

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA, MEDICINA Y
CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**DIVERSIDAD DE LEPIDÓPTEROS DIURNOS, SU IDENTIFICACIÓN COMO
BIOINDICADORES AMBIENTALES Y PROPUESTA DE SU USO SUSTENTABLE
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DEL ABRA TANCHIPA, SLP.**

PRESENTA:

CAROLINA ORTA SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JUAN ANTONIO REYES AGÜERO

ASESORES:

DR. CARLOS ALFONSO MUÑOZ ROBLES

DR. HERIBERTO MÉNDEZ CORTES.

16 DE FEBRERO DEL 2023

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

Área Natural Protegida: Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa

CON FINANCIAMIENTO DE LA:

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP

A TRAVÉS DE LOS PROYECTOS DENOMINADOS:

CONANP/PROCOCODES/4211/2019. CURSOS DE CAPACITACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA VIDA SILVESTRE (LEPIDOPTERA, PAPILIONOIDEA).

CONANP/PROCOCODES/2312/2020. CURSOS DE CAPACITACIÓN PARA LA GESTIÓN: COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FINALES, INTERMEDIOS Y SERVICIOS (LEPIDOPTERA, PAPILIONOIDEA).

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 774086



DIVERSIDAD DE LEPIDÓPTEROS DIURNOS, SU IDENTIFICACIÓN COMO BIOINDICADORES AMBIENTALES Y PROPUESTA DE SU USO SUSTENTABLE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DEL ABRA TANCHIPA, SLP por Carolina Orta Salazar se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, pilares que me han apoyado en todo momento, y los que sin su sustento este documento no sería posible.

A mis padres y a mi hermano, por creer en mí y en mis sueños.

A mis hijas e Iván porque son mis compañeros de vida y quiero que sepan que cuando quieres algo de verdad y de corazón, todo el Universo conspira para que así sea... gracias por su paciencia y comprensión.

A mis colegas biólogos que desean vivir de su pasión por la vida y la naturaleza y que se arriesgan día con día por generar más conocimientos y descubrir nuevas cosas en nuestro hermoso y peligroso país.

A las mariposas, que son tan pequeñas, hermosas, mágicas y gráciles, amo que existan en este mundo y lo llenen de color y belleza.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi asesor, el Dr. Juan Antonio Reyes Agüero, "Toño", por ser un excelente asesor, hacer que estos cuatro años se pasaran como agua, porque siempre fue un apoyo educativo, moral, económico y porque siempre tuvo confianza en mí, en mis ideas y me alentó a creer en mí. Sin su apoyo sin duda este sueño no hubiese sido posible y agradezco mucho al Universo habernos hecho coincidir en este espacio y tiempo.

A mis asesores Dr. Carlos Alfonso Muñoz Robles y el Dr. Heriberto Méndez Cortés por su apoyo, en equipo, en literatura, en consejos, en tomarse el tiempo para revisar mis manuscritos y por su disposición a ayudarme, muchas gracias.

Agradezco mucho al M en C. Moisés Armando Luis Martínez, por su apoyo desinteresado, por su sencillez y profesionalismo, porque es un profesionalista en todo el sentido de la palabra y un gustoso por compartir sus vastos conocimientos sobre mariposas, realmente impresionante.

Agradezco a M en C. Alejandro Durán, director de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa, porque es un funcionario sinceramente comprometido con su mandato y una persona increíblemente amable y atento, siempre dispuesto a apoyar, a proteger, a brindar todo lo que fuese posible para el cumplimiento, no solo de mi investigación, sino de todas las que se llevan allí a cabo, muchas gracias Alejandro por creer en esta iniciativa e impulsar el proyecto.

Agradezco a todos los editores anónimos que ayudaran a mejorar por mucho mis escritos, admiro su dedicación, su conocimiento, y sus ganas de hacer mejor ciencia y un mejor México.

Agradezco a mis amigos Jessica y Fernando por enseñarme a utilizar las técnicas de campo adecuadamente para trabajar con este grupo biológico.

Agradezco a todas las personas que me acompañaron a hacer trabajo de campo, en especial a Karlita, a Laura, ambas chicas supervalientes. A mi amigaza del alma Lore, que es una bióloga de corazón inmersa en un cuerpo de diseñadora, a Hermelindo, a J. Inés, a Toño, a Eleazar, a Cristian, a Marco, a Luis, a todos los guardaparques que estuvieron al pendiente, a Iván que siempre me acompaña y apoya así vaya al mismísimo corazón de la selva.

Agradezco al Dr. Aguirre, que, siendo el director del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, siempre me brindó su apoyo logístico y vehicular para poder ingresar al corazón de esta sierra indómita.

Agradezco a Dios el habernos protegido siempre y habernos mantenido a salvo de jaguares, pumas, serpientes venenosas, sótanos ocultos, huracanes, deslaves y accidentes carreteros, siempre cuidándonos en todo momento, gracias, Dios, gracias.

CONTENIDO:

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Planteamiento del problema	15
Justificación y uso de los resultados	16
Hipótesis y preguntas de investigación	17
Objetivo general y específicos.....	17
Estructura de la tesis	18
Referencias bibliográficas.....	20
Resultados:	
Capítulo 1. Mariposas bioindicadoras ecológicas en México.	
Artículo de revisión.	25
Anexo 1. Bioindicadoras ecológicas de México.....	69
Anexo 2. Mariposas bioindicadoras ecológicas de México y sus especies vegetales huéspedes en México.....	79
Capítulo 2. Distribution and diversity of butterfly community (Lepidoptera: Papilionoidea) in Biosphere reserve Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosi, Mexico.....	87
Anexo 3. List of species recorded and their abundance in each vegetation type in the Biosphere reserve Sierra del Abra Tanchipa, in Ciudad Valles, SLP, Mexico.....	117
Capítulo 3. Lepidópteros con potencial para manejo intensivo y aprovechamiento sostenible.	123
Anexo 4. Catálogo de especies con potencial para su aprovechamiento, abundancia y valor ponderado.....	147
Anexo 5. Especies con potencial para aprovechamiento e identificación de su potencial planta hospedera en la RBSAT.....	149
Capítulo 4. Implementación de esquemas para el aprovechamiento sostenible de mariposas diurnas (Lepidoptera:Papilionoidea) en el área de influencia de un área natural protegida en la huasteca potosina.....	153
Anexo 6. Guía práctica para construir un mariposario comercial casero.....	182
Discusión y conclusiones generales	196
Anexo 7. Catálogo de especies bioindicadoras ecológicas de la RBSAT.....	213

RESUMEN

Las mariposas son un grupo biológico carismático que ha sido utilizado en comunidades tropicales alrededor del mundo como una alternativa económica asociada a la conservación de ecosistemas. La Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa (RBSAT) es un área natural protegida que requiere generar proyectos de manejo y uso de la vida silvestre, siendo la crianza de mariposas una opción de bajo impacto. El objetivo de esta investigación fue contribuir al conocimiento de la comunidad de lepidópteros diurnos (superfamilia Papilionoidea), de las mariposas bioindicadoras ambientales en la reserva y proponer la cría de mariposas como una alternativa productiva, que permita mantener la diversidad a largo plazo. El área de estudio es la zona núcleo y la de amortiguamiento de la RBSAT y el ejido Los Sabinos No. Dos. Para la primera etapa de diagnóstico poblacional e identificación de especies bioindicadoras, se instalaron transectos por tipo de vegetación (selva baja espinosa SBE, selva baja caducifolia SBC, selva baja subcaducifolia SBSC y selva mediana subcaducifolia SMS); se muestreó utilizando trampas Van Someren-Rydon y redes entomológicas. Se realizaron 39 días de recolecta, obteniendo 13,261 registros de 190 especies, 115 son nuevos registros para la reserva. La vegetación con mayor riqueza y singularidad fue la selva mediana subcaducifolia. A través de un análisis IndVal se encontraron nueve especies bioindicadoras de los diferentes tipos de vegetación (SBE=2; SBC=1; SBSC=1; SMSC=5). Se propuso una metodología para evaluar, ponderar y seleccionar las especies prioritarias para el aprovechamiento, con base en los datos obtenidos y otros criterios biológicos, sociales y económicos, obteniendo 18 mariposas con valores ponderados mayores a 7.75 de un máximo de 9. Para la implementación se diseñaron e implementaron cuatro mariposarios de traspatio y se impartieron 50 horas de cursos de capacitación para el manejo de los mariposarios y aprovechamiento y transformación de las mariposas reproducidas.

Palabras clave: mariposas diurnas, indicadores ambientales, mariposario, áreas naturales protegidas, aprovechamiento sostenible.

ABSTRACT

Butterflies are a charismatic biological group that has been used by tropical communities around the world as a productive alternative associated with ecosystem conservation. The Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa (BRSAT) is a natural protected area that needs to generate wildlife management and use projects, being butterfly farming a low impact option. The objective of this research was to contribute to the knowledge of the community of diurnal lepidoptera (superfamily Papilionoidea), as environmental bioindicators within the reserve, and to propose a viable productive alternative that would allow maintaining the diversity found in the long term. The study area is the core and buffer zone of the BRSAT and the ejido Los Sabinos No. Dos. At first, we made a population diagnosis and identification of bioindicator species, transects were installed by vegetation type (tropical thorny forest (TTF), tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (TMSF); and sampling was done using Van Someren-Rydon traps and entomological nets. Thirty-nine days of collecting were carried out, obtaining 13,261 records of 190 species within the BRSAT, 115 are new records for the reserve. The vegetation with the greatest richness and uniqueness was the tropical medium semi-deciduous forest. Through an IndVal analysis, nine bioindicator species of the different vegetation types were found (TTF=2; TDF=1; TSF=1; TMSF=5). A methodology was proposed to evaluate, weight and select the priority species for sustainable use, based on the data obtained and other biological, social and economic criteria, obtaining 18 butterflies with weighted values greater than 7.75 out of a maximum of 9. In the implementation stage, four backyard butterfly farms were designed and constructed, also 50 hours of training courses were given for the proper management of the butterfly farms and training in the techniques for the transformation in handicrafts of the butterflies reproduced.

Key words: diurnal butterflies, environmental indicators, butterfly farm, natural protected areas, sustainable use.



INTRODUCCION GENERAL

INTRODUCCIÓN:

Lepidópteros en México y el estado de San Luis Potosí:

Los lepidópteros son un grupo cosmopolita muy numeroso de insectos, de los que se han descrito alrededor de 165,000 especies (Regier *et al.*, 2009), aunque se estima que podrían existir desde 200,000 hasta 500,000 especies (Kristensen, 2007, Llorente-Bousquets *et al.*, 2014); por su riqueza biológica, es el tercer grupo más importante de los insectos (Medina, 2009). Su nombre es una palabra compuesta de origen griego que significa: κλίμακα, lepido, “escama” y προς το, ptero “ala” esto es, “alas con escamas”, particularidad que junto con un aparato bucal muy delgado y alargado llamado espiritrompa distinguen al grupo biológico de las mariposas (Callejas & Pérez, 2017; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014; Medina, 2009).

El origen de las primeras mariposas, probablemente nocturnas y con mandíbulas con las que comían polen, se remonta a entre 120 a 140 millones de años (Espeland *et al.*, 2018; Medina, 2009; Whalley, 1978), época en que se desarrollaron sobre la superficie terrestre las primeras plantas con flor. Las mariposas diurnas aparecieron hace 65 o 40 millones de años y han cambiado muy poco desde entonces (Lamas, 2008; Medina, 2009). El orden Lepidoptera se puede agrupar, *grosso modo*, en mariposas diurnas (antes Rhopalocera), que incluye a las que suelen presentar colores brillantes, poco pelo corporal y posarse con las alas cerradas, así como antenas normalmente filamentosas, con un pequeño ápice y/o recurvada (Callejas & Pérez, 2017). Estas mariposas son las mejor estudiadas y se agrupan en la superfamilia Papilionoidea, la cual, a su vez, se conforma de siete familias: Hedyliidae, Hesperidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae, Riodinidae (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014; Niukerken *et al.*, 2011), aunque para México solo se registran las primeras seis, con 2105 especies descritas (Álvarez-García *et al.*, 2016, Michán *et al.*, 2005).

El otro grupo son las mariposas nocturnas, comúnmente llamadas polillas (antes Heterocera), en su mayoría tienen colores opacos, se posan con las alas abiertas, cuentan con abundante pelo en el cuerpo y sus antenas son plumosas, en forma de

látigo o muy gruesas; se distribuyen en las 45 superfamilias restantes del orden, siendo las más abundantes para México la Noctuoidea (6550 especies), Geometroidea (2508) y Pyraloidea (1375) (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014)).

El estado de San Luis Potosí se considera el séptimo con mayor riqueza de mariposas diurnas, Papilionoidea (656 especies) (Luis-Martínez *et al.*, 2003), destacando su región tropical cálida o Huasteca con 556 especies (De la Maza & White, 1990), porque en esta región prevalecen condiciones de altitud, temperatura y humedad ideales para el desarrollo de este tipo de insectos. Estudios parciales en la región reportan una riqueza de 283 especies en Cd. Valles y sus alrededores, 227 especies en la región de Xilitla (Hernández, 2010; Ramírez, 2015) y 121 especies en zonas del Rio Moctezuma, en Tamazunchale (Jones *et al.*, 2008); sin embargo, es necesario desarrollar más investigaciones en áreas prioritarias para la conservación, como lo son las actuales áreas naturales protegidas de la Huasteca (Bosque Adolfo Roque Bautista en Aquismón; Cuevas del Viento y la Fertilidad en Huehuetlán; Sótanos de las Golondrinas y de las Huahuas, en Aquismón; Sierras del Este y De Enmedio, El Naranjo; y Tancojol, en San Vicente Tancuayalab) áreas en las que el conocimiento es aún incipiente y donde su utilidad puede ser alta, al ser especies que pueden ser utilizadas con fines de monitoreo biológico o bioindicadoras de los estados de conservación o inclusive con fines de aprovechamiento de bajo impacto ambiental.

Lepidópteros como bioindicadores:

Un bioindicador es una medida indirecta de algo, que por alguna razón no se mide directamente; por lo tanto, su uso se fundamenta en la suposición de que la presencia o la abundancia de una especie, o un determinado conjunto de especies, esté correlacionada con otra variable que se desea medir o conocer pero que por cuestiones prácticas no se puede hacer (Ribera y Foster, 1997). Estudios como el de Noss (1990) y Brown (1991) afirman que los cambios cualitativos en la estructura de las comunidades de artrópodos pueden actuar como indicadores de alteraciones ecológicas difícilmente mensurables de otra forma. En este sentido el uso de lepidópteros, al menos de la superfamilia Papilionoidea, presenta ventajas frente a

otros grupos de artrópodos, por su rápida reproducción, una estrecha asociación con factores ambientales (temperatura, humedad y nivel de luminosidad) y con plantas huésped, lo cual genera una alta sensibilidad a los cambios ambientales. En las áreas del neotrópico, específicamente en selvas, las mariposas son diversas, taxonómicamente bien estudiadas, relativamente fáciles de atraer, muestrear e identificar (Brown & Freitas, 2000; Hernández, 2010).

La idoneidad en el uso de indicadores también depende del objetivo con el que se propone relacionar, y puede ser con fines ambientales, ecológicos, de diversidad (McGeoch, 2007) o de otra clasificación propuesta por Heink & Kowarik (2010). Los indicadores pueden ser ambientales, de política ambiental, ecológicos y varían en función de la complejidad de las diversas condiciones ecológicas con las que se les relaciona. Dada la ambigüedad del término, se recomienda ampliamente en cualquier investigación definir el tipo de bioindicador que se plantea utilizar y con cuál objetivo (Heink & Kowarik, 2010).

El uso de lepidópteros como bioindicadores ha tenido un mayor auge como bioindicadores ecológicos, tanto nacional (Orta *et al.*, 2022) como internacionalmente (Andrade, 1998; Bonebrake *et al.*, 2010; Brown & Freitas, 2000; Fraija & Fajardo, 2006; Kitahara & Fuji, 1994; Sant'Anna *et al.*, 2014; Siddig *et al.*, 2016). En este sentido, para poder utilizar especies bioindicadoras que puedan reflejar los cambios imperceptibles en un proyecto de monitoreo ambiental, Siddig *et al.*, (2016) sugieren una serie de cinco pasos que incluye un análisis de la abundancia de especies y las covariables del ecosistema con el método valor de indicador IndVal de Dufréne y Legendre (1997).

Aprovechamiento sostenible de lepidópteros:

El conocimiento de lepidópteros diurnos en áreas naturales protegidas no solo permite diseñar un esquema de monitoreo biológico a mediano y largo plazo, sino que también puede sustentar una alternativa no convencional de uso y aprovechamiento sostenible. La crianza de mariposas con fines comerciales se remonta al año 2640 a.C., cuando se descubrió la seda, la cual produce la larva de la polilla *Bombix mori* L., mejor

conocida como gusano de la seda, que crece en plantas huésped de morera, *Morus alba* L. (Gómez, 2010). Una característica fundamental para la cría de mariposas es el conocimiento de los ciclos biológicos e historia natural de las especies y sus plantas huéspedes (Mulanovich, 2007). Con la observación y monitoreo de mariposas en una región, es posible identificar y reconocer las especies locales más propicias para el manejo. Reconocer la diversidad y estacionalidad de especies, constituye la principal herramienta para planear una estrategia de manejo mariposas (Orozco, 2006), que sea de bajo impacto ecológico, centrada en especies locales, abundantes y representativas y no pongan en riesgo ninguna población ni el hábitat donde se distribuyen.

La cría de mariposas se ha estado implementando en granjas y zoo-criaderos, también llamados mariposarios, como alternativa productiva y conservacionista, particularmente en los países tropicales con áreas de alta biodiversidad de esos insectos. Muchas de las granjas realizan buenas prácticas ambientales como el mantenimiento y preservación de bosques y selvas nativas para mantener el hábitat natural de las mariposas, de donde se obtiene el pie de cría parental, o realizan arreglos agroforestales con el enriquecimiento del hábitat, plantando especies hospederas para las larvas u orugas y nectaríferas para los adultos o imagos. Como estudios de caso exitosos de zoo-cría de mariposas se citan experiencias en Papúa Nueva Guinea, Costa Rica y Kenia (Constantino *et al.*, 2006). Aquí en México, este tipo de proyectos se han ejecutado en Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (López, 2022).

Comercialización de lepidópteros:

La crianza comercial de mariposas es una actividad considerada como biocomercio sostenible, el cual comercializa productos, bienes y servicios derivados de la vida silvestre, producto de estrategias de aprovechamiento y uso sostenibles que involucren criterios de buen manejo ambiental y social; y se distingue por su rentabilidad económica y financiera (Constatino *et al.*, 2006). La demanda internacional de ejemplares de especies de mariposas es básicamente generada por cuatro

sectores: manufactura de artesanías e industrias de adornos, museos de historia natural, coleccionistas privados y granjas o mariposarios para exhibición. Los tres primeros sectores requieren mariposas muertas, disecadas y preservadas, mientras que el cuarto las requiere vivas, en forma de larvas y pupas recién formadas, para que eclosionen en los mariposarios de exhibición (Orozco, 2006).

Costa Rica, con apenas el 2.60 % del territorio que tiene México, y con el 28.8 % menos de riqueza de especies de mariposas, es el líder exportador de estos insectos en América Latina, con ventas anuales de unos 2.25 millones de USD (Umaña, 2019); por ello para México, esta actividad es una gran oportunidad económica y de conservación sustentable de especies.

En México hay mariposarios de exhibición. El primero se estableció en 1990, en el parque ecológico Xcaret, Quintana Roo. En el 2005, se inauguró el mariposario del Parque de Chapultepec, en Ciudad de México. En el 2007 inició actividades el del parque temático "Le Papillón", en Tijuana, Baja California y el mariposario del Parque Natura en Xalapa, Veracruz. En el 2008 se inauguró el mariposario Papalotzin en el parque temático de Morelos (Espinoza, 2012). Así, en diversos zoológicos como el de Africam safari, en Puebla y el de Guadalajara, Jalisco, tienen sus áreas de exhibición de lepidópteros. Sin embargo, la mayoría de estos mariposarios cubren sus demandas de pupas en el mercado internacional, pues actualmente no existe una organización nacional que facilite la gestión y la comercialización de estos centros de exhibición, con los pequeños mariposarios comerciales (López, 2022).

El otro sector donde se comercializan las mariposas es para su liberación en eventos sociales, aunque no se ha encontrado un documento oficial que compile información al respecto, de acuerdo con datos publicados por la Sociedad Mexicana de Criadores de Mariposas, en su red social de Facebook, existen cerca de 70 mariposarios comerciales en México que, entre otras cosas, se dedican a la liberación de mariposas en eventos festivos, lúdicos y educativos.

Por último, el otro sector donde se han elaborado estudios, es para la elaboración y comercialización de artesanías; esos estudios se han realizado en Veracruz e incluso se han identificado especies prioritarias para utilizar con este fin, con base en encuestas sobre las preferencias de clientes potenciales (López-Collado *et al.*, 2016; Cruz, 2011).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa (RBSAT) es un Área Natural Protegida (ANP) considerada en buen estado de conservación, pues presenta comunidades vegetales en un alto grado de conservación de acuerdo con su composición florística (De Nova *et al.*, 2018). A la vez, la RBSAT tiene la necesidad de impulsar proyectos de aprovechamiento y uso sustentable de recursos naturales, ello de acuerdo con los resultados de la evaluación del cumplimiento del programa de manejo, realizado en el 2018 por la CONANP (Reyes-Hernández *et al.*, 2021).

La RBSAT requiere generar proyectos para el uso sustentable de vida silvestre, pues solo ha cumplido con el 25 % de sus metas en este componente de su plan de manejo (Reyes *et al.*, 2021). Así, los habitantes de los alrededores inmediatos de la reserva han manifestado su interés, durante los talleres de evaluación del cumplimiento del programa de manejo, en desarrollar proyectos productivos con base en el aprovechamiento de la vida silvestre, gestionando la autorización de UMAs, recibiendo capacitación para emprendurismo social de actividades ecoturísticas y artesanales, promoviendo la participación de segmentos sociales que históricamente han sido excluidos en la toma de decisiones como los jóvenes y las mujeres.

Sin embargo, para la RBSAT este tema es difícil, porque en ella, alberga una gran cantidad de vida silvestre con alguna categoría de riesgo, y son poblaciones vulnerables a los cambios e intervenciones; afortunadamente, las mariposas no se encuentran en ninguna lista de riesgo (Reyes-Agüero *et al.*, 2021), por lo que pueden ser candidatas para una propuesta de manejo. Por otro lado, se reconoce que son

escasos los estudios en lepidópteros en la reserva y más aún, con enfoque en la funcionalidad de especies y su potencial de aprovechamiento.

JUSTIFICACIÓN Y USO DE LOS RESULTADOS

No se han realizado muestreos de lepidópteros en la zona núcleo del ANP, donde este conocimiento es básico para fundamentar la importancia en cuestión de biodiversidad de un ANP; además, con la finalidad de garantizar la conservación a largo plazo de los ecosistemas forestales es necesario buscar formas de valoración de sus recursos naturales, para que los pobladores se beneficien de la conservación sin necesidad de transformar su medio.

En este sentido, el establecimiento de un esquema de manejo y aprovechamiento legal de mariposas beneficiaría a los dueños de la reserva y a sus familias, brindándoles una alternativa sostenible que podría impulsar una nueva atracción turística en la región y complementar los actuales. Además, ayudaría a mejorar y hacer más vívidos sus procesos de educación ambiental.

La crianza de mariposas con fines ornamentales es una estrategia de aprovechamiento de bajo impacto, que promueve la conservación y valoración de recursos en el largo plazo (Parsons, 1992; Torrealba y Carbonell, 2002, Van der Heyden, 2013). Los beneficios de la presente investigación pretenden atender estas demandas sociales y contribuir a aportar conocimiento científico de este grupo biológico en la región.

HIPÓTESIS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En la RBSAT existen poblaciones de mariposas asociadas a sus tipos de vegetación y a su grado de conservación; por lo tanto, es relevante identificar su presencia y estado. Además, es probable encontrar poblaciones de mariposas que se beneficien de estas estrategias de manejo para su efectiva conservación a mediano y largo plazo

e incrementen sus poblaciones al propagar sus plantas hospederas y conservar las ya existentes.

Para lo cual se requiere resolver las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿Cuáles son los lepidópteros diurnos que habitan dentro de la RBSAT, dónde y cuándo se distribuyen en la misma?
- 2) ¿Cuáles especies de mariposas se consideran bioindicadoras ambientales o ecológicas y bajo cuáles criterios?
- 3) ¿Existen especies de mariposas que puedan representar beneficios económicos para los pobladores de las zonas de influencia de la RBSAT?
- 4) ¿La crianza de estas especies sería sostenible en términos biológicos, económicos y sociales?
- 5) ¿Qué capacidades locales son necesarias para lograr la exitosa implementación de un proyecto integral para el aprovechamiento sustentable de mariposas en el área?

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de la comunidad de lepidópteros diurnos (superfamilia Papilionoidea), como bioindicadores ambientales en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y proponer una alternativa productiva viable que permita mantener la diversidad de mariposas encontrada a largo plazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y comparar la diversidad de Papilionoidea con base en la preferencia de hábitat y la caracterización de los diferentes tipos de vegetación en la ANP RBSAT.
- Determinar especies bioindicadoras por tipos de vegetación y proponer, con base en criterios de diversidad y distribución, las especies prioritarias para la conservación y con potencial para el aprovechamiento.

- Diseñar, promover y apoyar en la implementación de un esquema regulado para el manejo y aprovechamiento de lepidópteros diurnos.

ESTRUCTURA DE LA TESIS:

Este trabajo de investigación está organizado en dos partes y cinco capítulos. Como ya se mencionó, para desarrollar una propuesta de desarrollo sostenible con base en el aprovechamiento de la vida silvestre, se requiere obtener la mayor cantidad de conocimiento e información que lleve a la comprensión de los ciclos de vida e historia natural de los organismos. Por ello, la primera parte de la tesis tienen una orientación ecológica; el primer capítulo está dedicado a establecer un marco conceptual acerca del uso de lepidópteros como bioindicadores, cómo se clasifican, cuál es la utilidad de dicha clasificación, en qué hábitats se han estudiado, y todo el estado del arte referente al tema de mariposas como bioindicadoras.

El segundo capítulo, es el artículo que muestra el registro de mariposas en la reserva, incluido un análisis de la representatividad del muestreo. Se incluye una lista de las especies, los tipos de vegetación donde se presentaron, sus abundancias, cuáles se identificaron como especies bioindicadoras y cuáles son las principales hipótesis para explicar su valor como bioindicadoras.

La segunda parte de la tesis es más aplicada, se constituye con los capítulos tres y cuatro, en los cuales se realiza una propuesta de manejo con base en lo registrado en la RBSAT y durante los talleres impartidos en la comunidad de los Sabinos No. Dos, la cual se encuentra en el área de influencia de la RBSAT.

En el tercer capítulo se seleccionaron las mariposas que cumplen con criterios biológicos, estéticos, sociales y económicos que harían de su aprovechamiento una estrategia sostenible a largo plazo. Se muestran los resultados de las recolectas por mes para identificar los periodos de mayor abundancia, las plantas hospederas

necesarias para su reproducción y se generó una guía con los ciclos biológicos de estas especies para lograr su reconocimiento en cualquier estadio de su desarrollo.

El cuarto capítulo está dedicado a describir el proceso de implementación social del proyecto, desde cómo se abordó el tema inicialmente, las metodologías participativas que se siguieron en todo momento, los recorridos a cada mariposario de traspatio y su propuesta individualizada acorde las plantas de las especies hospederas encontradas. La guía metodológica para la construcción de los mariposarios de traspatio y los resultados del seguimiento a dos años de su implementación. También en este capítulo se realizan algunas recomendaciones finales y un análisis de los aciertos, vacíos y omisiones de la propuesta de proyecto.

Por último, en el quinto capítulo se hace la discusión general de todos los capítulos, cuáles fueron los resultados más destacables de la investigación, cuál es su aporte en un contexto mexicano y regional; además una crítica constrictiva a lo logrado, la metodología aplicada y los resultados que se obtuvieron. También tiene las conclusiones generales y las recomendaciones para darle continuidad a esta y otras propuestas de investigación similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Álvarez García, H., Ibarra Vázquez, A., Escalante, P.** (2016). Riqueza y distribución altitudinal de las mariposas de la Sierra Mazateca, Oaxaca (Lepidoptera: Papilionoidea). *Acta zoológica mexicana*, 32(3), 323-347.
- Andrade, C. M. G.** (1998) Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad. *Revista académica colombiana ciencias*, 22 (84) 407–421. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/265594873> (consultado 18 enero 2021)
- Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., Ehrlich, P. R.** (2010). More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological conservation*, 143(8), 1831–1841. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>
- Brown Jr, K. S.** (1991). Conservation of neotropical environments: insects as indicators. Pp. 350-404. En: N.M. Collins; J.A. Thomas; *The conservation of insects and their habitats*. Academic press. London.
- Brown, K. S., Freitas, A. V. L.** (2000). Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32 (4b), 934–956. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>
- Callejas, D.D.C., Pérez, A.N.A.** (2017). Colores que vuelan. Secretaría de Educación de Veracruz, Xalapa, Veracruz, México, 50 pp.
- Constantino, L. M., Cenicafé, E. M., Chinchiná, C.** (2006). Biocomercio sostenible de insectos: estado actual, perspectivas y dificultades del mercado en Colombia con especial referencia en Coleóptera y Lepidóptera. Pp. 26-28. En: *Memorias. XXXIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*. Socolen. Colombia.
- Cruz S.L.LL.** (2011). *Análisis socioeconómico de mariposas de Veracruz para uso artesanal*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Veracruz, México. 23-29 p.
- De la Maza, R. G., White L., A.** (1990). Rhopalocera de la huasteca potosina su distribución, composición, origen y evolución. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 13(2): 31-89
- De Nova, J. A., Castillo, P., Salinas, M., Fortanelli, J.** (2018). Seasonal tropical forests. pp. 59-77. In: Reyes, H., De Nova, J.A, Durán, A. (Eds.). Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve- Biodiversity and actions for its conservation. CONANP-UASLP. San Luis Potosí, Mexico.
- Dufrene, M., Legendre P.** (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 (3), 345–366. <https://dx.doi.org/10.2307/2963459>
- Espeland, M., Breinholt, J., Willmott, K. R., Warren, A. D., Vila, R., Toussaint, E. F., Maunsell, S.C., Aduse-Poku, K., Talavera, G., Eastwood, R., Jarzyna, M.A., Guralnick, R., Lohman, D.J., Pierce, N.E., Kawahara, A. Y.** (2018). A

comprehensive and dated phylogenomic analysis of butterflies. *Current Biology*, 28(5), 770-778.

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.061>

- Espinoza, L. P. C.** (2012). *La conservación de la mariposa cuatro espejos (Rothschildia cincta). Hacia una propuesta de turismo indígena en localidades Yoreme/Mayo de Sonora*. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Sonora, México. 10 p.
- Fraija, F. N., Fajardo, M. G. E.** (2006). Caracterización de la fauna del orden Lepidoptera (Rhopalocera) en cinco diferentes localidades de los llanos orientales colombianos. *Acta biológica colombiana*, 11 (1), 55–68. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27144> (consultado 17 febrero 2022).
- Gómez, S.M.R.** (2010). *¿Criando mariposas o enfermedades?: proyectos de conservación y desarrollo con comunidades indígenas en la Amazonía colombiana*. Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia. 149 p.
- Heink, U., Kowarik, I.** (2010) What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological indicators*, 10 (3), 584–593. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.09.009>
- Hernández, M. K.** (2010) *Selección de mariposas diurnas (Rhopalocera: Papilionoidea) con potencial de crianza en una comunidad indígena de la Huasteca Potosina*. Tesis de Maestría. Posgrado en Recursos Bióticos, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 55 p.
- Jones, R., Hernández, G., Echeverria, F.** (2008). Riqueza y diversidad de mariposas diurnas (Rhopalocera) como indicadores, tramo desde Tangojo (boquilla de Piedra Blanca) hasta Río Claro. *En. Reporte Final de Análisis del Impacto del Proyecto Sistema de Energía Renovable Moctezuma: Alternativa 2007 sobre Ecosistemas Terrestres en Zonas Afectadas*, Comisión Federal de electricidad, México D. F.
- Kitahara, M., Fujii, K.** (1994). Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: An analysis based on the concept of generalist vs. specialist strategies. *Population Ecology*, 36 (2), 187–199. <https://doi.org/10.1007/BF02514935>
- Kristensen, N.P., Scoble, M.J. Karsholt, O.** (2007). Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa*, 1668, 699–747. <http://www.mapress.com/zootaxa/2007f/zt01668p747.pdf>
- Lamas, G.** (2008). La sistemática sobre mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) en el mundo: estado actual y perspectivas futuras. Pp. 57-70. En: J. B. Llorente y A. Lanteri (eds.) *Contribuciones taxonómicas en órdenes de insectos hiperdiversos*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.

- Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. C., Warren, A. D.** (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85 (SUPPL.), 353–371.
<https://doi.org/10.7550/rmb.31830>
- López, G.S.** (2022). *Análisis del comercio de mariposas vivas en el sureste mexicano*. Tesis de Maestría. El colegio de la frontera sur, Chetumal, Quintana Roo. 12, 27 p.
- López-Collado, J., Cruz-Salas, L.L.L., García-Albarado, J.C., Platas-Rosado, D. E., Calyecac-Cortero, H. G.** (2016). Size doesn't matter but color does: preference of neotropical butterfly species to make souvenirs. *Journal of entomology and zoology studies*, 4(5): 159–165
- Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Warren, A. D.** (2003). Biodiversity and biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1), 209–224.
- Medina, J.** (2009). Guía didáctica Las mariposas. Parque de las ciencias, Junta de Andalucía, Granada, España. 34 pp.
- McGeoch, M. A.** (2007). Insects and bioindication: Theory and progress. Pp. 144–174. En: A. J. A. Stewart, T. R. New, O. T. Lewis (Eds.). *Insect Conservation Biology: Proceedings of the Royal Entomological Society's 23rd Symposium*, University of Sussex, Falmer, Brighton, United Kingdom.
<https://dx.doi.org/10.1079/9781845932541.0144>
- Michán, L., Llorente, B., Martínez, L. y Castro, D.** (2005). Breve historia de la taxonomía de lepidoptera en México durante el siglo XX. *Revista académica colombiana de las ciencias* 29 (110): 101-132
- Mulanovich, D. C. A. J.** (2007) Mariposas Guía para el manejo sustentable de las mariposas del Perú. PROMPEX-IIAP-GTZ, Perú, 101 pp. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/186> (consultado 14 febrero 2021).
- Nieukerken, E. J. van, L. Kaila, I. J. Kitching, N. P. Kristensen, D. C. Lees, J. Minet, C. Mitter, M. Mutanen, J. C. Regier, T. J. Simonsen, N. Wahlberg, S.-H. Yen, R. Zahiri, D. Adamski, J. Baixeras, D. Bartsch, B. Å. Bengtsson, J. W. Brown, S. R. Bucheli, D. R. Davis, J. De Prins, W. De Prins, M. E. Epstein, P. Gentili-Poole, C. Gielis, P. Hättenschwiler, A. Hausmann, J. D. Holloway, A. Kallies, O. Karsholt, A. Y. Kawahara, S. J. C. Koster, M. V. Kozlov, J. D. Lafontaine, G. Lamas, J. F. Landry, S. Lee, M. Nuss, K. T. Park, C. Penz, J. Rota, A. Schintlmeister, B. C. Schmidt, J. C. Sohn, M. A. Solis, G. M. Tarmann, A. D. Warren, S. Weller, R. V. Yakovlev, V. V. Zolotuhin y A. Zwick.** (2011). Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. En: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness, Z.-Q. Zhang (ed.). *Zootaxa* 3148:212-221.

