



**Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Licenciatura en Biología**

**Evaluación de la diversidad de Lepidópteros asociada a distintos
sistemas de producción ganadera en Los Tuxtlas, Veracruz**

Stefani Aketzali Carrera Hurtado

2173064994



Vo. Bo. Asesora Interna

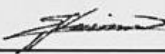
Dra. María Flores Cruz

Profesora-Investigadora

Asociada "C"

UAM-Xochimilco

18464



Vo. Bo. Asesora Externa

Dra. Karina Boege Paré

Investigadora Titular "C"

Instituto de Ecología, UNAM

3276589

Febrero 2025

Resumen

La selva tropical mexicana abarca el 11% del territorio, sin embargo, en este ecosistema se ejerce una fuerte presión de deforestación para la implementación de parcelas de pastos que se utilizan para alimentar al ganado. Uno de los grupos susceptibles al cambio de uso de suelo es el orden lepidóptera, el cual se eligió para evaluar la calidad ambiental entre la ganadería convencional y la ganadería sustentable. Este estudio fue realizado en diez ranchos de los Tuxtlas, Veracruz, en donde se evaluó la abundancia, diversidad y composición de especies de lepidópteros en hábitats con pastizales convencionales, sistemas silvopastoriles intensivos y remanentes de selva en temporada de lluvias (2022) y secas (2023). En cada rancho se colocaron tres trampas Van-Someren-Rydon, con un cebo de piña, plátano y cerveza. Las trampas se distanciaron aproximadamente en 50 metros y se mantuvieron activas por 24 horas. Se sacrificó un ejemplar por cada morfoespecie y posteriormente se montaron e identificaron. Se registraron 1, 414 individuos pertenecientes a diez familias. La abundancia fue mayor en época de lluvias, con diferencias significativas ($p < 0.05$) en el pastizal y en el sistema silvopastoril, este hábitat mantuvo valores intermedios en ambas épocas. En temporada de lluvias la selva obtuvo mayor riqueza y diversidad de especies comunes, el pasto y el sistema silvopastoril mantuvieron valores similares, mientras que en secas este hábitat obtuvo mayor diversidad de especies dominantes, y valores similares que la selva, para el grupo de polillas no hubo diferencias en esta época. En la composición de especies, se observó un subconjunto de especies del hábitat pastizal y otro subconjunto para la selva, considerando el sistema silvopastoril, las especies se asemejaron a las encontradas en pastizal, se observó diferencias significativas entre la época de lluvias y secas y en función del hábitat ($\text{Pr}(>F) = 0.01$). En conclusión, la heterogeneidad del ambiente y la estacionalidad modificó la estructura y funcionalidad de las comunidades de lepidópteros en los diferentes hábitats estudiados. Además, la implementación adecuada del sistema silvopastoril intensivo promueve el aumento de la abundancia y diversidad de las comunidades de lepidópteros en pastizales, así mismo, funciona como un hábitat intermediario entre el pastizal y la selva.

Palabras clave:

Lepidópteros, diversidad, abundancia, sistema silvopastoril, Veracruz.

Índice

1.	Introducción.....	4
2.	Objetivos	4
2.1	Objetivo General	4
2.2	Objetivos específicos	5
3.	Materiales y Métodos	5
3.1	Área de estudio	5
3.2	Método de captura	6
3.3	Análisis estadísticos	6
4.	Actividades realizadas.....	7
5.	Metas alcanzadas	7
6.	Resultados	7
6.1	Abundancia	7
6.2	Diversidad de especies	8
6.3	Composición de especies	10
7.	Discusión.....	13
8.	Conclusión	15
9.	Recomendaciones	15
10.	Agradecimientos.....	16
11.	Referencias Bibliográficas	16
12.	Anexos.....	18

1. Introducción

Las selvas tropicales son ecosistemas que albergan complejas redes de interacción entre los factores bióticos y abióticos que crean condiciones únicas para el desarrollo de distintas formas de vida (Colli, 2018). Actualmente este tipo de vegetación cubre el 31% de la superficie terrestre a nivel mundial con una superficie forestal de 4 060 millones de hectáreas aproximadamente. Sin embargo entre 1990 y 2020 hubo una pérdida neta de 178 millones de hectáreas de selvas a nivel mundial (FAO & PNUMA, 2020). En México, se estima que las selvas tropicales cubrían 220 mil km² representando el 11% del territorio mexicano, abarcando los estados de Veracruz y Tabasco, el sur de la Península de Yucatán, la Sierra Madre de Chiapas y la Sierra Madre del Sur de Oaxaca. Sin embargo, actualmente sólo se conservan 91 566 km², que equivalen a un 4.7% del territorio nacional (Colli, 2018).

Este ecosistema no es ajeno a las actividades antropogénicas que promueven su deforestación, y por lo tanto una pérdida de su biodiversidad. Una de estas actividades es la ganadería extensiva, que ha generado paisajes altamente fragmentados. Pese a que se considera que esta actividad ejerce una alta presión sobre los ecosistemas, la demanda de alimentos va en aumento, por lo que se sigue fomentando esta práctica y la frontera agropecuaria avanza año con año sobre las selvas tropicales (de la Peña-Domene et al., 2022).

Un grupo particularmente vulnerable a los cambios en el uso de suelo es el orden Lepidóptera, representado por alrededor de 157 424 especies descritas y que es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas (Orta et al., 2022). En estadios larvarios, los lepidópteros son consumidores primarios y representan un control importante para las plantas y contribuyen en los procesos de reciclaje de nutrientes. En su estadio adulto, como polinizadores permiten la dispersión de material genético y la reproducción de muchas plantas. Sin embargo, existe una variación importante en la sensibilidad de este grupo a los cambios de uso de suelo. Mientras, algunas especies con hábitos altamente especializados suelen encontrarse en selvas con buen estado de conservación, otras especies con hábitos más generalistas sobreviven en hábitats modificados (Martínez, 2020). Por lo anterior, los lepidópteros representan un sistema ideal para evaluar los impactos de distintos sistemas de producción ganadera, ya que son un grupo considerado bioindicador en la evaluación y monitoreo de la calidad ambiental y de las transformaciones antrópicas del paisaje (Arroyo, 2018).

