pallescens*, se ha reportado como una especie endémica de México (Luna-Reyes *et al.* 2008). Se sabe, que esta especie es generalista en su hábitat ya

que se pueden adaptar con facilidad (Barranco, 2016). Sin embargo, se ha reportado para el género *Phyciodes*, que prefieren áreas con humedades, como bordes de lagos y cuerpos de agua (Sada y Madero, 2011). Su alta abundancia en este borde podría ser explicada ya que en este, se encuentra el canal de riego de los cultivos de la zona. Aunado a esto la familia vegetal Onagraceae se ha reportado que actúa como atrayente y hospedera de la familia Nymphalidae; en nuestro estudio la especie *Oenothera rosea*, se correlacionó significativamente con esta especie de mariposa.

Por otro lado, el borde 1, fue el segundo con más especies exclusivas, registrando 8 especies:

Chiomara asychis simon, se ha reportado que es una especie que se adapta mejor a zonas boscosas (Barranco, M. 2016), sin embargo, fue posible registrarla dentro de este borde, lo que podría indicar que probablemente la vegetación de los márgenes del cultivo albergan especies de zonas conservadas o que es atraída por el recurso presente, esto no podemos asegurarlo dado que no se correlacionó con ninguna especie vegetal, en el análisis realizado.

De igual manera, la especie migratoria *Danaus gilippus thersippus* se logró registrar dentro de el borde. Se sabe que esta especie de mariposa presenta hábitos alimenticios más generalistas en su estadio adulto, sin embargo, se tiene registrado que se alimenta de las plantas pertenecientes a las familias Asteraceae y Fabaceae, entre otras. En nuestro estudio, esta especie de mariposa se encontró interactuando con la especie *Erigeron longipes*, perteneciente a la familia Asteraceae; esta especie de planta se presentó abundantemente sólo en el borde 1, esto podría explicar la presencia de la mariposa monarca únicamente en este borde (Hernández- Fernández, 2017). Por lo tanto la presencia de mariposas monarcas, conocidas por habitar áreas boscosas, podría evidenciar que la composición vegetal del borde 1 es importante para mantener la diversidad de lepidópteros.

El resto de especies exclusivas para esta zona, *Pyrgus adeptus*, *Leptotes cassius catilina*, *Strymon istapa modesta*, *Catantix nimbice nimbice*, *Pyrisitia dina westwoodii* y *Pyrisitia proterpia*; se reportan en la literatura como generalistas de su

hábitat (Barranco, 2016). Es importante mencionar que, el borde 1 presentó la mayor cantidad de especies vegetales, de las 21 especies registradas, en este se distribuyen 18 especies, lo que representa el 86% de las especies vegetales identificadas en todos los bordes. Esta amplia variedad de recursos alimenticios podría explicar la alta diversidad de mariposas y el gran número de especies exclusivas que presentó este borde. A pesar de que, en la época de cosecha los agricultores de la zona cortaban casi por completo la vegetación que crecía en este borde, se obtuvo el valor más alto de diversidad respecto a los demás; por lo que no se descarta la posibilidad de que al dejar la vegetación durante todo el periodo de recolecta, la diversidad podría haber sido mucho mayor.

Borde 2, se colectaron un total de 25 especies; las familias con mayor riqueza fueron Pieridae y Nymphalidae con seis especies, y las menos ricas fueron Hesperidae, Lycaenidae y Papilionidae con cuatro especies. En cuanto a la abundancia, se recolectaron 77 individuos en total, donde al igual que la riqueza, las familias Pieridae y Nymphalidae fueron las más abundantes con 36 y 15 individuos respectivamente; las familias menos abundantes fueron Lycaenidae y Papilionidae con 7 ejemplares. En cuanto a la diversidad, este borde fue el segundo menos diverso en comparación al resto, con un índice de diversidad de 0.914.