- Noss, R. F.** (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355-364.
- Orozco, M.** (2006). *Zoo-cría de mariposas diurnas Rhopalocera en bosques húmedos tropicales del oriente antioqueño*. Corporación Autónoma Regional Rionegro CORNARE, Antioquia, Colombia, 25 pp. Disponible en: <http://www.bionica.info/Biblioteca/ConstantinoZoocriaMariposas.pdf> (consultado 23 diciembre 2022).
- Orta, C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., Muñoz-Robles, C. A., Méndez, H.** (2022). Mariposas bioindicadoras ecológicas en México. Artículo de revisión. *Acta zoológica mexicana*, 38 (nueva serie), 38, 1–33. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812488>
- Parsons, M. J.** (1992). The butterfly farming and trading industry in the Indo-Australian region and its role in tropical forest conservation. *Tropical Lepidoptera Research*, 1-31.
- Ramírez R. J. M.** (2015). Diversidad de mariposas (Lepidóptera: Papilionoidea) de Xilitla, estado de San Luis Potosí, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad nacional autónoma de México, México. 29 p.
- Reyes-Hernández H., Corpus S. J. E., Durán F. A.** (2021). Evaluación del cumplimiento del programa de manejo de la Reserva. Pp. 187-204. En Reyes-Hernández H., Reyes-Agüero J.A., Durán F.A.(Eds.). *Desafíos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en la reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Reyes Agüero, J. A.; Durán F.A.; Núñez, G. A.** (2021). La riqueza biológica y las especies en riesgo de extinción. Pp. 100-122 En: H. Reyes-Hernández; J.A. Reyes-Agüero; A. Durán F. (Eds.). *Desafíos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Regier, J.C., Zwick, A., Cummings, M. P., Kawahara, A. Y., Cho, S., Weller, S., Roe, A., Baixeras, J., Brown, J.W., Parr, C., Davis, D.R., Epstein, M., Hallwachs, W., Hausmann, A., Janzen, D.H., Kitching, I.J., Solis, M.A., Yen, S., Bazinet, A.L, Mitter, C.** (2009). Toward reconstructing the evolution of advanced moths and butterflies (Lepidoptera: Ditrysia): an initial molecular study. *BMC Evolutionary biology*, 9:280. DOI:10.1186/1471-2148-9-280
- Ribera, I., Foster, G.** (1997). El uso de artrópodos como indicadores biológicos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20, 265-276.
- Sant’Anna, C. L. B., Ribeiro, D. B., García, L. C., Freitas, A. V. L.** (2014). Fruit-feeding butterfly communities are influenced by restoration age in tropical forests. *Restoration Ecology*, 22 (4), 480–485. <https://doi.org/10.1111/rec.12091>
- Siddig, A. A. H., Ellison, A. M., Ochs, A., Villar-Leeman, C., Lau, M. K.** (2016). How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change?

- Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators. *Ecological indicators*, 60, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.036>
- Torrealba, I., Carbonell F.** (2002). Los mariposarios del Área de Conservación Arenal y su zona de influencia. Manual de apoyo para su producción sostenible en: Torrealba y Carbonell (eds.), Informe final de proyecto de investigación: Integrando la conservación y el manejo de plagas en los Mariposarios del Área de Conservación Arenal-Tilarán. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Área de Conservación Arenal y ONG-MERALVIS. Costa Rica.
- Umaña G.P.** (2019) Mariposas ticas traspasan las fronteras. Universidad de Costa Rica, disponible en: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/03/20/mariposas-ticas-traspasan-las-fronteras.html#:~:text=El%20pa%C3%ADs%20exporta%20alrededor%20de,panorama%20general%20de%20este%20negocio.>
- Van der Heyden, T.** (2013). The banteay Srey Butterfly Centre; five years of endeavouring to support conservation and poverty alleviation. *Cambodian Journal of natural History* (1) 7-9.
- Whalley, P.** (1978). New taxa of fossil and recent Micropterigidae with a discussion of their evolution and a comment on the evolution of Lepidoptera (Insecta). *Annals of the Transvaal Museum*, 31(8), 71-86.



CAPITULO 1. MARIPOSAS BIOINDICADORAS ECOLÓGICAS DE MÉXICO.

Capítulo publicado como: Orta, C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., Muñoz-Robles, C. A., Méndez, H. (2022). Mariposas bioindicadoras ecológicas en México. Artículo de revisión. *Acta Zoológica Mexicana*, 38 (nueva serie), 38, 1–33. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812488>

Mariposas bioindicadoras ecológicas en México. Artículo de revisión **Ecological bioindicator butterflies in Mexico. Review article**

***1Carolina ORTA S., 2Juan Antonio REYES-AGÜERO, 3Moisés Armando LUIS-MARTÍNEZ, 2Carlos Alfonso MUÑOZ-ROBLES, 4Heriberto MÉNDEZ C.**

<caroorta@gmail.com>, <https://orcid.org/0000-0003-1829-680X>

<reyesaguero@uaslp.mx>, <https://orcid.org/0000-0002-5977-7039>

<alm@ciencias.unam.mx>, <https://orcid.org/0000-0002-1044-3986>

<carlos.munoz@uaslp.mx>, <https://orcid.org/0000-0003-4744-3602>

<heriberto.mendez@uaslp.mx>, <https://orcid.org/0000-0001-9537-9794>

1Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Av. Manuel Nava 201, 2º Piso, Zona universitaria, C.P. 78000, San Luis Potosí, San Luis Potosí., México.

2Instituto de Investigación en Zonas Desérticas, UASLP. Altair núm.200, Col. Del Llano, C.P. 78377, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

3Facultad de Ciencias, UNAM. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n Alcaldía Coyoacán, C.P.04510 Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

4Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP. Km.14.5 carretera San Luis Potosí-Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Apdo. Postal 32, C.P. 78321, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México.

*Autor correspondiente: <caroorta@gmail.com>

Orta, S.C., Reyes-Agüero, J.A., Luis-Martínez, M.A., Muñoz-Robles, C.A., Méndez, C.H. (2022). Las mariposas bioindicadoras ecológicas de México. Artículo de revisión. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie)

Orta, S.C., Reyes-Agüero, J.A., Luis-Martínez, M.A., Muñoz-Robles, C.A., Méndez C.H. (2022). Ecological bioindicator butterflies in Mexico. Review article. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie)

RESUMEN. En México se han descrito cerca de 1,900 especies de la superfamilia Papilionoidea (*sensu lato*), que incluye a todos los lepidópteros diurnos en el país (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Las mariposas diurnas se reconocen como un taxon ampliamente estudiado y se pueden utilizar como bioindicadoras ecológicas. Este artículo de revisión compila la información al respecto en México, identificando 58 artículos y documentos de investigación que mencionan especies indicadoras, aunque solo en 16 de ellos utilizan métodos estadísticos, en su mayoría multivariados para

identificarlas como bioindicadoras ecológicas. La información de 179 especies bioindicadoras fue compilada en dos anexos, destacando las principales características que facilitan su búsqueda en campo, como tipo de vegetación, hábitos alimentarios, fenología y grado de especialización. De las 179 especies, 55 se caracterizaron para áreas conservadas, 99 en áreas con disturbio y 25 en ambas condiciones. Se anexa una lista de plantas huésped en el país para 116 especies de mariposas diurnas de las 179 identificadas, con la finalidad de facilitar su asociación con la comunidad vegetal y sus interacciones. Por último, se emiten recomendaciones para el diseño de un muestreo que permita utilizar a estas especies bioindicadoras como objeto de estudio en proyectos de monitoreo ambiental a mediano plazo.

Palabras clave: Papilionoidea; lepidópteros; plantas huésped, especies indicadoras.

ABSTRACT. About 1,900 species of the superfamily Papilionoidea have been described in Mexico (*sensu lato*), which includes all diurnal lepidoptera in the country (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Diurnal butterflies are recognized as a widely studied taxon and can be used as ecological bioindicators. This review article compiles information on this subject in Mexico, identifying 58 articles and research papers that mention indicator species, although only 16 of them use statistical methods, mostly multivariate, to identify them as ecological bioindicators. Information on 179 bioindicator butterfly's species was compiled in annexes, highlighting the main characteristics that facilitate their research in the field, such as vegetation type, feeding habits, phenology, and specialization degree. Of the 179 bioindicator species, 55 were recorded in conserved areas, 99 in disturbed areas and 25 in both conditions, although from different studies and in different habitats. In addition, a list of host plants in the country is annexed for 116 species of the 179 identified to facilitate their association with the respective plant community and their interactions. Finally, recommendations are made for a sampling design that would allow the use of these bioindicator species as an object of study in medium-term environmental monitoring projects.

Key words: Papilionoidea; lepidoptera; host plants; indicator species

INTRODUCCIÓN

El orden Lepidoptera habita la Tierra desde hace más de 110 millones de años (Heikkila *et al.*, 2012; Kawahara *et al.*, 2019) y se han descrito 157,424 especies

distribuidas en 45 superfamilias (van Nieukerken *et al.*, 2011). Su sobrevivencia se debe a una serie de adaptaciones miméticas, sistemas de defensa químicos y físicos, y patrones conductuales, entre otros (Badger & Kenney, 2006). Las mariposas diurnas se agrupan en la superfamilia Papilionoidea, con 18,768 especies en el mundo (van Nieukerken *et al.*, 2011; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014), y más de 1,900 en México (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014), lo que representa un poco más del 10 % de la diversidad mundial.

Actualmente, el uso de especies bioindicadoras se perfila como un método prometedor que puede permitir la detección temprana de disturbios ambientales que pongan en peligro a la biodiversidad de los ecosistemas (Heink & Kowarik, 2010; González & Vallarino, 2014). Hay estudios que utilizan a las mariposas diurnas como bioindicadoras (Erhardt, 1985; Andrade, 1998; Brown & Freitas, 2000; Cleary, 2009; Abrol, 2012), y estudios que los cuestionan (Gerlach *et al.*, 2013; Whitworth *et al.*, 2018; Forsberg *et al.*, 2020) en parte porque las mariposas no reaccionan de manera homogénea a los cambios estacionales (DeVries & Walla, 2001; Legal *et al.*, 2020), o físicos del ambiente, dependiendo si el efecto de borde es un ecotono natural o consecuencia de alteraciones antropogénicas (Lourenço *et al.*, 2019).

Las especies bioindicadoras son aquellas que pueden usarse como estimadoras del estatus de otras especies o condiciones ambientales de interés que resultan difíciles, inconvenientes o costosas para medir directamente (González & Vallarino, 2014). Para McGeoch (2007), la esencia de la bioindicación es la predictibilidad de la relación entre una especie bioindicadora y el parámetro ambiental de interés. Heink y Kowarik (2010) sugieren que ante la ambigüedad del término “bioindicador” es preciso especificarlo en los estudios respectivos y propone la utilización de la clasificación de McGeoch (2007), la cual ocupa tres categorías de bioindicadores: ambientales, ecológicos y de biodiversidad (McGeoch, 2007; Holt & Miller, 2011). Cada una de estas categorías tiene su objetivo de indicación y varían en la precisión con la que pueden ser cuantificadas, así como su grado de predictibilidad.

Las especies bioindicadoras ambientales reaccionan de manera predecible a cambios en los parámetros ambientales físicos y químicos (Holt & Miller, 2011), y se utilizan una vez ya probados los efectos (McGeoch, 2007; Pozo *et al.*, 2014), por lo que normalmente se relacionan con alguna sustancia contaminante (Corke, 1999; Siddig *et al.*, 2016, Shephard *et al.*, 2020, Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2021). El uso de insecticidas (Braak *et al.*, 2018; Peterson *et al.*, 2019) y otras técnicas, *v. gr.* control biológico contra comunidades de mariposas (Urretabizcaya *et al.*, 2010; Malpartida-Zeballos *et al.*, 2013; Ibarra & Rincón-Castro, 2015), las afectan de manera importante, teniendo como consecuencia la reducción de su riqueza y abundancia; además, el uso de herbicidas (Pekin, 2013) afecta indirectamente a las mariposas, al dañar a sus especies vegetales hospederas, consideradas arvenses o malezas.

Los bioindicadores de diversidad son especies o un grupo funcional cuya variación refleja la diversidad (riqueza) de otros taxones en determinado hábitat o conjunto de hábitats (McGeoch, 2007; Pozo *et al.*, 2014). A esta clasificación pertenecen las especies que tienen relaciones muy estrechas con otras, ya sean vegetales o animales; por ejemplo, la existente entre algunas mariposas riodínidas y licénidas que están asociadas con hormigas para su desarrollo larval (Flores-Contreras & Luna-Reyes, 2017; Arellano-Covarrubias *et al.*, 2018). En México, dos estudios señalan especies bioindicadoras de diversidad, uno que determina especies indicadoras del tipo de vegetación selva alta subperennifolia húmeda en la península de Yucatán (Maya-Martínez *et al.*, 2005), y otro que identifica 218 especies indicadoras de selvas altas perennifolias y subperennifolias en la provincia biogeográfica del Golfo de México (Flores-Contreras & Luna-Reyes, 2017).

Las bioindicadoras ecológicas son especies o poblaciones cuya presencia o ausencia refleja los efectos de una alteración del hábitat y sus correspondientes estados sucesionales, problemas derivados de su fragmentación, afectaciones por el cambio climático, o cambios de la biota asociada a una comunidad o a un ecosistema. Su presencia se relaciona con aspectos de grados de conservación biológica (McGeoch, 2007). En este sentido, varias investigaciones relacionan la estructura y composición

de las mariposas con la diversidad existente en el resto de la comunidad y el estado de conservación del ecosistema (Andrade, 1998; Brown & Freitas, 2000; Fraija & Fajardo, 2006; Molina-Martínez & León-Cortés, 2006; Sant'Anna *et al.*, 2014; Meléndez-Jaramillo, 2017).

A nivel nacional, existen estudios de lepidópteros como indicadores ecológicos por su sensibilidad a los disturbios y a los cambios en su ecosistema (Pozo & Galindo-Leal, 2006; Maya-Martínez *et al.*, 2009; Balam-Ballote & León-Cortés, 2010; González-Valdivia *et al.*, 2016; Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2018). Otros estudios (*v. gr.* De la Maza & White, 1990; De la Maza & Soberón, 1998; González-Valdivia *et al.*, 2016) proponen a las especies frugívoras de la familia Nymphalidae como bioindicadoras de calidad del hábitat e incorporan la variable de la coloración de las mariposas como una característica que se asocia con las alteraciones del paisaje.

Diversos autores (Brown, 1991; Andrade, 1998; Holt & Miller, 2011; Sánchez, 2012; Pozo *et al.*, 2014) han descrito las características que deben cumplir las especies bioindicadoras de acuerdo con el ámbito y la finalidad con que se pretendan utilizar. Así, las especies bioindicadoras más adecuadas para cualquier categoría son las que cumplan con la mayoría de los siguientes criterios: a) individuos fácilmente observables y reconocibles, manipulables en campo y en laboratorio; b) biología e historia natural conocida; c) taxonomía estable y bien conocida; d) distribución geográfica amplia; e) ecológicamente bien diversificados; f) patrón de riqueza fuertemente correlacionado con otros taxones, animales o vegetales; g) sensibilidad alta y fidelidad ecológica; h) abundantes, no furtivas, fáciles de encontrar en campo; i) con ciclos de vida cortos, entre otros.

Algunas especies como *Danaus plexxipus plexxipus* (Linnaeus, 1758), pueden cumplir con todos estos criterios; sin embargo, la alteración natural como artificial del hábitat provoca diferentes respuestas en dependencia de las características particulares de cada especie, desde su tamaño, capacidad de dispersión, historia de vida, fenología, el tamaño de la población, ciclos de vida, hábitos alimentarios, entre otras (Andrade,

1998; Orozco, 2006; Pozo & Galindo-Leal, 2006; Bouyer *et al.*, 2007; McGeoch, 2007; Balam-Ballote & León-Cortés, 2010).

El objetivo de este artículo es establecer el estado del arte sobre las mariposas como bioindicadoras ecológicas en México y responder las siguientes preguntas: ¿Cuántas publicaciones abordan el tema de mariposas como bioindicadoras ecológicas en México? ¿Cuáles son las especies identificadas como bioindicadoras ecológicas y en respuesta a que estado de conservación? ¿Qué métodos estadísticos fueron utilizados para establecer la relación entre la especie bioindicadora y el estado de conservación de un área? ¿Cuáles son los aportes bibliográficos que permiten identificar en campo a las especies bioindicadoras de México? y ¿Cómo contribuiría esta información para el diseño de un monitoreo ambiental eficiente? Para lograrlo se revisó la bibliografía disponible y se subdividió en temas de interés. Finalmente se destacan los vacíos de información y se sugieren recomendaciones para estudios posteriores y el uso prudente del concepto de bioindicador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de información enfocada principalmente a las especies de mariposas como bioindicadoras en México, Latinoamérica y en el mundo. Se comenzó con el análisis y revisión de artículos referentes a especies bioindicadoras en México, para ello fueron muy útiles las revisiones bibliográficas de tres documentos compilatorios para este país (Gutiérrez, 2002; Warren, 2005; Vargas-Fernández *et al.*, 2016) y para la zona neotropical (Lamas, 2008; 2021). Para obtener la mayor cantidad de publicaciones, se exploraron diversas bases de datos académicas como Google Scholar (www.scholar.google.com), Academia (www.academia.edu), SciELO (www.scielo.org), Redalyc (www.redalyc.org), ScienceDirect (www.sciencedirect.com), TesiUNAM (www.tesis.unam.mx), utilizando las palabras clave en combinación “bioindicadoras”, “bioindicators”, “Lepidoptera”, “Papilionoidea”, “mariposas”, “butterflies”, “Mexico”, “México”. La búsqueda no tuvo un límite temporal y se consideraron las publicaciones en español, inglés y portugués. De igual forma, se revisaron las citas bibliográficas relevantes de los artículos obtenidos y así se

identificaron y localizaron artículos que no fueron registrados por ningún motor de búsqueda.

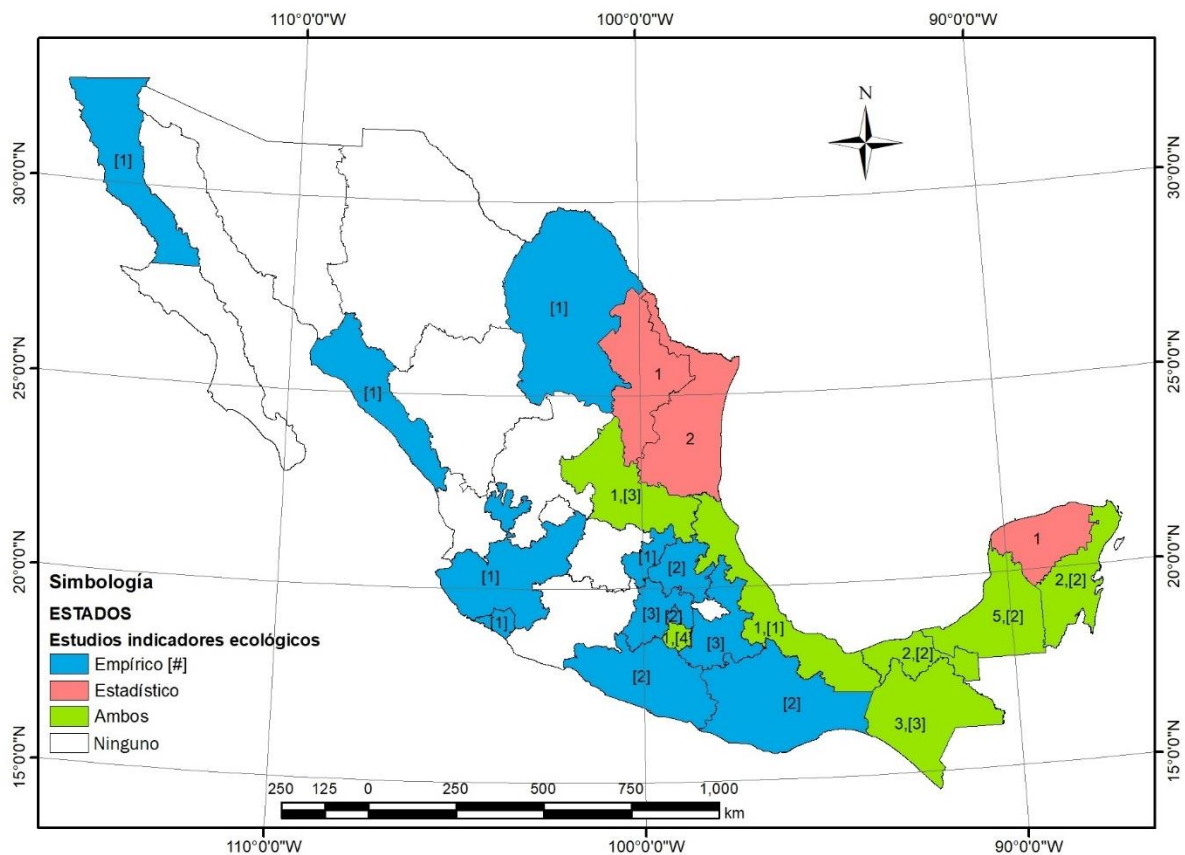
La base de datos se clasificó con el gestor de referencias Mendeley; primero se identificaron los estudios nacionales; posteriormente los documentos se clasificaron por temas: 1) catálogo de especies, cuando el objetivo principal del estudio era realizar un registro de las especies de mariposas en determinada área; 2) ecología de mariposas, estudios que abarcaron patrones de distribución y su relación con otras especies o variables ambientales, de ellos se seleccionaron todos los que mencionaron especies indicadoras y; 3) mariposas como bioindicadoras, estudios cuyo objetivo era fundamentar y documentar las correlaciones entre mariposas y sus variables ambientales, empleando métodos estadísticos y proponiendo especies indicadoras.

Para la compilación de especies bioindicadoras, se corroboró la nomenclatura taxonómica y se actualizó acorde a las listas taxonómicas de referencia publicadas por Vargas *et al.* (2016) para Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, exceptuando la subfamilia Satyrinae; Llorente *et al.* (2006) para Lycaenidae y Riodinidae, y Warren *et al.* (2016) para Hesperidae. Para el cotejo de los nombres de las especies vegetales y su pertenencia a familias botánicas se utilizó la página World Flora Online (WFO, 2022).

RESULTADOS

Se revisaron 219 documentos, 58 estudios mencionan mariposas indicadoras de hábitat y de alteraciones del ambiente en México; de ellos 37 son empíricos, ya que infieren la indicación con base en los resultados de la presencia o ausencia de las especies encontradas, sin un análisis estadístico que relacione las características ambientales con las especies identificadas como indicadoras. Los otros 21 estudios sustentan sus propuestas con base en análisis estadísticos, en su mayoría multivariantes. De estos últimos, solo uno se desarrolló con enfoque de indicadoras ambientales relacionando mariposas con el gradiente de contaminación en áreas

urbanas y suburbanas (Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2021), cuatro son estudios con enfoque de indicadores de diversidad; los dos primeros identifican especies exclusivas de selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias del Golfo de México y la península de Yucatán (Maya-Martínez *et al.*, 2005; Flores-Contreras & Luna-Reyes, 2017); el tercero relaciona especies indicadoras y su fenología con cambios climáticos (Pozo *et al.*, 2008), y el cuarto identifica especies indicadoras de cambios en los gradientes altitudinales desde el matorral submontano y bosque de encino hasta el bosque mesófilo de montaña (Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2019). Los 16 estudios restantes tienen enfoque de bioindicadoras ecológicas, realizados en su mayoría en el sur de México donde destacan los estados de Campeche y Chiapas. En contraste, 31 % de los estados carece de estudios sobre el tema (Fig. 1).



En el Anexo 1 se presenta la lista con 179 especies de mariposas bioindicadoras en México, en 16 estudios identifican especies indicadoras de hábitats con disturbio y conservados con base en análisis estadísticos, realizados en los estados de Campeche (Pozo & Galindo-Leal, 2006; Vester *et al.*, 2007; Pozo *et al.*, 2014; Cavanzón-Medrano *et al.*, 2018), Chiapas (Molina-Martínez & León-Cortés, 2006; Balam-Ballote & León-Cortés, 2010; León-Cortés *et al.*, 2019;), Morelos (Legal *et al.*, 2020), Nuevo León (Friesen, 2019), Quintana Roo, Yucatán (Maya-Martínez *et al.*, 2009), San Luis Potosí (Rodríguez, 2021), Tabasco (González-Valdivia *et al.*, 2011b; González-Valdivia *et al.*, 2016), Tamaulipas (Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2017; Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2018) y Veracruz (Raguso & Llorente-Bousquets, 1990). El 65 % de las especies registran alguna información sobre su planta huésped, fitofagia, voltinismo, grado de especialización, tipo de hábitat y ubicación geográfica estatal. El 31 % son especies consideradas únicamente como bioindicadoras de áreas conservadas, 55 % son bioindicadoras de áreas con disturbio y 14 % fueron identificadas en ambas categorías, aunque en diferentes estudios y hábitats (Cuadro 1).

Algunas especies de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae fueron mencionadas como bioindicadoras ecológicas en más de un estudio; las más frecuentes se muestran en la figura 2. En el caso de las especies de las familias Hesperidae, Lycaenidae y Rionidae, se propusieron una sola vez, a excepción del licénido *Eumaeus toxea* (Godart, [1824]), registrado como indicador de disturbio en dos estudios (Anexo 1).

Cuadro 1. Número de especies bioindicadoras ecológicas de la superfamilia Papilionoidea en México. *En diferentes estudios y/o hábitats.

Familia	Bioindicadoras de conservación	Bioindicadoras de áreas con disturbio	De ambas condiciones*	Total
Nymphalidae	26	59	20	105
Pieridae	8	19	4	31
Hesperidae	10	6	1	17
Papilionidae	7	7		14
Lycaenidae	3	6		9
Riodinidae	1	2		3
Total	55	99	25	179

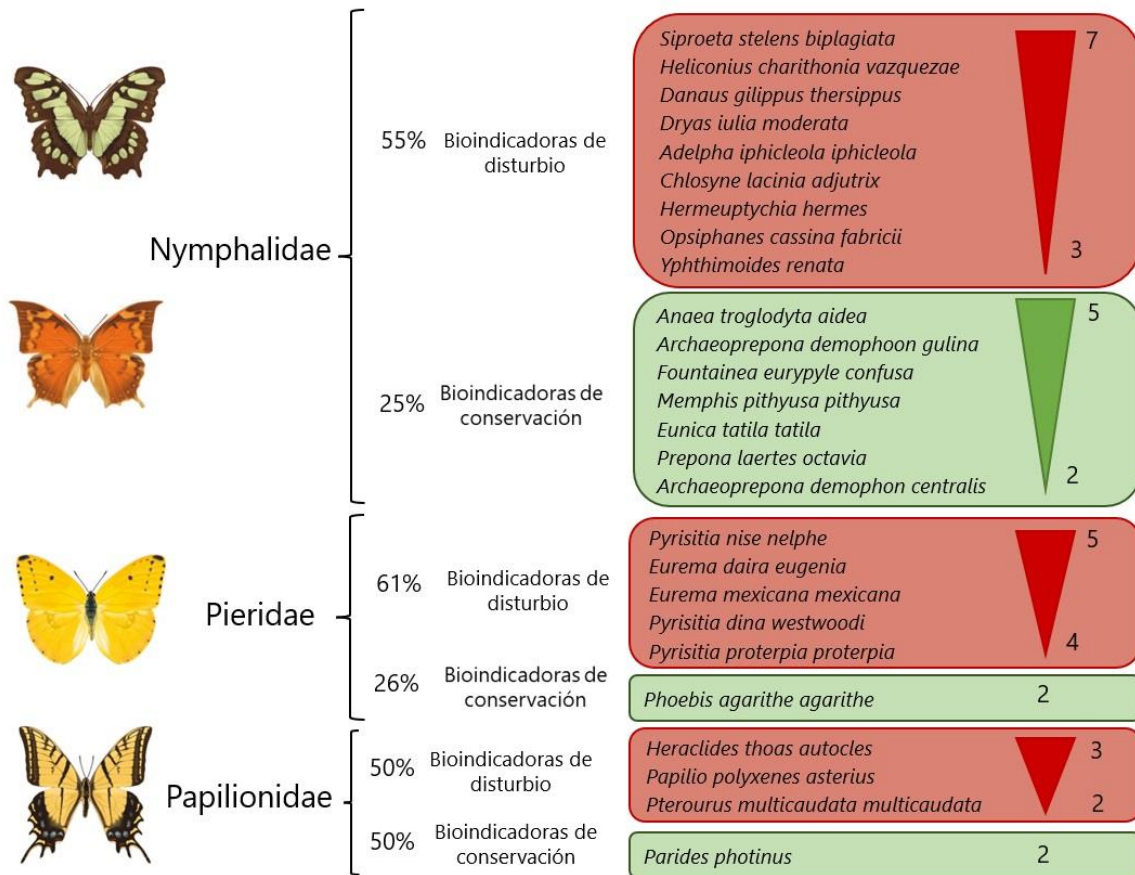


Figura 2. Especies de mariposas mencionadas con mayor frecuencia en la literatura y porcentajes por familia de mariposas bioindicadoras (Área roja = de disturbio; área verde= de conservación).

El 19 % de la familia Nymphalidae, el 13 % de Pieridae y el 6 % de HesperIIDae fueron especies identificadas como indicadores de ambas categorías ambientales (Cuadro 1). En algunos casos podrían haber respondido a preferencias de condiciones de hábitat abierto y no como respuesta al disturbio, por ejemplo *Nathalis iole* Boisduval, 1836, *Danaus plexippus plexippus* (Linnaeus, 1758), *Phoebis philea philea* (Linnaeus, 1763) y *Phoebis sennae marcellina* (Cramer, 1777), consideradas bioindicadoras de conservación en un área abierta, un humedal en una reserva ecológica en Chiapas (León-Cortés *et al.*, 2019); pero bioindicadoras de disturbio en áreas de selvas bajas (Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2017, Legal *et al.*, 2020). Otro caso es *Morpho helenor montezuma* Guenée, 1859 que se consideró indicadora de disturbio en el bosque mesófilo de montaña (Balam-Ballote & León-Cortés, 2010) pero indicadora de conservación en la selva baja subcaducifolia (Pozo & Galindo-Leal, 2006).

Identificar una especie en ambas condiciones sugiere que, aunque puede ser bioindicadora de buen estado de conservación para un hábitat en particular, no la excluye de encontrarse en otro tipo de hábitat con disturbio, siempre que comparta algunas variables ambientales parecidas a las del hábitat conservado o viceversa, como pueden ser condiciones climáticas similares (temperatura y humedad), presencia de plantas huésped, y cercanía a las islas o remanentes de hábitat conservado o de disturbio. Por lo tanto, para seleccionar mariposas bioindicadoras, lo primero es reconocer en cuál hábitat o tipos de vegetación fueron identificadas como tales (Fig. 3) y a partir de ahí, considerar aquellas encontradas en áreas similares a las de interés.

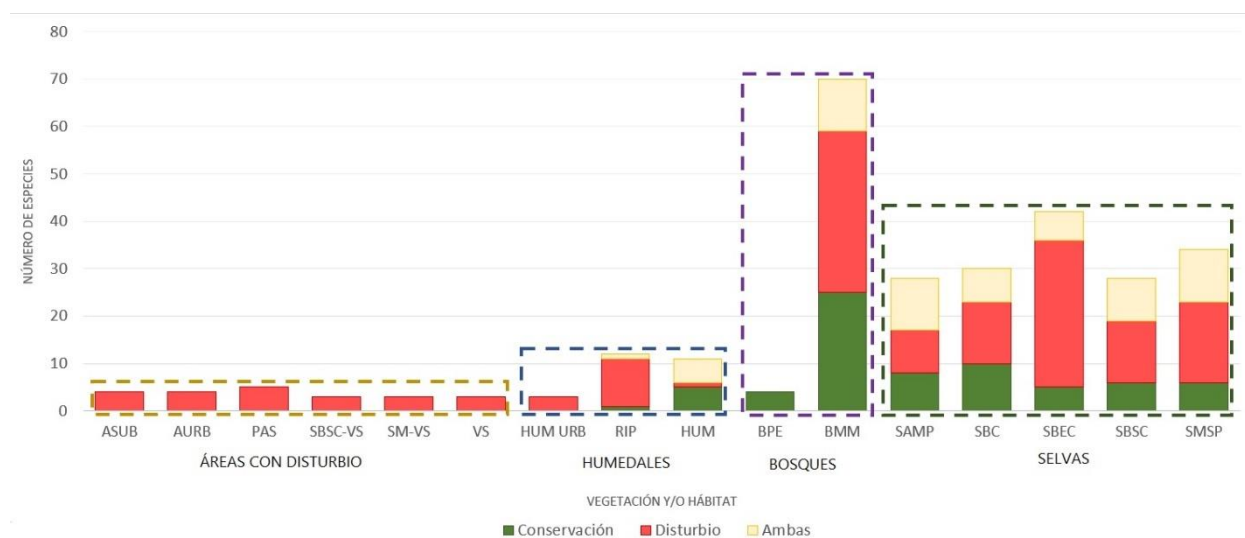


Figura 3. Riqueza de especies bioindicadoras ecológicas registradas por tipo de hábitat en México. ASUB= Área suburbana, AURB= Área urbana, BMM= Bosque mesófilo de montaña, BPE= Bosque de pino encino, HUM= Humedal, HUM URB= Humedal urbano, PAS= Pastizal, RIP= Vegetación riparia, SAMP= Selvas altas y medianas perennifolias, SBC= Selva baja caducifolia, SBEC= Selva baja espinosa caducifolia, SBSC= Selva baja subcaducifolia, SBSC-VS= Selva baja subcaducifolia vegetación secundaria, SMSP= Selva mediana subperennifolia, SM-VS= Selva mediana vegetación secundaria, VS= Vegetación sabanoide.

Las mariposas bioindicadoras de disturbio son las que predominan en casi todos los tipos de vegetación y hábitats; áreas urbanas, pastizales, vegetación sabanoide y secundaria solo registran de disturbio (Fig. 3). Para el bosque de pino-encino (Rzedowski, 2006) sólo hay registro de cuatro especies indicadoras de áreas conservadas, *Pterourus pilumnus* (Boisduval, 1836), *Electrostrymon guzanta* (Schaus,

1902), *Anaea troglodyta aidea* (Guérin-Méneville, [1844]) y *Phyciodes graphica graphica* (R. Felder, 1869). Para humedales, bosque mesófilo (Rzedowski, 2006) y el resto de los tipos de selvas (Miranda & Hernández, 1963) se registraron mariposas indicadoras de conservación, de disturbio o en ambas categorías (Anexo 1).

Tanto el tipo de vegetación como los hábitats en los que ocurren son el componente principal e indicador de las especies bioindicadoras que se pueden encontrar en un ecosistema; sin embargo, existen factores ecológicos, climáticos y temporales ajenos a las especies (como fenómenos meteorológicos, la estación seca o de lluvias) que determinan su presencia. Otras características fundamentales propias de cada especie son el voltinismo, grado de especialización y presencia de plantas huésped.

En las especies bioindicadoras, el voltinismo es una característica relevante ya que asegura que su presencia o ausencia se deba a los parámetros ecológicos con las que se están relacionando y no a una diapausa obligatoria consecuente a su voltinismo. Sin embargo, de las 179 especies bioindicadoras (Anexo 1), solo 26 presentan información de voltinismo, 20 especies se registran multivoltinas, es decir, que es frecuente encontrarlas en cualquier época del año, y seis univoltinas *v. gr.* *Baronia brevicornis brevicornis* Salvin, 1893, *Danaus gilippus thersippus* (H. W. Bates, 1863), *Dryas iulia moderata* (Riley, 1926), *Marpesia chiron marius* (Cramer, 1779), *Siproeta stelens biplagiata* (Fruhstorfer, 1907) y *Parides photinus* (Doubleday, 1844), que solo se encuentran en una estación o periodo. De las 153 especies restantes no se encontró registro de esta característica.

El grado de especialización se reportó en el 39 % de las especies encontradas como bioindicadoras. De las 179 especies que se reportan, 38 son generalistas (nueve en ambientes conservados, 24 de disturbio, cinco en ambas), 28 especialistas (siete en ambientes conservados, 18 de disturbio y tres en ambos), cuatro se clasificaron como generalistas y en otros estudios como especialistas (dos en ambientes conservados: *Astrartes fulgurator azul* (Reakirt, [1867]) y *Anaea troglodyta aidea*, y dos de disturbio:

Euptoieta claudia daunius (Herbst, 1798) y *Agraulis vanillae incarnata* [Riley, 1926]), y en 109 especies no se encontró registro de esta característica (Anexo 1).