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Describir y analizar la diversidad de lepidópteros presentes en pastizales, sistemas silvopastoriles intensivos, y áreas con vegetación nativa en ranchos ganaderos en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición taxonómica de especies de lepidópteros presentes en diez ranchos de ganadería sostenible en Los Tuxtlas, Veracruz.
- Evaluar y comparar la abundancia y diversidad de especies lepidópteros en tres tipos de vegetación: pastizales inducidos, vegetación nativa y sistemas silvopastoriles intensivos, durante las temporadas de lluvias y secas.

3. Materiales y Métodos

3.1 Área de estudio

Región Los Tuxtlas, Veracruz

El lugar de estudio limita al norte con el Golfo de México, al este y sureste con la región Olmeca y al oeste con la región del Papaloapan; es integrada por 4 municipios: Catemaco, Hueyapan, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla (Fig.1). El 39.2% del territorio se destina para la agricultura y el 44.8% al desarrollo de pastizales para la ganadería. Dentro de esta región se localiza el Área Natural Protegida “Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas” con una superficie de 155,122 ha. El 6.1% de la Reserva esta cubierta por selva y el 2.8% por cuerpos de agua. En esta zona se presenta una temporada de lluvias entre los meses de junio a febrero y una estación seca de marzo a mayo (SEFIPLAN, 2020; de la Peña-Domene et al., 2022). El estudio se realizó en 10 ranchos que están transitando hacia ganadería sostenible con distintas prácticas. Al momento de este estudio, entre tres y cinco ranchos contaban ya con sistemas silvopastoriles intensivos. Por lo tanto, en los diez ranchos se pudo comparar la diversidad de lepidópteros entre los pastizales inducidos y la selva remanente, y sólo para aquellos ranchos con sistemas silvopastoriles se comparó la abundancia y diversidad de lepidópteros durante la época de lluvias (tres ranchos) y secas (cinco ranchos).

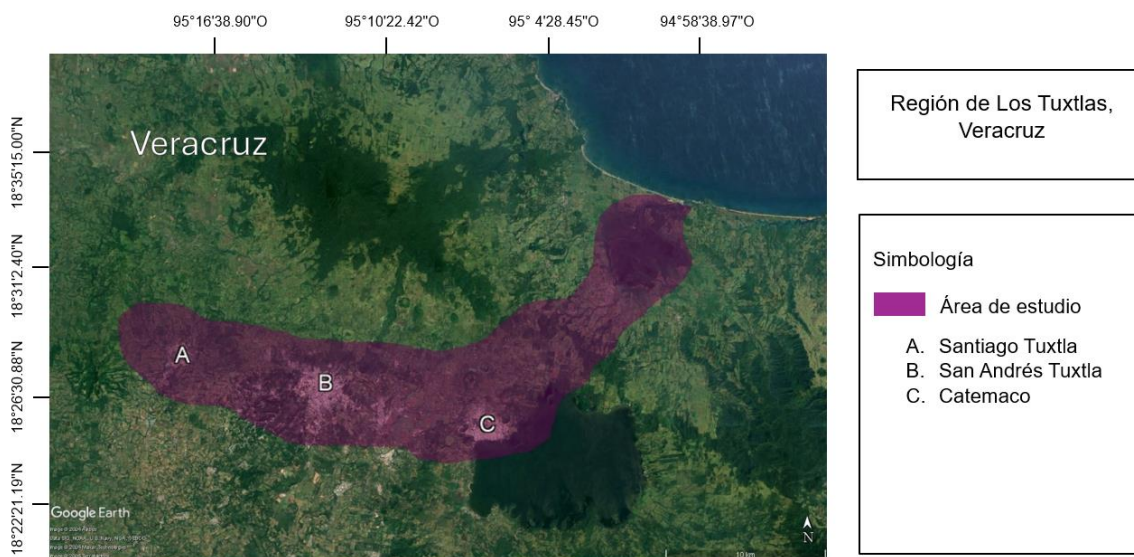


Figura 1. Mapa de delimitación del área de estudio.

3.2 Método de captura

Una primera colecta se llevó a cabo por la Dra. Karina Boege y su equipo entre septiembre - octubre de 2022, posteriormente se realizó una segunda colecta en donde participé en temporada de secas en abril de 2023. Dentro de cada rancho, en cada tipo de vegetación se colocaron tres trampas Van-Someren-Rydon, con un cebo de piña con plátano y cerveza fermentados por 24 horas. Las trampas se separaron por al menos 50 metros y se mantuvieron activas por un periodo de 24 horas. Los individuos atrapados se cuantificaron y liberaron, excepto por uno de cada morfoespecie para su posterior identificación. Los ejemplares colectados se sacrificaron presionando el tórax y se preservaron en bolsas enceradas los cuales se guardaron en sobres con los datos de colecta pertinentes: la localidad de recolecta, la fecha y el nombre del recolector (Andrade-C *et al.*, 2013). Posteriormente los ejemplares colectados se montarán de acuerdo a la técnica de montaje descrita en Andrade-C y colaboradores (2013). Para la identificación se usaron claves taxonómicas especializadas, ejemplares de referencia en la colección Nacional de Insectos y utilizando la plataforma Naturalista. Se elaboró una colección entomológica de los individuos colectados durante el muestreo y un muestrario de fotografías de los individuos encontrados en cada rancho que serán socializadas con los productores.

3.3 Análisis estadísticos

Después de cuantificar la abundancia de lepidópteros en los 3 tipos de vegetación se analizó si existen diferencias entre tipos de hábitat y época del año mediante un análisis de varianza. Para la estimación de la diversidad de especies de lepidópteros se utilizó el paquete iNEXT de R para calcular los números de Hill, que permiten estimar el número efectivo de especies totales, comunes y dominantes en una comunidad. Dependiendo del orden, las curvas de rarefacción consideran la sensibilidad a las especies comunes y raras: la diversidad de orden cero ($q=0$) representa el número total de especies presentes en la comunidad, y la abundancia de las especies individuales no contribuyen al valor del índice. La diversidad de orden uno ($q=1$) es el equivalente al exponente de la diversidad de Shannon, ponderando la relevancia cuál de las especies por su abundancia. Para la diversidad de orden 2 ($q=2$), qué es el inverso del índice de Simpson, el estimado de especies está determinada por las frecuencias de las especies dominantes (Chao *et al.*, 2014; Jost, 2006). Para evaluar las diferencias en la composición de especies entre tipos de vegetación y épocas del año, se realizó un análisis de ordenación de especies mediante el escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) utilizando el paquete vegan de R. Para conocer los efectos del tipo de vegetación en lepidópteros con distintos hábitos, los análisis se realizaron para el conjunto de todos los

lepidópteros colectados, pero también por separado para las especies diurnas (mariposas) y para las especies nocturnas (polillas).