Al igual que en el borde 1, la especie *N. iole iole* fue la mariposa más abundante con 17 ejemplares recolectados. Como ya se mencionó, su amplia distribución y su alta tolerancia a los cambios ambientales, hacen de esta especie una excelente colonizadora de ambientes perturbados, se ha relacionado con la familia Asteraceae, la cual también resulto ser la más abundante en este borde (Hernández-Mejía *et al* 2008; Ospina y Reinoso, 2009; Le Crom *et al.* 2004).

La especie *Eurema daira sidonia* fue la segunda especie mas abundante para este borde, esto concide con lo reportado por Luna Reyes *et al.* (2010), ya que registran para el Cañon de Lobos en el estado de Morelos a *E. daira sidonia* como una de las 12 especies más abundantes del muestreo con más de 150 ejemplares recolectados. Se sabe que el género *Eurema* esta distribuido ampliamente en el país, y al pertenecer a la familia Pieridae, son buenos colonizadores de ambientes

perturbados (Luna-Reyes et al. 2008; Sada y Madero, 2011). Además, de acuerdo a Villegas (2019), en la zona de Cuahueyatla, Puebla, reportó que esta especie de mariposa recolectada en grandes números sobre inflorescencias de la familia Asteraceae. Esto podría explicar su alta abundancia en este borde, ya que la familia Asteraceae fue la que tuvo mayor presencia a lo largo del periodo muestreado. De acuerdo al análisis de correlación múltiple, *E. दौरa sidonia* se relacionó significativamente con 4 especies de plantas: *Anoda cristata*, *Bromus carinatus*, *Perymenium buphthalmoides* y *Bidens odorata*, estas dos últimas especies pertenecen a la familia Asteraceae.

La especie *Leptophobia aripa elodia* fue la tercera especie más abundante con 6 ejemplares recolectados. Esto concuerda con lo reportado por Flores (2011), ya que reconoció a esta especie de mariposa como una de las más abundantes en el muestreo realizado en Cacahoatán, Chiapas. Esta especie se distribuye en habitats perturbados y bosques secundarios (Raguso, 1990; Balam, 2009); de igual manera se ha documentado su importancia agrícola, ya que se sabe que son potencialmente plagas dentro de los cultivos (Fernandez- Herández, 2007). De esta mariposa, se ha reportado que depende de la familia Brassicaceae (Silva, 2017) ya que, tanto las larvas como los adultos dependen de esta familia vegetal. Dentro de sus plantas hospederas se encuentran las especies *Brassica sp.*, *Tropaeolum majus*, *Lepidium sativum*. En nuestro estudio la especie *Lepidium virginicum* estuvo presente dentro del borde 2; aunque es importante mencionar que su abundancia no fue especialmente elevada para este borde, sin embargo, su presencia pudo beneficiar a *L. aripa elodia*.

Para este borde de vegetación, se registraron únicamente dos especies exclusivas *Danaus plexippus megalippe* y *Parides photinus*, además de que se reportaron los valores de riqueza y abundancia más bajos de todo el muestreo, quizá estos resultados se deban a que en el borde 2 únicamente se encontraron 10 especies vegetales, de las 21 recolectadas; aunado a esto, en este borde los habitantes cercanos a la zona de muestreo utilizaban parte de este sitio para quemar basura, lo que provocaba que las 10 especies registradas el borde no estuvieran presentes

al mismo tiempo, ya que normalmente se podía observar cuatro o cinco especies vegetales, siendo la vegetación dominante principalmente pastos. Esto podría contribuir al empobrecimiento de los recursos alimenticios y de refugio para las especies de mariposas diurnas que habitan los bordes de este cultivo.

En el **borde 3** se presentó la mayor riqueza con 30 especies recolectadas siendo Lycaenidae (12) y Pieridae (11) las familias más ricas; la menor riqueza la presentó Hesperidae y Papilionidae con cinco y dos especies respectivamente. De igual manera, este borde fue el más abundante con 296 individuos. Las familias con mayor abundancia fueron Pieridae (160) y Hesperidae (46) y las menos abundantes fueron Papilionidae y Riodinidae. Cabe resaltar que este borde fue el menos diverso en comparación al resto con un índice de diversidad de 0.884

Este borde, no fue excepción y la especie *N. iole iole* fue la más abundante con 66 ejemplares recolectados, esto probablemente se deba a que la familia Asteraceae predominó a lo largo de todo el borde, especialmente *Bidens odorata*, que como ya se mencionó ha sido reconocida como planta hospedera de esta especie (Le Crom *et al.* 2004).