Otra característica relevante es el conocimiento de las plantas huéspedes que permite asociar la presencia-ausencia de determinadas especies bioindicadoras a un tipo de hábitat o vegetación. Con base en el Anexo 1, se elaboró un catálogo con las plantas huésped registradas para México, encontrando información solo para 116 especies (Anexo 2). Considerando que las orugas pueden ser polífagas (cuando se alimentan de varias especies de plantas de diferentes familias botánicas), oligófagas (se alimentan de un grupo restringido de especies, usualmente de la misma familia botánica) o monófagas (que dependen de un solo género) (Hernández, 2010; Mulanovich, 2007), se clasificó a 25 especies como monófagas, 48 oligófagas y 43 polífagas (Fig. 4).

Por último, una característica que se es de gran utilidad conocer en las especies bioindicadoras es su tipo de alimentación en estadio imago, ya que permite determinar la técnica de recolecta y muestreo. De las 179 especies citadas en el Anexo 1, 77 son nectarívoras, 51 acimófagas y 16 fueron reportadas para ambos hábitos (Fig. 4). Las técnicas de recolecta están directamente vinculadas con los hábitos alimentarios y con el gradiente altitudinal del sitio de muestreo. De esta forma, si el estudio se realiza en una elevación menor a 1,500 m en ambientes tropicales, lo ideal es la combinación de la red entomológica para especies nectarívoras y las trampas Van Someren-Rydon para especies acimófagas. Además de la red entomológica, es necesario desarrollar métodos que permitan el muestreo en el dosel, ya que existen predominancias para este estrato en este tipo de hábitats, especialmente mariposas riodínidas. Al incrementar la elevación, prevalecen los subtipos templados en los sitios de muestreo; en ellos, el uso de las trampas pierde relevancia (Vargas-Fernández *et al.*, 1992; 1999; DeVries & Walla, 2001; Pozo *et al.*, 2005; Arellano-Covarrubias *et al.*, 2018). En la figura 5, se presenta una propuesta para el muestreo de la fauna, poniendo más énfasis en el registro y estudio de las especies bioindicadoras y las técnicas adecuadas en las diferentes condiciones ambientales y sus pisos altitudinales.

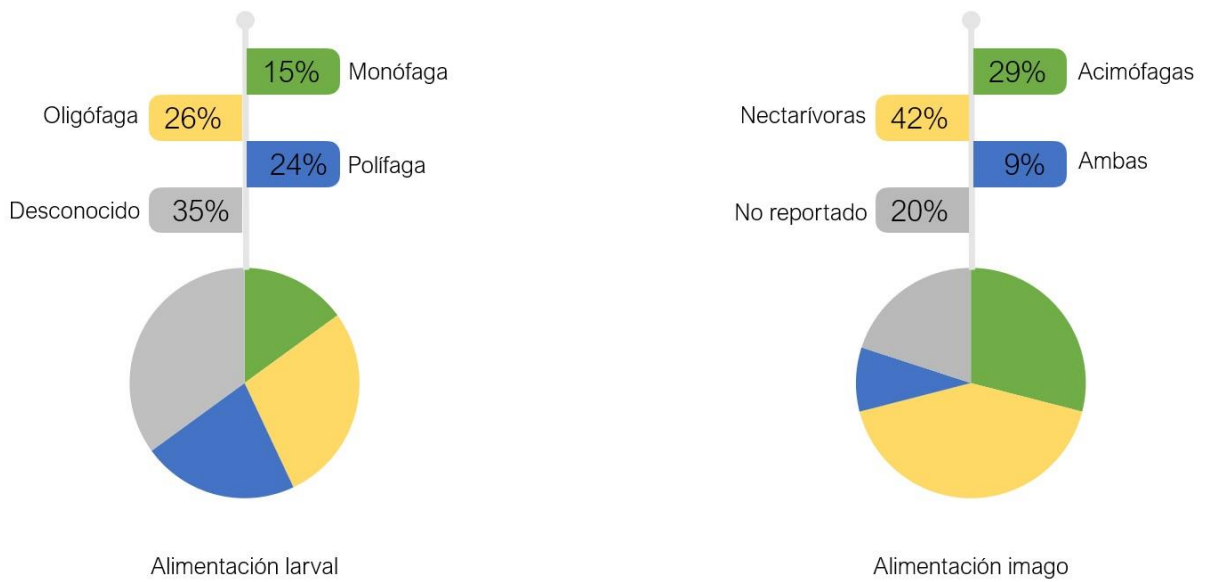


Figura 4. Porcentajes del registro del tipo de alimentación reportada para mariposas en sus estadios larval e imago.

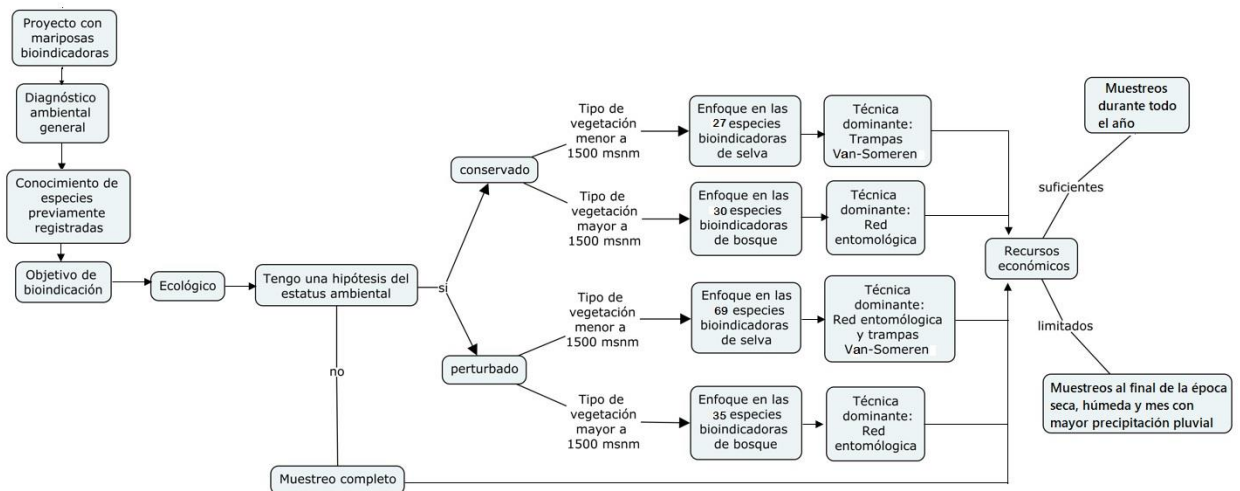


Figura 5. Secuencia sugerida para trabajar con el catálogo de mariposas bioindicadoras del Anexo 1.

Uso de métodos estadísticos para designar especies bioindicadoras

Se identificaron 16 estudios sobre especies bioindicadoras con base en análisis estadísticos. Los métodos estadísticos no multivariados utilizados fueron la ecuación de modelos enzimáticos de Michaelis-Menten (Raguso & Llorente-Bousquets, 1990),

análisis de regresiones lineales simples (Molina-Martínez & León-Cortés, 2006) y pruebas de chi-cuadrada X^2 (Balam-Ballote & León-Cortés, 2010). El 81 % restante utilizó métodos multivariados de ordenación y clasificación para analizar la relación entre los parámetros ecológicos de sitios conservados o con disturbio contra los datos de presencia-ausencia de las especies; se han usado principalmente de ordenación. El análisis canónico de correspondencia (ACC) fue el más utilizado (siete estudios), le sigue el índice de valor de indicador (IndVal) (cuatro estudios) y el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) (tres estudios). Solo dos utilizaron análisis de clasificación, como el método de grupos de pares no ponderados con media aritmética (UPGMA), en combinación con otros tipos de análisis de clasificación, como el NMDS o el ACC (Cuadro 2).

Se debe mencionar que el término “especies indicadoras” ha sido utilizado desde antes del auge de los análisis multivariados, aunque de manera empírica, señalando especies exclusivas a un tipo de vegetación o condición del hábitat. Este conocimiento es un importante antecedente en este campo de investigación. Los 37 estudios empíricos con base en observaciones de presencia/ausencia, sin relacionarlas con parámetros ambientales a través de un análisis estadístico se realizaron en los estados de: Baja California (Brown *et al.*, 1992), Campeche (Pozo & Galindo-Leal 2000; Pozo *et al.*, 2003), Chiapas (Marín *et al.*, 2009; De la Maza, 2010; De la Maza & De la Maza, 2015), Ciudad de México (Luis-Martínez & Llorente-Bousquets, 1990; Guzmán, 2014), Coahuila (Hernández-Jerónimo *et al.*, 2019), Estado de México (Hernández-Mejía *et al.*, 2008; Hernández-Mejía, 2009; Sánchez-Jasso *et al.*, 2019), Guerrero (Vargas-Fernández *et al.*, 1992; Sánchez, 2012; Figueroa-Fernández *et al.*, 2014), Hidalgo (Pérez, 2017; Martínez-Sánchez *et al.*, 2020), Jalisco (Vargas-Fernández *et al.*, 1999), Morelos (De la Maza, 1975; Luna-Reyes *et al.*, 2010, 2012; Legal *et al.*, 2017; De la Maza & De la Maza, 2021b), Oaxaca (Arellano-Covarrubias *et al.*, 2018; Luis-Martínez *et al.*, 2020), Puebla (Barranco, 2016; De la Maza, 2021), Querétaro (Ramírez-Segura & Wallace-Jones, 2017), Quintana Roo (De la Maza & Soberón, 1998; León-Cortés *et al.*, 2003), San Luis Potosí (De la Maza, 1988; De la Maza & White, 1990; Hernández,

2019), Sinaloa (Cárdenas-Lugo *et al.*, 2015), Tabasco (Dénomée, 2010; González-Valdivia *et al.*, 2011a) y Veracruz (Ross, 1967).

Cuadro 2. Análisis estadísticos utilizados para la definición de especies bioindicadoras.

Estudio	Método estadístico utilizado	Especies
Raguso & Llorente-Bousquets (1990)	Pruebas de independencia 2 x 2 G.	51
Molina-Martínez & León-Cortés (2006)	Transformaciones logarítmicas y regresiones lineales simples.	6
Pozo & Galindo-Leal (2006)	Análisis de un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), análisis canónico de coordenadas principales (CAP) y análisis de correspondencia canónica (ACC).	39
Vester <i>et al.</i> (2007)	Análisis multivariantes de permutaciones no paramétricas (ANOVA), análisis permutacional de dispersiones multivariantes (PERMDISP), análisis permutacional de varianzas multivariantes (PERMANOVA) y análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).	7
Maya-Martínez <i>et al.</i> (2009)	Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA), análisis de correspondencia canónica (ACC) y diagramas de ordenación.	7
Balam-Ballonte & León-Cortés (2010)	Pruebas de X^2 , ANOVA y análisis de correlación.	63
González-Valdivia <i>et al.</i> (2011b)	Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), análisis de apareamiento de medias aritméticas no ponderadas (UPGMA), método de asignación del Valor de indicador o (IndVal) y correlaciones de Pearson.	14
Pozo <i>et al.</i> (2014)	Análisis canónico de coordenadas principales (CAP) y análisis canónico de correspondencia (ACC).	16
González-Valdivia <i>et al.</i> (2016)	Análisis de apareamiento de medias aritméticas no ponderadas (UPGMA), análisis de correspondencia canónica (ACC), análisis de similitud (ANOSIM) y análisis de similitud porcentual (SIMPER).	26
Meléndez-Jaramillo <i>et al.</i> (2017)	Índice de similitud Bray-Curtis y análisis de correspondencia AC.	9

Estudio	Método estadístico utilizado	Especies
Cavanzón-Medrano <i>et al.</i> (2018)	Análisis de escalamiento multidimensional (MDS), análisis con coeficientes de correlación de Spearman y pruebas de Kruskal-Wallis.	1
Meléndez-Jaramillo <i>et al.</i> (2018)	Índice de similitud Bray-Curtis e índice de valor indicador (IndVal).	21
Friesen (2019)	Análisis de correspondencia canónica (ACC).	2
León-Cortés <i>et al.</i> (2019)	Regresiones logísticas múltiples, análisis de correspondencia canónica (ACC) y análisis de especies indicadoras, valor de indicador o (IndVal).	39
Legal <i>et al.</i> (2020)	Redes neuronales artificiales, mapas de algoritmos autoorganizados (SOM) y análisis cladísticos.	30
Rodríguez (2021)	Análisis de componentes principales (PCA) e índice de valor indicador (IndVal).	15

DISCUSIÓN

Mariposas bioindicadoras en México

La bibliografía sobre mariposas en México es amplia, solo hasta el año 2014, había aproximadamente 2,300 artículos y otros tipos de documentos, como tesis y reportes (Gutiérrez, 2002; Lamas, 2008; Pozo *et al.*, 2014). Para este artículo de revisión se compiló la mayor cantidad de información disponible acerca de mariposas bioindicadoras con un enfoque ecológico, así como acerca de sus hábitos alimentarios y aspectos ecológicos y fenológicos, ya que de acuerdo con los criterios de selección para especies bioindicadoras, es indispensable el conocimiento que permita establecer claramente cuáles son sus relaciones ecológicas con los demás elementos del ecosistema que habitan (Paoletti, 1999). Sin embargo, tal como se menciona en los resultados, faltan estudios rigurosos, ya que la mayoría (63.8 %) son empíricos, y en muchos casos la definición de especies indicadoras fue circunstancial y no era el objetivo principal del estudio. Las zonas áridas y semiáridas del país son las que más carecen de estudios lepidoptero-faunísticos, especialmente con enfoque de bioindicadoras.

En cuanto a los estudios que sí tenían como objetivo identificar especies bioindicadoras, la mayoría utilizó el ACC, el cual se considera una variación del análisis

de componente principales (PCA) y es uno de los primeros análisis multivariados utilizados en ecología. La desventaja del uso de PCA es que responde mejor a las relaciones lineales entre variables, pero en los ecosistemas hay muchas variables que se interconectan, que son discontinuas, no normales y que tienen influencia en el desarrollo de los seres vivos, por lo que los análisis NMDS, se consideran más adecuados en los estudios de ecología de comunidades (McCune & Grace, 2002). Sin embargo, de los análisis estadísticos registrados, el único que tiene por objeto central identificar especies indicadoras es el IndVal propuesto por Dufrene y Legendre (1997), y que de acuerdo con McGeoch (2007), identifica especies “especializadas” con alta especificidad y fidelidad a una circunstancia o condición; o a especies “generalistas” que abarcan una mayor gama de estadios ecológicos y tienen un nivel intermedio de especificidad (McGeoch, 2007). La finalidad del IndVal, es calcular el valor de asociación de cada especie con un tipo de hábitat particular; cuatro estudios en México lo utilizan y consideran el criterio de grado de conservación para relacionarlas (González-Valdivia *et al.*, 2011b; Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2018; 2019; Whitworth *et al.*, 2018; León-Cortés *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2020; Rodríguez, 2021).

El 86 % de especies bioindicadoras con más estudios se agruparon en las familias Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae, y el 14 % en las familias Hesperidae, Lycaenidae y Riodinidae (Anexo 1). La mayoría de las especies de la familia Hesperidae incumplen con las características que definen a las especies bioindicadoras, como sugieren Andrade (1998), Brown (1991), Holt y Miller (2011), Sánchez (2012) y Pozo *et al.* (2014); esto debido a que presentan una taxonomía muy compleja y sus individuos son difíciles de capturar e identificar en campo, a pesar de ser la familia con mayor riqueza biológica (Warren, 2000); lo anterior las coloca en desventaja al ser poco estudiadas. No obstante, se registraron 18 especies en 13 artículos, siendo *Astrartes fulgurator azul*, *Cogia calchas* (Herrich-Schäffer, 1869) y *Achlyodes pallida* (R. Felder, 1869) las más citadas, en cinco artículos cada una. De igual forma, por localizarse en microhábitats muy específicos y volar en el dosel, la recolecta y observación de muchas especies de la familia Riodinidae, sea difícil, y por ello muchas de las investigaciones faunísticas las registran como poco abundantes

(Arellano-Covarrubias *et al.*, 2018), lo que también descartaría a la mayoría de ellas como bioindicadoras, aun cuando fueron identificadas tres en la presente recopilación (*Calephelis yautepequensis* R. G. Maza & Turrent, 1977, *Emesis emesia* (Hewitson, 1867), *Emesis tenedia* C. Felder & R. Felder, 1861). Con respecto a la familia Lycaenidae, se identificaron nueve especies, pero al igual de Hesperidae, la mayoría incumple con el criterio de fácil identificación.

Otra explicación de los porcentajes de representatividad de cada familia podría estar relacionado con su tamaño. Pozo (2006) encontró una tendencia en Calakmul, Campeche, en donde las especies pequeñas suelen ser univoltinas, y las de mayor tamaño multivoltinas. Respecto a esto, algunos autores (Gilbert & Singer, 1975; Kitahara & Fujii, 1994; 2005; Nylin, 2009) sugieren una relación directa entre las especies multivoltinas y generalistas vs. univoltinas y especialistas, debido a que las multivoltinas, al ser generalista tiene recursos a lo largo de todo el año, y las univoltinas son especialistas temporales, pues los recursos de los que depende son efímeros y muy estacionales (Kitahara & Fujii, 1994). Por lo tanto, se podría inferir que el hallazgo de especies univoltinas se presentará cuando existan las condiciones óptimas para su desarrollo, lo que corresponde generalmente en la época de lluvias o al final de ésta. Esta característica resulta relevante para el monitoreo de especies bioindicadoras con la finalidad de identificar los periodos de muestreo, aunque este tipo de información aún es desconocida para el 83 % de las especies de mariposas registradas como bioindicadoras en el Anexo 1.

Las especies bioindicadoras pueden ser especialistas o generalistas en función de los patrones de utilización de recursos en dos aspectos del nicho ecológico (tiempo y alimento). Las mariposas son fitófagas obligadas en su fase larvaria, lo que provoca una relación forzosa con su planta huésped. Pueden ser polífagas, oligófagas o monófagas en función de cuantas especies de plantas utilizan para su desarrollo (Mulanovich, 2007; Hernández, 2010). En los resultados se observó un desconocimiento de la fitofagia larvaria en el 35 % de las especies encontradas. Sin embargo, en algunos casos se reconocen algunas generalidades para incrementar el

conocimiento de éstas, por ejemplo, una mariposa polífaga suele ser considerada generalista (Friesen, 2019) y multivoltina (Shapiro, 1974; Vargas-Fernández *et al.*, 1999); y una monófaga especialista (Montero-A. & Ortiz-P., 2013) y univoltina (Shapiro, 1974; Vargas-Fernández *et al.*, 1999).

El conocimiento de la relación larva-planta huésped permite comprender mejor la dinámica entre comunidades e inferir cómo los cambios en la composición vegetal afectan a las mariposas, y viceversa. El estatus de una comunidad de mariposas refleja, en parte, el de la comunidad vegetal, de forma que la presencia de las especies bioindicadoras está indudablemente influenciada por la presencia, distribución espacial y abundancia de su planta huésped (Montero-A. & Ortiz-P., 2013), aunque existen excepciones como: *Anaea troglodyta aidea*, *Asterocampa leilia* (W. H. Edwards, 1874), *Danaus gilippus thersippus* (H. Bates, 1863), *Eunica tatila tatila* (Herrich-Schäffer, [1855]), *Euptoieta claudia daunius*, *Euptoieta hegesia meridiana* Stichel, 1938, *Memphis pithyusa pithyusa* (R. Felder, 1869), *Phoebis sennae marcellina* y *Zerene cesonia cesonia* (Stoll, 1790), que presentan hábitos migratorios (Pozo *et al.*, 2008; Hobson *et al.*, 2021).

Los imagos presentan dos hábitos alimentarios (nectarívoros y acimófagos), hábito relevante si se pretenden utilizar con fines de monitoreo y con ello realizar diseños de muestreo eficientes. El hábito hidrófilo es una conducta que se da principalmente en machos que requieren alcanzar la madurez sexual (Vásquez *et al.*, 2017), y se presenta tanto en especies nectarívoras como acimófagas. Las especies acimófagas pertenecen a la familia Nymphalidae: subfamilias Satyrinae, Biblidinae, Charaxinae y algunas especies de Nymphalinae (Shapiro, 1974; Vargas-Fernández *et al.*, 1992; Sirua, 2006; Freitas *et al.*, 2014; Martínez-Noble *et al.*, 2015). Este gremio, otorga una ventaja para su estudio, pues al recolectarse con la técnica de la trampa Van Someren-Rydon con base en frutos fermentados, son fácil de censar. La estandarización del uso de esta técnica disminuye el sesgo atribuible al recolector y su pericia con el uso de la red entomológica, y garantiza la representación de su riqueza y abundancia de los especímenes obtenidos. En México, esta técnica de trampeo ha reportado mayor

eficiencia en el bosque tropical subcaducifolio y disminuye conforme al ascenso altitudinal, principalmente hacia los tipos de vegetación templados, en parte debido a una mayor presencia de especies nectarívoras que acimófagas (Shapiro, 1974; Vargas-Fernández *et al.*, 1992).

Más del 50 % de las especies bioindicadoras presentan hábitos acimófagos que facilita su uso en un monitoreo biológico. En el 20 % de las especies que no se observó de manera explícita su tipo de alimentación; algunas generalidades muestran que las familias Hesperidae, Lycaenidae, Papilionidae, Pieridae, Riodinidae y un 50% de las especies de Nymphalidae son nectarívoras (Vargas-Fernández *et al.*, 1992; Freitas *et al.*, 2014). La mayoría de las especies que viven en hábitats templados y de alta montaña son nectarívoras, y el hábito acimófago es típico en mariposas de hábitats tropicales y subtropicales, como sucede del 50 al 75 % de las especies tropicales de Nymphalidae (Hernández-Mejía *et al.*, 2008; Hernández-Mejía, 2009; Freitas *et al.*, 2014; Martínez-Noble *et al.*, 2015).

Uso de especies bioindicadoras: diseño de muestreo

Hay dos posibilidades que determinan el tipo de muestreo. *A priori*, cuando se cuenta con un catálogo previo de mariposas del sitio, y *a posteriori*, cuando se carece de dicha lista. Para realizar un estudio de especies bioindicadoras con conocimiento *a priori*, el primer paso es identificar el o los tipos de vegetación del área de estudio (Brown, 1991; Schulze *et al.*, 2001), posteriormente seleccionar y definir cuáles especies serán el objeto de búsqueda, así como sus plantas huésped (Anexo 2) y hábitos alimentarios de los imagos, esto permitirá identificar los sitios con mayor probabilidad de encontrarlas (Waltz & Covington, 2004). De esta forma, es importante tomar en cuenta la distribución geográfica, los gremios alimentarios y la fenología al momento de diseñar el muestreo. El conocimiento de su fenología facilitará la identificación de la mejor temporada para su recolecta, y los hábitos de vuelo permitirán identificar el estrato de vegetación en el que se debe realizar la búsqueda (Montero, 2014); es decir, conocer el objeto y propósito de búsqueda efficientiza el potencial uso de las especies

bioindicadoras (Fleishman & Murphy, 2009). Así, es posible probar una hipótesis asociando los parámetros ambientales con la presencia o ausencia de las especies bioindicadoras.

En la posibilidad *a posteriori*, la opción es realizar el estudio del hábitat que considere a la comunidad de mariposas y los parámetros ambientales con los que se pretende asociar su presencia para determinar si son bioindicadoras de un ambiente conservado o perturbado. Pozo *et al.* (2005) mencionan que para realizar un estudio de especies bioindicadoras sin conocimiento previo (tipo *a posteriori*), se sugiere que los sitios de muestreo se definan mediante el método de búsqueda dirigida, con el cual los transectos o puntos de muestreo se deberán establecer donde esté la mayor cantidad de plantas en floración, claros con suficiente radiación solar y fuentes naturales o artificiales de humedad. Diversos estudios coinciden en dos épocas para la mejor recolecta de mariposas: a) al final de la época seca y b) al final del periodo de lluvias, lo cual ocurre para la mayor parte de México en los meses de abril-mayo en la época seca, y a los meses de septiembre-noviembre para la época húmeda (Balcázar, 1993; Vargas-Fernández *et al.*, 1999; Pozo *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2020), debido a que la mayoría de las especies univoltinas emergen uniéndose a las multivoltinas, generando un aumento de riqueza en la temporada, aunado a una mayor floración (Luis-Martínez & Llorente-Bosquets, 1990; Vargas-Fernández *et al.*, 1992).

Un muestreo adicional en las semanas más húmedas permitirá identificar los picos poblacionales de determinadas especies de una comunidad. En los estudios sobre riqueza de mariposas se estima que un 20-30 % corresponde a especies con registro único o especies raras, con cinco o menos ejemplares (Pozo & Galindo-Leal, 2006; Pozo *et al.*, 2008), las cuales son omitidas en los análisis estadísticos para la identificación de especies bioindicadoras, debido a su alta probabilidad de variación mensual o anual; aunque sí son consideradas para los cálculos de índices de diversidad generales (Lang & Bühler, 2012). Los registros históricos permiten identificar patrones anómalos, como ausencias, explosiones de poblaciones o presencias intermitentes anuales (Nowicki *et al.*, 2008; Dennis *et al.*, 2013; De la Maza,

2021b), derivados de algún fenómeno natural o disturbio atribuible al cambio climático o al cambio de uso de suelo; aunque en muchos casos, estas variaciones poblacionales suceden por razones aún desconocidas (Lang & Bühler, 2012). Por lo tanto, es recomendable realizar estudios de especies bioindicadoras de mediano y/o largo plazo (Grøtan *et al.*, 2012), para lo que es recomendable optimizar los recursos económicos y al menos realizar tres muestreos anuales (Graça *et al.*, 2017).

Dependiendo el objetivo de estudio, los parámetros ambientales de asociación que deberán estar incluidos en el muestreo son: a) condiciones del hábitat (cobertura vegetal, especies exóticas, cercanía a área urbanizadas, etc.), aquellas que correspondan a describir un sitio como conservado o con disturbio, b) niveles de contaminación o, c) especies (animales o vegetales) asociadas, que deben estar dentro o muy cercanos al sitio de muestreo (Siddig *et al.*, 2016). En el 25 % de los estudios revisados determinaron empíricamente la magnitud de alteración del ambiente (Raguso & Llorente-Bousquets, 1990; Balam-Ballote & León-Cortés, 2010; Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2018; León-Cortés *et al.*, 2019). Esta situación evidencia otra debilidad en el uso de especies bioindicadoras, que es el planteamiento por parte de los autores, el gradiente de disturbio del sitio. Debido a que algunos estudios pueden reportar hábitat alterados o modificados sin especificar en qué magnitud, al comparar resultados de la biodiversidad de mariposas encontradas en diferentes sitios con características de conservación aparentemente similares, podrían diferir cuando la alteración no es en la misma magnitud, ni tiene el mismo origen o causa.

Los estudios de Brown (1991), Sant'Anna *et al.* (2014) y Lourenço *et al.* (2019) demuestran que las comunidades de mariposas varían gradualmente conforme se amplía el ecotono, y su respuesta es diferente si el cambio de estructura de la vegetación es por causas naturales o antropógenas. El cambio en la composición de la comunidad de mariposas no es estricto con los cambios de hábitat, pero sí se refleja en los cambios de abundancia en dependencia de los requerimientos para su desarrollo (Balam-Ballote & León-Cortés, 2010); lo anterior es otra posible explicación de porqué algunas especies identificadas como indicadoras de sitios conservados, en

otros lugares son indicadores de disturbio. Por lo tanto, tanto para diseños de muestreo *a priori* y *a posteriori*, se sugiere usar una metodología para cuantificar la cantidad o intensidad de disturbio (Martorell & Peters, 2005; Rodríguez, 2021), con el que se pretenda realizar la asociación de bioindicación, y de esta forma tener una mayor claridad de la magnitud del disturbio al momento de comparar hábitats similares.

Pozo *et al.* (2014) proponen una metodología para realizar un monitoreo con mariposas bioindicadoras donde se detalla el proceso de selección para este grupo, así como métodos estadísticos para el análisis de los resultados; sin embargo, no profundiza en la necesidad de determinar el grado de disturbio, lo cual es necesario si se desea que la información resultante sea replicable y se pueda utilizar en otras condiciones ambientales similares en cualquier otro sitio.

Bioindicadoras ecológicas: ¿Conservación, disturbio o ambas?

Definir el grado de disturbio al que se hace referencia puede aclarar situaciones como las que se presentan en los resultados, donde 26 especies se identifican como bioindicadoras de conservación y de disturbio al mismo tiempo. Una primera explicación es que sus registros suceden en condiciones contrastantes de tiempo (estación del año) o condición de la vegetación; la explicación se puede deber a que no se establecieron los mismos criterios para definir el tipo y grado de disturbio que afectaba a cada uno de los hábitats considerados; por ejemplo, donde el sitio de muestreo fue un área de reserva ecológica conservada pero cerca de ambientes urbanos (León-Cortés *et al.*, 2019), esto pudo haber influenciado los resultados del muestreo.

Algunos autores consideran que el incremento de la fragmentación del hábitat beneficia a las especies generalistas o euríticas al registrar el aumento de su población a medida que el hábitat se altera (Waltz & Covington, 2004; Kitahara & Fujii, 2005; Bobo *et al.*, 2006; Molina-Martínez & León-Cortés, 2006), debido a que ocupan una mayor amplitud en uno o varios factores del ambiente, como mayor cantidad de plantas hospederas y/o multivoltinismo (Kitahara & Fujii, 2005; Pérez, 2017), así como

zonas de forrajeo de los imagos en lugares abiertos. En los resultados se observó que un 62 % de las especies generalistas identificadas eran bioindicadoras de áreas con disturbio, pero un 25 % fue indicadora de ambientes conservados, y el 13 % restante fueron relacionadas con ambas condiciones de conservación.

Por el contrario, una especie especialista o estenotópica tiene una amplitud limitada en los factores ambientales en los que vive, como una dieta especializada en su estado larval, o son generalmente univoltinas, con densidades de población bajas y una distribución geográfica reducida. Suelen ser especies de localización difícil y extremadamente sensibles a los cambios ambientales, lo que las hace muy vulnerables a la extinción (Kitahara & Fujii, 2005). Sin embargo, en los resultados se encontró que un 64 % de las especies especialistas identificadas eran bioindicadoras de áreas con disturbio, y solo un 25 % de ambientes conservados.

Aunque en los resultados 109 especies carecen de asignación de especies generalistas o especialistas, las que sí la tienen impiden confirmar con absoluta certeza que una especie generalista corresponda a sitios con disturbio o una especialista a sitios conservados. Holt y Miller (2011) sugieren que las especies bioindicadoras tengan una adaptación moderada a la variabilidad ambiental, pero que su respuesta sea perceptible a los cambios; es decir, que mientras se identifiquen claramente los parámetros de variación y su respuesta, especies especialistas y generalistas pueden funcionar como bioindicadoras ecológicas indistintamente.

Por otro lado, algunas mariposas suelen tener distribución amplia e inclusive ser migratorias, esto hace factible que en hábitats conservados se encuentren individuos característicos de áreas con disturbio, o viceversa, siendo esta una de las razones de la importancia de hacer muestreos anuales y descartar con certeza a las especies migratorias que podrían haberse presentado de manera esporádica o circunstancial en determinado año. Los muestreos anuales también permiten robustecer los índices de bioindicación como el IndVal, y así establecer una hipótesis de bioindicación a mediano o largo plazo.

Prospectiva del uso de bioindicadoras en México

La relevancia de considerar todos los aspectos que permitan explicar la presencia de mariposas bioindicadoras, es para diseñar un sistema de monitoreo que ayude a definir el nivel de alteración o conservación de un hábitat; algunos sistemas de monitoreo en algunos países ya son utilizados con esta finalidad, *v. gr.* Alemania, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Países Bajos, Reino Unido, Suecia y Suiza (Dennis *et al.*, 2013; van Swaay *et al.*, 2015; 2019; Schmucki *et al.*, 2020). Un ejemplo de cómo trabajan estos sistemas es el esquema de monitoreo de mariposas del Museo de Ciencias Naturales de Granollers, Cataluña, España: Catalan Butterfly Monitoring Scheme (CBMS: www.catalanbms.org), el cual funciona con apoyo de la sociedad civil y que mantiene monitoreada una selección de especies de mariposas relevantes caracterizadas por su fácil identificación.

Aun cuando no exista un índice estandarizado de bioindicación con mariposas en México, con programas estadísticos libres como R, se pueden utilizar técnicas de análisis multivariable como el SOM Self-Organizing Maps (Legal *et al.*, 2020), que se basan en el uso de modelos de sistemas conexionistas (conocidos como redes neuronales artificiales), donde a través de la autoorganización se reconocen patrones, y se identifican las relaciones intrínsecas entre éstos y otros estímulos o respuestas, lo que permite el aislamiento de influencias externas potencialmente sesgadas o subjetivas (Yin, 2008). En Europa, se han desarrollado otros paquetes estadísticos como BRCindicadores, que funciona con estimaciones anuales de abundancia o presencia de especies, y las agregan a un valor indicador escalado con intervalos de confianza (Dennis *et al.*, 2019; van Swaay *et al.*, 2019). Existe también el paquete RBMS R Butterfly Monitoring Schemes, cuyo objetivo es facilitar la implementación de métodos estadísticos y matemáticos para calcular índices de abundancia relativa a partir de series de tiempo anuales de conteos de mariposas, considerando los patrones temporales relacionados con su fenología (Comay *et al.*, 2020; Schmucki *et al.*, 2020; 2021).

En México se requiere trabajar en el diseño de un índice que permita analizar e interpretar las tendencias poblacionales de las mariposas bioindicadoras. El uso de este tipo de índices, aplicado a proyectos de monitoreo a mediano y largo plazo, fortalecen las hipótesis de cambio positivo o negativo en un entorno. En este sentido y conociendo su alta sensibilidad a las condiciones meteorológicas, el conocimiento profundo acerca de la fenología de las mariposas puede ser una herramienta que permita identificar otras afectaciones sutiles del cambio climático, además de las evidentes por la pérdida y transformación del hábitat.

Actualmente en el país, es posible avanzar en el desarrollo de herramientas para monitoreo y conservación, utilizando el conocimiento que se tiene de este taxón e identificación de las especies bioindicadoras aquí presentadas, aunado al uso de las megabases de datos disponibles como las del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), y otras plataformas promovidas por organizaciones no gubernamentales como Naturalista (<https://www.naturalista.mx/>), permitiendo avanzar hacia una estandarización de la información y de sus resultados. Lo anterior es una oportunidad para un área de investigación que proponga y estandarice esquemas de monitoreo y se acompañen con índices que permitan entender las tendencias poblacionales de las especies bioindicadoras.

CONCLUSIONES

A pesar de que México contiene aproximadamente el 10 % de la riqueza de Papilionoidea (*sensu lato*) del mundo, son pocos los trabajos en los que se han citado o utilizado sus especies como bioindicadores del estado de conservación de un ambiente, y en general, existe una carencia de investigaciones sobre lepidopterofauna con este enfoque, especialmente en las regiones áridas y semiáridas del país, las cuales se destacan por sus endemismos.

La información recopilada en este artículo es un valioso insumo para el diseño de un sistema monitoreo ambiental con fines de conservación, ya que brinda una orientación

sobre cuáles mariposas son bioindicadoras de conservación y cuáles de disturbio, y en que hábitats.

La mayoría de las especies bioindicadoras ecológicas encontradas (86 %) se agruparon en las familias Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae, que incluyen las especies de mayor tamaño y notoriedad. Los hábitats más estudiados han sido las selvas bajas, medianas y altas, destacando las especies de la familia Nymphalidae, probablemente por la facilidad de la técnica de muestreo utilizada, la trampa Van Someren-Rydon, la cual es altamente efectiva en estos tipos de vegetación.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a la Dra. María del Carmen Pozo por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar este manuscrito. Al CONACYT por la beca doctoral (no. 774086) brindada para la elaboración de este artículo. Así como a los revisores anónimos de la revista AZM, ya que la realización de su cuidadosa tarea mejoró sustancialmente este texto.