4. Actividades realizadas

Durante la elaboración de este trabajo se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura disponible con el objetivo de conocer acerca de la diversidad de lepidópteros en distintos sistemas productivos. Los individuos colectados fueron debidamente montados e identificados, y posteriormente se realizó el análisis de los datos obtenidos. Como etapa final, en base a los resultados, se procedió a la redacción del informe.

5. Metas alcanzadas

- Se logró la identificación taxonómica de los lepidópteros colectados en los tres sistemas de producción ganadera (pasto, selva y sistema silvopastoril), lo que permitió la elaboración de un inventario representativo de las especies presentes de cada hábitat.
- Se analizó la diversidad y abundancia durante la temporada de lluvias y secas, lo que evidenció diferencias significativas en la composición de la comunidad en función a la temporalidad y el tipo de hábitat.
- Se generó información ecológica importante para el manejo del paisaje ganadero y la biodiversidad de lepidópteros, contribuyendo bases para estrategias de conservación y manejo sostenible.

6. Resultados

6.1 Abundancia

En este estudio se registraron 1, 414 organismos pertenecientes a 87 especies de las cuales corresponden a las familias: Nymphalidae (44), Erebiidae (28), Pieridae (4), Hesperidae (3), Noctuidae (3), Geometridae (2), Lycaenidae (2), Riodinidae (1), Crambidae (1) y Limacodidae (1). Se observó que la abundancia para el grupo de lepidópteros fue menor en la época de secas que en la de lluvias, con diferencias significativas en el pastizal y en el sistema silvopastoril. En contraste, en la selva la abundancia de lepidópteros se mantuvo constante en ambas temporadas. Además, en la época de lluvias el pastizal tuvo mayor abundancia de lepidópteros que selva, aunque sólo en época de lluvias (Fig. 2a). En ambas temporadas, el sistema silvopastoril mantuvo una abundancia de lepidópteros intermedia entre el pastizal y la selva (Fig. 2a). En el caso de las mariposas, su abundancia fue equivalente entre los tipos de hábitats y temporadas, excepto por el pastizal, que en época de secas tuvo una menor abundancia de mariposas que los otros dos hábitats (Fig. 2b). En contraste, la abundancia de polillas fue mayor en el pastizal que en los otros hábitats en época de lluvias, pero en época de secas fue el sistema silvopastoril donde se observó una mayor abundancia (Fig. 2c).

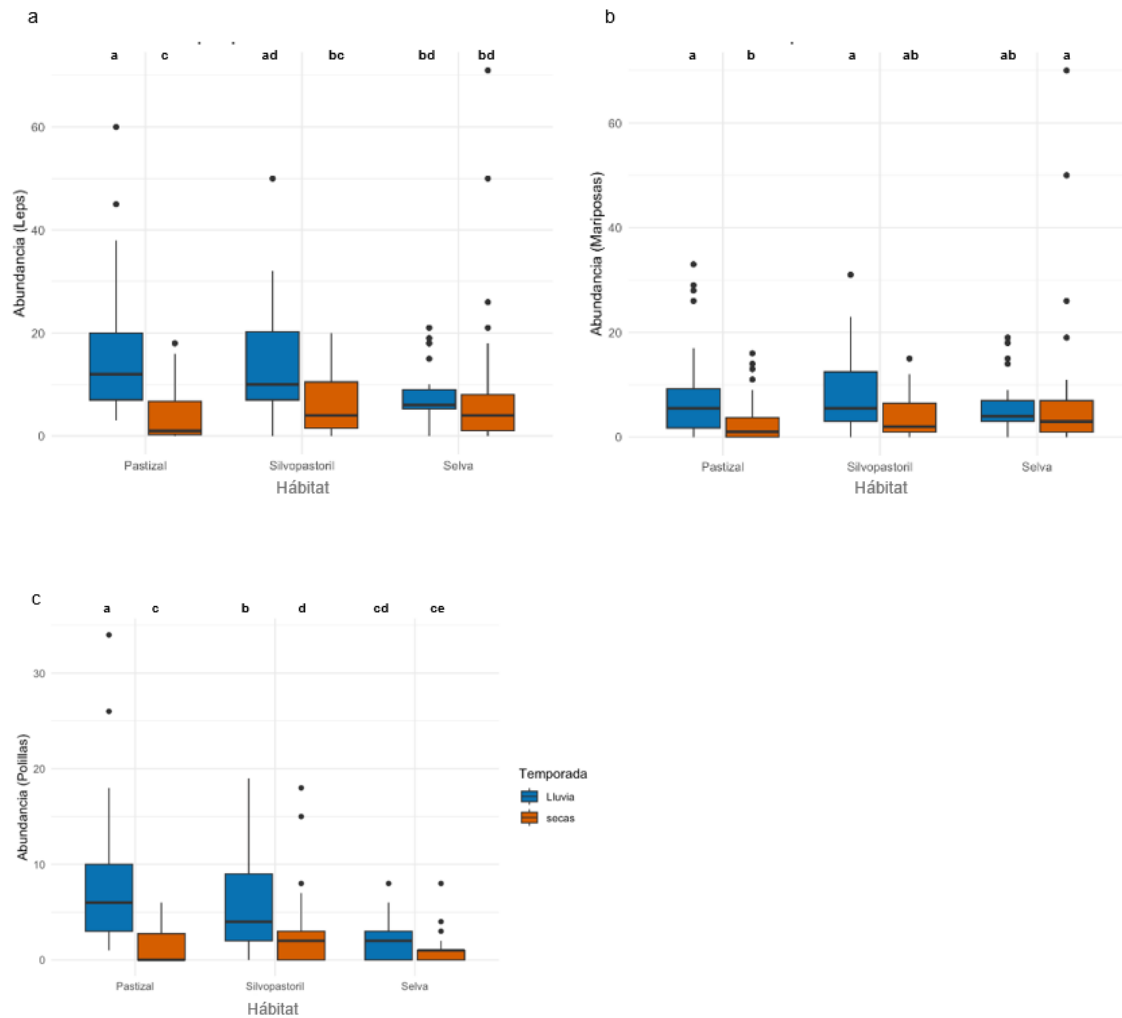


Figura 2. Abundancia de a) lepidópteros, b) mariposas y c) polillas de la región Los Tuxtlas, Veracruz. Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