De igual manera la mariposa *E. दौरा सिडोनिया* fue muy abundante en este borde con 59 ejemplares recolectados. Como se mencionó anteriormente, esta especie habita principalmente zonas urbanas y con un alto grado de perturbación (Luna-Reyes *et al.* 2008; Sada y Madero, 2011). De igual manera se ha reportado que esta especie es catalogada como multivoltina, es decir, que se pueden registrar varias generaciones en un mismo año, por lo que se pueden encontrar al vuelo durante gran parte del año; lo que podría estar favoreciendo su alta abundancia en la mayoría de los bordes (Hernández-Mejía *et al.* 2008). De igual manera en este borde se presentaron abundantemente todas las especies vegetales con las que se correlacionó significativamente esta mariposa: *Anoda cristata*, *Bidens odorata*, *Bromus carinatus* y *Perymenium bupthalmoides*

La tercera especie más abundante fue *P. pallescens* con 19 ejemplares recolectados. Como ya se mencionó, esta especie se ve favorecida por la presencia de cuerpos de agua (Sada y Madero, 2011). Y a pesar de que en el borde 3 no hay

cuerpos de agua asociados, la planta hospedera (*Oenothera rosea*) de esta mariposa, se encontro presente la mayor parte del muestreo, favoreciendo su abundancia dentro del borde; aunado a esto, la mayoría de las especies de Nymphalidae se han reportado como acimófagas y algunas especies como eurífagas, estas últimas pueden utilizar varios recursos alimenticios, por lo que la presencia de árboles frutales dentro de este borde de cultivo, proporcionaba frutos en descomposicion que podrían servir como alimento a esta especie de mariposa.

A pesar de que este borde fue el más rico y el más abundante, fue el segundo con menos especies exclusivas, ya que sólo se reportaron 4: *Chiomara georgina georgina*, *Vanessa virginiensis*, *Phoebis sennae eubule* y *Phoebis sennae marcellina*.

De la especie *Chiomara georgina georgina* no se tiene mucha imformación, se sabe que se alimenta de la especie vegetal *Malpighia glabra*, sin embargo, no se tiene registro de esta especie dentro del borde; nosotros la pudimos encontrar interactuando con la especie *Aldama dentata*.(Kendall, 1976).

Para la especie *Vanessa virginiensis* se sabe que tiene una amplia distribución y se pueden encontrar en una gran variedad de hábitats como arenales, céspedes y parques urbanos (Sada y Madero, 2011). Se ha reportado en la literatura que sus plantas hospederas pertenecen a la familia Malvacea, y se ha registrado que se alimenta del néctar de plantas de la familia Urticaceae, Malvaceae y Asteraceae; estas últimas estuvieron presentes en este sitio, lo que podría favorecer su presencia dentro del borde (Scott, 1986). Aunado a esto, se sabe que esta especie es principalmente nectarívora, pero ocasionalmente se alimentan de fruta en descomposición, y debido a que en este borde se encontraba una gran cantidad de árboles frutales, se podría explicar la presencia también de *V. virginiensis* en este borde (Villegas, 2019).

De las especies *Phoebis sennae eubule* y *Phoebis sennae marcellina*, se sabe que son muy generalistas en sus habitats, principalmete se encuentran en áreas perturbadas (Barranco, 2016). Se ha reportado que sus plantas hospederas

pertencen a la familia Fabaceae, principalmente al género *Cassia* (Luna Reyes *et al.* 2010). Sin embargo, en este borde no se encontraron especies de éste género de planta y las dos especies de mariposas se recolectaron interactuando con la especie *Perymenium bupthalmoides* perteneciente a la familia Asteraceae.