LITERATURA CITADA

- Abrol, D. P.** (2012) Pollinators as bioindicators of ecosystem functioning. Pp. 509–544. *En: Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. Springer, Dordrecht.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2_16
- Andrade, C. M. G.** (1998) Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad. *Revista Académica Colombiana Ciencias*, 22 (84) 407–421. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/265594873> (consultado 18 enero 2021).
- Arellano-Covarrubias, A., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (2018) Distribución y fenología de la familia Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea) en el bosque tropical subcaducifolio de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 66 (2), 503–558.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33378>
- Badger, D., Kenney, B.** (2006) *Butterflies*. Crestline press. New York, USA, 160 pp.
- Balam-Ballote, Y. R., León-Cortés, J. L.** (2010) Forest management and biodiversity: A study of an indicator insect group in Southern Mexico. *Interciencia*, 35 (7), 526–533. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33914381010> (consultado 07 diciembre 2020).

- Balcázar, L. M. A.** (1993) Butterflies of Pedernales, Michoacán, Mexico, with notes on seasonality and faunistic affinities (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Tropical Lepidoptera Research*, 4 (2), 93–105. Disponible en: <https://journals.flvc.org/troplep/article/view/89924> (consultado 7 enero 2021).
- Barranco, L. M. N.** (2016) Factores que influyen en la diversidad y distribución de lepidópteros en el parque estatal Flor del bosque, Puebla, México. Tesis de Doctorado. IPICYT. San Luis Potosí. Disponible en: <http://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1010/1793> (consultado 17 junio 2021).
- Beccaloni, G. W., Vilorio, Á. L., Hall, S. K., Robinson, G. S.** (2008) *Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies/Catálogo de las plantas huésped de las mariposas neotropicales* (S.E.A, N. H. Museum, and IVIC (Eds.); 1st. Edition. Gorfi, S.A. Zaragoza, España, 536 pp.
- Bobo, K. S., Waltert, M., Fermon, H., Njokagbor, J., Mühlenberg, M.** (2006) From forest to farmland: Butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in Southwestern Cameroon. *Journal of Insect Conservation*, 10 (1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s10841-005-8564-x>
- Bouyer, J., Sana, Y., Samandougou, Y., Cesar, J., Guerrini, L., Kabore-Zougrana, C., Dulieu, D.** (2007) Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional Park: A pilot study. *Biological Conservation*, 138 (1–2), 73–88. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.001>
- Braak, N., Neve, R., Jones, A. K., Gibbs, M., Breuker, C. J.** (2018) The effects of insecticides on butterflies – A review. *Environmental Pollution*, 242, 507–518. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.100>
- Brito, M. M., Ribeiro, D. B., Raniero, M., Hasui, É., Ramos, F. N., Arab, A.** (2014) Functional composition and phenology of fruit-feeding butterflies in a fragmented landscape: Variation of seasonality between habitat specialists. *Journal of Insect Conservation*, 18 (4), 547–560. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9650-8>
- Brown, J. W., Faulkner, D. K., Real, H. G.** (1992) *Butterflies of Baja California: faunal survey, natural history, conservation biology*. Lepidoptera Research Foundation, California, USA, 129 pp.
- Brown, K. S., Freitas, A. V. L.** (2000) Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. *Biotropica*, 32 (4b), 934–956. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>
- Brown, J. K. S.** (1991) Conservation of neotropical Environments: Insects as indicators. Pp. 350–401. En: N. M. Collins, J. A. Thomas (Eds.). *The Conservation of insects and their habitats*. Academic Press Limited, London.
- Bryant, S. R., Thomas, C. D., Bale, J. S.** (2002) The influence of thermal ecology on the distribution of three nymphalid butterflies. *Journal of Applied Ecology*, 39 (1), 43–5. <https://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00688.x>
- Cárdenas-Lugo, C. P., León-Cortés, J. L., Angulo-Audeves, J. T.** (2015) Diversidad, distribución y abundancia de mariposas en hábitats costeros de Sinaloa, México (Insecta: Lepidoptera). *SHILAP Revista de Lepidopterología*,

43 (169), 15–26. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45538652002> (consultado 27 abril 2021).

- Cavanzón-Medrano, L. E., Machkour-M'Rabet, S., Chablé-luit, L. R., Pozo, C., Hénaut, Y., Legal, L.** (2018) Effect of climatic conditions and land cover on genetic structure and diversity of *Eunica tatila* (Lepidoptera) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Diversity*, 10 (79), 1–18.
<https://doi.org/10.1023/A:1023039921916>
- Cleary, D. F. R.** (2009) Assessing the use of butterflies as indicators of logging in Borneo at three taxonomic levels. *Journal of Economic Entomology*, 97 (2), 429–435.
<https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.429>
- Comay, O., ben Yehuda, O., Benyamini, D., Schwartz-Tzachor, R., Pe'er, I., Melochna, T., Pe'er, G.** (2020) Analysis of monitoring data where butterflies fly year-round. *Ecological Applications*, 30 (8), 1–17.
<https://doi.org/10.1002/eap.2196>
- Corke, D.** (1999) Are honeydew/sap-feeding butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) affected by particulate air-pollution? *Journal of Insect Conservation*, 3 (1), 5–14.
<https://doi.org/10.1023/A:1009670404398>
- Costa, J. T., Pierce, N. E.** (1997) Social evolution in the Lepidoptera: ecological context and communication in larval societies. Pp. 407–442. En: J. C. Choe, B. J. Crespi (Eds.). *The evolution of social behavior in insects and arachnids*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- De la Maza, E. J., De la Maza, E. R.** (2015) La fauna de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) del río Lacantún. Pp. 187–191. En: J. Carabias, J. de la Maza, R. Cadena (Coords.). *Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona, 25 años de actividades y experiencias*. Natura y Ecosistemas mexicanos A.C., México, D.F.
- De la Maza, E. R.** (1975) Notas sobre los lepidópteros de Rancho Viejo y Tepoztlán, Morelos, México. Primera parte: Papilionoidea. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 1 (2), 42–61.
- De la Maza, E. R.** (1988) Notas sobre los Rhopalocera de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México (Lepidoptera). *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 11 (2), 33–59.
- De la Maza, E. R.** (2010) Lepidópteros diurnos. Pp. 179–194. En: G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury, R. Dirzo (Eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. EcoCiencia A.C., CONANP, Fondo de Cultura Económica, CONABIO, Telmex y Telcel, México, D.F.
- De la Maza, E. R.** (2021) Lepidópteros diurnos del área destinada voluntariamente a la conservación (ADVC) Koliijke, Zihuatéutla, Puebla, México. *Publicaciones especiales Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, (3), 78 pp.
- De la Maza, E. R., De la Maza E. J.** (2021a) Identificación de *Dircenna klugii* (Geyer, [1837]) y descripción de dos nuevas especies del neotrópico septentrional (Nymphalidae, Danainae, Ithomiini). *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología (Nueva Serie)*, 8 (2), 36–60.

- De la Maza, E. R., De la Maza, E. J.** (2021b) Las mariposas diurnas de la vertiente norte del cerro frío en Tilzapotla, Morelos, México y su fenómeno de estivación (Lepidoptera-Papilionoidea y Hesperioidea). *Publicaciones especiales Sociedad Mexicana de Lepidopterología (Nueva Serie)*, (5), 3–52.
- De la Maza, E. R., Soberón, J.** (1998) Morphological grouping of Mexican butterflies in relation to habitat association. *Biodiversity and Conservation*, 7 (7), 927–944.
<https://doi.org/10.1023/A:1008877304630>
- De la Maza, E. R., White L. A.** (1990) Rhopalocera de la huasteca potosina, su distribución, composición, origen y evolución. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 13 (2), 31–89.
- Dennis, E. B., Freeman, S. N., Brereton, T., Roy, D. B.** (2013) Indexing butterfly abundance whilst accounting for missing counts and variability in seasonal pattern. *Methods in Ecology and Evolution*, 4 (7), 637–645.
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12053>
- Dennis, E. B., Brereton, T. M., Morgan, B. J. T., Fox, R., Shortall, C. R., Prescott, T., Foster, S.** (2019) Trends and indicators for quantifying moth abundance and occupancy in Scotland. *Journal of Insect Conservation*, 23, 369–380.
<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00135-z>
- Dénomée, P. L.** (2010) La cría de mariposas diurnas y su gestión para la producción de artesanías en la comunidad «Niños Héroe de Chapultepec» Tenosique, estado de Tabasco, México. Tesis de Maestría. Faculté Des Sciences Université De Sherbrooke, Quebec, Canadá.
- DeVries, P. J., Walla, T. R.** (2001) Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74 (1), 1–15.
<https://doi.org/10.1006/bijl.2001.0571>
- Dufrene, M., Legendre P.** (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 (3), 345–366.
<https://dx.doi.org/10.2307/2963459>
- Erhardt, A.** (1985) Diurnal Lepidoptera: sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. *Journal of Applied Ecology*, 22 (3), 849–861.
<https://doi.org/10.2307/2403234>
- Figueroa-Fernández, A. L., Meléndez-Herrada, A., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I.** (2014) Diversity of Diurnal Butterflies (Lepidoptera: Hesperoidea and Papilionoidea) of Laguna Potosí and Surrounding Area, Guerrero, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 39 (1), 57–75.
<https://doi.org/10.3958/059.039.0107>
- Fleishman, E., Murphy, D. D.** (2009) A realistic assessment of the indicator potential of butterflies and other charismatic taxonomic groups. *Conservation Biology*, 23 (5), 1109–1116. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01246.x>
- Flores-Contreras, I., Luna-Reyes, M.** (2017) Diversidad y distribución de cinco familias de Papilionoidea (Lepidoptera) de las selvas altas en la provincia biogeográfica del Golfo de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 33 (2), 211–230.
<https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321062>

- Forsberg, F., Barfod, A. S., Francisco, A. J., Ribeiro, M. C.** (2020) Fruit feeding butterflies as indicator taxon, pitfalls and concerns demonstrated in the Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, 111, 105986. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105986>
- Fraija, F. N., Fajardo, M. G. E.** (2006) Caracterización de la fauna del Orden Lepidoptera (Rhopalocera) en cinco diferentes localidades de los llanos orientales colombianos. *Acta Biológica Colombiana*, 11 (1), 55–68. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27144> (consultado 17 febrero 2022).
- Freitas, A. V. L., Agra, I. C., Pereira, S. J., Oliveira, C. J. Y., Bandini, R. D., Alves, M. D. H., Batista, R. A. H., Marini-Filho, O. J., Mattos, A. G., Uehara-Prado, M.** (2014) Studies with butterfly bait traps: an overview. *Revista Colombiana de Entomología*, 40 (2), 203–212.
- Friesen, R. J.** (2019) Post-fire successional response of Lepidoptera communities in the Sierra Madre Oriental Mountain range. Tesis de Maestría. UANL, Nuevo León, México. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/18021/> (consultado 17 febrero 2022).
- Gerlach, J., Samways, M., Pryke, J.** (2013) Terrestrial invertebrates as bioindicators: An overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17 (4), 831–850. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9565-9>
- Gilbert, L. E., Singer M. C.** (1975) Butterfly Ecology. *Annual Review of ecology and Systematics*, 6 (1), 365–397. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2096836> (consultado 17 febrero 2022).
- González, Z. C., Vallarino, A.** (2014) Los bioindicadores ¿una alternativa real para la protección del medio ambiente? Pp. 21–40. En: C. A. González Z., A. Vallarino, J. C. Pérez J., A. M. Low P. (Eds.). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. Disponible en: <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=22c4f86b89e35a54c9da8a7c090d8650> (consultado 17 febrero 2022).
- González-Valdivia, N. A., Pozo, C., Ochoa, G. S., Dénomée, P. L.** (2011a) *Catálogo de mariposas Rhopalocera diurnas en el ejido Niños Héroe de Chapultepec, Tenosique, Tabasco, México, con potencial de exploración, cría y comercialización*. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR- CONACYT, Tabasco, México, 137 pp.
- González-Valdivia, N., Ochoa-Gaona, S., Pozo, C., Ferguson, B. G., Rangel-Ruiz, L. J., Arriaga-Weiss, S. L., Ponce-Mendoza, A., Kampichler, C.** (2011b) Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. *Revista de Biología Tropical*, 59 (3), 1433–1451. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22017143> (consultado 08 noviembre 2020).
- González-Valdivia, N. A., Pozo, C., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B. G., Cambranis, E., Lara, O., Pérez-Hernández, I., Ponce-Mendoza, A., Kampichler, C.** (2016) Nymphalidae frugívoras (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un ecosistema agropecuario y de bosque tropical lluvioso en un

- paisaje del sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87 (2), 451–464.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.04.003>
- Graça, M. B., Souza, J. L. P., Franklin, E., Morais, J. W., Pequeño, P. A. C. L.** (2017) Sampling effort and common species: Optimizing surveys of understory fruit-feeding butterflies in the Central Amazon. *Ecological Indicators*, 73, 181–188.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.040>
- Grøtan, V., Lande, R., Engen, S., Sæther, B. E., DeVries, P. J.** (2012) Seasonal cycles of species diversity and similarity in a tropical butterfly community. *Journal of Animal Ecology*, 81 (3), 714–723.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01950.x>
- Gutiérrez, V. A. L.** (2002) Síntesis y análisis del conocimiento de los Papilionoideos (Lepidoptera: Papilionoidea) de México. Tesis de licenciatura de Biología, UNAM, México.
- Guzmán, G. J.** (2014) Interacción de predador-presa entre *Phymata fasciata* y *Anartia fatima*, mariposa indicadora de ecosistemas alterados. *Revista de Zoología*, 25, 18–21. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49833377003> (consultado 21 marzo 2021).
- Heikkilä, M., Kaila, L., Mutanen, M., Peña, C., Wahlberg, N.** (2012) Cretaceous origin and repeated tertiary diversification of the redefined butterflies. *Proceedings of the Royal Society*, 279, 1093–1099.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1430>
- Heink, U., Kowarik, I.** (2010) What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators*, 10 (3), 584–593.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.09.009>
- Hernández-Jerónimo, J., García-Vázquez, U. O., Ávalos-Hernández, O., Arellano-Covarrubias, A., Luis-Martínez, M. A., Trujano-Ortega, M.** (2019) Spatial and temporal patterns of diversity of the Lepidoptera (Papilionoidea *sensu lato*) in the Cuatro Ciénegas Basin. Pp. 91–104. *En: F. Álvarez, M. Ojeda (Eds.). Animal Diversity and Biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin*. Springer Nature, Switzerland.
https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-11262-2_7
- Hernández-Mejía, C., Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A.** (2008) Las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) de Malinalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 117–130.
<https://dx.doi.org/10.7550/rmb.5365>
- Hernández-Mejía, B. C.** (2009) Riqueza, distribución y gremios alimentarios de mariposas diurnas de la familia Hesperioidea (Lepidoptera: Hesperioidea), en el sur del estado de México. Tesis de Maestría. UNAM, México. Disponible en:
<http://132.248.9.195/ptd2009/septiembre/0649502/0649502.pdf> (consultado 26 abril 2021).
- Hernández, M. K.** (2010) Selección de mariposas diurnas (Ropalocera: Papilionoidea) con potencial de crianza en una comunidad indígena de la

- Huasteca Potosina. Tesis de Maestría. Posgrado en Recursos bióticos, Facultad de Ciencias Naturales. UAQ. México.
- Hernández, R. M. del R.** (2019) Diversidad y abundancia de mariposas diurnas en la Reserva de la Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa”, San Luis Potosí, México. Tesis de Maestría. UASLP. México. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/5871> (consultado 26 abril 2021).
- Hobson, K. A., Kusack, J. W., Mora-Álvarez, B. X.** (2021) Origins of six species of butterflies migrating through northeastern Mexico: new insights from stable isotope ($\delta^{2}H$) analyses and a call for documenting butterfly migrations. *Diversity*, 13 (102), 12. <https://doi.org/10.3390/d13030102>
- Holt, E. A., Miller, S. W.** (2011) Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*, 3 (10), 8. Disponible en: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/bioindicators-using-organisms-to-measure-environmental-impacts-16821310/> (consultado 17 noviembre 2020).
- Ibarra, J., Rincón-Castro, M. C.** (2015) Mitos y realidades sobre las plantas transgénicas resistentes a insectos. *Acta Universitaria*, 25 (3), 13–23. <https://doi.org/10.15174/au.2015.905>
- Kawahara, A. Y., Plotkin, D., Espeland, M., Meusemann, K., Toussaint, E. F., Donath, A., Gimnich, F., Frandsen, P. B., Zwick, A., dos Reis, M., Barber J. R., Peters R. S., Liu, S., Zhou, X., Mayer, C., Podsiadlowski, L., Storer, C., Yack, J. E., Misof, B., Breinholt, J. W.** (2019) Phylogenomics reveals the evolutionary timing and pattern of butterflies and moths. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116 (45), 22657–22663. <https://doi.org/10.1073/pnas.1907847116>
- Kitahara, M., Fujii, K.** (1994) Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: An analysis based on the concept of generalist vs. specialist strategies. *Population Ecology*, 36 (2), 187–199. <https://doi.org/10.1007/BF02514935>
- Kitahara, M., Fujii, K.** (2005) Analysis and understanding of butterfly community composition based on multivariate approaches and the concept of generalist/specialist strategies. *Entomological Science*, 8 (2), 137–149. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2005.00109.x>
- Lamas, G.** (2008) *Bibliography of butterflies. An Annotated Bibliography of the Neotropical Butterflies and Skippers (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea)*. Revised electronic edition. 576 pp. Disponible en: http://www.ucl.ac.uk/taxome/gbn/Lamas_NeotropBibliog_04ii08.doc (consultado 15 octubre 2021).
- Lamas, G.** (2021) *Bibliography of butterflies. An Annotated Bibliography of the Neotropical Butterflies and Skippers (Lepidoptera: Papilionoidea)* Revised electronic edition. 909 pp. Disponible en: <https://www.butterfliesofamerica.com/docs/Neotropical-Bibliography-2021.pdf> (consultado 13 octubre 2021).

- Lang, A., Bühler, C.** (2012) Estimation of required sampling effort for monitoring the possible effects of transgenic crops on butterflies: Lessons from long-term monitoring schemes in Switzerland. *Ecological Indicators*, 13 (1), 29–36.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.004>
- Lara, A. M. A.** (1999) Riqueza de especies y abundancia relativa de la superfamilia Papilionoidea (Lepidoptera) en un bosque de Quercus, en Huitzilac, Morelos. Tesis de licenciatura Biología, UNAM, México. Disponible en:
<http://132.248.9.195/pd1999/277945/277945.pdf> (consultado 20 diciembre 2021)
- Legal, L., Dorado, O., Albre, J., Bermudez, K., López, K.** (2017) *Mariposas diurnas: Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla* Estado de Morelos, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Trópico Seco Ediciones, 330 pp.
- Legal, L., Valet, M., Dorado, O., de Jesús-Almonte, J. M., López, K., Céréghino, R.** (2020) Lepidoptera are relevant bioindicators of passive regeneration in tropical dry forests. *Diversity*, 12 (6), 15–18.
<https://doi.org/10.3390/D12060231>
- León-Cortés, J. L., Jones, R. W., Gómez-Nucamendi, O. L.** (2003) A preliminary assessment of the butterfly fauna of El Edén Ecological Reserve: Species richness and habitat preferences. Pp. 261–276. *En: The lowland maya area: Three Millennia at the Human-wildland interface*. Haworth Press. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/267303821> (consultado 05 mayo 2022)
- León-Cortés, J. L., Caballero, U., Miss-Barrera, I. D., Girón-Intzin, M.** (2019) Preserving butterfly diversity in an ever-expanding urban landscape? A case study in the highlands of Chiapas, México. *Journal of Insect Conservation*, 23 (2), 405–418.
<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00149-7>
- Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I.** (2006) Apéndice general de Papilionoidea: Lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. Pp. 733–797. *En: J. J. Morrone, J. Llorente-Bousquets (Eds.). Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. C., Warren, A. D.** (2014) Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (SUPPL.), 353–371.
<https://doi.org/10.7550/rmb.31830>
- Lourenço, G. M., Soares, G. R., Santos, T. P., Dáttilo, W., Freitas, A. V., Ribeiro, S. P.** (2019) Equal but different: Natural ecotones are dissimilar to anthropic edges. *PLoS ONE*, 14 (3), e0213008.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213008>
- Lourenço, G. M., Luna, P., Guevara, R., Dáttilo, W., Freitas, A. V. L., Ribeiro, S. P.** (2020) Temporal shifts in butterfly diversity: responses to natural and anthropic forest transitions. *Journal of Insect Conservation*, 24 (2), 353–363.
<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00207-0>

- Luis-Martínez, M., Llorente-Bousquets, J.** (1990) Mariposas en el Valle de México: Introducción e historia 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, D. F. México. *Folia Entomológica Mexicana*, 78, 95–198.
- Luis-Martínez, A., Sánchez, G. A., Ávalos-Hernández, O., Salinas-Gutiérrez, J. L., Trujano-Ortega, M., Arellano-Covarrubias, A., Llorente-Bousquets, J.** (2020) Distribution and diversity of Papilionidae and Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) in Loxicha region, Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 68 (1), 139–155.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.37587>
- Luna-Reyes, M., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A., 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 (2), 315–342. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42516001009> (consultado 15 enero 2021).
- Luna-Reyes, M., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J.** (2012) Mariposas del estado de Morelos, México (Lepidoptera: Papilionoidea). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 623–666.
<https://doi.org/10.7550/rmb.27987>
- Marín, L., León-Cortés, J. L., Stefanescu, C.** (2009) The effect of an agro-pasture landscape on diversity and migration patterns of frugivorous butterflies in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 18 (4), 919–934.
<https://doi.org/10.1007/s10531-008-9540-z>
- Martínez-Noble, J. I., Meléndez-Ramírez, V., Delfín-González, H., Pozo, C.** (2015) Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86 (2), 348–357.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.010>
- Martínez-Sánchez, N., Barragán, F., Gelviz-Gelvez, S. M.** (2020) Temporal analysis of butterfly diversity in a succession gradient in a fragmented tropical landscape of Mexico. *Global Ecology and Conservation*, 21, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00847>
- Martorell, C., Peters, E. M.** (2005) The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation*, 124 (2), 199–207.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.025>
- Maya-Martínez, A., Pozo, C., Mayuc, E.** (2005) Las mariposas (Rhopalocera: Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae) de la selva alta subperennifolia de la región de Calakmul, México, con nuevos registros. *Folia Entomológica Mexicana*, 44 (2), 123–143. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42444204> (consultado 11 enero 2021)
- Maya-Martínez, A., Pozo, C., Schmitter-Soto, J. J.** (2009) Distribution patterns of Charaxinae (Lepidoptera: Nymphalidae) in Yucatan peninsula, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 25 (2), 283–301.
<https://doi.org/10.21829/azm.2009.252625>

- McCune, B., Grace, B. J.** (2002) *Analysis of Ecological Communities*. MjM software design. Oregon, USA, 300 pp.
- McGeoch, M. A.** (2007) Insects and bioindication: Theory and progress. Pp. 144–174. *En: A. J. A. Stewart, T. R. New, O. T. Lewis (Eds.). Insect Conservation Biology: Proceedings of the Royal Entomological Society's 23rd Symposium*, University of Sussex, Falmer, Brighton, United Kingdom.
<https://dx.doi.org/10.1079/9781845932541.0144>
- Meléndez-Jaramillo, E.** (2017) Diversidad de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en una selva baja espinosa caducifolia de condición primaria y secundaria en Victoria, Tamaulipas, Tesis de maestría, UANL, México. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/14140/1/1080242638.pdf> (consultado 17 febrero 2021).
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Estrada-Castillón, A. E., Uvalle-Sauceda, J. I., García-Jiménez, J., Sánchez-Reyes, U. J.** (2017) Mariposas diurnas (Rhopalocera: Papilionidae y Pieridae) en una selva baja espinosa caducifolia de condición primaria y secundaria en Victoria, Tamaulipas, México. *Ecología y Comportamiento Entomología mexicana*, 4, 427–433.
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Sánchez-Reyes, U. J., Herrera-Fernández, B., Estrada-Castillón, A. E.** (2018) Valor indicador de los ninfálidos (Papilionoidea: Nymphalidae) en selva baja espinosa caducifolia del Noreste de México. *Ecología y Comportamiento Entomología Mexicana*, 5, 253–260.
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Sánchez-Reyes, U. J., Sandoval-Becerra, F. M., Herrera-Fernández, B.** (2019) Altitudinal and seasonal distribution of butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) in Cerro Bufo El Diente, Tamaulipas, Mexico. *ZooKeys*, 900, 31–68.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.900.36978>
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Treviño-Garza, E. J., Sánchez-Reyes, U. J., Herrera-Fernández B.** (2021) Composition and diversity of butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) along an atmospheric pollution gradient in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico. *ZooKeys*, 1037, 73–103.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.1037.66001>
- Miranda, F., Hernández-X., E.** (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28, 29–179.
<https://dx.doi.org/10.17129/botsoci.1084>
- Molina-Martínez, A., León-Cortés, J. L.** (2006) Movilidad y especialización ecológica como variables que afectan la abundancia y distribución de lepidópteros papilionidos en el sumidero, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 22 (3), 29–52.
<https://doi.org/10.21829/azm.2006.2232022>
- Montero, R. J. J.** (2014) Estructura y diversidad de especies de una comunidad de mariposas diurnas frugívoras ninfálicas en un bosque secundario avanzado de tierras medias del Caribe de Costa Rica en una dimensión espacial y temporal. *Universidad Latina de Costa Rica*, 1–61.
<https://doi.org/10.13140/2.1.1092.3840>
- Montero-A., F., Ortiz-P., M.** (2013) Aporte al conocimiento para la conservación de las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) en el Páramo del Tablazo,

- Cundinamarca (Colombia). *Boletín científico centro de museos Museo de Historia Natural*, 17 (2), 197–226. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n2/v17n2a17.pdf> (consultado 22 junio 2021).
- Mulanovich, D. C. A. J.** (2007) *Mariposas Guía para el manejo sustentable de las mariposas del Perú*. PROMPEX-IIAP-GTZ, Perú, 101 pp. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/186> (consultado 14 febrero 2021).
- Nylin, S.** (2009) Gradients in butterfly biology. Pp.198–216. *En: J. Settele, T. Shreeve, M. Konvicka, H. Van Dyck (Eds.). Ecology of butterflies in Europe*. Cambridge University Press, London.
- Nowicki, P., Settele, J., Henry, P. Y., Woyciechowski, M.** (2008) Butterfly monitoring methods: The ideal and the real world. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 54 (1), 69–88. <https://doi.org/10.1560/IJEE.54.1.69>
- Orozco, M.** (2006) *Zoo-cría de mariposas diurnas Rhopalocera en bosques húmedos tropicales del oriente antioqueño*. Corporación Autónoma Regional Rionegro CORNARE, Antioquia, Colombia, 25 pp. Disponible en: www.bionica.info/Biblioteca/ConstantinoZoocriaMariposas.pdf (consultado 16 enero 2021).
- Paoletti, M. G.** (1999) Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00027-4)
- Pekin, B. K.** (2013) Effect of widespread agricultural chemical use on butterfly diversity across turkish provinces. *Conservation Biology*, 27 (6), 1439–1448. <https://doi.org/10.1111/cobi.12103>
- Pérez, J. E. B.** (2017) Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) en un gradiente de urbanización en la zona metropolitana de Pachuca, Hidalgo, México. Tesis de licenciatura. UAEH. México. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/231104/1961> (consultado 24 diciembre 2021).
- Peterson, E. M., Shaw, K. R., Smith, P. N.** (2019) Toxicity of agrochemicals among larval painted lady butterflies (*Vanessa cardui*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38 (12), 2629–2636. <https://doi.org/10.1002/etc.4565>
- Pozo, C.** (2006) Los Rhopalocera de la región de Calakmul, Campeche: métodos de estudio, fenología y su uso como indicadores de disturbio. Tesis de doctorado. UNAM, México. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/72878> (consultado 10 diciembre 2020).
- Pozo, C., Galindo-Leal, C.** (2000) *Informe final SNIB-CONABIO del proyecto J112. Inventario y monitoreo de anfibios y mariposas en la Reserva de Calakmul, Campeche*. El Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal. Quintana Roo, México, 25 pp.
- Pozo, C., Galindo-Leal, C.** (2006) Las mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) como indicadores para el monitoreo enfocado a la conservación: la región de Calakmul, como estudio de caso. Pp. 97–126. *En: Los Rhopalocera de la*

- región de Calakmul, Campeche: *Métodos de estudio, fenología y su uso como indicadores de disturbio*. Tesis de Doctorado, UNAM, México.
- Pozo, C., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, M. A., Vargas-Fernández, I., Salas-Suárez, N.** (2005) Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas. Pp. 203–215. *En: J. Llorente, J. J. Morrone (Eds.). Regionalización geográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología sistemática (RIBES XII.I-CYTED)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.bionica.info/biblioteca/Pozo2005.pdf> (consultado 08 enero 2021).
- Pozo, C., Luis-Martínez, M. A., Uc, T. S., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A.** (2003) Butterflies (Papilionoidea and Hesperioidea) of Calakmul, Campeche, México. *The Southwestern Naturalist*, 48 (4), 505–525. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2003\)048<0505:bpahoc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2003)048<0505:bpahoc>2.0.co;2)
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Warren, A. D.** (2008) Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul Region. *Florida Entomologist*, 91 (3), 407–422. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2008\)91\[407:SAPOTB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2008)91[407:SAPOTB]2.0.CO;2)
- Pozo, C., Luis-Martínez, M. A., Salas-Suárez, N., Trujano-Ortega, M., Llorente-Bousquets, J.** (2014) Mariposas diurnas: bioindicadoras de eventos actuales e históricos. Pp. 327–347. *En: C. A. González Z., A. Vallarino, J. C. Pérez J., A. M. Low P. (Eds.), Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. México, D.F.
- Raguso, R. A., Llorente-Bousquets, J.** (1990) The Butterflies (Lepidoptera) of the Tuxtla Mts., Veracruz, Mexico, Revisited: Species-Richness and Habitat Disturbance. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 29 (1–2), 105–133.
- Ramírez-Segura, O., Wallace-Jones, R.** (2017) Lepidópteros diurnos de áreas verdes urbanas de Querétaro, México. *Entomología Mexicana*, 4, 503–508.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P., Vázquez, A. I., Landero, I., Oliva-Rivera, H., Camacho, V. H. M.** (2011) Edible Lepidoptera in Mexico: Geographic distribution, ethnicity, economic and nutritional importance for rural people. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7, 1–22. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-7-2>
- Ribeiro, D. B., Freitas, A. V. L.** (2010) Differences in thermal responses in a fragmented landscape: temperature affects the sampling of diurnal, but not nocturnal fruit-feeding Lepidoptera. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 42, 1–4.
- Rodríguez, L. V. G.** (2021) Lepidópteros diurnos como bioindicadores en sitios con características ambientales contrastantes en el valle de San Luis Potosí. Tesis de maestría. UASLP, México. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/7731> (consultado: 20 junio 2022).
- Ross, G. N.** (1967) A distributional study of the butterflies of the Sierra de Tuxtla in Veracruz, Mexico. Tesis de doctorado. University of Louisiana. USA. Disponible

en: https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_disstheses/1315 (consultado 17 febrero 2021).

- Ruiz-García, N., Méndez-Pérez, B. Y., Velasco-García, M. V., Sánchez-De La Vega, G., Rivera-Nava, J. L.** (2015) Distribución, ciclo biológico y tabla de vida de *Eumaeus toxea* (Lepidoptera: Lycaenidae) en la provincia fisiográfica Costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86 (4), 998–1003. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42542747017> (consultado 12 marzo 2021).
- Rzedowski, J.** (2006) *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf> (consultado 10 febrero 2022).
- Sánchez, G. C. I.** (2012) Mariposas diurnas (Papilionoidea) como indicadores ecológicos del estado de conservación de un área de selva baja caducifolia en la depresión del Balsas, Guerrero, Morelos y Puebla. Tesis de licenciatura. UNAM, México. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/12240> (consultado 11 febrero 2021).
- Sánchez-Jasso, J. M., Rivas-Manzano, I. V.** (2008) Ciclo biológico y hábitos alimentarios de *Dione juno huascuma* (Lepidoptera: Nymphalidae) del Platanar, Malinalco, Estado de México. *Sociedad Mexicana de Entomología*, 99–104. Disponible en: <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2008/BHN/99-104.pdf> (consultado 25 febrero 2021).
- Sánchez-Jasso, J. M., Estrada-Álvarez, J. C., Medina, J. P., Estrada-Fernández, B. Y.** (2019) Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en el paisaje urbano del municipio de Metepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, 1–12. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2659>
- Sant’Anna, C. L. B., Ribeiro, D. B., Garcia, L. C., Freitas, A. V. L.** (2014). Fruit-feeding butterfly communities are influenced by restoration age in tropical forests. *Restoration Ecology*, 22 (4), 480–485. <https://doi.org/10.1111/rec.12091>
- Schmucki, R., Harrower, C. A., Dennis, E. B.** (2021) RBMS: Computing generalized abundance indices for butterfly monitoring count data. R package version 1.1.0. Disponible en: <https://retoschmucki.github.io/rbms/> (consultado 23 junio 2021).
- Schmucki, R., Sevilleja, C., Dennis, E. B., Harrower, C. A., Kazlauskis, K., Rathod, B., van Breda, G., van Breda, J., Van Swaay, C. A. M., Roy, D. B.** (2020) *Tools to support butterfly monitoring and analysis*. Butterfly Conservation Europe. United Kingdom, 36 pp. Disponible en: <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/529525/> (consultado 17 julio 2021).
- Schulze, C. H., Linsenmair, K. E., Fiedler, K.** (2001) Understorey versus canopy: Patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. *Plant Ecology*, 153, 133–152. <https://doi.org/10.1023/A:1017589711553>
- Shapiro, M. A.** (1974) The butterfly fauna of the Sacramento Valley, California. *Journal of Lepidopterist Society*, 13 (2), 73–82.