6.2 Diversidad de especies

Se encontró que, en los 10 ranchos, la diversidad de especies comunes y dominantes (Q1 y Q2) de lepidópteros fue mayor en las zonas con selva que en los pastizales. También se observó que durante la temporada de lluvias, la diversidad de lepidópteros en la selva fue mayor que en época de secas, considerando los 3 órdenes de diversidad (Fig. 3a). Para el subconjunto de ranchos con sistemas silvopastoriles se observó el mismo patrón (Fig. 3b). Los pastizales no difirieron en diversidad de los sistemas silvopastoriles durante la temporada de lluvias. Sin embargo, en la temporada de secas el hábitat silvopastoril tuvo una mayor diversidad de especies dominantes (Q2) que el de pastizal y una mayor diversidad de especies comunes (Q1) que en temporada de lluvias.

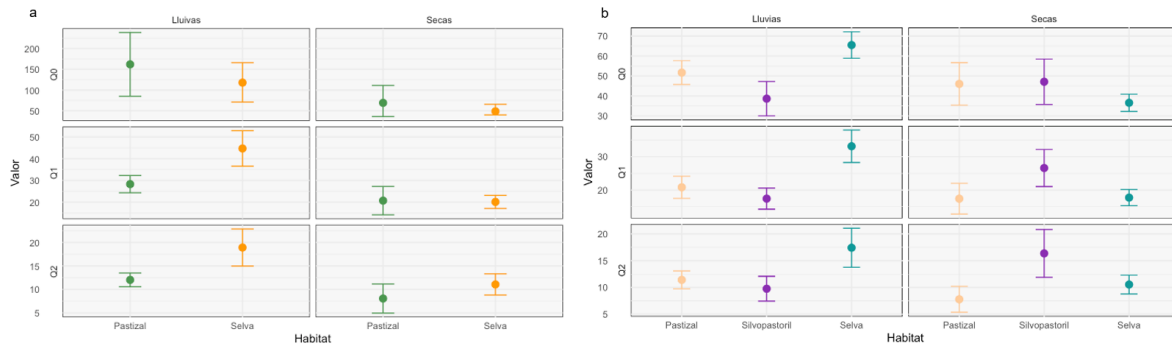


Figura 3. Diversidad de lepidópteros comparando a) pastizales con áreas de selva y b) en tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz. $Q=0$ (riqueza de especies), $Q=1$ (índice de Shannon) y $Q=2$ (inverso del índice Simpson). Las barras representan los intervalos de confianza al 95% del estimado de diversidad, por lo que si no se solapan puede inferirse una diferencia estadísticamente significativa.

La diversidad de mariposas fue mayor en las zonas con selva que en los pastizales, pero sólo para las especies comunes y dominantes ($Q1$ y $Q2$; Fig. 4a). Considerando los ranchos con sistemas silvopastoriles, se observó que en este tipo de vegetación, la diversidad de mariposas fue equivalente a la encontrada en pastizales en los tres órdenes de diversidad, pero en época de secas tuvo una mayor diversidad de especies dominantes ($Q2$) que en pastizal y la misma diversidad en los tres órdenes de Q que la selva (Fig. 4b).

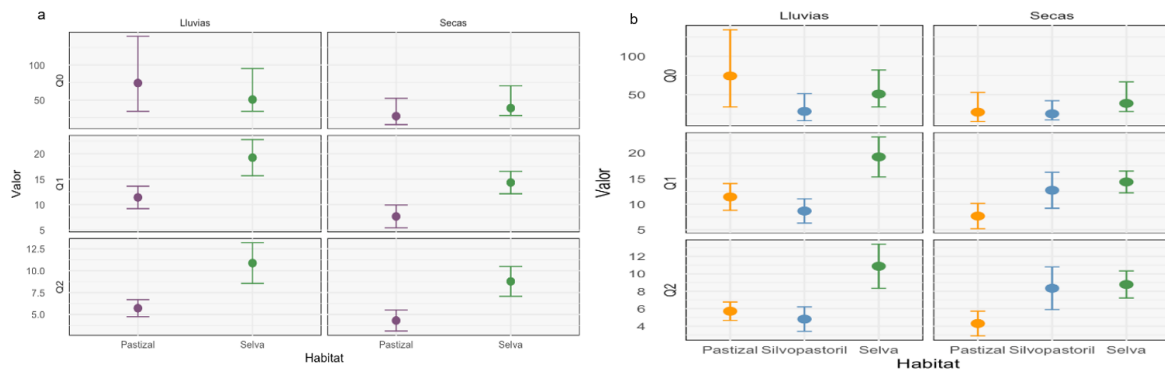


Figura 4. Diversidad de mariposas comparando a) pastizal con selva y b) en los tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz. Las barras representan los intervalos de confianza al 95% del estimado de diversidad, por lo que si no se solapan puede inferirse una diferencia estadísticamente significativa.

Para el grupo de las polillas, se observó que la selva tuvo mayor diversidad de especies comunes y dominantes ($Q1$ y $Q2$) que el pastizal en temporada de lluvias, aunque no en la temporada de secas, cuando se observó una disminución en la diversidad de especies en ambos hábitats (Fig. 5a). Al comparar el sistema silvopastoril con los otros hábitats, se observó que la diversidad de especies en los tres órdenes de Q fue semejante con el pastizal en ambas temporadas. En época

de secas, también se observó una menor diversidad de polillas en la selva, en comparación con la época de lluvias. En contraste en el pastizal se observó una mayor diversidad de especies dominantes (Q2) en época de secas que en la época de lluvias (Fig. 5b).