Cabe mencionar que este borde fue el menos diverso, a pesar de mostrar la mayor riqueza y mayor abundancia, esto se puede deber a que fue el borde que presentó 13 especies con un sólo ejemplar recolectado y la gran abundancia se debe a tres especies *N. iole iole*, *E. daira sidonia* y *P. pallescens* las cuales tuvieron mayor dominancia durante todo el periodo de muestreo representando el 48.6% del total de organismos para este borde. La baja diversidad de esta zona puede deberse a que, al igual que el borde 2, sólo se encontraron 10 especies vegetales siendo la especie *Bidens odorata* la que predominó la mayor parte del tiempo; aunado a eso, este borde estaba paralelo a un camino que conectaba con las viviendas de la zona y la preparatoria Simón Bolívar, donde gran parte de la mañana, transitaban muchas personas ahuyentando a las mariposas que sobrevolaban esa zona.

Borde 4, se recolectaron 36 especies siendo Pieridae y Lycaenidae las familias más ricas con diez especies; las que presentaron menor riqueza, al igual que en los demás bordes fueron Papilionidae y Hesperidae con dos y cuatro especies respectivamente. Se recolectaron un total de 153 ejemplares donde las familias más abundantes fueron Pieridae (78) y Nymphalidae (26); las familias con menor abundancia fueron Riodinidae y Papilionidae.

En este borde, al igual que en el resto, la especie *N. iole iole* fue la más abundante con 29 ejemplares recolectados, eso probablemente se deba a que la especie *Bidens odorata* (Asteraceae) fue la más abundante, especie que se ha registrado como su planta alimenticia. La segunda especie más abundante fue *L. aripa elodia* con 21 ejemplares recolectados; lo que concuerda con lo encontrado por Perez J, (2010) quien reportó para un gradiente de urbanización a esta especie como la más abundante, además de que puede distribuirse en ambientes perturbados exitosamente (Raguso, 1990; Balam, 2009). Aunado a esto, se sabe que tanto los

adultos como las larvas dependen de la familia Brassicaceae (Sánchez- López, 2004; Pywell et al. 2004) y dentro de este borde se registró la especie *L. virginicum*, perteneciente a esta familia. Cabe mencionar que en el borde 2, *L. virginicum* estuvo presente, pero en el borde 4 fue más abundante, permitiendo que en este borde se capturarán más del triple de ejemplares con respecto al borde 2. Esta especie de planta se correlacionó significativamente con *L. aripa elodia*, como lo reportado por Silva (2017), en donde esta planta jugo un papel importante para la abundancia de esta especie de mariposa. De igual manera se encontraron correlaciones significativas con las especies *Bidens odorata* (Asteraceae) y *Hedeoma piperita* (Lamiaceae). No se tiene registro de que estas especies se relaciones con *L. aripa* sin embargo podrían representar una alternativa alimenticia si la familia Brassicaceae es poco abundante o no esta presente.

La tercera especie más abundante fue *A. texana texana* con 13 individuos colectados, como se mencionó con anterioridad, esta mariposa esta presente en áreas conservadas, sin embargo puede adaptarse a zonas perturbadas.

Cabe destacar que este borde presento el mayor número de especies exclusivas de toda el área muestreada, diez especies, *Pyrrhopyge chalybea*, *Echinargus huntingtoni hannoides*, *Strymon melinus franki*, *Anthanassa sosis*, *Chlosyne lacinia crocale*, *Morpho polyphemus polyphemus*, *Vanessa annabella*, *Colias philodice eriphyle*, *Colias tyche boothii* y *Pyrisitia nise nelphe*, así como un total de 13 especies vegetales de las 21 registradas en todos los bordes.

Las características propias de este borde, probablemente jugaron un papel importante para la presencia de las 36 especies registradas, por un lado el número de especies vegetales, tanto plantas como árboles frutales, los cuales pueden generar zonas de descanso para estas especies de mariposas. Tobar & Ibrahim (2009) al comparar la diversidad de mariposas presentes en diferentes tipos de cercas, mencionan que entre más compleja la estructura de la vegetación, resultan ser mejores hábitats para estos insectos. Reportan que las cercas vivas multiestrato, presentaron mayor riqueza, abundancia y diversidad de lepidópteros, ya que que algunas especies de mariposas pueden estar utilizando las cercas vivas como

recursos de alimentación, cópula, postura de huevos protección contra depredadores, dentro del paisaje agropecuario.