- Sharma, K., Kumar, A. B., Sharma, G., Valente, D., Pasimeni, M. R., Petrosillo, I., Selvan, T.** (2020) Land use effect on butterfly alpha and beta diversity in the Eastern Himalaya, India. *Ecological Indicators*, 110, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105605>
- Shephard, A. M., Mitchell, T. S., Henry, S. B., Oberhauser, K. S., Kobiela, M. E., Snell-Rood, E. C.** (2020) Assessing zinc tolerance in two butterfly species: consequences for conservation in polluted environments. *Insect Conservation and Diversity*, 13 (2), 201–210.
<https://doi.org/10.1111/icad.12404>
- Siddig, A. A. H., Ellison, A. M., Ochs, A., Villar-Leeman, C., Lau, M. K.** (2016) How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in *Ecological Indicators*. *Ecological Indicators*, 60, 223–230.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.036>
- Sirua, F.** (2006) *Plan de manejo del Centro de Manejo de Vida Silvestre “Awacachi”*. Fundación Sirua- Fauna y Flora Internacional FFI. Quito, Ecuador, 67 pp.
- Solis-Gabriel, L., Mendoza-Arroyo, W., Boege, K., Del-Val, E.** (2017) Restoring lepidopteran diversity in a tropical dry forest: Relative importance of restoration treatment, tree identity and predator pressure. *PeerJ*, 5, 1–15.
<https://doi.org/10.7717/peerj.3344>
- 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 Sciences*, 360, 339–357.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1585>
- Urretabizkaya, N., Vasicek, A., Saini, E.** (2010) *Insectos perjudiciales de importancia agronómica 1. Lepidópteros*. Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria INTA, Buenos Aires, Argentina, 77 pp. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lepidopteros.pdf (consultado 05 enero 2021).
- Van Nieukerken, E. J., Kaila, L., Kitching, I. J., Kristensen, N. P., Lees, D. C., Minet, J., Mitter, C., Mutanen, M., Regier, J. C., Simonsen, T. J., Wahlberg, N., Yen, S.-H., Zahiri, R., Adamski, D., Baixeras, J., Bartsch, D., Bengtsson, B. Å., Brown, J. W., Bucheli, S. R., Zwick, A.** (2011) Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. Pp. 212–221. En: Z.-Q Zhang (Ed.). *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Zootaxa, 3148)*. Magnolia Press, Auckland, New Zealand.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3148.1.41>
- Van Swaay, C., Regan, E., Ling, M., Bozhinovska, E., Fernandez, M., Huertas, B., Phon, C.-K., Korosi, A., Marini-Filho, O. J., Meerman, J., Peer, G., Safián, S., Sam, L., Shuey, J., Taron, D., Terblanche, R., Uehara-Prado, M., Underhill, L.** (2015) *Guidelines for Standardized Global Butterfly Monitoring*. Group on Earth observations biodiversity observation network, GEO BON Technical Series. Leipzig, Germany, 33 pp.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1610.8885>
- Van Swaay, C. A. M., Dennis, E. B., Schmucki, R., Sevilleja, C., Balalaikins, M., Botham, M., Bourn, N., Brereton, T., Cancela, J. P., Carlisle, B., Chambers, P., Collins, S., Dopagne, C., Escobés, R., Feldmann, R.,**

- Fernández-García, J. M., Fontaine, B., Gracianteparaluceta, A., Harrower, C., Harpke, A., Heliölä, J., Komac, B., Kühn, E., Lang, A., Maes, D., Mestdagh, X., Middlebrook, I., Monasterio, Y., Munguira, M. L., Murray, T. E., Musche, M., Öunap, E., Paramo, F., Pettersson, L. B., Piqueray, J., Settele, J., Stefanescu, C., Švitra, G., Tiitsaar, A., Verovnik, R., Warren, M. S., Wynhoff, I., Roy, D. B. (2019) *The EU Butterfly Indicator for Grassland species: 1990-2017: Technical Report*. Butterfly Conservation Europe & ABLE/eBMS, 23 pp.
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (1992) Listado Lepidopterofaunístico de la Sierra de Atoyac de Álvarez en el estado de Guerrero: Notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia Entomológica Mexicana*, 86, 41–178. Disponible en: <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/handle/11154/139869?show=full> (consultado 17 marzo 2021).
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (1999) Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la sierra de Manantlán (250-1,650 m) en los estados de Jalisco y Colima. *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología*, 11, 153.
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J. E., Luis-Martínez, A.** (2016) *Adiciones a la serie Papilionoidea de México: distribución geográfica e ilustración*. Universidad Nacional Autónoma de México, 120 pp.
- Vásquez, B. J., Zárate, G. R., Pinedo, J. J., Ramírez, H. J. J.** (2017) *Manual para la crianza de diez especies de mariposas amazónicas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-UNAP, Lima, Perú, 84 pp.
- Vester, H. F. M., Lawrence, D., Eastman, J. R., Turner, B. L., Calmé, S., Dickson, R., Pozo, C., Sangermano, F.** (2007) Land change in the southern Yucatán and Calakmul biosphere reserve: Effects on habitat and biodiversity. *Ecological Applications*, 17 (4), 989–1003. <https://doi.org/10.1890/05-1106>
- Wagner, D. L.** (2005) *Caterpillars of Eastern North America: A Guide to Identification and Natural History*. Princeton University Press, New Jersey, USA, 510 pp.
- Waltz, A. E. M., Covington, W. W.** (2004) Ecological restoration treatments increase butterfly richness and abundance: Mechanisms of response. *Restoration Ecology*, 12 (1), 85–96. <https://doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00262.x>
- Warren, A. D.** (2000) Hesperioidea (Lepidoptera). Pp. 535–580. En: J. E. Llorente-Bousquets, E. González, S. N. Papavero (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México Vol.II*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Warren, A. D.** (2005) Preliminary list of literature related to mexican butterflies. Listado preliminar de la literatura sobre mariposas mexicanas. Disponible en: <https://www.butterfliesofamerica.com/docs/MM-MEX-LIT.pdf> (consultado 18 noviembre 2020).
- Warren, A. D., Davis K. J., Stangeland, E. M., Pelham, J. P., Willmott, K. R., Grishin, N. V.** (2016) Illustrated list of American butterflies. Disponible en: <https://www.butterfliesofamerica.com/L/All.htm> (consultado 10 mayo 2022)

- WFO** (2022) World Flora Online. Disponible en: <http://www.worldfloraonline.org> (consultado 18 mayo 2022).
- Whitworth, A., Pillco, H. R., González, M. H., Braunholtz, L. D., MacLeod, R.** (2018) Food for thought. Rainforest carrion-feeding butterflies are more sensitive indicators of disturbance history than fruit feeders. *Biological Conservation*, 217, 383–390.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.11.030>
- Yin, H.** (2008) The Self-Organizing Maps: Background, Theories, Extensions and Applications. Pp. 715–762. *En*: J. Fulcher, L. C. Jain (Eds.). *Computational Intelligence: A Compendium*. Springer Berlin, Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-78293-3>

Anexo 1. Bioindicadoras ecológicas de México.

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
HESPERIIDAE (17)										
Eudaminae (5)										
1	<i>Polygonus savigny savigny</i> (Latreille, [1824])	D	A,H,N	D	D	1	1	SMSP-P, SBSC	CAM	12,16,30
2	<i>Astrartes fulgurator azul</i> (Reakirt, [1867])	P	N	D	G,E	1		SBC	MOR	7,18,21,23,30
3	<i>Autochton cellus</i> (Boisduval & Le Conte, [1837])	D	D	D	E		1	ASUB	CHI	6,17
4	<i>Autochton cincta</i> (Plötz, 1882)	M	D	D	E	1		BMM	CHI	6,17,18
5	<i>Cogia calchas</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	M	N	D	G	1		BMM	CHI	6,7,18,21,37
Pyrginae (6)										
6	<i>Bolla brennus brennus</i> (Godman & Salvin, 1896)	D	D	D	D	1		BMM	CHI	6
7	<i>Achlyodes pallida</i> (R. Felder, 1869)	M	N	D	D		1	AURB	CHI	6,18,20,32,37
8	<i>Pyrgus communis communis</i> (Grote, 1872)	O	N	D	G		1	SBC	MOR	7,17,18
9	<i>Pyrgus oileus</i> (Linnaeus, 1767)	O	A,H,N	D	G		1	SBC	MOR	7,18,30
10	<i>Pyrgus philetas</i> W. H. Edwards, 1881	P	N	D	G		1	SBC	MOR	7,18
11	<i>Heliopetes laviana laviana</i> (Hewitson, 1868)	O	A,H,N	D	E	1		SBC	MOR	7,18,30
Heteropterinae (1)										
12	<i>Piruna purepecha</i> Warren & González, 1999	D	D	D	E	1		SBC	MOR	7
Hesperiinae (5)										
13	<i>Copaeodes minima</i> (W. H. Edwards, 1870)	D	D	D	G	1		HUM	CHI	6,7
14	<i>Synapte pecta</i> Evans, 1955	D	N	D	D	1		SBC	MOR	7,30
15	<i>Synapte syraces</i> (Godman, 1901)	D	D	D	E	1		SBC	MOR	7
16	<i>Cymaenes trebius</i> (Mabille, 1891)	D	D	D	G		1	SBC	MOR	7
17	<i>Poanes zabulon</i> (Boisduval & Le Conte, [1837])	D	D	D	E	1		BMM	CHI	6,17
PAPILIONIDAE (14)										
Baroninae (1)										
18	<i>Baronia brevicornis brevicornis</i> Salvin, 1893	M	N,H	U	E		1	SBC	MOR	7,18,20,21, 25,28,29
Papilioninae (13)										
19	<i>Protographium epidaus epidaus</i> (Doubleday, 1846)	P	N,H	D	G		1	VS	CHI	7,11,21,24, 28,37
20	<i>Protesilaus macrosilaus penthesilaus</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	D	D	D	D	1		RIP	CHI	11,14
21	<i>Parides photinus</i> (Doubleday, 1844)	P	N,H	U	D	2		BMM, SBEC	CHI, TAM	1,9,18,21,28,

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
										29,36, 37
22	<i>Heraclides rumiko</i> Shiraiwa & Grishin, 2014*	P	N,H	D	G		1	VS	CHI	11,18,21,24, 28,29,30
23	<i>Heraclides erostratus erostratus</i> (Westwood, 1847)	M	D	D	D	1		SMSP	CHI	11,18,21
24	<i>Heraclides thoas autocles</i> (Rothschild & Jordan, 1906)	P	N,H	D	G		3	BMM, SBEC	CHI,TAM	1,3,9,11,18,21,2 4,26,28,29,37
25	<i>Papilio polyxenes asterius</i> Stoll, 1782	P	N,H	D	G		3	BMM, PAS, VS, HUM	CHI	1,6,11,17,18,28
26	<i>Pterourus alexiaries garcia</i> (Rothschild & Jordan, 1906)	D	D	D	D	1		SBEC	TAM	9
27	<i>Pterourus abderus</i> (Hopffer, 1856)	P	N	D	D	1		SBEC	TAM	9,18,27,29
28	<i>Pterourus electryon</i> (Bates, 1864)	P	N	D	D	1		BMM	CHI	1,18,29,27
29	<i>Pterourus garamas garamas</i> (Geyer, [1829])	P	N	D	D		1	ASUB	SLP	15
30	<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i> (W. F. Kirby, 1884)	P	N,H	D	E		2	SBEC, AURB	TAM,CHI	6,9,17,18, 28,29,32
31	<i>Pterourus pilumnus</i> (Boisduval,1836)	M	D	D	E	1		BPE	NL	3
PIERIDAE (31)										
Dismorphiinae (1)										
32	<i>Dismorphia crisia virgo</i> (H. W. Bates, 1864)	D	D	D	D	1		BMM	CHI	1
Coliadinae (20)										
33	<i>Colias philodice guatemalena</i> Röber, 1909	D	D	D	D		1	HUM URB	CHI	6
34	<i>Zerene cesonia cesonia</i> (Stoll, 1790)	O	N,H	D	G		3	SBEC, HUM URB	CHI, TAM, VER	3,6,7,9, 14,27, 28
35	<i>Anteos clorinde</i> (Godart, [1824])	O	N,H	D	G		1	BMM	CHI	1,17,18,27, 28, 29,30,37
36	<i>Anteos maerula</i> (Fabricius, 1775)	O	N,H	D	E		2	BMM,RIP	CHI,SLP	1,15,17,24, 29, 30,37
37	<i>Phoebis agarithe agarithe</i> (Boisduval, 1836)	O	N,H	D	G	2		BMM, HUM	CHI	1,6,7,17,21, 24,29,32
38	<i>Phoebis argante</i> ssp.	O	A,H,N	D	D		2	SBEC	TAM,VER	9,14,24,29,30
39	<i>Phoebis philea philea</i> (Linnaeus, 1763)	O	A,H,N	D	G	1	3	BMM, SBEC, HUM-C	CHI, TAM, VER	1,6,7,9,14,17, 18,28,30,32
40	<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1777)	P	A,H,N	M	G	1	1	BMM, HUM-C	CHI	1,6,7,17,18,24,2 5,27,28,30,32

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
41	<i>Aphrissa statira statira</i> (Cramer,1777)	P	N	D	D		1	BMM	CHI	1,24
42	<i>Abaeis nicippe</i> (Cramer, 1779)	O	N	D	G		3	BMM, SBEC	CHI, TAM, VER	1,3,7,9,14, 17,18,28,29
43	<i>Pyrisitia dina westwoodi</i> (Boisduval, 1836)	P	A,H,N	M	G		4	BMM, SBEC,RIP	CHI, TAM, VER, SLP	1,7,9,14,15, 25,28,30
44	<i>Pyrisitia lisa centralis</i> (Herrich-Schäffer,1865)	D	N	D	G		2	SBEC	TAM,VER	7,9,14,17,23
45	<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	O	A,H,N	D	G		5	BMM, SBSC, SBEC	CAM,CHI, TAM, VER	1,7,9,12,13,14,2 4,28,30
46	<i>Pyrisitia proterpia</i> (Frabicius, 1775)	O	A,H,N	M	G		4	BMM, SBEC,RIP	CHI, TAM, VER, SLP	1,7,9,14,15,17,2 4,25,28,30
47	<i>Eurema albula celata</i> (R. Felder, 1869)	M	N	D	D		1	BMM	CHI	1,18
48	<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	O	N,H	D	E		2	SBEC	TAM,VER	7,9,14,18,28,29
49	<i>Eurema दौरा</i> (Wallengren, 1860)	O	N,H	D	E		4	BMM, SBEC, SBC	CHI, TAM, VER, MOR	1,7,9,14,17,18,2 4,27,28,29,30
50	<i>Eurema mexicana mexicana</i> (Boisduval, 1836)	O	N,H	D	G		4	BMM, SBEC, PAS	CHI, TAM, VER	1,3,6,7,9,14,17, 27,28,29
51	<i>Eurema salome jamapa</i> (Reakirt, 1866)	P	N,H	D	E	1		BMM	CHI	1,17,27,28,32
52	<i>Nathalis iole</i> Boisduval, 1836	P	N	M	G	1	2	SBEC, HUM-C, SBC	TAM,CHI,	3,6,7,9, 17,25, 28
Pierinae (10)										
53	<i>Hesperocharis graphites graphites</i> H. W. Bates, 1864	D	D	D	D	1		BMM	CHI	6
54	<i>Catasticta flisa flisa</i> (Herrich-Schäffer, [1858])	D	D	M	D	1		BMM	CHI	1,36
55	<i>Catasticta nimbice nimbice</i> (Boisduval,1836)	P	N	D	D		3	BMM, SBEC-D,RIP	CHI,TAM, SLP	1,9,15,18,27, 28,29, 32
56	<i>Catasticta teutila</i> ssp.	O	N	D	G	1		BMM	CHI	1,6,17,27,32
57	<i>Melete lycimnia isandra</i> (Boisduval, 1836)	M	N,H	D	D	1		SBEC	TAM	9,23
58	<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> (Lamas, 1981)	P	N	D	D		1	SMSP, SBSC	CAM	12,18,24,29,30
59	<i>Pontia protodice</i> (Boisduval & Leconte, [1830])	M	N	D	G		1	HUM URB	CHI	6,17,32
60	<i>Leptophobia aripa elodia</i> (Boisduval, 1836)	P	N	M	G	1	2	BMM, PAS-P, ASUB	CHI,SLP	1,6,15,17,18, 25,27, 28,32
61	<i>Itaballia demophile centralis</i> Joicey & Talbot, 1928	D	D	D	D	1		SBEC	TAM	9
62	<i>Ascia monuste monuste</i> (Linnaeus, 1764)	P	N	M	G		2	SBEC	TAM,VER	7,9,14,18, 25,27,28

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
LYCAENIDAE (9)										
Theclinae (5)										
63	<i>Eumaeus toxea</i> (Godart, [1824])	O	N	D	E		2	SMSP,SBSC	CAM	12,13,18,30,33,37
64	<i>Cyanophrys longula</i> (Hewitson, 1868)	D	D	D	E		1	AURB	CHI	6,17
65	<i>Cyanophrys miserabilis</i> (Clench, 1946)	P	N,H	D	E		1	SBC	MOR	7,18,27,28,29
66	<i>Strymon bazochii</i> (Godart, [1824])	D	N	D	D		1	RIP	SLP	15
67	<i>Electrostrymon guzanta</i> (Schaus, 1902)	D	N	D	D	1		BPE	SLP	15
Polyommatae (4)										
68	<i>Leptotes cassius cassidula</i> (Boisduval, 1870)	D	N	D	D		1	RIP	SLP	15
69	<i>Celastrina ladon</i> (Cramer, 1780)	D	D	D	D		1	ASUB	CHI	6
70	<i>Hemiargus ceraunus</i> (Fabricius, 1793)	O	A,H,N	D	G	1		SBC	MOR	7,18,28,30
71	<i>Echinargus isola</i> (Reakirt, [1867])	O	A,H,N	D	G	1		HUM	CHI	3,6,17,27,28,29,30
RIODINIDAE (3)										
Riodininae (3)										
72	<i>Calephelis yautepequensis</i> R. G. Maza & Turrent, 1977	M	N	D	G		1	SBC	MOR	7,28,29,30
73	<i>Emesis emesia</i> (Hewitson, 1867)**	P	N	D	E		1	SBC	MOR	7,18,28,29,30
74	<i>Emesis tenedia</i> C. Felder & R. Felder, 1861	M	N	M	D	1		BMM	CHI	6,28,36
NYMPHALIDAE (106)										
Danainae (4)										
75	<i>Anetia thirza thirza</i> (Geyer, [1833])	M	D	D	D	1		BMM	CHI	6,18
76	<i>Danaus eresimus montezuma</i> Talbot, 1943	O	N	D	E		1	SBSC-VS	MOR	7,18,21,24,28,29
77	<i>Danaus gilippus thersippus</i> (H. W. Bates, 1863)	O	N	U	E		3	BMM, SBC	CHI, MOR	1,3,7,17,18,24,26,27,28,29,30,32,36
78	<i>Danaus plexippus plexippus</i> (Linnaeus, 1758)	O	N	D	E	1	3	BMM, HUM-C, SBC	CHI, MOR	1,3,6,7,17,21,26,27,28,29,32
Ithomiinae (7)										
79	<i>Mechanitis polymnia lycidice</i> H. Bates, 1864	D	D	D	D		1	BMM	CHI	1
80	<i>Napeogenes tolosa tolosa</i> (Hewitson, 1855)	O	A,N	D	D	2		SAMP	TAB	4,5,24
81	<i>Oleria paula</i> (Weymer, 1883)	D	N	D	D	2		SAMP	TAB	4,5,23

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
82	<i>Dircenna klugii klugii</i> (Geyer, 1837)	M	N	M	D	1	1	BMM	CHI	1,6,18,21,26,36
83	<i>Pteronymia cotyto cotyto</i> (Guérin-Ménéville, [1844])	D	D	D	D		1	SAMP	TAB	4
84	<i>Hypoleria lavinia cassotis</i> (H. W. Bates, 1864)	D	D	D	D	1		BMM	CHI	1
85	<i>Greta annette annette</i> (Guérin-Ménéville, [1844])	D	D	M	D	1		BMM	CHI	1,36
	Morphinae (6)									
86	<i>Morpho helenor montezuma</i> Guenée, 1859	D	A	D	D	2	2	BMM-P, SMSP, SBSC	CHI, CAM, TAB	1,5,12,13,30
87	<i>Morpho luna</i> Butler, 1869	P	A,H	M	D	1		SAMP	TAB	5,24,25,28,29
88	<i>Caligo uranus</i> Herrich-Schäffer, 1850	P	A	D	D	2	1	BMM, SAMP-C	CHI, TAB	1,4,5,24
89	<i>Opsiphanes boisduvallii</i> Doubleday, [1849]	O	A	D	D		1	SBEC	TAM	10,21,24,28,29
90	<i>Opsiphanes cassina fabricii</i> (Boisduval, 1870)	O	A	D	D		3	SAMP	TAB, CAM	4,5,12,18,24,30
91	<i>Opsiphanes quiteria quirinus</i> Godman & Salvin, 1881	O	A	D	D		1	SMSP	CAM	12,23,24
	Satyrinae (14)									
92	<i>Oxeoschistus hilara hilara</i> (H. W. Bates, 1865)	D	D	D	D	1		BMM	CHI	6
93	<i>Cepheptychia glaucina</i> (H. W. Bates, 1864)	D	A	D	D		1	SMSP	CAM	12,30
94	<i>Cissia pseudoconfusa</i> Singer, DeVries & P. Ehrlich, 1983	D	A	D	D		1	SMSP	CAM	12,30
95	<i>Cissia similis</i> (A. Butler, 1867)**	D	A	D	D	1	1	SMSP-P, SBSC-C	MOR, CAM	7,12, 28,29,30
96	<i>Cyllopsis hedemanni hedemanni</i> R. Felder, 1869	D	A	D	D		1	BMM	CHI	1,21
97	<i>Cyllopsis pallens</i> L. D. Miller, 1974	D	A	D	D	1		BMM	CHI	6,21
98	<i>Cyllopsis pyracmon pyracmon</i> (A. Butler, 1867)	P	A	D	D	1		BMM	CHI	6,21,27,29
99	<i>Hermeptychia hermes</i> (Fabricius, 1775)	O	A	M	D		3	SMSP, SBSC, SAMP	CAM, TAB	7,12,13,18,21, 25,27,28,29
100	<i>Pareptychia metalecuca</i> (Boisduval, 1870)	D	A	D	D	1		SAMP	TAB	5,12,30
101	<i>Pareptychia ocirrhoe</i> spp.	D	A	D	D		2	SMSP	CAM	12,13,30
102	<i>Satyrotaygetis satyrina</i> (H. W. Bates, 1865)	D	D	D	D	1		BMM	CHI	1
103	<i>Taygetis thamyra</i> (Cramer, 1779)	D	A	D	D		1	SBSC-VS, SM-VS	CAM	16,30
104	<i>Taygetis virgilia</i> (Cramer, 1776)	D	A	D	D	1	1	SMSP-P, SAMP	CAM, TAB	4,12,30

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
105	<i>Ypthimoides renata</i> (Stoll, 1780)	D	A	D	D		3	SMSP, SM-VS & SBSC-VS	CAM	12,13,16
Charaxinae (12)										
106	<i>Consul electra electra</i> (Westwood, 1850)	M	A	D	D	1	1	SMSP-P, SAMP,SBC	CAM,QROO, YUC	8,12,24,26,37
107	<i>Siderone galanthis</i> ssp.	O	A	D	D	1	1	SMSP-P, SAMP, SBC	CAM,YUC,Q ROO	8,12,18,24,30
108	<i>Anaea troglodyta aidea</i> (Guérin-Ménéville, [1844])	O	A	D	G,E	5		SBSC, SMSP, SBSC, BPE	CAM,QROO, NL	3,8,12,13,16, 17,18,27
109	<i>Fountainea eurypyle confusa</i> (A. Hall, 1929)	M	A	D	D	4		SMSP, SBSC, SAMP,SBC	CAM, QROO	8,12,13, 16,24,37
110	<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	P	A	D	D	3	1	SBSC, SAMP-P, SAMP,SBC	CAM,TAB	5,8,12,13,18,24
111	<i>Memphis hedemanni</i> (R. Felder, 1869)	D	A	D	D	1	1	SMSP,SBSC, SAMP-C, SBC	CAM,YUC,Q ROO	8,12,14
112	<i>Memphis moruus boisduvali</i> (W. Comstock, 1961)	O	A	D	D	2	2	SAMP, SBC-C	TAB,CAM, YUC,QROO	5,8,12,13,24
113	<i>Memphis pithyusa pithyusa</i> (R. Felder, 1869)	P	A,H	D	D	3		SBSC,SMSP	CAM	8,12,13, 30,31,35
114	<i>Archaeoprepona demophon centralis</i> (Fruhstorfer, 1905)	P	A	D	D	2		SAMP, SBC	TAB,CAM, YUC,QROO	5,8,18,24,30
115	<i>Archaeoprepona demophoon gulina</i> (Fruhstorfer, 1904)	O	A	D	D	4		SMSP, SBSC, SAMP	CAM,TAB	5,8,12,13,24
116	<i>Prepona laertes octavia</i> Fruhstorfer, 1905	P	A	D	D	2		SBSC, SAMP, SBC	CAM,QROO YUC	8,12,24
117	<i>Prepona pylene philetas</i> (Fruhstorfer, 1904)	D	A	D	D	1		SMSP	CAM,YUC,Q ROO	8
Bibliidinae (23)										
118	<i>Marpesia chiron marius</i> (Cramer, 1779)	O	N,H	U	D		1	BMM	CHI	1,18,24,30,36

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
119	<i>Marpesia petreus</i> ssp.	P	N,H	D	D		1	BMM	CHI	1,18,21,24,26,28,29,30
120	<i>Biblis hyperia aganisa</i> Boisduval, 1836	M	A,H	D	D	1	3	BMM, SMSP-C, SAMP, SBEC	CAM,CHI, TAB,TAM	1,3,5,10,12,21,24,30,37
121	<i>Mestra dorcas amymone</i> (Ménétriés, 1857)	M	N	D	E		2	BMM, SBEC	CHI,TAM	1,3,10,17,28
122	<i>Catonephele mexicana</i> Jenkins & R. G. Maza, 1985	D	D	D	D		1	SAP	TAB	4
123	<i>Eunica monima</i> (Stol, 1782)	D	A,H	D	D		1	BMM	CHI	1,28
124	<i>Eunica tatila tatila</i> (Herrich-Schäffer, [1855])	D	A	D	D	3		SBSC	CAM	2,12,13
125	<i>Myscelia cyananthe cyananthe</i> C. Felder & R. Felder, 1867	P	A	D	G	1		SBC	MOR	7,28,29
126	<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i> Doubleday, [1848]	D	A	D	D		1	SMSP	CAM	12,30
127	<i>Myscelia ethusa ethusa</i> [Doyère, (1840)]	M	A	D	E	2	1	SMSP, SBSC, SBEC-P	CAM,TAM	3,10,12,13,29,30
128	<i>Nessaea aglaura aglaura</i> (Doubleday, [1848])	D	D	D	D		1	SBSC, SM-VS	CAM	14,16
129	<i>Hamadryas amphinome mexicana</i> (Lucas, 1853)	P	A	M	D		2	SAMP	TAB	4,5,19,24,26,28
130	<i>Hamadryas februa ferentina</i> (Godart, [1824])	P	A	D	D	1	3	BMM-C, PAS, SMSP, SAMP	CAM,CHI, TAB	1,4,5,12,24,26,28,29,30
131	<i>Hamadryas feronia farinulenta</i> (Fruhstorfer, 1916)	P	A	D	D		2	SAMP	TAB	4,5,24,30
132	<i>Hamadryas glauconome glauconome</i> (H. W. Bates, 1864)	O	A	D	E	1	1	SBEC, SBC-C	TAM,MOR	7,10,28,30
133	<i>Hamadryas guatemalena marmarice</i> (Fruhstorfer, 1916)	M	A	D	D	1	2	SBSC, SAMP	CAM, TAB	4,5,12,24,28,30
134	<i>Hamadryas julitta</i> (Fruhstorfer, 1914)	D	A	D	D		1	SMSP	CAM	12,30
135	<i>Hamadryas laodamia saurites</i> (Fruhstorfer, 1916)	D	A	D	D		1	SAMP	TAB	4
136	<i>Epiphile adrasta adrasta</i> Hewitson, 1861	O	A,H	D	G		1	SBEC	TAM	3,10,18,21,29
137	<i>Nica flavilla bachiana</i> (R. G. Maza & J. Maza, 1985)	O	A	D	D		2	SMSP	CAM	12,13,24
138	<i>Temenis laothoe hondurensis</i> Fruhstorfer, 1907	O	A	D	D		1	SMSP,SBSC	CAM	12,18,24
139	<i>Dynamine dyonis</i> Geyer, 1837	O	A	D	D		1	SBEC	TAM	10,24,30,37
140	<i>Dynamine postverta mexicana</i> d'Almeida, 1952	D	D	D	D		1	SAMP	TAB	4
	Limnitiidae (3)									

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
141	<i>Adelpha iphicleola iphicleola</i> (H. W. Bates, 1864)	P	A,H,N	D	D		3	PAS, SAMP	CHI, TAB	1,4,5,29,30
142	<i>Adelpha leuceria leuceria</i> (H. Druce, 1874)	D	N	M	D	1		BMM	CHI	1,36
143	<i>Adelpha pithys</i> (H. W. Bates, 1864)	D	N	D	D	1		BMM	CHI	1
	Apaturinae (3)									
144	<i>Asterocampa leilia</i> (W. H. Edwards, 1874)	D	D	D	D		1	SBEC	TAM	10
145	<i>Doxocopa laure laure</i> (Drury, 1773)	M	A,H,N	D	D		1	SBEC	TAM	10,24,29,30
146	<i>Doxocopa pavon theodora</i> (Lucas, 1857)	M	A,H,N	D	D		1	SBEC	TAM	10,24,30,37
	Nymphalinae (25)									
147	<i>Colobura dirce dirce</i> (Linnaeus, 1758)	P	A	D	D		1	SMSP	CAM	12,24,26,37
148	<i>Historis acheronta acheronta</i> (Fabricius, 1775)	O	A	D	D	1	1	SBSC,SAMP -P	CAM,TAB	5,12,24,37
149	<i>Historis odius dious</i> Lamas, 1995	O	A	D	D		1	SMSP,SBSC	CAM	12,24,35,37
150	<i>Smyrna blomfieldia datis</i> Fruhstorfer, 1908	O	A	D	G	1	1	BMM, SAMP-P	CHI,TAB	1,5,7,17,24, 28,29,37
151	<i>Hypanartia godmanii</i> (H. W. Bates, 1864)	D	D	D	D	1		BMM	CHI	1
152	<i>Nymphalis antiopa antiopa</i> (Linnaeus, 1758)	P	D	M	D	1	1	HUM-C,RIP	CHI,SLP	6,15,19,29,32
153	<i>Vanessa annabella</i> (Field, 1971)	O	D	D	D		1	AURB	CHI	6,18,32
154	<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	D	N	D	D		1	RIP	SLP	15
155	<i>Vanessa virginiensis</i> (Drury, 1773)	P	N,H	D	G		1	BMM	CHI	1,17,28,32
156	<i>Anartia fatima fatima</i> (Fabricius, 1793)	O	N	M	E		2	SBEC, SBC	TAM, MOR	7,10,18,25, 28,29,30
157	<i>Anartia jatrophae luteipicta</i> Fruhstorfer, 1907	P	N	D	E		2	SBEC, SBC	TAM,MOR	7,10,18,24,28, 30
158	<i>Siproeta epaphus epaphus</i> (Latreille, [1813])	O	N,H	D	D		1	BMM	CHI	1,24,28,29,37
159	<i>Siproeta stelens biplagiata</i> (Fruhstorfer, 1907)	O	A,H,N	U	G		7	BMM,SMSP, SBSC, SAMP, SBEC	CHI, CAM, TAB, TAM, MOR	1,5,7,10,12,13,1 6,17,21,24,28,3 0,36
160	<i>Chlosyne erodyle erodyle</i> (H. Bates, 1864)	D	N	D	D		1	BMM	CHI	1,30
161	<i>Chlosyne janais janais</i> (Drury, 1782)	P	N	D	G		2	BMM, SBEC	CHI, TAM	1,3,10,18,24, 26,29, 30
162	<i>Chlosyne lacinia adjutrix</i> Scudder, 1875	P	N	M	G		3	SBEC, BMM, RIP	TAM, SLP	3,6,7,10,15, 17,18,19,28, 29,30,32
163	<i>Anthanassa ardys subota</i> (Godman & Salvin, 1878)	D	N	D	D		1	BMM	CHI	1,30

No.	Especie	F	G.A.	V	G.E.	Bio. ecol.		Hábitat y/o vegetación	Estado	Referencias
						Cons.	Dist.			
164	<i>Anthanassa argentea</i> (Godman & Salvin, 1882)	D	N	D	D		1	SBEC	TAM	10,30
165	<i>Anthanassa drusilla lelex</i> (H. W. Bates, 1864)	D	N	D	D		1	BMM	CHI	1,30
166	<i>Anthanassa otanes otanes</i> (Hewitson, 1864)	D	N	D	D	1		BMM	CHI	6
167	<i>Anthanassa texana texana</i> (W. H. Edwards, 1863)	O	N	M	E		1	SBEC	TAM	3,10,17,25, 27, 28,29,30
168	<i>Eresia phillyra phillyra</i> Hewitson, 1852	D	D	D	D		1	SBEC	TAM	10
169	<i>Phyciodes graphica graphica</i> (R. Felder, 1869)	D	N	D	G	2		HUM, BPE	CHI,SLP	6,7,15
170	<i>Phyciodes mylitta mexicana</i> Godman & Salvin, 1878	O	N	D	G	1		BMM	CHI	3,6
Heliconiinae (9)										
171	<i>Altinote ozomene nox</i> (Bates, 1864)	O	D	D	D		1	BMM	CHI	1,18
172	<i>Agraulis vanillae incarnata</i> (Riley, 1926)	M	N,H	D	G,E		1	BMM	CHI	1,17,18,21,26, 27,28,29,30
173	<i>Dione juno huascuma</i> (Reakirt, 1866)	P	N,H	M	D		1	BMM	CHI	1,21,24,26,27, 28,29,34,36
174	<i>Dione moneta poeyii</i> Butler, 1873	M	N	D	E		2	BMM	CHI	1,6,17,26, 27,28,29
175	<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)	M	N,H	U	D		3	BMM, SMSP, SBSC, SBEC	CAM,CHI, TAM	1,10,12,18,21, 24,28,30,36,37
176	<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> W. Comstock & F. Brown, 1950	M	N	M	D		4	BMM, SMSP, SBSC,RIP	CAM,CHI, SLP	1,11,12,15,18, 24,25,26,28, 29,30,37
177	<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847	M	N	D	D	1	1	SMSP,SBSC, SBEC-C	CAM,TAM	10,12,18, 26,30,37
178	<i>Euptoieta claudia daunius</i> (Herbst, 1798)	P	N	D	G,E		1	SBC	MOR	7,3,18,27,29
179	<i>Euptoieta hegesia meridiana</i> Stichel, 1938	P	N	D	E		2	BMM, SBEC	CHI, TAM	1,7,10,18,28,30

Las listas taxonómicas de referencia utilizada en este trabajo son: Vargas *et al.*, (2016) para Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, exceptuando la subfamilia Satyrinae; Llorente *et al.*, (2006) para Lycaenidae y Riodinidae, además de tomar en cuenta las actualizaciones a la nomenclatura que se han dado en los últimos años; Warren *et al.*, (2016) para Hesperidae.

* registrada en los estudios como *Heraclides cresphontes*.

** registrada como *Vareuptichia similis*.

(F) Fitofagia: M= Monófaga, O= Oligófaga, P= Polífaga, D= Desconocido.

(G.A.) Gremio Alimentario: A= Acimófaga, N= Nectarívora, H= Hidrófila, D= Desconocido.

(V) Voltinismo: U= Univoltino, B= Bivoltino, M= Multivoltino, D= Desconocido.

(G.E.) Grado de especialización: E=Especialista, G=Generalista, D=Desconocido.

(Bio.ecol.) Bioindicador ecológico: Cons.= número de estudios en las que es mencionada la especie como bioindicadora de hábitats conservados

Dist.= número de estudios en las que es mencionada la especie como bioindicadora de hábitats con disturbio.

Hábitat y/o vegetación: AURB= Área urbana, HUM URB= Humedal urbano, ASUB= Área suburbana, HUM= Humedal, PAS= Pastizal, VS= Vegetación sabanoide, RIP= Área riparia, SAMP= Selvas altas y medianas perennifolias, SASP= Selvas altas subperennifolias, SMSP= Selva mediana subperennifolia, SM-VS= Selva mediana con vegetación secundaria, SBEC= Selva baja espinosa caducifolia, SBC= Selva baja caducifolia, SBSC= Selva baja subcaducifolia, SBSC-VS= Selva baja subcaducifolia con vegetación secundaria, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña, BPE= Bosque de Pino Encino (-C= Conservado, -P= Perturbado).

Estado: CAM= Campeche, CHI= Chiapas, MOR= Morelos, NL= Nuevo León, QROO= Quintana Roo, SLP= San Luis Potosí, TAB= Tabasco, TAM= Tamaulipas, VER= Veracruz, YUC= Yucatán.

Referencias: Bioindicadoras ecológicas: 1. Balam-Ballonte & León-Cortés, 2010, 2. Cavanzone-Medrano *et al.*, 2018, 3. Friesen, 2019, 4.