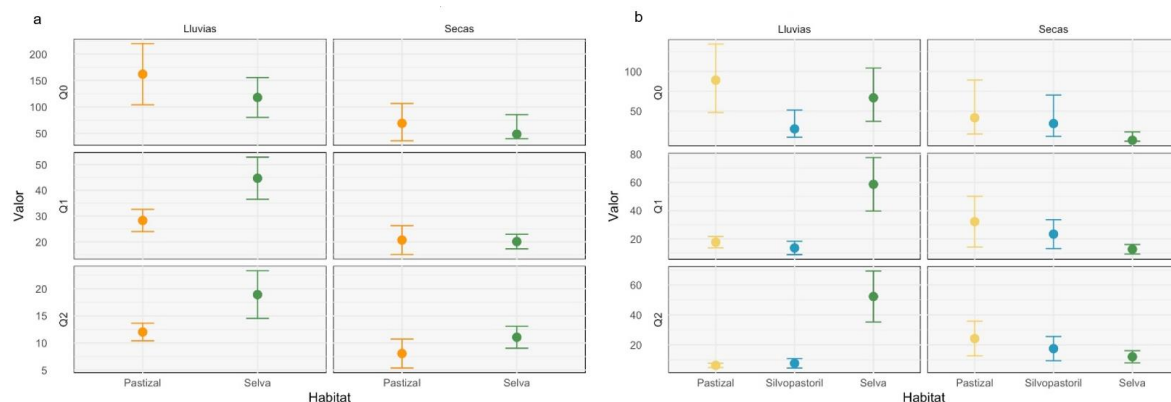


Figura 5. Diversidad de polillas comparando a) pastizal con selva y b) en los tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz. Las barras representan los intervalos de confianza al 95% del estimado de diversidad, por lo que si no se solapan puede inferirse una diferencia estadísticamente significativa.

6.3 Composición de especies

La composición de especies de lepidópteros fue significativamente diferente entre la época de lluvias y la de secas y entre pastizales y fragmentos de selva PERMANOVA (Fig. 6a, Tabla 1). Para el subconjunto de ranchos con sistema silvopastoril, también se observaron diferencias en la composición de especies en función del tipo de hábitat. En particular, el conjunto de especies de la selva en época de lluvias fue diferente a las especies encontradas en los pastizales y sistemas silvopastoriles en ambos censos (Fig.6b, Tabla 2).

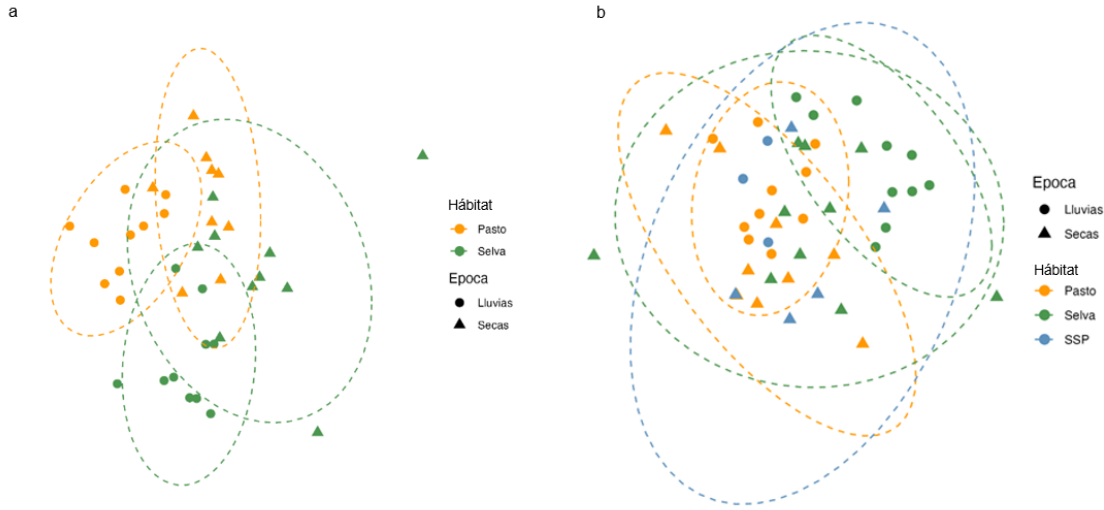


Figura 6. NMDS de lepidópteros comparando a) pastizal con selva y b) en los tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz.

La composición de especies del grupo de las mariposas fue significativamente diferente entre tipos de vegetación y épocas (Tabla 1), ya que se distinguen dos subconjuntos de especies en los pastizales y en los fragmentos de selva. Así mismo, dentro de cada subconjunto de especies asociado a cada hábitat estas fueron diferentes entre la época de secas y lluvias (Fig. 7a). Las especies encontradas en el sistema silvopastoril fueron semejantes a las que se encuentran en los pastizales en ambas épocas (Fig. 7b, Tabla 2).

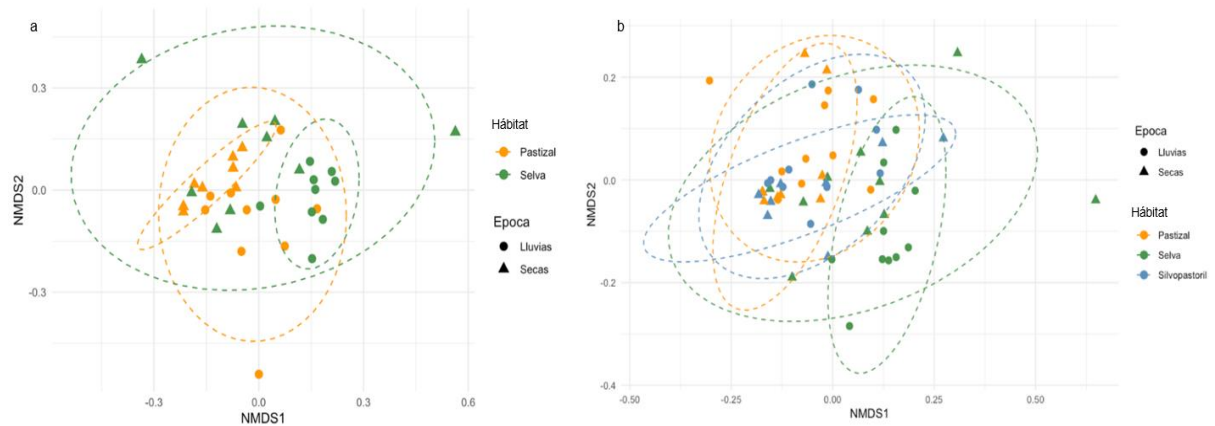


Figura 7. NMDS de mariposas comparando a) pastizal con selva y b) en los tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz.

La composición de especies de polillas contiene un subconjunto de especies de la vegetación de pastizal en temporada de lluvias y otro de especies de la selva en ambas épocas (Fig. 8a, Tabla 1). Considerando el sistema silvopastoril, se observó

un subconjunto de especies parecidas a las encontradas en el pastizal en temporada de lluvias (Fig. 8b, Tabla 2).