Estos resultados nos permiten observar cómo dentro de los bordes de vegetación en un cultivo de *I. batatas*, se alberga un gran número de especies de Lepidoptera. Por lo que mantener esta estructura en los cultivos en donde se conservan bordes de vegetación nativa, resulta beneficioso para la diversidad en ecosistemas perturbados por la actividad antropogénica.

Conclusiones.

- Se colectaron un total de 738 ejemplares de Rhopaloceros pertenecientes a 61 especies, agrupadas en dos superfamilias: Papilionoidea con cinco familias: Pieridae con 17 especies y 349 ejemplares; Nymphalidae con 13 especies y 106 ejemplares; Lycaenidae con 18 especies y 133 ejemplares; Riodinidae con un género y 13 ejemplares; Papilionidae con cuatro especies y 20 ejemplares. Y la superfamilia Hesperoidea que incluye únicamente a la familia Hesperiiidae con ocho especies y 113 ejemplares
- La familia Lycaenidae fue la más rica con 17 especies registradas; y la familia Pieridae fue la más abundante con 349 ejemplares recolectados.
- La especie más abundante resultó ser *N. iole iole* con 157 ejemplares recolectados.
- El borde 3 mostró la mayor riqueza y abundancia de especies de Lepidoptera, con respecto a los bordes 1,2 y 4. Sin embargo, en este se observó la menor diversidad.
- El borde 1 mostró la mayor diversidad de Lepidoptera (0.917) y una mayor riqueza y abundancia de especies vegetales (18 especies)
- La especie vegetal *Bidens odorata*, resultó estar relacionada con el mayor número de especies de mariposas registradas en los cuatro bordes estudiados (11 especies).

Bibliografía

- Abós F. 2002. El pluricultivo y la presencia de los márgenes mantienen la diversidad biológica en los agroecosistemas. *Ecología* 16:273-285.
- Balam, Y. R. y J. L. León-Cortés. 2010. Forest management and biodiversity: A study of an indicator insect group in southern Mexico. *Interciencia* 35:7
- Barranco, M. 2016. Factores que influyen en la diversidad y distribución de lepidópteros en el parque estatal Flor del Bosque, Puebla, México. Tesis de doctorado. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. 96pp.
- Barnes R. 1989. *Zoología de Invertebrados*. Nueva Editorial 5a. ed. México D. F. México. 957 pp.
- Beer, J., C.A. Harvey, M. Ibrahim, J.M. Harmand, E. Somarriba & F. Jimenez. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería Américas* 10:80-87.
- Brusca RC, Brusca GJ. 2003 *Invertebrates*. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- Cabezas, M.F.A. 2012. *Introducción a la Entomología*. México:Trillas.
- Constantino, L, Chacón, P.; Ramírez, L. 2007. Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperoidea) en Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. Santiago de Cali, Colombia.
- DeVries, P.J. 1997. *The butterflies of Costa Rica and their natural history II: Riodinidae*. New Jersey: Princeton University Press.
- FAO 2018. La agricultura y el desarrollo rural de México. Consultado el 22 de abril del 2018 desde: <http://www.fao.org/mexico/fao-en-mexico/mexico-en-una-mirada/es/>

- Fascinetto, Z. P. 2015. Dinámica e identificación de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) asociadas a un agroecosistema en Atlixco, Puebla. Tesis de biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 67p.
- 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: 43-75.
- Flores, D. 2011. Diversidad de las mariposas Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) en el ejido El Aguila, Municipio de Cacahoatán, Chiapas. México. Tesis de Biología. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca. 75 pp.
- Flores, J. 2011. Listado preliminar de mariposas diurnas de Cholula. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 18:25-28.
- Freitas, A., . Lewinsohn, T., y Magali, L. 2015. A new subspecies of *Anthanassa* (Nymphalidae: Nymphalinae: Melitaeini) from Southeastern Brazil. *Journal of the Lepidopterists' Society*. 69(2): 83–90.
- Fry, G. y Robson W.1994. The effects of field margins on butterfly movement. En Boatman N. (ed) *Field margins: integrating agriculture and conservation*. 58:111-116.
- Gamez J.A. 2010 Diversidad y composición de las comunidades de 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. and Lehman, R. 2005. *Butterflies Northeastern Mexico*. México:CONABIO