González-Valdivia *et al.*, 2011b, 5. González-Valdivia *et al.*, 2016, 6. León-Cortés *et al.*, 2019, 7. Legal *et al.*, 2020, 8. Maya-Martínez *et al.*, 2009, 9. Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2017, 10. Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2018, 11. Molina-Martínez & León-Cortés, 2006, 12. Pozo & Galindo-Leal, 2006, 13. Pozo *et al.*, 2014, 14. Raguso & Llorente-Bousquets, 1990, 15. Rodríguez, 2021, 16. Vester *et al.*, 2007. Hábitos y plantas hospederas: 17. Barranco, 2016, 18. Beccaloni *et al.*, 2008, 19. Costa & Pierce, 1997, 20. De la Maza, 1976, 21. De la Maza, 2021, 22. De la Maza & De la Maza, 2021a, 23. De la Maza & De la Maza, 2021b, 24. González-Valdivia *et al.*, 2011a, 25. Hernández-Mejía *et al.*, 2008, 26. Hernández, 2010, 27. Lara, 1999, 28. Legal *et al.*, 2017, 29. Luna *et al.*, 2010, 30. Martínez-Noble *et al.*, 2015, 31. Martínez-Sánchez *et al.*, 2020, 32. Ramos-Elorduy *et al.*, 2011, 33. Ruíz-García *et al.*, 2015, 34. Sánchez-Jasso & Rivas-Manzano, 2008, 35. Solís-Gabriel *et al.*, 2017, 36. Vargas *et al.*, 1992, 37. Wagner, 2005.

Anexo 2. Mariposas bioindicadoras ecológicas de México y sus especies vegetales huéspedes en México.

No.	Especie	F	Especies de plantas hospederas (Familias)	Referencias
	HESPERIIDAE (7)			
	Eudaminae (3)			
1	<i>Astrartes fulgurator azul</i> (Reakirt, [1867])	P	<i>Phaseolus coccineus polyanthus</i> (Fabaceae), <i>Rhamnus humboldtiana</i> (Rhamnaceae), <i>Vitex</i> sp., <i>Vitex mollis</i> (Lamiaceae)	3,18,22,23
2	<i>Autochton cincta</i> (Plötz, 1882)	M	<i>Desmodium angustifolium</i> , <i>D. grahamii</i> (Fabaceae)	18
3	<i>Cogia calchas</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	M	<i>Mimosa albida</i> , <i>M. asperata</i> , <i>M. pigra</i> (Fabaceae)	18,22,23
	Pyrginae (4)			
4	<i>Heliopetes l. laviana</i> (Hewitson, 1868)	O	<i>Abutilon hypoleucum</i> , <i>Allowissadula lozanii</i> (Malvaceae)	18
5	<i>Pyrgus c. communis</i> (Grote, 1872)	O	<i>Anoda cristata</i> , <i>Sphaeralcea digitata</i> , <i>Sphaeralcea lindheimeri</i> , <i>Sida</i> sp. (Malvaceae)	18
6	<i>Pyrgus oileus</i> (Linnaeus, 1767)	O	<i>Abutilon</i> sp., <i>Hibiscus</i> sp., <i>Malva</i> sp., <i>Sida acuta</i> , <i>Sida antillensis</i> , <i>Sida salviifolia</i> , <i>Sidalcea malvaeflora</i> (Malvaceae)	18
7	<i>Pyrgus philetas</i> W. H. Edwards, 1881	P	ESI (Malvaceae, Rosaceae)	18
	PAPILIONIDAE (10)			
	Baroniinae (1)			
8	<i>Baronia b. brevicornis</i> Salvin, 1893	M	<i>Acacia cochliacantha</i> (Fabaceae)	18,20,22, 25,28,29
	Papilioninae (9)			
9	<i>Protographium e. epidaus</i> (Doubleday, 1846)	P	<i>Annona cherimola</i> , <i>Annona</i> spp., <i>Rollinia mucosa</i> , <i>Rollinia</i> spp. (Annonaceae), <i>Magnolia mexicana</i> (Magnoliaceae)	18,23,24,28
10	<i>Parides photinus</i> (E. Doubleday, 1844)	P	<i>Aristolochia asclepiadifolia</i> , <i>A. orbicularis</i> , <i>A. pringlei</i> , <i>A. tentaculata</i> (Aristolachiaceae), <i>Acacia</i> sp., <i>Dalea</i> sp., <i>Lysiloma</i> sp. (Fabaceae)	18,22,23, 28,29,36
11	<i>Heraclides rumiko</i> Shiraiwa & Grishin, 2014	P	<i>Casimiroa edulis</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Citrus</i> spp., <i>Ptelea trifoliata</i> , <i>Ruta</i> sp., <i>Zanthoxylum riedelianum</i> (Rutaceae), <i>Esenbeckia berlandieri</i> (Pterobryaceae)	18,24,28,29
12	<i>Heraclides erostratus erostratinus</i> (Vázquez, 1947)	M	<i>Citrus</i> sp. (Rutaceae)	18
13	<i>Heraclides thoas autocles</i> (Rothschild & Jordan, 1906)	P	ESI (Araceae), <i>Persea americana</i> (Lauraceae), <i>Piper amalago</i> , <i>P. auritum</i> , <i>P. arboreum</i> , <i>P. hispidum</i> , <i>P. kerberi</i> , <i>P. marginatum</i> , <i>P. pseudofuliginum</i> , <i>P. tuberculatum</i> (Piperaceae), <i>Citrus aurantiifolia</i> , <i>C. limon</i> , <i>Zanthoxylum americanum</i> , <i>Z. riedelianum</i> , <i>Ptelea trifoliata</i> (Rutaceae)	3,18,22, 23,24,26, 28,29
14	<i>Papilio polyxenes asterius</i> Stoll, 1782	P	<i>Angelica nelsonii</i> , <i>Daucus carota</i> (Apiaceae), ESI (Rutaceae)	18,28
15	<i>Pterourus g. garamas</i> (Geyer, [1829])	P	<i>Persea americana</i> , <i>P. rufescens</i> (Lauraceae), <i>Magnolia macrophylla</i> var. <i>dealbata</i> , <i>Magnolia</i> sp. (Magnoliaceae)	18,27,29

16	<i>Pterourus m. multicaudata</i> (W. F. Kirby, 1884)	P	<i>Fraxinus</i> sp. (Oleaceae), <i>Prunus serotina capuli</i> , <i>P. persica</i> , <i>P. virginiana</i> (Rosaceae), ESI (Salicaceae), <i>Ptelea</i> sp. (Rutaceae)	18,28,29,32
17	<i>Pterourus pilumnus</i> (Boisduval, 1836)	M	<i>Litsea glaucescens</i> (Lauraceae)	3,18
	PIERIDAE (24)			
	Coliadinae (18)			
18	<i>Zerene cesonia cesonia</i> (Stoll, 1790)	O	<i>Amorpha</i> spp., <i>Cassia</i> spp., <i>Coursetia</i> spp., <i>Dalea</i> spp., <i>Desmodium</i> spp., <i>Glycine</i> spp., <i>Medicago</i> spp., <i>Petalostemon</i> spp., <i>Senna</i> spp., <i>Trifolium</i> spp. (Fabaceae)	3,18,27,28
19	<i>Anteos clorinde</i> (Godart, [1824])	O	<i>Acacia</i> sp., <i>Cassia</i> sp., <i>Desmodium</i> sp., <i>Senna spectabilis</i> , <i>Pithecellobium</i> sp., (Fabaceae)	18,23,27,28,29
20	<i>Anteos maerula</i> (Fabricius, 1775)	O	<i>Cassia</i> sp., <i>Senna</i> spp. (Fabaceae)	23,24,29
21	<i>Phoebis a. agarithe</i> (Boisduval, 1836)	O	<i>Inga edulis</i> , <i>Inga</i> sp., <i>Senna multiglandulosa</i> , <i>S. occidentalis</i> , <i>S. obtusifolia</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> (Fabaceae)	22,24,29,32
22	<i>Phoebis argante</i> (Fabricius, 1775)	O	<i>Cassia</i> sp., <i>Inga edulis</i> , <i>Senna</i> sp., <i>Pithecellobium</i> sp. (Fabaceae)	24,29
23	<i>Phoebis p. philea</i> (Linnaeus, 1763)	O	<i>Cassia</i> spp., <i>Inga</i> sp., <i>Senna multiglandulosa</i> , <i>S. occidentalis</i> , (Fabaceae)	18,28,32
24	<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1777)	P	<i>Cassia</i> sp., <i>C. crotalaria</i> , <i>Inga</i> sp. <i>Senna</i> sp., <i>S. occidentalis</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> (Fabaceae), <i>Solanum melongena</i> (Solanaceae)	18,24,25,27,28,32
25	<i>Aphrissa s. statira</i> (Cramer, 1777)	P	<i>Callichlamys latifolia</i> (Bignoniaceae), <i>Calliandra</i> spp., <i>Cassia</i> spp., <i>Dalbergia</i> spp., <i>Senna</i> spp., (Fabaceae)	24
26	<i>Abaeis nicippe</i> (Cramer, 1779)	O	<i>Cassia</i> sp., <i>Chamaecrista fasciculata</i> , <i>C. nictitans</i> , <i>Senna bebecarpa</i> , <i>S. ligustrina</i> , <i>S. marilandica</i> , <i>S. mexicana</i> , <i>S. obtusifolia</i> , <i>S. occidentalis</i> , <i>Phaseolus</i> sp. (Fabaceae)	3,18,22,28,29
27	<i>Pyrisitia dina westwoodi</i> (Boisduval, 1836)	P	<i>Senna</i> spp., <i>Cassia</i> spp. (Fabaceae), <i>Picramnia antidesma fessonia</i> , <i>P. pentandra</i> (Simaroubaceae)	18,25,28
28	<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	O	<i>Cassia</i> spp., <i>Mimosa</i> spp., <i>Senna</i> spp. (Fabaceae)	24,28
29	<i>Pyrisitia p. proterpia</i> (Fabricius, 1775)	O	<i>Acacia</i> spp., <i>Cassia</i> spp., <i>Desmodium</i> spp., <i>Prosopis</i> spp. (Fabaceae)	24,25,28
30	<i>Eurema albula celata</i> (R. Felder, 1869)	M	<i>Picramnia antidesma fessonia</i> (Simaroubaceae)	18
31	<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	O	<i>Cassia</i> sp., <i>Desmodium</i> sp., <i>Senna occidentalis</i> (Fabaceae)	18,28,29
32	<i>Eurema दौरa</i> (Wallengren, 1860)	O	<i>Aeschynomene</i> spp., <i>Desmodium</i> spp., <i>Mimosa pudica</i> , <i>Senna</i> sp., <i>Stylosanthes</i> sp. (Fabaceae)	18,24,27,28,29
33	<i>Eurema m. mexicana</i> (Boisduval, 1836)	O	<i>Acacia</i> sp., <i>Cassia</i> sp., <i>Diphysa</i> sp., <i>Mimosa</i> sp., <i>Robinia</i> sp. (Fabaceae)	3,27,28,29
34	<i>Eurema salome jamapa</i> (Reakirt, 1866)	P	<i>Cassia</i> sp., <i>Desmodium</i> sp., <i>Diphysa robinoides</i> (Fabaceae), <i>Picramnia</i> sp. (Simaroubaceae)	27,28,32
35	<i>Nathalis iole</i> Boisduval, 1836	P	<i>Aster</i> sp., <i>Cosmos bipinnata</i> , <i>Chrysothamnus</i> sp., <i>Dyssodia</i> sp., <i>Ericameria</i> sp., <i>Helenium</i> sp., <i>Lorandersonia</i> sp., <i>Thelesperma</i> sp., <i>Tagetes</i> sp., (Compositae), <i>Stellaria media</i> (Caryophyllaceae).	3,25,28

	Pierinae (6)			
36	<i>Catasticta n. nimbice</i> (Boisduval, 1836)	P	<i>Struthanthus</i> sp. (Loranthaceae), <i>Phoradendron velutinum</i> (Santalaceae)	18,25,29, 27,32
37	<i>Catasticta teutila</i> ssp.	O	<i>Dendrophthora</i> sp., <i>Phoradendron velutinum</i> , <i>Viscum album</i> (Santalaceae)	27,32
38	<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> (Lamas, 1981)	P	<i>Brassica</i> spp. (Brassicaceae), <i>Capparis baducca</i> , <i>Cleome</i> spp., <i>Forchhammeria hintonii</i> (Capparaceae), <i>Cassia</i> sp. (Fabaceae)	18,24,29
39	<i>Pontia protodice</i> (Boisduval & Leconte, 1830)	M	<i>Brassica oleracea</i> (Brassicaceae)	18,32
40	<i>Leptophobia aripa elodia</i> (Boisduval, 1836)	P	<i>Brassica rapa</i> , <i>B. oleracea</i> , <i>Lepidium sativum</i> (Brassicaceae), <i>Tropaeolum majus</i> (Tropaeolaceae)	18,25,27, 28,32
41	<i>Ascia m. monuste</i> (Linnaeus, 1764)	P	<i>Lepidium</i> sp., <i>Brassica</i> sp. (Brassicaceae), <i>Capparis</i> sp. (Capparaceae), <i>Cleome</i> sp. (Cleomaceae), ESI (Brassicaceae)	18,25,27,28
	LYCAENIDAE (5)			
	Theclinae (3)			
42	<i>Eumaeus toxea</i> (Godart, [1824])	O	<i>Dioon spinulosum</i> , <i>Zamia paucijuga</i> , <i>Z. furfuracea</i> , <i>Z. loddigesii</i> (Zamiaceae)	18,23,33
43	<i>Cyanophrys miserabilis</i> (Clench, 1946)	P	<i>Lantana</i> sp., <i>Lippia</i> sp. (Verbenaceae), <i>Rivina humilis</i> (Phytolaccaceae), <i>Caesalpinia mexicana</i> , <i>Parkinsonia aculeata</i> (Fabaceae)	18,27,28,29
44	<i>Strymon bazochii</i> (Godart, [1824])	M	<i>Lantana camara</i> (Verbenaceae)	18
	Polyommatainae (2)			
45	<i>Hemiargus ceraunus</i> (Fabricius, 1793)	O	<i>Acacia</i> sp., <i>Mimosa pigra</i> (Fabaceae)	18,28
46	<i>Echinargus isola</i> (Reakirt, [1867])	O	<i>Acacia angustissima</i> , <i>Albizia</i> sp., <i>Astragalus</i> sp., <i>Dalea</i> sp., <i>Desmodium</i> sp., <i>Indigofera</i> sp., <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Prosopis</i> sp., <i>Trifolium</i> sp., (Fabaceae)	3,27,28,29
	RIODINIDAE (3)			
	Riodininae (3)			
47	<i>Calephelis yautepequensis</i> R. G. Maza & Turrent, 1977	M	<i>Actinomeris tetraptera</i> (Compositae)	28,29
48	<i>Curvie emesia</i> (Hewitson, 1867)	P	<i>Caesalpinia mexicana</i> (Fabaceae), ESI (Ranunculaceae)	18,28,29
49	<i>Emesis tenedia</i> C. Felder & R. Felder, 1861	M	<i>Clematis</i> sp. (Ranunculaceae)	28,36
	NYMPHALIDAE (67)			
	Danainae (4)			
50	<i>Anetia t. thirza</i> (Geyer, [1833])	M	<i>Cynanchum woodsonianum</i> (Apocynaceae)	18
51	<i>Danaus eresimus montezuma</i> Talbot, 1943	O	<i>Asclepias</i> spp., <i>Sarcostemma clausum</i> , <i>Gonolobus</i> sp. (Apocynaceae)	22,24,28,29
52	<i>Danaus gilippus thersippus</i> (H. Bates, 1863)	O	<i>Asclepias curassavica</i> , <i>A. linaria</i> , <i>Nerium</i> sp., <i>Philibertia</i> spp., <i>Stapelia</i> sp., <i>Sarcostemma</i> sp., <i>Vincetoxicum</i> sp. (Apocynaceae)	3,18,24, 26,27,28, 29,32,36
53	<i>Danaus p. plexippus</i> (Linnaeus, 1758)	O	<i>Asclepias</i> sp., <i>A. curassavica</i> , <i>A. linaria</i> , <i>Calotropis</i> sp., <i>Cynanchum</i> sp., <i>Matelea</i> sp., <i>Sarcostemma</i> sp. (Apocynaceae)	3,18,22,26,2 7,28,29,32

	Ithomiinae (2)			
54	<i>Napeogenes t. tolosa</i> (Hewitson, 1855)	O	<i>Lycianthes</i> spp., <i>Solanum</i> spp. (Solanaceae)	24
55	<i>Dircenna k. klugii</i> (Geyer, 1837)	M	<i>Solanum torvum</i> , <i>S. hispidum</i> (Solanaceae)	18,21,26,36
	Morphinae (6)			
56	<i>Morpho helenor octavia</i> H. W. Bates, 1864	O	<i>Erythrina</i> spp., <i>Inga</i> spp., <i>Lonchocarpus</i> spp., <i>Schizolobium parahyba</i> , <i>Swartzia cubensis</i> (Fabaceae)	25
57	<i>Morpho luna</i> Butler, 1869	P	<i>Dialium guianensis</i> , <i>Inga</i> sp., <i>Leucaena esculenta</i> , <i>Lysiloma divaricatum</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> (Fabaceae), <i>Paullinia pinnata</i> (Sapindaceae)	24,25,28,29
58	<i>Caligo uranus</i> Herrich-Schäffer, 1850	P	<i>Chamaedorea</i> spp., <i>Cryosophila stauracantha</i> , <i>Desmoncus orthacanthos</i> , <i>Geonoma pinnatifrons binervia</i> (Arecaceae), <i>Canna indica</i> (Cannaceae), <i>Heliconia</i> spp. (Heliconiaceae), <i>Musa</i> sp. (Musaceae)	24
59	<i>Opsiphanes boisduvallii</i> Doubleday, [1849]	O	<i>Brahea dulcis</i> (Arecaceae)	23,24,28,29
60	<i>Opsiphanes cassina fabricii</i> (Boisduval, 1870)	O	<i>Bactris</i> spp., <i>Chamaedorea</i> spp., <i>Cocos nucifera</i> , <i>Cryosophila stauracantha</i> , <i>Desmoncus orthacanthos</i> (Arecaceae)	18,23,24
61	<i>Opsiphanes quiteria quirinus</i> Godman & Salvin, 1881	O	<i>Chamaedorea oblongata</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Cryosophila argentea</i> , <i>Desmoncus orthacanthos</i> (Arecaceae)	23,24
	Satyrinae (3)			
62	<i>Cissia similis</i> (A. Butler, 1867)	P	<i>Spondias</i> sp. (Anacardiaceae), <i>Ficus</i> sp. (Moraceae), <i>Cynodon</i> sp. (Poaceae), <i>Guazuma</i> sp. (Sterculiaceae)	28,29
63	<i>Cyllopsis p. pyracmon</i> (A. Butler, 1867)	P	ESA (Apocynaceae, Asclepiadaceae), <i>Poa pratensis</i> (Poaceae)	27,29
64	<i>Hermeuptychia hermes</i> (Fabricius, 1775)	O	<i>Eleusine</i> sp., <i>Axonopus</i> sp., <i>Eremochloa</i> sp., <i>Cynodon dactylon</i> (Poaceae)	18,25,27,28,29
	Charaxinae (9)			
65	<i>Siderone galanthis</i> ssp.	O	<i>Casearia commersoniana</i> , <i>C. sylvestris</i> , <i>C. decandra</i> , <i>C. tacanensis</i> , <i>Zuelania guidonia</i> (Salicaceae)	24
66	<i>Anaea troglodyta aidea</i> (Guérin-Ménéville, [1844])	O	<i>Annona</i> spp., <i>Oxandra belizensi</i> , <i>Rollinia mucosa</i> (Annonaceae), <i>Acalypha</i> sp., <i>Croton</i> sp., <i>C. soliman</i> (Euphorbiaceae)	3,18,27
67	<i>Fountainea euryple confusa</i> (A. Hall, 1929)	M	<i>Croton draco</i> , <i>Croton</i> spp. (Euphorbiaceae)	23,24
68	<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	P	<i>Croton</i> spp. (Euphorbiaceae), <i>Aiouea inconspicua</i> , <i>Nectandra</i> spp., <i>Ocotea helicterifolia</i> (Lauraceae)	24
69	<i>Memphis moruus boisduvali</i> (W. Comstock, 1961)	O	<i>Aiouea inconspicua</i> , <i>Nectandra</i> spp., <i>Licaria cervantesii</i> , <i>L. peckii</i> , <i>Ocotea helicterifolia</i> (Lauraceae)	24
70	<i>Memphis p. pithyusa</i> (R. Felder, 1869)	P	<i>Cordia alliodora</i> (Boraginaceae), ESI (Euphorbiaceae)	31,35
71	<i>Archaeoprepona demophon centralis</i> (Fruhstorfer, 1905)	P	<i>Annona</i> spp., <i>Rollinia mucosa</i> , <i>Oxandra maya</i> (Annonaceae), <i>Swartzia cubensis</i> (Fabaceae), <i>Ocotea helicterifolia</i> , <i>Nectandra</i> spp. (Lauraceae)	24
72	<i>Archaeoprepona demophon gulina</i> (Fruhstorfer, 1904)	O	<i>Nectandra</i> spp., <i>Ocotea helicterifolia</i> , <i>Persea</i> spp. (Lauraceae)	24

73	<i>Prepona laertes octavia</i> Fruhstorfer, 1905	P	<i>Liconia platypus</i> (Chrysobalanaceae), <i>Inga</i> spp., <i>Pithecellobium dulce</i> (Fabaceae), <i>Nectandra</i> spp. (Lauraceae), <i>Melicocca bijugatus</i> (Sapindaceae)	24
Bibliidinae (15)				
74	<i>Marpesia chiron marius</i> (Cramer, 1779)	O	<i>Artocarpus integrifolia</i> , <i>Brosimum</i> spp., <i>Broussonetia</i> spp., <i>Ficus</i> spp., <i>Maclura tinctoria</i> , <i>Morus</i> spp. (Moraceae)	18,24,36
75	<i>Marpesia petreus</i> ssp.	P	<i>Anacardium</i> spp. (Anacardiaceae), <i>Ficus maxima</i> , <i>F. pertusa</i> (Moraceae), <i>Cupania dentata</i> (Sapindaceae)	18,24,26,28,29
76	<i>Biblis hyperia aganisa</i> Boisduval, 1836	M	<i>Tragia volubilis</i> , <i>T. bahiensis</i> (Euphorbiaceae)	3,23,24
77	<i>Mestra dorcas amymone</i> (Ménétriés, 1857)	M	<i>Tragia</i> sp. (Euphorbiaceae)	3,28
78	<i>Myscelia c. cyananthe</i> C. Felder & R. Felder, 1867	P	ESI (Euphorbiaceae), <i>Serjania</i> spp., <i>Cardiospermum</i> sp. (Sapindaceae)	28,29
79	<i>Myscelia e. ethusa</i> [Doyère, (1840)]	M	<i>Dalechampia</i> sp. (Euphorbiaceae)	3,29
80	<i>Hamadryas amphinome mexicana</i> (Lucas, 1853)	P	<i>Aristolochia</i> spp. (Aristolochiaceae), <i>Dalechampia ficifolia</i> (Euphorbiaceae), <i>Eupatorium</i> spp. (Compositae)	19,24,26,28
81	<i>Hamadryas februa ferentina</i> (Godart, [1824])	P	<i>Dalechampia ficifolia</i> (Euphorbiaceae), <i>Ficus</i> spp. (Moraceae)	24,26,28,29
82	<i>Hamadryas feronia farinulenta</i> (Fruhstorfer, 1916)	P	<i>Dalechampia</i> sp. (Euphorbiaceae), <i>Ficus</i> spp. (Moraceae), <i>Byrsonima crassifolia</i> (Malpighiaceae)	24
83	<i>Hamadryas g. glauconome</i> (H. W. Bates, 1864)	O	<i>Serjania</i> spp., <i>Cardiospermum</i> sp. (Sapindaceae)	28
84	<i>Hamadryas guatemalena marmarice</i> (Fruhstorfer, 1916)	M	<i>Dalechampia</i> sp. (Euphorbiaceae)	24,28
85	<i>Epiphile a. adrasta</i> Hewitson, 1861	O	<i>Paullinia pinnata</i> , <i>P. tomentosa</i> , <i>Serjania brachycarpa</i> , <i>S. racemosa</i> (Sapindaceae)	3,18,29
86	<i>Nica flavilla bachiana</i> (R. G. Maza & J. Maza, 1985)	O	<i>Cardiospermum</i> sp., <i>Serjania</i> spp., <i>Paullinia</i> spp. (Sapindaceae)	24
87	<i>Temenis laothoe hondurensis</i> Fruhstorfer, 1907	O	<i>Cardiospermum</i> sp., <i>Serjania</i> spp., <i>Paullinia</i> spp. (Sapindaceae)	18,24
88	<i>Dynamine dyonis</i> Geyer, 1837	O	<i>Dalechampia</i> spp., <i>Tragia bahiensis</i> (Euphorbiaceae)	23,24
Limenitidinae (1)				
89	<i>Adelpha i. iphicleola</i> (Bates, 1864)	P	ESI (Bombacaceae, Ericaceae, Moreaceae, Piperaceae, Rubiaceae, Tiliaceae, Urticaceae, Verbenaceae)	29
Apaturinae (2)				
90	<i>Doxocopa l. laure</i> (Drury, 1773)	M	<i>Celtis</i> sp., <i>Celtis iguanaea</i> (Cannabaceae)	18,24,29
91	<i>Doxocopa pavon theodora</i> (Lucas, 1857)	M	<i>Celtis</i> sp., <i>Celtis iguanaea</i> (Cannabaceae)	18,23,24
Nymphalinae (16)				
92	<i>Colobura d. dirce</i> (Linnaeus, 1758)	P	<i>Cecropia obtusifolia</i> (Urticaceae), <i>Senna</i> spp. (Fabaceae)	23,24,26
93	<i>Historis a. acheronta</i> (Fabricius, 1775)	O	<i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Coussapoa purpusii</i> (Urticaceae)	23,24
94	<i>Historis odius dious</i> Lamas, 1995	O	<i>Cecropia</i> sp., <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Coussapoa purpusii</i> (Urticaceae)	18,23,24,35
95	<i>Smyrna blomfildia datis</i> Fruhstorfer, 1908	O	<i>Myriocarpa longipes</i> , <i>Urera baccifera</i> , <i>U. caracasana</i> , <i>U. mexicanum</i> (Urticaceae)	23,24,28,29

96	<i>Nymphalis a. antiopa</i> (Linnaeus, 1758)	P	ESI (Moraceae, Tiliaceae), <i>Alnus</i> sp. (Betulaceae), <i>Populus</i> sp., <i>Salix babylonica</i> , <i>Salix</i> sp. (Salicaceae), <i>Betula</i> sp. (Betulaceae), <i>Celtis</i> sp. (Cannabaceae), <i>Ulmus</i> sp. (Ulmaceae)	18,19,29,32
97	<i>Vanessa annabella</i> (W. D. Field, 1971)	O	<i>Alcea rosea</i> , <i>Malva</i> sp., <i>Sphaeralcea</i> sp. (Malvaceae)	21,34
98	<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	P	<i>Alcea rosea</i> (Malvaceae)	18
99	<i>Vanessa virginiensis</i> (Drury, 1773)	P	<i>Anaphalis</i> sp., <i>Antennaria</i> sp., <i>Gnaphalium</i> sp., <i>Senecio salignus</i> (Compositae), <i>Myosotis</i> sp. (Boraginaceae), ESI (Fabaceae, Malvaceae), <i>Antirrhinum</i> sp. (Plantaginaceae), ESI (Urticaceae)	28,32
100	<i>Anartia f. fatima</i> (Fabricius, 1793)	O	<i>Dicliptera</i> sp., <i>Justicia</i> sp., <i>Pseuderanthemum</i> sp., <i>Ruellia</i> sp., <i>Strobilanthes</i> sp. (Acanthaceae),	18,25,28,29
101	<i>Anartia jatrophae luteipicta</i> Fruhstorfer, 1907	P	<i>Blechum pyramidatum</i> , <i>Justicia</i> sp., <i>Ruellia</i> sp. (Acanthaceae), <i>Jatropha</i> sp. (Euphorbiaceae), <i>Bacopa monnieri</i> (Plantaginaceae), <i>Lippia</i> spp. (Verbenaceae)	18,24,28
102	<i>Siproeta e. epaphus</i> (Latreille, [1813])	O	<i>Blechum pyramidatum</i> , <i>Justicia</i> sp., <i>Odontonema calostachyum</i> , <i>Ruellia nudiflora</i> (Acanthaceae)	23,24,28,29
103	<i>Siproeta stelenes biplagiata</i> (Fruhstorfer, 1907)	O	<i>Blechum pyramidatum</i> , <i>Justicia laevilinguis</i> , <i>Ruellia coccinea</i> , <i>R. nudiflora</i> (Acanthaceae)	18,24,25,36
104	<i>Chlosyne j. janais</i> (Drury, 1782)	P	<i>Anisacanthus quadrifidus</i> var. <i>wrightii</i> , <i>Blechum pyramidatum</i> , <i>Justicia laevilinguis</i> , <i>Odontonema callistachyum</i> , <i>Ruellia nudiflora</i> (Acanthaceae), <i>Baltimora recta</i> , <i>Bidens</i> spp., <i>Emilia fosbergii</i> , <i>Melampodium</i> spp., <i>Melanthera nivea</i> , <i>Neurolaena lobata</i> , <i>Tithonia diversifolia</i> , <i>Tridax procumbens</i> , <i>Sphagneticola trilobata</i> (Compositae), <i>Solanum</i> spp. (Solanaceae), <i>Lantana camara</i> , <i>Stachytarpheta cayennensis</i> , <i>S. mutabilis</i> (Verbenaceae)	3,18,24,26,29
105	<i>Chlosyne lacinia adjutrix</i> Scudder, 1875	P	<i>Ambrosia trifida</i> , <i>Helianthus annuus</i> , <i>Parthenium hysterophorus</i> , <i>Verbesina</i> sp., <i>Viguiera dentata</i> , <i>Xanthium</i> sp. (Compositae), ESI (Acanthaceae)	3,18,28,29,32
106	<i>Anthanassa t. texana</i> (W. H. Edwards, 1863)	O	<i>Dicliptera brachiata</i> , <i>Justicia carnea</i> , <i>Justicia</i> sp., <i>Ruellia</i> sp. (Acanthaceae)	3,25,27,28,29
107	<i>Phyciodes mylitta</i> (W. H. Edwards, 1861)	O	<i>Carduus</i> sp., <i>Cirsium</i> sp., <i>Silybum marianum</i> (Compositae)	3
Heliconiinae (9)				
108	<i>Altinote ozomene nox</i> (Bates, 1864)	O	<i>Mikania</i> spp., <i>Sinclairia dimidia</i> (Compositae)	18
109	<i>Agraulis vanillae incarnata</i> (Riley, 1926)	M	<i>Passiflora</i> sp., <i>P. edulis</i> , <i>P. foetida</i> (Passifloraceae)	3,18,26,27,28,29
110	<i>Dione juno huascuma</i> (Reakirt, 1866)	P	<i>Melicope vitiflora</i> (Rutaceae), <i>Passiflora</i> sp., <i>P. alata</i> , <i>P. caerulea</i> , <i>P. foetida</i> , <i>P. platyloba</i> , (Passifloraceae)	18,24,26,27,28,29,34,36
111	<i>Dione moneta poeyii</i> Butler, 1873	M	<i>Passiflora</i> sp., <i>P. foetida</i> (Passifloraceae)	26,27,28,29
112	<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)	M	<i>Passiflora biflora</i> , <i>P. coriaceae</i> (Passifloraceae)	18,24,28,

				36,37
113	<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> W. Comstock & F. Brown, 1950	M	<i>Passiflora</i> sp., <i>P. affinis</i> , <i>P. biflora</i> , <i>P. coriacea</i> , <i>P. lutea</i> , <i>P. suberosa</i> (Passifloraceae)	3,18,22, 23,24,25, 26,28,29
114	<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847	M	<i>Passiflora biflora</i> , <i>P. coriacea</i> , <i>P. sexflora</i> , (Passifloraceae)	18,23,26
115	<i>Euptoieta claudia daunius</i> (Herbst, 1798)	P	<i>Metastelma</i> sp. (Apocynaceae), <i>Podophyllum peltata</i> (Berberidaceae), <i>Sedum</i> sp. (Crassulaceae), ESI (Fabaceae, Linaceae), <i>Menispermum</i> sp. (Menispermaceae), <i>Boerhavia</i> sp. (Nyctaginaceae), <i>Passiflora edulis</i> (Passifloraceae), <i>Portulaca</i> sp. ESI (Portulacaceae, Plantaginaceae, Turneraceae), <i>Viola</i> sp. (Violaceae)	3,18,27,29
116	<i>Euptoieta hegesia meridiana</i> Stichel, 1938	P	ESI (Passifloraceae), <i>Turnera ulmifolia</i> (Turneraceae)	18,28

(F) Fitofagia: M= Monófaga (se alimenta de un solo género), O= Oligófaga (se alimenta de varios géneros, una misma familia); P= Polífaga (se alimenta de dos o más familias diferentes).

ESI= Especie sin identificar, sólo familia.

Hábitos y plantas hospederas: 3. Friesen, 2019, 18. Beccaloni *et al.*, 2008, 19. Costa & Pierce, 1997, 20. De la Maza, 1976, 21. De la Maza & De la Maza, 2021a, 22. De la Maza, 2021, 23. De la Maza & De la Maza, 2021b, 24. González-Valdivia *et al.*, 2011a, 25. Hernández-Mejía *et al.*, 2008, 26. Hernández, 2010, 27. Lara, 1999, 28. Legal *et al.*, 2017, 29. Luna-Reyes *et al.*, 2010, 31. Martínez-Sánchez *et al.*, 2020, 32. Ramos-Elorduy *et al.*, 2011, 33. Ruíz-García *et al.*, 2015, 34. Sánchez-Jasso & Rivas-Manzano, 2008, 35. Solís-Gabriel *et al.*, 2017, 36. Vargas *et al.*, 1992, 37. Wagner, 2005.

Artículo original

Mariposas bioindicadoras ecológicas en México. Artículo de revisión

Ecological bioindicator butterflies in Mexico. Review article

 ^{1*}CAROLINA ORTA S.,  ²JUAN ANTONIO REYES-AGÜERO,  ³MOISÉS ARMANDO LUIS-MARTÍNEZ,  ²CARLOS ALFONSO MUÑOZ-ROBLES,  ⁴HERIBERTO MÉNDEZ C.

¹Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Av. Manuel Nava 201, 2º Piso, Zona universitaria, C.P. 78000, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

²Instituto de Investigación en Zonas Desérticas, UASLP. Altair núm. 200, Col. Del Llano, C.P. 78377, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.


³Facultad de Ciencias, UNAM. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n Alcaldía Coyoacán, C.P.04510 Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

⁴Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP. Km.14.5 carretera San Luis Potosí-Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Apdo. Postal 32, C.P. 78321, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México.



OPEN ACCESS

*Autor correspondiente:

 Carolina Orta S.
caroorta@gmail.com

Cita:

Orta, S. C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., Muñoz-Robles, C. A., Méndez, C. H. (2022) Las mariposas bioindicadoras ecológicas de México. Artículo de revisión. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 38, 1–33. 10.21829/azm.2022.3812488 eolocation-id: e3812488

Recibido: 18 febrero 2022

Aceptado: 14 junio 2022

Publicado: 30 junio 2022

Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales

RESUMEN. En México se han descrito cerca de 1,900 especies de la superfamilia Papilionoidea (*sensu lato*), que incluye a todos los lepidópteros diurnos en el país (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Las mariposas diurnas se reconocen como un taxon ampliamente estudiado y se pueden utilizar como bioindicadoras ecológicas. Este artículo de revisión compila la información al respecto en México, identificando 58 artículos y documentos de investigación que mencionan especies indicadoras, aunque solo en 16 de ellos utilizan métodos estadísticos, en su mayoría multivariados para identificarlas como bioindicadoras ecológicas. La información de 179 especies bioindicadoras fue compilada en dos anexos, destacando las principales características que facilitan su búsqueda en campo, como tipo de vegetación, hábitos alimentarios, fenología y grado de especialización. De las 179 especies, 55 se caracterizaron para áreas conservadas, 99 en áreas con disturbio y 25 en ambas condiciones. Se anexa una



CC BY-NC-SA
Atribución-NoComercial-CompartirIgual

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)
e-ISSN 2448-8445



CHAPTER 2: DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF BUTTERFLY COMMUNITY (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) IN BIOSPHERE RESERVE SIERRA DEL ABRA TANCHIPA, SAN LUIS POTOSI, MEXICO

Distribution and diversity of butterfly community (Lepidoptera: Papilionoidea) in Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí, Mexico.