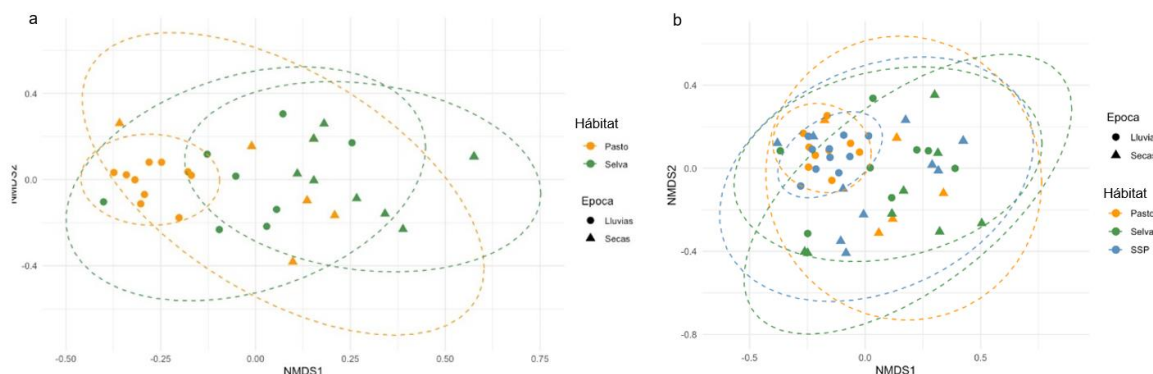


Figura 8. NMDS de polillas comparando a) pastizal con selva y b) en los tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz.

Tabla 1. PERMANOVA de composición de especies en pasto y selva en la región Los Tuxtlas, Veracruz.

Lepidópteros					
	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Hábitat	1	1.3438	0.08771	3.9015	0.001
Época	1	1.3727	0.08959	3.9852	0.001
Hábitat:Época	1	0.5488	0.03582	1.5934	0.054
Residual	35	12.0556	0.78687		
Total	38	15.3209	1.00000		
Mariposas					
	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Hábitat	1	1.5377	0.10809	4.6051	0.001
Época	1	1.2039	0.08463	3.6056	0.001
Hábitat: Época	1	0.4646	0.03266	1.3913	0.151
Residual	33	11.0191	0.77461		
Total	36	14.2253	1.00000		
Polillas					
	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Hábitat	1	1.1324	0.08366	3.1078	0.002
Época	1	1.2954	0.09571	3.5553	0.001
Hábitat:Época	1	0.5410	0.03997	1.4848	0.099
Residual	29	10.5668	0.78066		
Total	32	13.5356	1.00000		

Tabla 2. PERMANOVA de composición de especies en tres hábitats en la región Los Tuxtlas, Veracruz.

Lepidópteros					
	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Hábitat	2	1.7118	0.09266	2.4445	0.001

Época	1	1.5793	0.08549	4.5108	0.001
Hábitat:Época	2	0.8271	0.04477	1.1812	0.168
Residual	41	14.3549	0.77707		
Total	46	18.4731	1.00000		

Mariposas					
	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Hábitat	2	2.0722	0.09785	3.1452	0.001
Época	1	1.2517	0.05910	3.7997	0.001
Hábitat:Época	2	0.7241	0.03419	1.0991	0.294
Residual	52	17. 1297	0.80886		
Total	57	21. 1778	1.00000		

Polillas					
	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Hábitat	2	1.4890	0.07010	2.0690	0.006
Época	1	2.0096	0.09461	5.5846	0.001
Hábitat:Época	2	0.8306	0.03910	1.1541	0.236
Residual	47	16.9123	0.79619		
Total	52	21.2415	1.00000		

7. Discusión

Los resultados de este estudio sugieren que tanto la temporalidad en la precipitación como los distintos tipos de hábitat afectaron la abundancia y diversidad de los lepidópteros. En particular, tanto la abundancia de individuos como la diversidad de especies fue mayor en la época de lluvias tanto para mariposas como para polillas. Los sistemas silvopastoriles representaron un hábitat que permitió mantener la diversidad de especies dominantes relativo a los fragmentos de selva.

Se ha registrado que la heterogeneidad del paisaje genera una fuerte presión para la composición y diversidad de las especies de diversos artrópodos (Hernández, 2023) y en particular para el grupo de las mariposas, ya que consta de especies especialistas que, al requerir recursos específicos, pueden limitar su distribución, mientras que las especies generalistas son favorecidas por adaptarse a una gran variedad de recursos, lo que les permite tener abundancias altas en distintos tipos de hábitats (Hernández, 2023). En este estudio se observó mayor abundancia de mariposas en pastizales que en los remanentes de selva, lo cual sugiere una mayor disponibilidad de recursos para especies adaptadas a hábitats abiertos y una menor disponibilidad de recursos para especies de mariposas con nichos ecológicos asociados a la vegetación original. Autores como de Macêdo Carvalho y colaboradores (2024) reportan que los sistemas silvopastoriles puede ser un hábitat potencial para contribuir al aumento de la biodiversidad debido a que una variedad de especies de plantas de grupos funcionales diferentes puede dar como resultado un ambiente idóneo para atraer una gran diversidad de polinizadores, entre ellos a lepidópteros. En esta investigación se observó que el establecimiento de sistemas silvopastoriles en los pastizales degradados contribuyó a conservar y recuperar parte de la biodiversidad de este grupo, sobre todo en época de secas, lo cual indica

la importancia de incorporar más estratos de vegetación a sistemas ganaderos productivos para conservar parte de la biodiversidad local.

Al estudiar la biodiversidad de invertebrados en fincas ganaderas tropicales en Colombia Kinneen et al. (2024), reportan diferencias significativas en la abundancia de los lepidópteros en los tres tipos de hábitat, siendo el borde de selva el hábitat con mayor número de lepidópteros que en pastizales, mientras que el sistema silvopastoril mantuvo una abundancia intermedia entre ambos hábitats. En este estudio se observó que sólo para la época de secas la abundancia fue mayor en la selva, sin embargo, concordamos que el sistema silvopastoril representa un hábitat intermedio, en donde las comunidades de lepidópteros pueden encontrar en este hábitat un ambiente con recursos similares o equivalentes a los encontrados en la selva y en pastizales.