- Glassberg, J. 2007. *A Swift Guide to the Butterflies of Mexico and Central America*. China: Sunstreak Books, Inc.
- Gonzales M. 1996. Listado faunístico de los Papilionoidea del estado de Puebla, con especial referencia a la zona de Barranca de Patla. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. 122pp.
- Greenslade 1992 Conserving invertebrates diversity in agricultural, forestry and natural ecosystems in Australia. *Agriculture Ecosystems and Environment* 40: 297-312.
- Hernandez-Chavarria, F.; Sittenfeld, A.; Murillo-Hiller, R. 2004. *Rothschildia lebeau*, una bella mariposa nocturna: Observar de cerca lo que usualmente pasamos inadvertido. Vol.18. N°4. 60 p. Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 60p.
- Hernández-Mejía, B.C., Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I. y Luis-Martínez, A. 2008. Las mariposas (Papilionoidea y Hesperoidea) de Malinaco, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 117-130.
- Kendall, R. 1976. Larval foodplants for thirty species of skippers (Lepidoptera: Hesperidae) from México. *Bulletin of the Allyn Museum*. Vol 39. 1-9.
- Kremen, C., 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications* 2:203-217
- Kristensen, N. P., M. J. Scoble y O. Karsholt. 2007. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa* 1668:699-747.
- Lamas, G. 1981. Pasado, presente y futuro de los estudios sobre mariposas neotropicales en América Latina. Pp: 39-57. In: *Simposium Conferencia IV Congreso Latinoamericano de Entomología*, Maracay.

- Le Crom, J.F., Llorente-Bousquets, J, Constantino, L.M. y Salazar, J.A. 2004. Mariposas de Colombia. Vol. 2. Pieridae. Carlec, Bogotá, Colombia.
- Lezama, G. Dinámica de la comunidad de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) asociadas a un agro-ecosistema de Ipomoea batatas (L.) en el municipio de Atlixco, Puebla. Tesis de Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 46p.
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.
- Luis, Martínez, A. M. 2013. Estudio lepidopterofaunístico en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca-Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. BK062 México D. F.
- Luna- Reyes, M., Llorente- Bousquets, J. y Luis- Martinez, A. 2008. Papilionoidea de la Sierra de Huautla, Morelos y Puebla, México (Insecta: Lepidoptera). Revista de Biología Tropical. 56 (4): 1677-1716.
- Luna- Reyes, M., Llorente- Bousquets, J., Luis- Martinez, A y Vargas- Fernández, I. 2010. Composición faunística y fenología de las mariposas (Rhopalocera: Papilionoidea) de Cañón de Lobos, Yautepec, Morelos, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 81: 315- 342.
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., & Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277(5325), 504-509.
- Moyes- Arévalos, L. y Cano- Santana, Z. 2009. Fenología de comunidad de mariposas diurnas y su relación con la fenología floral de las plantas y otros factores ambientales. Diversidad de hábitats y ecología de comunidades. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 411-419.

Nájera-Moyotl S., Quiroz-Soberanes J., Solís-Heredia L. y Villegas-Ramírez F. 2015, Diversidad y abundancia de mariposas (Rhopalocera: Lepidoptera) en dos temporadas en el municipio de Atlixco Puebla. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Sociedad Mexicana de Entomología 1: 58–63.

NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Consultado el 2 de julio de 2019 desde:

https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

Oñate-Ocaña, L. 2004. Análisis de la distribución de papilionidas y piéridas (Lepidoptera: Papilionidae en México. Tesis Doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

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

Pineda, L.R. y Verdú, F.J.R. 2013. *Cuaderno de Prácticas. Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma*. México: Universidad Autónoma de Querétaro.