ABSTRACT

The Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa (BRSAT) in San Luis Potosí, Mexico, has one of the most northeastern seasonal tropical dry forests in the country; this vegetation is also one of the most threatened ecosystems in the world. There is a lack of diurnal lepidoptera studies in the area; therefore, their diversity status is unknown. The objectives of this study were to: 1) identify the richness of the Papilionoidea superfamily; 2) analyze the composition and diversity by vegetation type in the BRSAT; and 3) define environmental bioindicator species for each vegetation in the reserve. Butterflies were observed and recorded during transect walks combining different techniques: the use of entomological net, Van Someren-Rydon traps, and visual recording from tropical thorn forest to tropical medium semi-deciduous forests. The butterfly sampling was conducted for 39 days from August 2019 to November 2020 and recorded 190 butterfly species and 13,306 individuals. Approximately 80% of the estimated species richness was sampled. Diversity and unique species were highest in the tropical medium semi-deciduous forests and decreased towards lower elevations. Of the 190 species, only nine showed IndVal values greater than 50% and could be considered indicators of each type of vegetation.

INTRODUCTION

The knowledge of the biodiversity of an area makes it possible to generate better strategies for their use and conservation (CONABIO, 2006). One of the principal objectives of faunistic studies is to obtain a catalog of species that allows the identification of exclusive species, bioindicator species or species that are characteristic of a vegetation type, or to review the altitudinal range of a particular species (Bonebrake *et al.*, 2010; Luis-Martínez *et al.*, 2020). In natural protected areas, the estimation of the richness of certain biological groups contributes to the knowledge of the totality of species that justify their protection (CONABIO-CONANP-TNC-

PRONATURA-FCF-UANL, 2007). A complete catalog of species at a local scale allows the recognition of distribution patterns at larger biogeographic scales (Luis-Martínez *et al.*, 2003).

Given the rapid transformation of ecosystems, local biodiversity inventories in unexplored areas are a priority, as they allow the identification of areas with high diversity and endemism (Luis-Martínez *et al.*, 2020). The Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa (BRSAT) is located in San Luis Potosí, Mexico. It is one of the most northeastern protected natural areas in the country, where a considerable extension of seasonal tropical dry forests is found (Sahagún-Sánchez & De-Nova, 2021). One characteristic of these forests is their high alpha diversity and high level of endemism, in addition to being one of the most threatened ecosystems in the world (Janzen, 1988, Miles, 2006, Trejo, 2010). In the case of diurnal butterflies, it is estimated that in Mexico, this vegetation types contain 50% of the endemic species, and it may harbor up to 5% of potential new reports and unknown taxa for the country (De la Maza, 2010). The high degree of conservation of this natural protected area (De Nova *et al.*, 2018, Gutiérrez *et al.*, 2021) highlights its role in the biological corridor region Sierra Madre Oriental (CONANP-GIZ, 2013, Gómez *et al.*, 2018), as an important refuge for their biodiversity and its threatened species (Reyes-Agüero *et al.*, 2021).

The knowledge of diurnal butterflies has gained relevance in conservation studies due to their high potential in research for bioindication purposes, some reasons are ease of sampling, harmless individuals, high sensitivity to environmental variations, most of them, easy identification, and in general, enough information about their biology (Andrade, 1998; McGeoch, 2007; Abrol, 2012; Pozo *et al.*, 2014; Orta *et al.*, 2022). In this sense, it is well known that the butterfly life cycles are deeply linked to seasonal changes, such as temperature, photoperiod, humidity and also their phenological patterns could be determined by flowering plants, substrate availability and palatability of larval food plants among others (Pozo *et al.*, 2008).

To date, there is a lack of studies on diurnal lepidoptera in the BRSAT; therefore, the status of their diversity is unknown (CONANP-GIZ, 2013; CONANP, 2014). Scientific knowledge about the composition, richness and diversity of diurnal butterflies will allow for establishing a baseline of the available information the diurnal lepidoptera species in this natural protected area. In addition, the analysis of this community is a tool that will allow the development of proposals for biological monitoring and assessment to observe the relationship between the conservation status of the site and this biological group (Thomas, 2005). The objectives of this study were to: 1) identify the richness and establish a baseline of the Papilionoidea superfamily in the BRSAT; 2) analyze the composition and diversity by vegetation type in the BRSAT; and 3) define environmental bioindicator species by vegetation type in the reserve.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The BRSAT covers an area of 21,464 ha and is in the municipality of Ciudad Valles in the northeastern part of the state of San Luis Potosí, between 22°05'00" and 22°24'22" N and 98°52'46" and 99°01'00" W (Figure 1). The climate in the reserve is warm sub-humid with rainfall in summer and a dry season from November to May; the average annual temperature ranges from 18.5 to 30.5 °C, with a maximum of 50 °C; total annual precipitation is 1095 mm (Durán, 2018). There are no economic activities within the reserve or any human population center.

Sampling sites

In the BRSAT there are five types of vegetation, according to the classification of Miranda and Hernández (1963), distributed in an altitudinal gradient that starts from 330 to 790 m: thorny tropical forest (TTF), tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (SMSF) and tropical medium evergreen forest (TMEF) (De Nova *et al.*, 2018). The latter represents only 2 % of the total area, and it develops on steep slopes of low accessibility, thus it was excluded from the sampling (Figure 1). The sampling units were identified according to

seasonal tropical forest vegetation map of the reserve published by De Nova *et al.*, (2018) and consisted of three 200-m transects, at each vegetation type (n=12).

Sampling period and time

The butterflies were collected during 39 days of fieldwork, every month between August 2019 and November 2020, except for December 2019 and January 2020. Sampling was undertaken on favorable weather conditions (without rain or strong winds, or temperatures below 15 °C). Each transect was visited once a month, with ten monthly samplings in each vegetation type, except for the tropical medium semi-deciduous forest (SMSF), where only nine days were sampled due to climatic limitations in July.

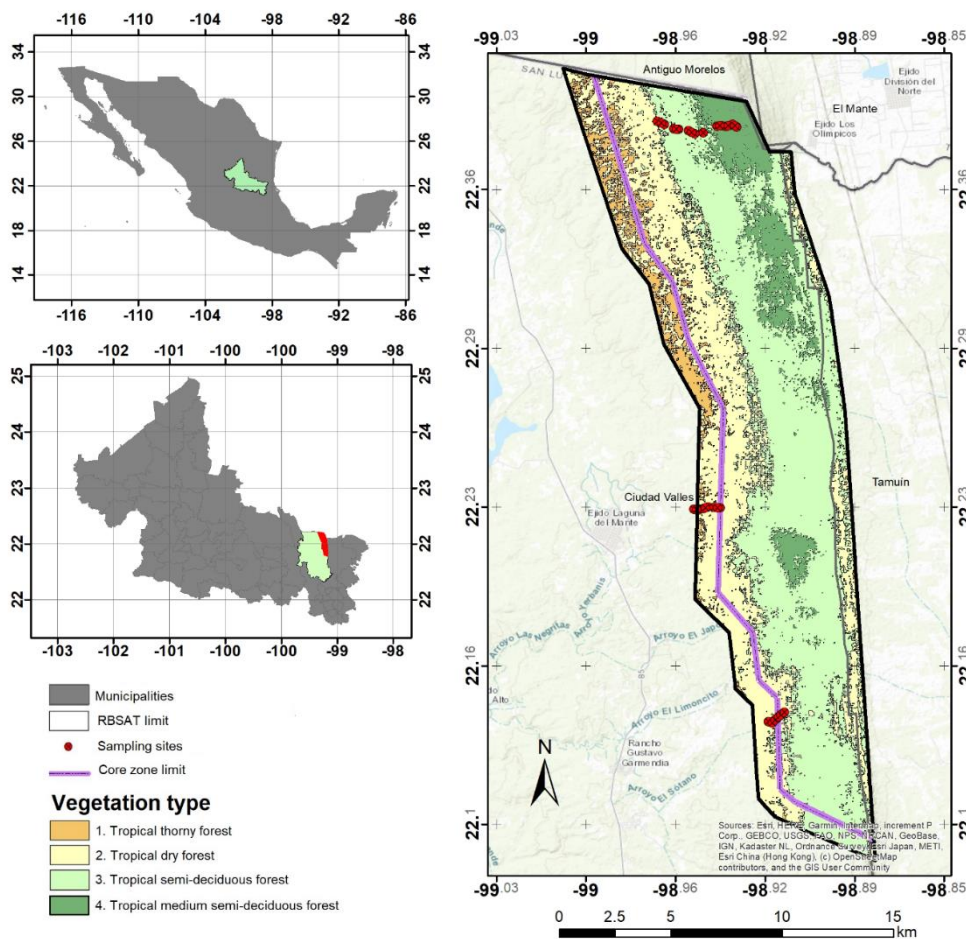


Figure 1. Location of transects for lepidopteran sampling in the different vegetation types of the Biosphere Reserve Sierra Abra Tanchipa (Based on De Nova *et al.*, 2018).

Sampling techniques

Butterflies were observed and recorded during transect walks combining three different methods and techniques proposed by Villareal *et al.* (2006) and Pozo *et al.* (2014). Three transects (200 m each) were placed in each vegetation type with a minimum distance of 150 m between them, which increased depending on the optimal conditions to conduct the directed search method (Pozo *et al.*, 2008). Three people made simultaneous transect walks for one hour, and only one made the visual record to avoid overestimation. The butterflies collected with entomological nets were recorded at 2.5 m on each side of the transect (1000 m² per transect); that is, 3000 m² for each type of vegetation per month, completing 351 h of collection with entomological nets and 117 hours of sightings. Two Van Someren-Rydon traps were installed at the beginning and the end of each transect. The traps were installed for 7 h/day/trap, a total of 1638 h of sampling. The traps were placed at the height of 3 to 5 m and were baited with slices of fermented fruit: melon (*Cucumis melo*), guava (*Psidium guajava*), pineapple (*Ananas comosus*), papaya (*Carica papaya*), watermelon (*Citrullus lanatus*), mango (*Mangifera indica*) and banana (*Musa paradisiaca*).

The equipment used during the transects was a Nikon Coolpix900 photographic camera with GPS, a high precision Trimble GPS for the field boundaries identification of each vegetation type and a hygrometer. In every sampling unit the recorded data were temperature (°C) and relative humidity (%) (Bhardwaj *et al.*, 2012).

Before specimen collection, a scientific collection permit was obtained from the environmental authority (05-12-19), official letter No. SGPA/DGVS/13056/19. At least one specimen per species was collected, particularly those unknown or difficult to identify when flying, to determine them properly and form the reference collection. However, most of the butterflies were released at each site. The collected specimens were kept in a vegetable paper envelope, and the name, location, date, coordinates, and name of the collector were registered, to be subsequently mounted according to the procedure described by Andrade *et al.* (2013). For taxonomic determination,

several authors were consulted (Garwood K. & Lehman R., 2005; Díaz Batres & Llorente-Bousquets, 2011; Llorente-Bousquets *et al.*, 2016; Glassberg, 2017; Legal *et al.*, 2017) and the interactive page of Warren *et al.* (2012). The collected specimens were deposited in the Zoological Collection of the Research Institute for Desertic Zones of UASLP.

Data analysis

Butterfly richness in the BRSAT was considered as the total number of species and abundance as the number of individuals of each species. Five species categories were determined according to their abundance: rare (with 1 individual), scarce (from 2 to 5), frequent (from 6 to 21), common (from 22 to 81), and abundant (more than 82 individuals) (Luna-Reyes *et al.*, 2010; Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2019). The presence/absence of each species was determined for the four vegetation types, and their monthly distribution was also determined. Diversity was estimated with the Shannon-Wiener diversity index (H') for each vegetation type. Similarity analyses between vegetation types were performed with the Jaccard index, using PAST 4.10 software (Gómez-Salazar *et al.*, 2021).

The representativeness and effectiveness of the sampling were analyzed, making species accumulation curves and comparing the observed richness values against richness values from non-parametric estimators (ICE, ACE, Chao2 and Bootstrap) (Escalante, 2003; Luis-Martínez *et al.*, 2020) with the EstimateS v.9.1.0. program. We used the mean of these estimators to calculate the proportion of species recorded in each vegetation type (i.e., observed richness/mean of the estimators). We assumed that our sampling effort was sufficient to record the greatest number of butterflies because the mean \pm SD per site was 79 % \pm 6 (Table 1). Rarefaction curves were calculated by vegetation type to compare richness among study areas using 95 % confidence intervals of the standard error (De Vries *et al.*, 1997; Colwell *et al.*, 2004).

Indicator species for each vegetation type were identified using the indicator value index or IndVal assignment method proposed by Dufrene & Legendre (1997) with

PcOrd 4.25 software (McCune & Mefford, 1999). This index is based on the degree of specificity (exclusivity to a particular habitat) and the degree of fidelity (frequency of occurrence within the same habitat), both measured independently for each species and expressed as a percentage (McGeoch *et al.*, 2002; Martín-Regalado, 2019). Species considered as indicators were those with IndVal \geq 50%, as suggested by Tejeda-Cruz *et al.* (2008) using 1,000 random permutations to define the significance level ($p < 0.05$).

Pearson correlation coefficients (r) were calculated using program PAST 4.0 to examine the relationship between butterfly species richness, abundance, and plot (transect) level microclimatic data temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative humidity (%) and altitude. All variables were tested for normality (Bhardwaj *et al.*, 2012).

RESULTS

Richness, abundance, and diversity in the RBSAT.

A total of 13,306 butterfly records were obtained from 39 samples, between August 2019 to November 2020. These belong to six families, 18 subfamilies, and 190 species (Appendix 1). The highest species richness was the family HesperIIDae (75 species), followed by Nymphalidae (64) and Pieridae (20); the families with the lowest richness were Lycaenidae (11), Papilionidae (10), and Riodinidae (10).

The family with the highest abundance was Nymphalidae, with 10,772 individuals, representing 80.9 % of the total number of butterflies, followed by Pieridae (11.2 %), HesperIIDae (4.7 %), Papilionidae (2.4 %), Riodinidae (0.5 %) and Lycaenidae (0.3 %). The 88.68 % of the abundance was concentrated in twenty-six species; the species with highest abundance were *Memphis pithyusa pithyusa* (R. Felder, 1869) (4358 individuals), *Anaea troglodyta aidea* (Guérin-Méneville, [1844]) (2073) and *Myscelia ethusa ethusa* [Doyère, (1840)] (1391). Twenty species were classified as common (5.73% of the total abundance), fifty species as frequent (4.24%), forty-two species as scarce (0.95%), and fifty-two species as rare (0.40%) (Appendix 1).

The standard deviation (\pm SD) of the ACE, ICE, Chao2 and Bootstrap estimators and the percentage of species recorded (species observed/mean of the estimators x 100)

suggested an overall sampling efficiency of 80 %. In addition, the values by vegetation type are close to this same percentage, suggesting satisfactory sampling (Table 1).

Table 1. Observed and estimated lepidopteran richness by vegetation type and in the Biosphere Reserve Sierra Abra Tanchipa, San Luis Potosí, Mexico.

Vegetation	Species recorded	Non-parametric wealth estimator				Media	DS	Sampling efficiency (%)
		ACE	ICE	Chao 2	Bootstrap			
TTF	74	84.8	96.1	100.5	84.4	88.0	8.1	84.0
TDF	96	122.8	129.1	120.6	111.2	115.9	7.4	82.7
TSF	122	160.0	194.8	214.9	144.3	167.2	32.1	72.9
TMSF	126	173.8	187.1	174.9	149.0	162.2	15.9	77.6
All	190	249.5	250.4	275.4	217.2	236.5	23.8	80.3

* Tropical thorny forest (TTF), tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (TMSF).

The species accumulation curve confirmed the satisfactory sampling efficiency suggesting a forthcoming asymptote; the closest estimator to data obtained was Bootstrap which estimated richness of 217.2, and the furthest was Chao 2, with an estimate of 275.4 species (Figure 2).

Non-overlapping confidence intervals indicate statistically significant differences in richness (Chaves & Bicca-Marques, 2016; Colwell *et al.*, 2004). According to this analysis, the thorny tropical forest (TTF) and the tropical dry forest (TDF) are statistically similar in richness due to the overlap of their intervals (Figure 3).

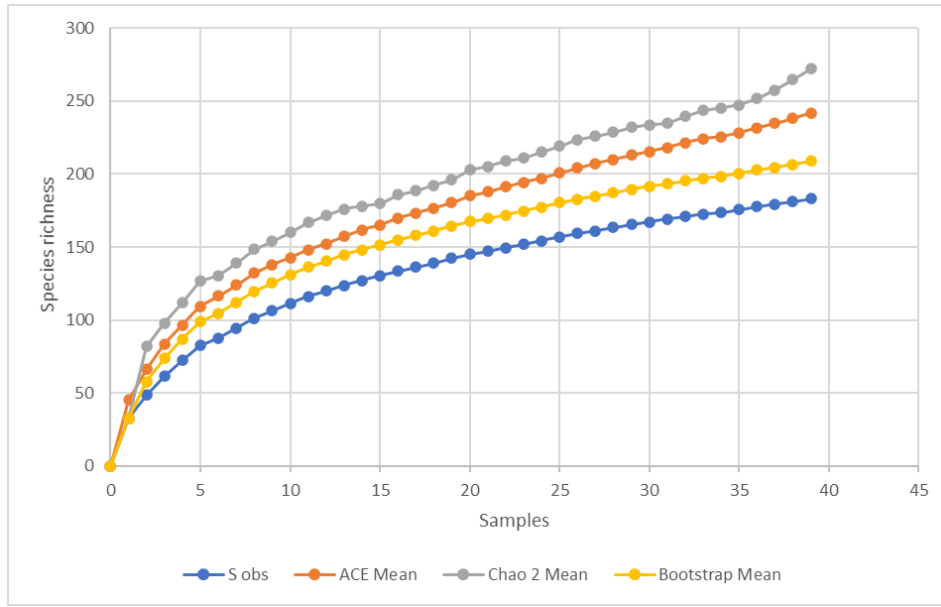


Figure 2. Butterfly species accumulation curves in the Sierra Abra Tanchipa Biosphere Reserve, San Luis Potosí, Mexico.

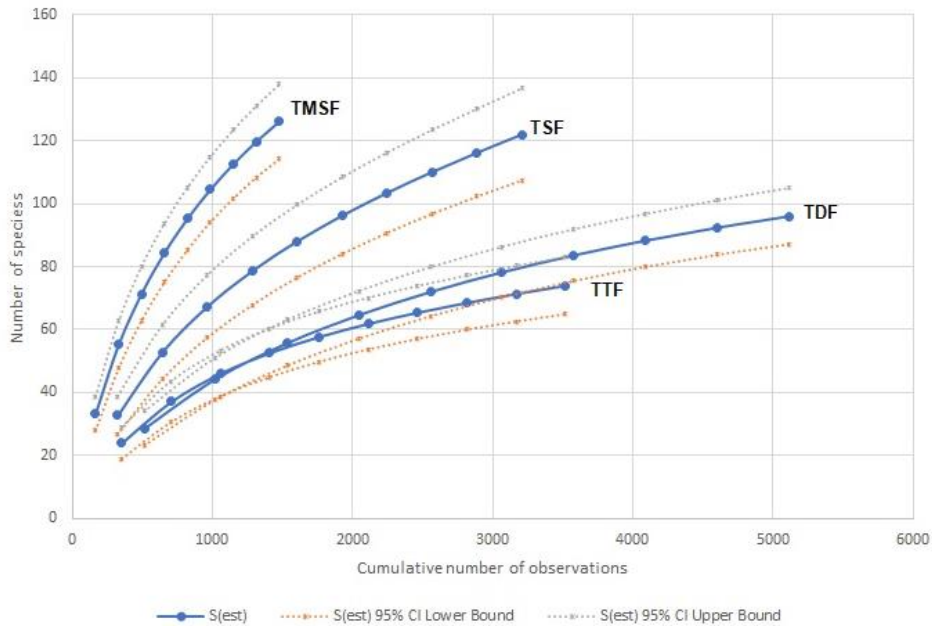


Figure 3. Rarefaction curves of butterfly species by vegetation type. Dotted lines indicate 95% confidence intervals.; Tropical thorny forest (TTF), tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (TMSF)

On the contrary, significant differences were identified between the vegetation types of tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (TMSF).

Patterns of diversity by vegetation type:

Different patterns in species composition and abundance of butterflies were observed in the different vegetation types. We registered 3,519 records in the tropical thorny forest (TTF), 5,112 records in tropical dry forest (TDF), 3,206 records in tropical semi-deciduous forest (TSF) and 1,469 records in tropical medium semi-deciduous forest (TMSF). Figure 4 shows the percentage of every technique of capture. In general, 1,371 records were obtained with entomological nets (10 %), 3,617 records were by visual recognition (27 %), and 8,318 were with Van Someren-Rydon traps (63 %).

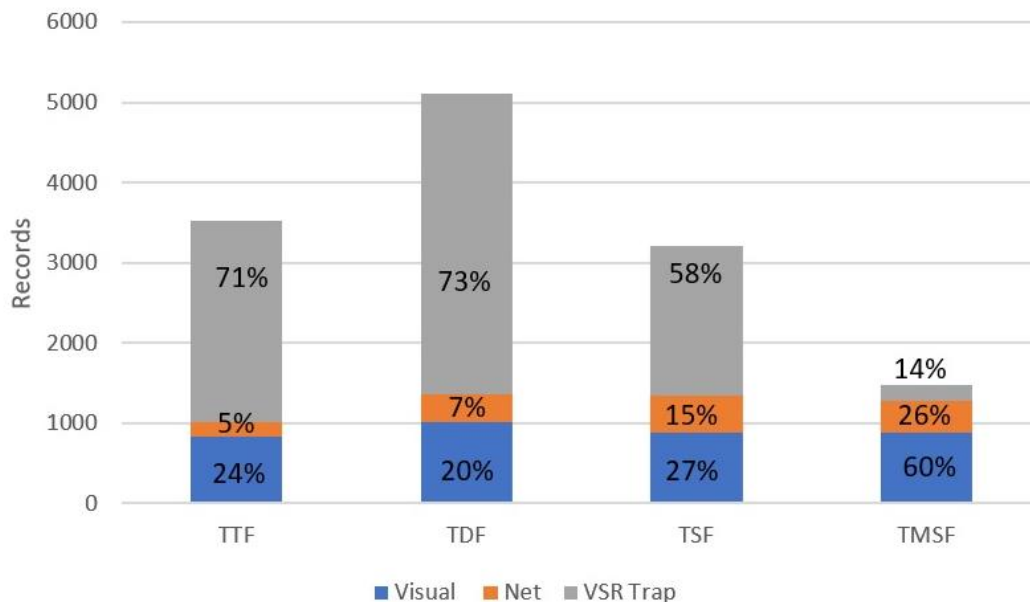


Figure 4. Percentage of butterfly collections according to capture method by vegetation type (altitudinal order). Tropical thorny forest (TTF), tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (TMSF).

The biological richness of butterflies in the BRSAT was 190 species, 44 of which were present in all vegetation types and were widely distributed in the reserve. The most notable for their abundance (in order from most to least abundant) and homogeneity in the vegetation types studied were: *Memphis pithyusa pithyusa*, *Anaea troglodyta aidea*, *Myscelia ethusa ethusa*, *Glutophrissa drusilla tenuis* (Lamas, 1981), *Adelpha basiloides* (H.W. Bates, 1865), *Staphylus mazans* (Reakirt, [1867]), *Anteos maerula*

lacordairei (Fabricius, 1775), *Siproeta stelens biplagiata* (Fruhstorfer, 1907), *Morpho helenor montezuma* Guenée, 1859, *Heliconius charithonia vazquezae* W. Comstock & F. Brown, 1950, *Protographium philolaus philolaus* (Boisduval, 1836), *Anthanassa frisia tulcis* (H.W. Bates, 1864), *Smyrna blomfieldia datis* Fruhstorfer, 1908, *Eurema arbela boisduvaliana* (C. Felder & R. Felder, 1865), *Chlosyne rosita browni* Bauer, 1961, *Archaeoprepona demophon centralis* (Fruhstorfer, 1905) and *Dryas iulia moderata* (Riley, 1926) (Appendix 1).

In contrast, only 76 species were recorded in a single vegetation type and were considered exclusive to that habitat (Table 2), including 52 rare species (with only one observation), most of them belonging to HesperIIDae family. None of the species recorded are mentioned in any national, NOM-059-SEMARNAT (SEMARNAT, 2010), or international, IUCN red list (IUCN, 2022), special protection categories.

Table 2. Summary of collection characteristics by vegetation type

	tropical thorny forest	tropical dry forest	tropical semi-deciduous forest	tropical medium semi-deciduous forest
Altitude (m)	356	380	627	777
Richness	74	97	121	127
Shannon H' index	2.28	2.28	2.86	3.45
New BRSAT records	23	39	60	79
Exclusive species	5	8	15	24

According to the Shannon H' index, the tropical medium semi-deciduous forest is the vegetation type with the highest diversity index (3.45) of butterflies. In the Jaccard's analysis results confirm a remarkable similarity between the thorny tropical forest (TTF) and the tropical dry forest (TDF), as it shows the Shannon H' indexes with their equal and low values (Table 2). According to Jaccard's index, the tropical medium semi-deciduous forest (TMSF) is the habitat with the most unique butterfly community (Figure 5).

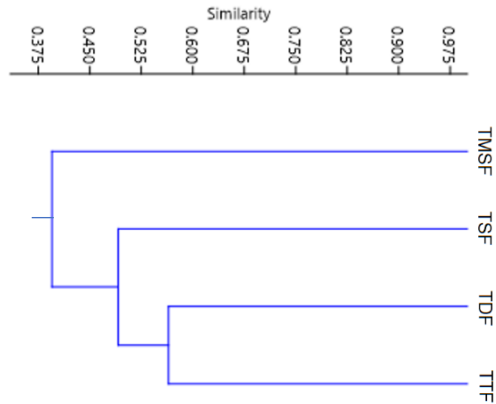


Figure 5. Dendrogram of similarity with Jaccard Index values of butterflies in the Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa, Mexico, with the UPGMA linkage method for the different vegetation types. Tropical thorny forest (TTF), tropical dry forest (TDF), tropical semi-deciduous forest (TSF), tropical medium semi-deciduous forest (TMSF)

Phenology:

Like many entomological species, diurnal lepidoptera are very sensitive to seasonal changes, especially in all the seasonal tropical dry forests, given the total or partial loss of leaves that represents a decrease in food resources for caterpillars (De la Maza, 2010). Every vegetation type presented variations in the distribution of richness and abundance of species during the year (Figure 6). In most cases, the maximum values of richness and abundance were reached during the rainy season, being July the month with the highest abundance values, except for tropical medium semi-deciduous forest, that could not be sampled in that month due to adverse weather conditions that occurred in the sampling period. The decrease in richness values began in November (with the decrease in diurnal temperatures and the shortening of daylight hours) and remained low until May (when the highest ambient temperatures, up to 50 °C, can be reached). Data collected in the field showed that temperature ranged from 10.8 °C to 54.2 °C and relative humidity from 10% to 86%.

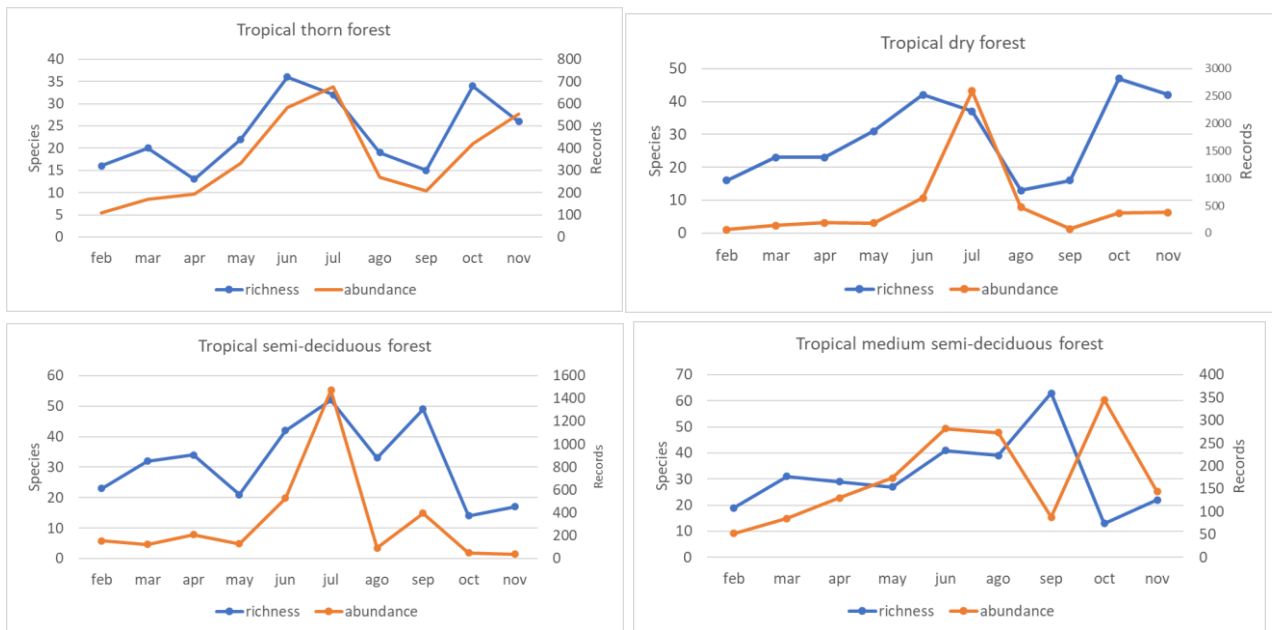


Figure 6. Phenology by vegetation type of Papilionoidea in the Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa, S.L.P., Mexico. Richness data, blue line; abundance data, orange line. January and December were not sampled during this study.

The average data recorded for the TTF were altitude 356 m, temperature 34.65 °C and relative humidity RH 44.76 %; for the TDF: 380 m, 32.65 °C and 54.7 %; for the TSF: 627 m, 30.9 °C and 50.43%; and for the TMSF: 777 m, 26.65°C, and 74.6%, respectively. A Pearson correlation analysis between these variables showed a pattern of increasing relative humidity as the altitudinal gradient increases and, at the same time, a decrease in temperature. However, according to the Pearson correlation p-values the only significant correlation ($p < 0.05$) was between temperature and altitude (Table 3). Neither richness nor abundance were correlated with any of these environmental variables.

Table 3. Pearson's correlation p-values between environmental variables and richness and abundance in each vegetation type.

	Richness	Abundance	Temperature	Relative humidity	Altitude
Richness		0.43	0.11	0.29	0.08
Abundance	0.43		0.23	0.33	0.14
Temperature	0.11	0.23		0.06	0.04
Relative humidity	0.29	0.33	0.06		0.21
Altitude	0.08	0.14	0.04	0.21	

Indicator species:

Of the 190 species found in the study area, 29 present a significant value as indicator species ($p < 0.05$). However, only nine of them had IndVal values greater than 50 % (Table 4) and can be considered indicators of each vegetation type with good conservation status since no disturbance data were found in any transect, other than the trails traversed. All the species belong to Nymphalidae family (Table 4).

Table 4. Indicator species with significant values by vegetation type. Index values are expressed as percentages.

Species	Vegetation type	Value (IndVal)	P*
<i>Hamadryas glauconome glauconome</i> (H.W.Bates, 1864)	TTF	54.8	0.012
<i>Myscelia ethusa ethusa</i> [Doyère, (1840)].	TTF	61.8	0.001
<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	TDF	52.3	0.017
<i>Anthanassa texana texana</i> (W. H. Edwards, 1863)	TSF	59.2	0.005
<i>Hermeuptychia sosybius</i> (Fabricius, 1793)	TMSF	69.3	0.001
<i>Morpho helenor montezuma</i> Guenée, 1859	TMSF	66.9	0.001
<i>Epiphile adrasta adrasta adrasta</i> Hewitson, 1861	TMSF	64.2	0.001
<i>Castilia myia</i> (Hewitson, [1864])	TMSF	63.7	0.001
<i>Anthanassa ptolyca ptolyca</i> (H.W. Bates, 1864)	TMSF	52.6	0.003

DISCUSSION:

The richness found represents 30.3 % of the species of the superfamily Papilionoidea recorded for the state of San Luis Potosí. (Luis-Martínez *et al.*, 2003). The sampling design was based on the recommendations elaborated by Pozo *et al.* (2005), who suggest that a combination of several methods (directed search and transects) and techniques (Van Someren-Ryden traps, sightings, and entomological net) in a period of at least seven to ten days of annual sampling can record all the species per site. In this study, the following recommendations allowed recording at least 80% of the estimated richness for the area.

About the sampling techniques applied, the mix of the bait elaborated for the use of the Van Someren-Ryden trap proved to be highly efficient, except in the tropical medium semi-deciduous forest where the least amount of butterfly species was recorded with

this technique. However, 85% of the physically collected individuals were obtained with this technique. This fact influenced that the highest abundances were found in the Nymphalidae family, specifically in the subfamilies Charaxinae, Biblidinae, Apaturinae, and some Nymphalinae, due to their accimophagous habits, characteristic of these subfamilies (Freitas *et al.*, 2014; Martínez-Noble *et al.*, 2015; Vargas *et al.*, 1992). In Mexico, the use of Van Someren-Ryden traps has been reported to have higher efficiency in tropical sub-deciduous forests, and it is observed that their efficiency decreases with increasing altitude towards more temperate vegetation types (Vargas *et al.*, 1992). This pattern was evident in this study because as the altitudinal gradient of the sampling areas increased, the trap effectiveness decreased (Figure 4).

The other 15% of the remaining physically collected individuals were trapped with entomological nets and corresponded to families with nectarivorous habits that generally are not attracted to the Van Someren Rydon traps, like the families Pieridae, Hesperidae, Papilionidae, Riodinidae and Lycaenidae and some subfamilies of Nymphalidae, (Orta *et al.*, 2022).

The similarity in diversity values between the thorny tropical forest ($H'=2.28$) and tropical dry forest ($H'=2.28$) (Table 2) can be explained by the fact that is neighboring plant communities with overlapping altitudinal limits. Still, it is also possible that it indicates that in ecological level they are the same vegetation type. This theory was also supported in the most recent study by Gutiérrez *et al.* (2021) where the thorny tropical forest was included as part of the tropical dry forest. However, for the present study, the transects considered in thorny tropical forest were established in sites with dominance of *Bromelia pinguin* L., *Agave univittata* Haw., *Pilosocereus cometes* (Scheidw) Byles & G.D. Rowley, species characteristic of this vegetation type, with lower canopy cover, and other evident physiognomic differences of vegetation.

The tropical dry forest was the habitat with the highest number of collected individuals (although only 96 species were recorded). This may be explained by the fact that being an environment with low relative humidity, the Van Someren Rydon traps turned out to

be an unexpected feeding opportunity, but, above all, a hydration opportunity present in a karstic mountain such as the BRSAT, without any permanent bodies of water.

On the other hand, the presence of lepidoptera is determined by the occurrence, spatial distribution, and abundance of their host plant species (Montero-A. & Ortiz-P., 2013; Luis & Llorente 1990; Vargas *et al.*, 1992) in this sense the plants with the highest value of average relative importance (VIR) according to Gutierrez *et al.*, (2021), for this vegetation type are *Croton* sp. (VIR=34.77), *Euphorbia schlechtendalii* Boiss. (VIR=22.80) and *Drypetes lateriflora* (Sw.) Krug & Urb (VIR=21.90), which also are the host plants of the most abundant butterflies; for example, the nymphalids *Memphis pithyusa pithyusa* and *Anaea troglodyta aidea* use the genus *Croton* sp. and other Euphorbiaceae as host plant. Among Pieridae family the most abundant is *Glutophrissa drusilla* that also uses *Drypetes lateriflora*, as host plant (Beccaloni *et al.*, 2008).