Otros estudios en sistemas agroforestales han reportado una gran abundancia de especies de la familia Nymphalidae (Hernández, 2023) lo cual coincide con el presente estudio ya que se observó que la mayor aportación para la riqueza de especies fue esta familia como: *Siproeta stelenes biplagiata*, *Smyrna blomfieldia datis*, *Myscelia cyaniris cyaniris* y *Taygetis thamyra*. La familia Pieridae, por otro lado, se ha reportado con mayor abundancia en potreros, pero en este estudio se reportó en menor medida. En particular, la especie *Eurema daira eugenia* ha sido sugerida como una especie bioindicadora de hábitats con disturbio (Orta, 2022), aunque en el presente estudio sólo se registró un solo individuo.

Las especies de mariposas con mayor abundancia pertenecen a las tribus Satyrini y Ageroniini (*Hermeuptychia hermybius*, *Cissia* ssp., *Taygetis thamyra* y *Hamadryas feronia*), lo cual coincide con estudios previos realizados en sistemas silvopastoriles, fragmentos de selva y potreros convencionales (Herazo, 2020). En particular, *Hermeuptychia hermes* y *Hamadryas feronia* son consideradas especies características de hábitats alterados, ya que sus plantas hospederas son típicas de pastizales (Herazo, 2020).

Se ha reportado que las condiciones ambientales están estrechamente relacionadas con la presencia y abundancia de los lepidópteros. Por un lado, durante la temporada de lluvias existe una mayor abundancia de recursos para los estadios larvales de este grupo, mientras que en la temporada de secas la disponibilidad de follaje se reduce. Por ejemplo, Martínez (2020) estudió el efecto de las condiciones ambientales sobre la diversidad de mariposas en la selva tropical de la Huasteca de Hidalgo y reporta diferencias entre temporadas, con mayor número de especies y abundancia en época de lluvias que en época de secas, lo cual coincide con lo reportado en el presente estudio. Además de una mayor disponibilidad de follaje para los estadios larvales, la época de lluvias favorece el crecimiento de plantas herbáceas con flores en los pastizales y sistemas silvopastoriles, lo cual pudo haber generado un ambiente óptimo para lepidópteros generalistas. En contraste, durante la temporada de secas cuando escasean los

recursos, la selva puede representar un refugio ante niveles altos de temperatura y luz (Martínez, 2020), con suficientes recursos particularmente para las especies especialistas.

En este estudio se observó también que durante la temporada de secas hubo mayor abundancia de polillas en el hábitat con sistemas silvopastoriles que en los pastizales, lo cual sugiere que pueden representar un refugio con recursos adicionales, donde ciertas especies pueden habitar sin exponerse a las condiciones adversas presentes en los pastizales (Santos-Gally, 2019). Además, durante esta temporada la diversidad de especies dominantes de lepidópteros también fue mayor en los sistemas silvopastoriles que en los pastizales, e inclusive que en los fragmentos de selva. Estos resultados sugieren que el establecimiento de sistemas silvopastoriles puede contribuir a conservar y recuperar la biodiversidad del grupo de lepidópteros, albergando especies tanto de zonas abiertas como de zonas conservadas. En estos sistemas, es posible que los lepidópteros encuentren recursos y refugio contra depredadores o incluso lo usen como corredores entre fragmentos de selva. En el caso de las mariposas, la diversidad en sistemas silvopastoriles fue similar a la encontrada en selva, lo cual sugiere que estos sistemas pueden contribuir con la recuperación de la conectividad estructural del paisaje y con la recuperación de algunas funciones ecosistémicas como la polinización. En el caso de las mariposas, los sistemas silvopastoriles fue similar a lo encontrado en pastizales y remanentes de selva, lo cual coincide con estudios previos (Herazo, 2020). Esto puede deberse a que los sistemas silvopastoriles ofrecen recursos y hábitat tanto para especies generalistas y especialistas, característicos de los otros dos hábitats.

8. Conclusión

Los sistemas silvopastoriles pueden representar un hábitat con las condiciones ambientales favorables para la subsistencia de comunidades de lepidópteros, pues se observó que este hábitat promueve el aumento de la diversidad en comparación con los pastizales, que son considerados ambientes degradados. Para promover la conservación de la biodiversidad de lepidópteros también se debe priorizar la conservación de los remanentes de selva, puesto que en este hábitat se encontraron distintas especies que en los sistemas silvopastoriles y que en pastizales.

9. Recomendaciones

Dado que los sistemas silvopastoriles estudiados sólo tenían un par de años de haber sido establecidos, es importante realizar estudios a largo plazo para determinar los beneficios de estos sistemas para la conservación del grupo de los lepidópteros, y así promover información sobre las ventajas de la ganadería sostenible. Esta información, a su vez, será relevante para productores y tomadores de decisiones para conservar la biodiversidad y mantener los procesos ecosistémicos asociados a ella.

10. Agradecimientos

A CONAHCYT (PRONAI-319075) por su apoyo financiero, el cual ha sido esencial para llevar a cabo este proyecto de investigación que me ha permitido adquirir nuevas habilidades y conocimientos. Agradezco a mis tutoras, a la Dra. Karina Boege, por su orientación y apoyo a lo largo de este proyecto, por las enseñanzas que adquiriré durante mi estancia y por su paciencia. A la Dra. María Flores por sus comentarios aportados, por motivarme a continuar y concluir el escrito. Así mismo, agradezco enormemente a Rubén Pérez Ishiwara por el apoyo logístico brindado durante las salidas de campo. Por último, agradezco a mis padres, César Carrera y Guadalupe Hurtado por apoyarme en el transcurso de mi formación académica.