Pulido-B, H., Andrade-C, G. y Llorente- Bousquets, J. 2010. Taxonomía y distribución de *Nathalis* (Lepidoptera. Pieridae) en Colombia. Revista de Biología Tropical. Vol. 58 (1): 273-285.

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

- Raguso, R. A. 1990. The butterflies (Lepidoptera) of the Tuxtlas mountains, Veracruz, Mexico, revisited: Species-richness and habitat disturbance. *Journal Research on the Lepidoptera* 29:105-133.
- Rathcke, B.J., Jules, E.S., 1993. Habitat fragmentation and plant pollinator interactions. *Current Science (Bangalore)* 65:273-277.
- Ricketts T., Daily G., Ehrlich P., Fay J. 2001. Countryside Biogeography of Moths in a Fragmented Landscape: Biodiversity in Native and Agricultural Habitats. *Conservation Biology*, 15: 378:388.
- Rivas-Arancibia S., Bello-Cervantes E., Carrillo-Ruiz H., Andrés-Hernández R., Figueroa-Castro D. y Guzmán-Jiménez S. 2015. Variación de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86:178-187.
- Robert J.H., A. Escarré T. García y P. Martínez, 1983, Fauna Alicantina IV. Lepidópteros Ropalóceros, sus plantas nutricias y su distribución geográfica en la provincia de Alicante, Cuadernos de la Fauna Alicantina, Instituto de Estudios Alicantinos, Serie II, Número 20, 435 pp.
- Sada, M., y Madero, A. 2011. Guía de mariposas de Nuevo León. Fondo Editorial de Nuevo León. México. 366 pp.
- Sanchez N., Vargas-Castro L., Sánchez A. y Amador M. 2013. Riqueza y abundancia de mariposas, escarabajos coprófagos y plantas en cultivos orgánicos y convencionales de tres regiones de Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*. 5:249-259.
- Scott, J. A. 1986. *The Butterflies of North America: A Natural History and Field Guide*. Stanford University Press. 583pp.
- Silva, C. 2017. Estructura y variación especial de la comunidad de plantas asociadas a un agroecosistema de alfalfa (*Medicago sativa*, Fabaceae) en Atlixco

- Puebla. Tesis de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 74pp.
- Thomas, J.A., 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological* 360:339-357.
- Tobar D. & Ibrahim M. 2007. ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en los paisajes agropecuarios. *Rev. Biol. Trop.* 58: 447-463.
- Tobar D., Ibrahim M., Casasola F. 2006. Diversidad de mariposas en un paisaje agropecuario del Pacífico Central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas.* 45: 58-65.
- Vane-Wright, D. 2004. "Butterflies at that awkward age". *Nature* 428: 478-480.
- Villegas F. 2019. Diversidad de lepidópteros diurnos (Lepidoptera: Rhopalocera) en un agroecosistema de café en la localidad de Cuahueyatla, Huauchinango, Puebla. Tesis de biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 67p.
- Warre, A. D. 2000. Hesperoidea (Lepidoptera). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento.* Vol. II. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 676 (pp. 535-580).
- Wilson, J.D., Morris, A.J., Arroyo, B.E., Clarck, S.C., Bradbury, R.B., 1999. A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture Ecosystems and Environment* 75:13-30.