11. Referencias Bibliográficas

- Andrade-C, M., Henao, E., & Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: hesperioidea-papilionoidea). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311–325.
- Arroyo, M. del R. (2018). *Diversidad de Lepidópteros diurnos (Rhopalocera) en dos parques urbanos de la Ciudad de Puebla, México* [Tesis de Licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. In *Ecological Monographs* (Vol. 84, Issue 1). <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colli, M. (2018). Selvas tropicales mexicanas: relictos con una gran necesidad de conservación. *Revista de Biología Tropical, Blog-Blog*.
- de la Peña-Domene, M., Ayestarán-Hernández, L., Márquez-Torres, J., Martínez-Monroy, F., Rivas-Alonso, E., Carrasco-Carballido, V., Pérez-Cruz, M., Chang, F., & Martínez-Garza, C. (2022). Sistemas Silvopastoriles enriquecidos: una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México. *Acta Botanica Mexicana*, 129, 1–29. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1924>
- de Macêdo Carvalho, C. B., de Mello, A. C. L., da Cunha, M. V., de Oliveira Apolinário, V. X., Dubeux, J. C. B., da Silva, V. J., Medeiros, A. S., Izidro, J. L. P. S., & Bretas, I. L. (2024). Ecosystem services provided by silvopastoral systems: a review. *Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.1017/S0021859624000595>
- FAO & PNUMA. (2020). El estado de las selvas del mundo 2020: Las selvas, la biodiversidad y las personas. Roma. In *El estado de las selvas del mundo 2020*. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>

- Herazo F., I. D., & Ayazo, R. (2020). *Los sistemas silvopastoriles, al igual que otros usos de suelo arbolados en paisajes agropecuarios, modifican el ensamble de mariposas frugívoras.*
- Hernández, U. (2023). *Diversidad de mariposas (Insecta: Lepidoptera) asociada a la estructura y heterogeneidad del paisaje en un sistema agropastoril de la cuenca del golfo de México* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://orcid.org/0000-0002-5880-6117>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. In *Oikos* (Vol. 113, Issue 2, pp. 363–375). <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kinneen, L., Escobar, M. P., Hernandez, L. M., Thompson, J., Ramos-Pastrana, Y., Córdoba-Suarez, E., Romero-Sanchez, M., Barnes, A., Quintero, M., & Garratt, M. P. D. (2024). Silvopastoral systems benefit invertebrate biodiversity on tropical livestock farms in Caquetá, Colombia. *Agricultural and Forest Entomology*, 26(1), 126–134. <https://doi.org/10.1111/afe.12594>
- Martínez, N. (2020). *Efecto del cambio del uso de suelo sobre la diversidad taxonómica y funcional de los Lepidópteros diurnos a distintas escalas espaciales.* Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
- Orta, C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., Muñoz-Robles, C. A., & Méndez C., H. (2022). Mariposas bioindicadoras ecológicas en México. Artículo de revisión. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 1–33. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812488>
- Santos-Gally, R., Boege, K., Fornoni, J., & Domínguez, C. A. (2019). *Cómo transitar hacia una ganadería tropical sostenible.* 14–16.
- SEFIPLAN. (2020). *Estudios Regionales para la Planeación.*

12. Anexos

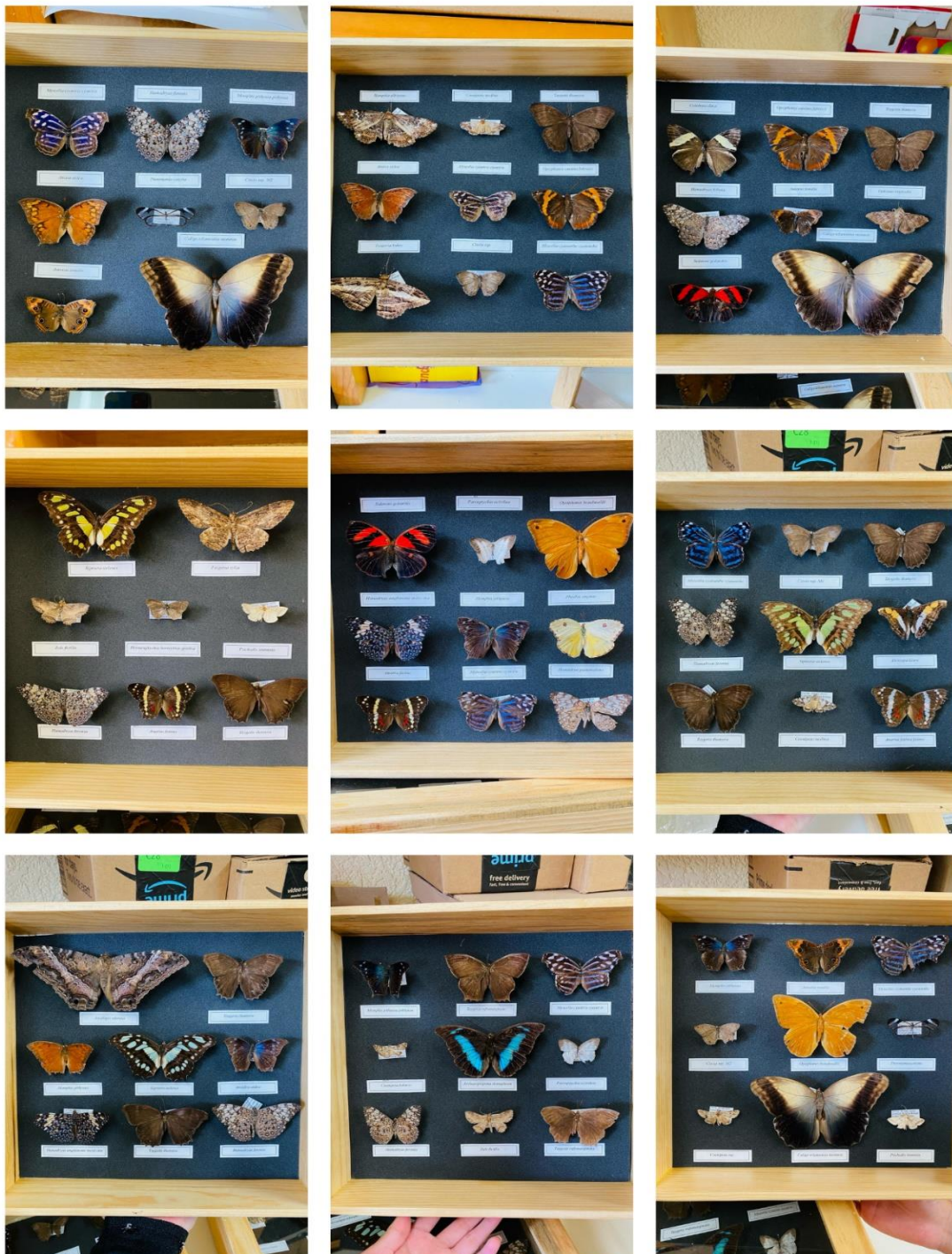


Figura 9. Cajas entomológicas de lepidópteros colectados en Los Tuxtlas, Veracruz.