Anexo

SUPERFAMILIA	FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE	AUTOR
Papilionoidea	Pieridae	Coliadinae	<i>Catantix nimbice nimbice</i>	Boisduval, 1836
			<i>Colias philodice eriphyle</i>	W. H. Edwards, 1876
			<i>Colias tyche boothii</i>	J. Curtis, 1835
			<i>Eurema दौरा दौरा</i>	Godart, 1819
			<i>Eurema दौरा sidonia</i>	R. Felder, 1869
			<i>Eurema दौरा eugenia</i>	Wallengren, 1860
			<i>Eurema mexicana mexicana</i>	Boisduval, 1836
			<i>Nathalis iole iole</i>	Boisduval, 1836
			<i>Phoebis sennae eubule</i>	Linnaeus, 1767
			<i>Phoebis sennae marcellina</i>	Cramer, 1777
			<i>Pyrisitia dina westwoodii</i>	Boisduval, 1836
			<i>Pyrisitia nise nelphe</i>	R. Felder, 1869
			<i>Pyrisitia proterpia</i>	Fabricius, 1775
			<i>Zerene cesonia cesonia</i>	Stoll, 1790
			Pieridae	Pierinae
	<i>Leptophobia aripa elodia</i>	Boisduval, 1836		
	<i>Pontia protodice</i>	Boisduval & Leconte, 1830		
	Nymphalidae	Charaxinae	<i>Anaea aidea</i>	Guérin-Méneville, 1844
			Danainae	<i>Danaus gilippus thersippus</i>
		<i>Danaus plexippus megalippe</i>		Hübner, 1826
		Nymphalinae	<i>Anthanassa texana texana</i>	W.H. Edwards, 1863
			<i>Anthanassa sosis</i>	Godman & Salvin, 1878
			<i>Chlosyne ehrenbergii</i>	Geyer, 1833
			<i>Chlosyne lacinia</i>	Geyer, 1837
			<i>Chlosyne lacinia lacinia</i>	Geyer, 1837
			<i>Chlosyne lacinia crocale</i>	W. H. Edwards, 1874
			<i>Phyciodes pallescens</i>	R. Felder, 1869
			<i>Vanessa annabella</i>	W. D. Field, 1971
			<i>Vanessa virginiana</i>	Drury, 1773
		Satyrinae	<i>Morpho polyphemus polyphemus</i>	Westwood, 1850

Lycaenidae	Polyommatainae	<i>Brephidium exilis exilis</i>	Boisduval, 1852
		<i>Brephidium exilis isophthalma</i>	Herrich-Schäffer, 1862
		<i>Echinargus huntingtoni hannoides</i>	Clench, 1965
		<i>Echinargus isola</i>	Reakirt, 1867
		<i>Hemiargus ceraunus astenidas</i>	Lucas, 1857
		<i>Hemiargus ceraunus ceraunus</i>	Fabricius, 1793
		<i>Leptotes cassius</i>	Cramer, 1775
		<i>Leptotes cassius cassidula</i>	Boisduval, 1870
		<i>Leptotes cassius catilina</i>	Fabricius, 1793
		<i>Leptotes cassius theonus</i>	Lucas, 1857
		<i>Leptotes marina</i>	Reakirt, 1868
	Theclinae	<i>Strymon istapa istapa</i>	Reakirt, 1867
		<i>Strymon melinus franki</i>	W. D. Field, 1938
		<i>Aravacus jada</i>	Hewitson, 1867
		<i>Strymon istapa modesta</i>	Maynard, 1873
		<i>Strymon astiocha</i>	Prittwitz, 1865
		<i>Strymon Cestri</i>	Reakirt, 1867
<i>Strymon istapa cybira</i>		Hewitson, 1874	
Papilionidae	Papilioninae	<i>Battus philenor philenor</i>	Linnaeus, 1771
		<i>Papilio brevicauda brevicauda</i>	Saunders, 1869
		<i>Papilio garamas garamas</i>	Geyer, 1829
		<i>Parides photinus</i>	Doubleday, 1844
Riodinidae	Riodininae	<i>Calephelis sp</i>	Grote & Robinson, 1869
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Pyrrhopyge chalybea</i>	Scudder, 1872
	Hesperiinae	<i>Ancyloxypha arene</i>	W.H. Edwards, 1871
	Pyrginae	<i>Chiomara asychis simon</i>	Evans, 1953
		<i>Chiomara georgina georgina</i>	Reakirt, 1868
		<i>Pholisora catullus</i>	Fabricius, 1793
		<i>Pholisora mejicanus</i>	Reakirt, 1867
		<i>Pyrgus adepta</i>	Plötz, 1884
		<i>Pyrgus communis communis</i>	Grote, 1872