The trend of diversity indices related to altitude (Table 2) confirmed the tendency mentioned in other studies regarding the increase in lepidopteran diversity with increasing altitude towards intermediate or mesomontane elevations, between 600 to 1000 m (Álvarez *et al.*, 2016; De la Maza & White, 1990; Janzen & Schoener, 1968, Monteagudo-Sabaté *et al.*, 2001). There is agreement among authors to explain this phenomenon due to the greater moisture availability and productivity conditions at mesomontane elevations. Although after 1000 m and as altitude increases, temperature decreases, and so does richness, mainly due to the ectothermic characteristic of insects (Álvarez *et al.*, 2016; Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2019).

The results showed a higher alpha diversity and exclusive species in the tropical medium semi-deciduous forest (TMSF). This could be because many species found here are umbrophilous, such as Satyrinae subfamily (DeVries & Walla, 2001; Ribeiro & Freitas, 2010), which were collected in the understory of this vegetation type; or those belonging to Riodinidae family, considered specialists, with canopy habits (Arellano-Covarrubias *et al.*, 2018) and considering that this vegetation type have a greater amount of canopy during most time of the year, the probability of capture was higher,

although in moderate abundances since only could be sampled 4 m height on average in the canopy. In addition, this vegetation type recorded the highest number of rare species, 39 (Appendix 1), contributing to one-third of the richness recorded; this pattern of high richness and low abundance has been reported for this kind of vegetation (Devries *et al.*, 1997; Pozo *et al.*, 2008).

Another reason to explain the lower abundance of butterflies recorded in the TMSF is canopy density. The sampling transects had more hours of shade, and since butterflies are heliophilous, much of their activity was carried in the upper part of the canopy (Forsberg *et al.*, 2020), where we were unable to catch. Some studies identify an inversion between richness and abundance in the communities of the canopy stratum with respect to those of the understory during the wet seasons; that is, in the dry season, richness and abundance are greater in the understory than in the canopy, and the opposite occurs in the wet season or during the peak flowering period, where diversity and abundance are greater in the canopy (DeVries & Walla, 2001; Montero, 2014; Schulze *et al.*, 2001).

Reviewing the butterfly community structure, all butterfly species considered to be indicators of conserved environments in medium and low semi-deciduous forests according to Pozo *et al.* (2014) were recorded in the BRSAT, such as *Memphis pithyusa pithyusa* (4,378 individuals), *Anaea troglodyta aidea* (2073), *Myscelia ethusa ethusa* (1391), *Morpho helenor montezuma* (229), *Memphis forreri* (145), *Archeoprepona demophoon gulina* (15), *Fountainea eurypyle confusa* (12), *Eunica tatila tatila* (11). This fact strengthens the idea of the good conservation status in the area, which according to Gutiérrez *et al.* (2021), has an annual deforestation rate of less than 0.01 %. Although some species of butterflies from disturbed environments were also found, *Siproeta stelens biplagiata* (257 individuals), *Pyrisitia nise nelphe* (33), *Ypthimoides renata* (5), *Eumaeus toxea* (4), was in smaller numbers and could be due the presence of their host plants, and the feeding opportunity it represents for these species (Orta *et al.*, 2022).

The Hesperidae family had the highest number of species (75). According to Pozo *et al.* (2008), the mere presence of this family, but especially its abundance, is considered an indicator of richness and exclusivity of habitat and is characterized by abundance patterns with many unique records for the area, as in this study (67 %). Of the Lycaenidae family, nine species of the subfamily Theclinae were associated with preserved forests, and two species of Polyommatae associated with open areas (Legal *et al.*, 2020). According to Pedraza *et al.* (2010), a locality is considered to have excellent ecological quality when there are few frequent species of butterflies (50) and a greater number of scarce and rare species (94). This was the case in the present study.

Regarding the indicator species found for each vegetation type, *Hamadryas glauconome glauconome* and *Myscelia ethusa ethusa* were reported as disturbance indicator species in thorny deciduous forest of Tamaulipas state (Meléndez-Jaramillo *et al.*, 2018). This was the same for the species *Anthanassa texana texana*, *Epiphile adrasta adrasta*, but the difference with this study is that here they are indicators of tropical semi-deciduous forest and tropical medium semi-deciduous forest, respectively. The species *Memphis forreri* indicator of tropical dry forest has also been reported by Maya-Martínez *et al.* (2009) for this vegetation type, and in other studies, it has been classified as a conservation indicator of tropical semi-deciduous forest (Pozo & Galindo, 2006). *Morpho helenor montezuma*, results as an indicator of tropical medium semi-deciduous forest, and it is also mentioned as a conservation indicator of the tropical semi-deciduous forest and evergreen seasonal forest in the Yucatan Peninsula (Pozo & Galindo, 2006). The species *Hermeuptychia sosybius*, *Castilia myia* and *Anthanassa ptolyca ptolyca* are indicators of medium subcaducifolia forest in Abra Tanchipa, were not reported in any other bioindication study.

Other studies carried out in areas with tropical dry forests are described in Table 5, although in comparison, the richness found is lower than the others. It should be considered that the sampled area in the Abra Tanchipa region has little disturbance (Rubio-Méndez *et al.*, 2018), and considering a previous study realized in the buffer

and influence zone (external limit) of the reserve (Hernández, 2019), the total richness increases to 247 species. This situation could be possible, because some butterfly studies have found that low levels of disturbance in the habitat have a positive effect on species richness (Bobo *et al.*, 2006; Devries *et al.*, 1997; Kitahara *et al.*, 2000; Waltz & Covington, 2004) but this does not detract from the role of primary or well-preserved forests since the presence of more species in these sites is only due to their proximity to well-preserved or primary stage areas (De Vries *et al.*, 1997), because it is improbable that species of pristine habitats can survive if their habitat is converted to secondary vegetation.

Table 5. Specific richness of diurnal Lepidoptera in Natural Protected Areas of Mexico with tropical dry forests.

Natural Protected Area, state(s)	Lepidoptera richness	Source
Kolijke, Puebla	644	De la Maza (2021)
Calakmul, Campeche	423	Pozo <i>et al.</i> (2003)
Sierra de Huautla, Morelos, Puebla and Guerrero	350	Legal <i>et al.</i> (2017).
Sierra de Manantlán, Jalisco and Colima	315	Vargas <i>et al.</i> (1992)
Altas Cumbres, Victoria, Tamaulipas	296	Meléndez-Jaramillo (2017).
Sierras de Taxco, Huautla, Guerrero	228	Sánchez (2006)
Abra Tanchipa, San Luis Potosí, San Luis Potosí	190	Present study

CONCLUSIONS:

The Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa has an inventory of 190 species of the Papilionoideae subfamily recorded within its core and buffer zone; the species found have been recognized in other studies as bioindicators of conserved environments. The Nymphalidae family has the highest abundance, and the Hesperidae family has the highest richness. The most diverse vegetation type was the tropical medium semi-deciduous forest, although it was the least abundant. The vegetation type with the highest abundance was the tropical dry forest, and the Van Someren-Ryden traps was the most effective collection method.

In addition, the results of the present research could add to the High-Resolution Diversity Monitoring System (SAR-MOD), which is coordinated by CONANP, in association with CONABIO's National Biodiversity Monitoring System. Monitoring has been conducted annually in the BRSAT since 2015, for 15 continuous days twice a year - once in the wet season and once in the dry season - in three clusters located in the core zone (RBSAT, 2020). Until now, diurnal Lepidoptera had not been included in the monitoring. The importance of this systematic and permanent effort in NPAs is contribute to the national analysis of degradation trends and ecosystem health.

This study is the beginning of further expanding the natural knowledge of this useful biological group within the reserve. It is suggested to continue at medium or long term the sampling of butterflies and cover the missing vegetation type, the medium evergreen forest, as well, try to explore new sampling techniques focused on the canopy, to include more rhodinids and other subfamilies characteristic of this stratum, and increase the inventory. The strengthening of these data can generate a solid base to establish a biological monitoring plan that reflects the long-term conservation status of the reserve and thus be able to visualize other effects on the reserve different than land use change, such as those generated by climate change, which are usually less perceptible to the human eye.

ACKNOWLEDGMENTS:

To the Research Institute of Desertic Zones of Autonomous University of San Luis Potosí, for the support and vehicle facilities provided, indispensable for access to the most remote transects. To Karla Balderas, Lorena Farías, Carlos González, J. Irene, Hermelindo, Samuel, and all the other guides of the reserve, friends, and colleagues such as Dr. Eleazar, who supported me in the field work. To M en C. Armando Moisés Luis Martínez of UNAM, for the digital revision of the specimens collected and their taxonomic correction of all the families except HesperIIDae. To the National Commission of Natural Protected Areas and its reserve director, M.C. Alejandro Durán, for believing in the project and providing logistic and economic support to carry it out.

REFERENCES

- Abrol, D.P.** (2012). Pollinators as bioindicators of ecosystem functioning. In *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production* (pp. 509-544). Springer Science+Business Media.
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2>
- Alvarez, G. H. , Ibarra, V. A. , Escalante, P.** (2016) Richness and altitudinal distribution of the butterflies of the Sierra Mazateca, Oaxaca (Lepidoptera: Papilionoidea). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 32(3): 323-347.
<https://doi.org/10.21829/azm.2016.323967>
- Andrade, C. M. G.** (1998) Use of butterflies as bioindicators of habitat type and biodiversity. *Revista Académica Colombiana Ciencias*, 22(84) (0370-3908), 407-421. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/265594873> (accessed 18 January 2021).
- Andrade, C. M. G., Henao B. E. R., Triviño, P.** (2013). Techniques and processing for the collection, preservation and mounting of butterflies in biodiversity and conservation studies (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea). *Colombian Academic Journal of Science*. 37(144): 311-325.
- Arellano-Covarrubias, A., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (2018) Distribution and phenology of the family Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea) in the subdeciduous tropical forest of Oaxaca, Mexico. *Journal of Tropical Biology*, 66(2), 503. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33378>
- Bhardwaj, M., Uniyal, V. P., Sanyal, A. K., Singh, A. P.** (2012). Butterfly communities along an elevational gradient in the Tons valley, Western Himalayas: Implications of rapid assessment for insect conservation. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15(2), 207-217.
- Bobo, K.S., Waltert, M., Fermon, H., Njokagbor, J., Mühlenberg, M.** (2006) From forest to farmland: Butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in Southwestern Cameroon. *Journal of Insect Conservation*, 10(1), 29-42. <https://doi.org/10.1007/s10841-005-8564-x>
- Beccaloni, G. W., Vilorio, Á. L., Hall, S. K., Robinson, G. S.** (2008) *Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies/Catálogo de las plantas huésped de las mariposas neotropicales* (S.E.A, N. H. Museum, and IVIC (eds.); 1st. edition). Gorfi, S.A, Zaragoza, Spain, 536 pp.
- Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., Ehrlich, P. R.** (2010). More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, 143(8), 1831-1841.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>.

- Chaves, Ó. M., & Bicca-Marques, J. C.** (2016). Feeding strategies of brown howler monkeys in response to variations in food availability. *PLoS ONE*, 11(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145819>
- Colwell, R. K., Xuan Mao, C., Chang, J.** (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85(10) 2717-2727.
- CONABIO** (2006). Natural capital and social welfare. 1^a. Edición. National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity. Mexico, D.F. 71 pp.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA-FCF, UANL** (2007). Analysis of gaps and omissions in the conservation of Mexico's terrestrial biodiversity: areas and species. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico. 128 pp.
- CONANP.** (2014). Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. SEMARNAT, CONANP. 1st edition. 200 pp.
- CONANP-GIZ.** (2013). Climate change adaptation program in the Ecological Corridor of the Sierra Madre Oriental. Available at: <https://www.yumpu.com/es/document/read/29904824/programa-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-el-corredor-> (accessed April 01, 2022).
- De la Maza, E.R.** (2010) Diurnal Lepidoptera. Pp. 179-194. *In*: G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury and R. Dirzo (Eds.), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México* (1st. edition). EcoCiencia A.C., CONANP, Fondo de Cultura Económica, CONABIO, Telmex and Telcel. Mexico City.
- De la Maza, E.R.** (2021) Diurnal Lepidoptera of the area voluntarily designated for conservation (ADVC) Koliijke, Zihuatéutla, Puebla, Mexico. *Special Publications Mexican Society of Lepidopterology*, (3), 78.
- De la Maza, E.R., White L.A.** (1990) Rhopalocera of the huasteca potosina, their distribution, composition, origin and evolution. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 13(2), 31-89.
- De Nova, J. A., Castillo, P., Salinas, M., Fortanelli, J.** (2018). Seasonal tropical forests. pp. 59-77. *In*: Reyes, H., De Nova, J.A, Durán, A. (Eds.). Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve- Biodiversity and actions for its conservation. CONANP-UASLP. San Luis Potosí, Mexico.
- Devries, P. J., Murray, D., Lande, R.** (1997). Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnean Society* (62): 343-364.
- DeVries, P. J., Walla, T.R.** (2001) Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74(1), 1-15. <https://doi.org/10.1006/bjil.2001.0571>

- Díaz Batres, Ma. E., Llorente-Bousquets, J.** (2011). Butterflies of Chapultepec. Visual guide (1st. edition). Cospapalotl.
- Dufrene M, Legendre P** (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible symmetrical approach. *Ecological Monographs* 67(3): 345–366. <https://doi.org/10.2307/2963459>
- Durán, F. A.** (2018). Background on the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve. Pp 11-42. In: Reyes, H. H., De Nova, V. J. A. & Durán, F. A. Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Biodiversity and Actions for its Conservation. Autonomous University of San Luis Potosí. National Commission of Natural Protected Areas. San Luis Potosí. Mexico. 188 pp.
- Escalante E. T.** (2003). How many species are there? Chao's nonparametric estimators. *Elements: Science and Culture*, 052, 53-56.
- Forsberg, F., Barfod, A.S., Francisco, A.J., Ribeiro, M.C.** (2020). Fruit feeding butterflies as indicator taxon, pitfalls and concerns demonstrated in the Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, 111(June 2019), 105986. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105986>
- Freitas, A.V.L., Agra, I.C., Pereira, S.J., Oliveira, C.J.Y., Bandini, R.D., Alves, M.D.H., Batista, R.A.H., Marini-Filho, O.J., Mattos, A.G., Uehara-Prado, M.** (2014). Studies with butterfly bait traps: an overview. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 203-212.
- Garwood K. and Lehman R.** (2005). Butterflies of Northeastern Mexico.pdf (2nd Edition). Eye Scry Publishing.
- Glassberg, J.** (2017). A swift guide to butterflies of Mexico and Central America, Second edition. Princeton University Press. New Jersey, USA, 304 p.
- Gómez, J. C. E., Subirós, J. V., Flores, J. L. F., Hernández, H. R., Muñoz-Robles, C. A.** (2018). Ecosystem connectivity between the "El Cielo" and "Sierra del Abra Tanchipa" biosphere reserves in Mexico. *Investigaciones Geográficas* (70), 181-196. <https://www.redalyc.org/journal/176/17664421009/17664421009.pdf>.
- Gómez-Salazar, J. C., Henao-Bañol, E. R., Murillo Montoya, S. A. Tunarrosa Echeverría, E. M.** (2021). Richness and abundance of diurnal butterflies in urban green areas of the municipality of La Dorada, (Caldas). *Revista de La Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, 10(2), 150-164.
- Gutiérrez-Hernández, R., Sahagún-Sánchez, F. J., Delgado-Sánchez, P., Castillo-Lara, P., Fortanelli-Martínez, J., Reyes-Hernández, H., De-Nova, J. A.** (2021). Reassessment of the seasonally dry tropical forests of the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve and areas with potential for conservation. *Botanical Sciences*: 735-751.
- Hernández, R. M. del R.** (2019). Diversity and abundance of diurnal butterflies in the biosphere reserve "Sierra del Abra Tanchipa", San Luis Potosí, Mexico. Master's thesis. UASLP. México.

- Jansen, D. H., & Schoener T.W.** 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecol.* 49:96-110. <http://links.jstor.org/sici?sici=0012-9658%28196801%2949%3A1%3C96%3ADIIAAD%3E2.0.CO%3B2-T>
- Janzen, D.** (1988). Tropical dry forest, the most endangered major tropical ecosystem. In: E.O. Wilson (Ed.) *Biodiversity*. Natural Academy Press Washington D. C. pp. 130-137.
- Kitahara, M., Sei, K., & Fujii, K.** (2000). Patterns in the structure of grassland butterfly communities along a gradient of human disturbance: Further analysis based on the generalist/specialist concept. *Population Ecology*, 42(2), 135-144. <https://doi.org/10.1007/PL00011992>.
- Legal L., Dorado O., Albre J., Bermudez K. López K.** (2017) *Diurnal butterflies: Sierra de Huautla Biosphere Reserve* State of Morelos, Mexico. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Trópico Seco Ediciones, 330 pp.
- Legal, L., Valet, M., Dorado, O., de Jesús-Almonte, J. M., López, K., Céréghino, R.** (2020) Lepidoptera are relevant bioindicators of passive regeneration in tropical dry forests. *Diversity*, 12 (6), 15–18. <https://doi.org/10.3390/D12060231>
- Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Pozo, C., Oñate-Ocaña, L.** (2016). Papilionoidea, Pieridae and Nymphalidae of Mexico: geographical distribution and illustration. Faculty of Sciences. National Autonomous University of Mexico.
- Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., & Warren, A. D.** (2003). Biodiversity and biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1), 209-224.
- Luis-Martínez, A., Sánchez, G.A., Ávalos-Hernández, O., Salinas-Gutiérrez, J. L., Trujano-Ortega, M., Arellano-Covarrubias, A., Llorente-Bousquets, J.** (2020). Distribution and diversity of Papilionidae and Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) in Loxicha region, Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 139-155. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.37587>.
- Luna-Reyes, M., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I.** (2010). Faunal composition and phenology of the butterflies (Rhopalocera: Papilionoidea) of Cañón de Lobos, Yauteppec, Morelos, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(2), 315-342. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42516001009> (accessed 15 January 2021).
- Martín-Regalado, C.N.** (2019). Detección de especies indicadoras de condiciones de hábitats. En: Moreno, C.E. (Ed) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos*

- y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/LiberMex, Ciudad de México, pp. 223-235.
- Martínez-Noble, J. I., Meléndez-Ramírez, V., Delfín-González, H., Pozo, C.** (2015). Butterflies of the medium subcaducifolia forest of Tzucacab, with new records for Yucatán, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(2), 348-357. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.010>
- Maya-Martínez, A., Pozo, C., Schmitter-Soto, J. J.** (2009). Distribution patterns of Charaxinae (Lepidoptera: Nymphalidae) in Yucatan peninsula, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 25 (2), 283–301. <https://doi.org/10.21829/azm.2009.252625>
- McCune, B., Mefford, M.J.** (1999). PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.5, MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. <http://www.pcord.com>
- McGeoch M.A., Rensburg B.J.V., Botes A.** (2002). The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 39: 661–672. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00743.x>
- McGeoch, M. A.** (2007). Insects and bioindication: Theory and progress. Pp. 144-174. In A. J. A. Stewart, T. R. New, O. T. Lewis (Eds.), *Insect Conservation Biology: Proceedings of the Royal Entomological Society's 23rd Symposium* CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845932541.0383>
- Meléndez-Jaramillo, E.** (2017). Diversity of diurnal butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a low thorny deciduous forest of primary and secondary condition in Victoria, Tamaulipas, Mexico. Master's thesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. 158 pp.
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Sánchez-Reyes, U. J., Herrera-Fernández, B., Estrada-Castillón, A. E.** (2018). Valor indicador de los ninfálidos (Papilionoidea: Nymphalidae) en selva baja espinosa caducifolia del Noreste de México. *Ecología y Comportamiento Entomología Mexicana*, 5, 253–260.
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala C., Sánchez-Reyes U.J., Sandoval-Becerra F.M., Herrera-Fernández, B.** (2019). Altitudinal and seasonal distribution of butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) in Cerro Bufa El Diente, Tamaulipas, Mexico. *ZooKeys* 900: 31-68. <https://doi.org/10.3897/zookeys.900.36978>
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, I. M., Blay, S. Kapos, V. Gordon J. E.** (2006). A global review of the conservation status of Tropical Dry Forests. *Journal of biogeography* 33:291-505. <https://doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>

- Miranda F. Hernández-X E.** (1963). The vegetation types of Mexico and their classification. *Bulletin of the Botanical Society of Mexico* 28: 29-179. <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Monteagudo-Sabaté D., Luis A.M., Vargas I.F., Llorente J.B.** (2001). Altitudinal patterns of butterfly diversity in the Sierra Madre del Sur (Mexico) (Lepidoptera: Papilionoidea). *Lepidopterological Journal (SHILAP)* 29(115): 207-237.
- Montero, R. J. J. J.** (2014). Species structure and diversity of a nymphalid frugivorous diurnal butterfly community in an advanced secondary midland forest of the Caribbean of Costa Rica in a spatial and temporal dimension. *Latin University of Costa Rica*. 1–61, <https://doi.org/10.13140/2.1.1092.3840>
- Montero-A., F., Ortiz-P., M.** (2013). Contribution to the knowledge for the conservation of butterflies (Hesperioidea and Papilionoidea) in the Páramo del Tablazo, Cundinamarca (Colombia). *Boletín científico centro de museos Museo de Historia Natural*, 17(2), 197 - 226. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n2/v17n2a17.pdf> (accessed 22 June 2021).
- Orta S.C., Reyes-Agüero J.A., Muñoz R.C.A., Méndez C.H.** (2021). Lepidoptera with potential for intensive management and sustainable use. Pp. 123-149. In Reyes-Hernández H., Reyes-Agüero J.A., Dúran F.A.(Eds.). *Challenges for the conservation of ecosystems and their biodiversity in the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve*. Autonomous University of San Luis Potosí.
- Orta S, C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., Muñoz-Robles, C. A., Méndez C, H.** (2022). Ecological bioindicator butterflies in Mexico. Review article. *Acta zoológica mexicana (n.s.)*, 1-33. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812488>
- Pedraza, M., Márquez, J., J. Gómez-Anaya.** (2010). Structure and composition of seasonal assemblages of Coleoptera (Insecta: Coleoptera) from the mesophyll mountain forest in Tlanchinol, Hidalgo, Mexico, collected with flight intercept traps. *Mexican Journal of Biodiversity*, 81(2): 437-456.
- Pozo, C., Galindo-Leal, C.** (2006). Las mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) como indicadores para el monitoreo enfocado a la conservación: la región de Calakmul, como estudio de caso. Pp. 97–126. *En: Los Rhopalocera de la región de Calakmul, Campeche: Métodos de estudio, fenología y su uso como indicadores de disturbio*. Tesis de Doctorado, UNAM, México.
- Pozo, C., Llorente, B. J., Luis, M.A., Vargas, F. I., Salas, S. N.** (2005). Reflections on sampling methods for butterflies in biogeographical comparisons. Pp. 203-215. In J. Llorente, J.J. Morrone (Eds.). *Geographic regionalization in Iberoamerica and related topics: first biogeographic conference of the Iberoamerican Network of Biogeography and Systematic Entomology (RIBES XII.I-CYTED)*. National Autonomous University of Mexico. Available at: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Pozo2005.pdf> (accessed 08 January 2021).

- Pozo, C., Luis-Martínez, M. A., Uc, T. S., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A.** (2003). Butterflies (Papilionoidea and Hesperioidea) of Calakmul, Campeche, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 48(4), 505-525.
[https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2003\)048<0505:bpahoc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2003)048<0505:bpahoc>2.0.co;2)
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Warren, A. D.** (2008). Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul Region. *Florida Entomologist*, 91(3), 407-422.
[https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2008\)91\[407:SAPOTB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2008)91[407:SAPOTB]2.0.CO;2)
- Pozo, C., Luis-Martínez, M. A., Salas-Suárez, N., Trujano-Ortega, M., Llorente-Bousquets, J.** (2014). Diurnal butterflies: bioindicators of current and historical events. Pp. 327-347. In C. A. González Z., A. Vallarino, J. C. Pérez J., A. M. Low P. (Eds.), *Bioindicators: guardians of our environmental future* (1st ed.). El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. Mexico, D.F.
- RBSAT**, (2020). High resolution diversity monitoring system (SAR-MOD) in the Sierra del Abra Tanchipa biosphere reserve. Technical report 2015-2020 [unpublished]. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Comisión Nacional Forestal-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fondo Mexicano para la Conservación de la naturaleza, Gordon and Betty Moore Foundation. Tamuín, San Luis Potosí, Mexico.
- Reyes-Agüero, J.A., Dúran F.A., Nuñez G.A.** (2021). Biological richness and species at risk of extinction. Pp. 100-122. In Reyes-Hernández H., Reyes-Agüero J.A., Dúran F.A.(Eds.). *Challenges for the conservation of ecosystems and their biodiversity in the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve*. Autonomous University of San Luis Potosí.
- Ribeiro, D. B., Freitas, A.V. L.** (2010). Differences in thermal responses in a fragmented landscape: temperature affects the sampling of diurnal, but not nocturnal fruit-feeding Lepidoptera. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 42, 1-4.
- Rubio-Méndez, G., Castillo-Gómez, H. A., Hernández-Sandoval, L., Espinosa-Reyes, G., & De-Nova, J. A.** (2018). Chronic disturbance affects the demography and population structure of *Beaucarnea inermis*, a threatened species endemic to Mexico. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918779802. DOI: 10.1177/1940082918779802
- Sahagún-Sánchez, F. J., & De-Nova, J. A.** (2021). Multi-taxonomic survey in the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve. *Biota Neotropica*, 21(1), 1-14.
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1050>.
- Sánchez H.A.I.** (2006). Phenology of Papilionoidea (Lepidoptera) from a low deciduous forest area in the Sierras de Taxco-Huautla (RTP-120). Bachelor's thesis. National Autonomous University of Mexico. 67 pp.

- Schulze, C. H., Linsenmair, K. E., Fiedler, K.** (2001). Understorey versus canopy: Patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. *Plant Ecology*, 153, 133-152.
<https://doi.org/10.1023/A:1017589711553>
- SEMARNAT.** (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación December 30, 2010 Available at: <http://diariooficial.gob.mx/normasOficiales.php?codp=8007&view=si> (accessed April 01, 2022).
- Tejeda-Cruz C, Mehltreter K, Sosa VJ** (2008). Indicadores ecológicos multi-taxonómicos. In: Manson RH, Hernández-Ortiz V, Gallina S, Mehltreter K (Eds) Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto Nacional de Ecología A. C, México: 123–134.
- 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 Sciences*, 360, 339-357.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1585>
- Trejo, I.** (2010). The dry forests of the Mexican Pacific. In G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury Creel, & R. Dirzo (Eds.), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. (1st ed., pp. 41-51). Fondo de Cultura Económica, CONABIO.
http://cas.umt.edu/facultydatabase/FILES_Faculty/888/79_2009-Hutto-Ceballos book.pdf
- IUCN** (2022). The IUCN red list of threatened species.
<https://www.iucnredlist.org/> (accessed 20 June 2022)
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (1992). Lepidopterofaunistic listing of the Sierra de Atoyac de Álvarez in the state of Guerrero: Notes on their local and seasonal distribution (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia Entomológica Mexicana*, 86, 41-178. Available at: <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/handle/11154/139869?show=full> (accessed 17 March 2021).
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (1999). Distribution of the Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) of the Sierra de Manantlán (250-1,650 m) in the states of Jalisco and Colima. *Special Publications of the Museum of Zoology*, 11, 153.
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J. E., Luis-Martínez, A.** (2016). *Additions to the Papilionoidea series of Mexico: geographical distribution and illustration* (1st. edition). National Autonomous University of Mexico. 120 pp.

- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza H., Ospinay M., Umaña, A. M.** (2006). Manual of methods for the development of biodiversity inventories. Biodiversity Inventories Program. Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute. Bogotá, Colombia. ISBN: 8151325
- Waltz, A. E. M., Covington, W. W.** (2004). Ecological restoration treatments increase butterfly richness and abundance: Mechanisms of response. *Restoration Ecology*, 12(1), 85-96. <https://doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00262.x>
- Warren A. D., Davis K. J. , Grishin N. V. , Pelham J. P. , Stangeland E. M.** (2012). Interactive Listing of American Butterflies. <http://www.butterfliesofamerica.com>

Appendix 1. (Anexo 3)

List of species recorded (in a phylogenetic arrangement based on Vargas *et al.*, 2016) and their abundance (number of individuals) in each vegetation type in the Biosphere Reserve Sierra del Abra Tanchipa, in Ciudad Valles, SLP, Mexico. TTF= Tropical thorny forest, TDF= tropical dry forest, TSF= tropical semi-deciduous forest, TMSF= tropical medium semi-deciduous forest; Cat.=Category (A=Abundant; C=Common; F=Frequent; S=Scarce; R=Rare); Reg.=Record (N=New record for the BRSAT).

Bold= Environmental bioindicator species

	Scientific name with author	TTF	TDF	TSF	TMSF	Total	Cat.	Reg.
Papilionidae								
Papilioninae								
1	<i>Protographium philolaus philolaus</i> (Boisduval, 1836)	23	26	43	43	135	A	
2	<i>Mimoides phaon phaon</i> (Boisduval, 1836)	0	0	1	0	1	R	
3	<i>Battus polydamas polydamas</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	1	0	1	R	N
4	<i>Heraclides anchisiades idaeus</i> (Fabricius, 1793)	0	0	2	4	6	F	N
5	<i>Heraclides ornythion ornythion</i> (Boisduval, 1836)	7	5	18	32	62	C	N
6	<i>Heraclides pallas pallas</i> (G. Gray, [1853])	0	0	1	13	14	F	N
7	<i>Heraclides rumiko</i> Shiraiwa & Grishin, 2014.	6	15	55	13	89	A	
8	<i>Heraclides thoas autocles</i> (Rothschild & Jordan, 1906)	0	0	0	1	1	R	N
9	<i>Heraclides torquatus tolus</i> (Godman & Salvin, 1890)	0	0	0	7	7	F	N
10	<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i> (W. F. Kirby, 1884)	1	0	0	0	1	R	N
Pieridae								
Coliadinae								
11	<i>Zerene cesonia cesonia</i> (Stoll, 1790)	1	0	0	0	1	R	
12	<i>Anteos clorinde nivifera</i> (Godart, [1824])	2	6	4	0	12	F	
13	<i>Anteos maerula lacordairei</i> (Fabricius, 1775)	32	97	62	98	289	A	
14	<i>Phoebis agarithe agarithe agarithe</i> (Boisduval, 1836)	11	39	16	8	74	C	
15	<i>Phoebis philea philea</i> (Linnaeus, 1763)	6	0	0	0	6	F	N
16	<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1777)	10	10	6	7	33	C	
17	<i>Pyrisitia dina westwoodi</i> (Boisduval, 1836)	33	25	8	3	69	C	
18	<i>Pyrisitia lisa centralis</i> (Herrich-Schäffer, 1865)	5	5	11	1	22	C	
19	<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	6	16	11	0	33	C	
20	<i>Pyrisitia proterpia proterpia</i> (Fabricius, 1775)	3	2	4	0	9	F	
21	<i>Eurema albula celata</i> (R. Felder, 1869)	0	0	1	0	1	R	
22	<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	19	33	29	15	96	A	
23	<i>Eurema दौरा eugenia</i> (Wallengren, 1860)	0	2	4	1	7	F	
24	<i>Eurema mexicana mexicana</i> (Boisduval, 1836)	1	5	6	2	14	F	
25	<i>Eurema salome jamapa</i> (Reakirt, 1866)	6	0	10	0	16	F	N
26	<i>Kricogonia lyside</i> (Godart, 1819)	45	39	11	0	95	A	

	Pierinae							
27	<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> (Lamas, 1981)	86	136	208	123	553	A	
28	<i>Pieriballia viardi viardi</i> (Boisduval, 1836)	2	71	53	12	138	A	
29	<i>Ascia monuste monuste</i> (Linnaeus, 1764)	0	0	5	0	5	S	
30	<i>Ganyra josephina josepha</i> (Salvin & Godman, 1868)	7	4	2	0	13	F	
	Lycaenidae							
	Theclinae							
31	<i>Eumaeus toxea</i> (Godart, [1824])	0	4	0	0	4	S	N
32	<i>Cyanophrys goodsoni</i> (Clench, 1946)	0	1	0	0	1	R	N
33	<i>Thereus oppia</i> (Godman & Salvin, 1887)	2	0	2	0	4	S	N
34	<i>Arawacus sito</i> (Boisduval, 1836)	0	2	9	2	13	F	N
35	<i>Calycopis isobeon</i> (A. Butler & H. Druce, 1872)	0	0	1	1	2	S	N
36	<i>Calycopis origo</i> (Godman & Salvin, 1887)	0	0	1	0	1	R	N
37	<i>Camissecla vespasianus</i> (A. Butler & H. Druce, 1872)	0	0	0	1	1	R	N
38	<i>Gargina gnosis</i> (Hewitson, 1868)	0	1	0	0	1	R	N
39	<i>Oenomaus ortygnus</i> (Cramer, 1779)	0	0	0	4	4	S	N
	Polyommatainae							
40	<i>Leptotes cassius cassidula</i> (Boisduval, 1870)	7	4	3	0	14	F	N
41	<i>Hemiargus ceraunus astenidas</i> (Lucas, 1857)	0	1	0	0	1	R	N
	Riodinidae							
	Euselasiinae							
42	<i>Euselasia hieronymi hieronymi</i> (Salvin & Godman, 1868)	0	0	0	3	3	S	N
	Riodininae							
43	<i>Voltinia umbra umbra</i> (Boisduval, 1870)	0	0	1	3	4	S	N
44	<i>Calephelis montezuma</i> McAlpine, 1971	0	0	3	3	6	F	N
45	<i>Calephelis perditalis perditalis perditalis</i> W. Barnes & McDunnough, 1918	0	0	1	7	8	F	
46	<i>Calephelis rawsoni</i> McAlpine, 1939	0	0	8	17	25	C	N
47	<i>Calephelis stallingsi</i> McAlpine, 1971	0	0	4	5	9	F	N
48	<i>Calydna sturnula</i> (Geyer, 1837)	0	1	1	0	2	S	N
49	<i>Curvie emesia</i> (Hewitson, 1867)	1	1	1	0	3	S	
50	<i>Emesis mandana furor</i> A. Butler & H. Druce, 1872	0	1	0	0	1	R	N
51	<i>Emesis sp1.</i>	0	1	0	0	1	R	N
	Nymphalidae							
	Libytheinae							
52	<i>Libytheana carinenta mexicana</i> Michener, 1943	3	3	0	0	6	F	
	Danainae							
53	<i>Danaus eresimus montezuma</i> Talbot, 1943	1	1	2	0	4	S	
54	<i>Danaus gilippus thersippus</i> (H. Bates, 1863)	0	0	0	2	2	S	N
	Morphinae							
55	<i>Morpho helenor montezuma</i> Guenée, 1859	3	3	29	194	229	A	
	Satyrinae							

56	<i>Manataria maculata maculata maculata</i> (Hopffer, 1874)	0	1	0	1	2	S	N
57	<i>Cissia pseudoconfusa</i> Singer, DeVries & P. Ehrlich, 1983	2	1	2	9	14	F	N
58	<i>Cissia terrestris</i> (A. Butler, 1867)	0	1	1	12	14	F	
59	<i>Cyllopsis dospassosi</i> L. Miller, 1974	3	1	2	4	10	F	N
60	<i>Cyllopsis hedemanni hedemanni</i> R. Felder, 1869	0	0	7	8	15	F	N
61	<i>Cyllopsis nayarit</i> (R. Chermock, 1947)	0	0	3	5	8	F	N
62	<i>Hermeuptychia hermybius</i> Grishin, 2014.	0	1	0	9	10	F	N
63	<i>Hermeuptychia sosybius</i> (Fabricius, 1793)	0	1	1	13	15	F	N
64	<i>Taygetis inconspicua</i> (Draudt, 1931)	0	0	0	3	3	S	N
65	<i>Yphthimoides renata</i> (Stoll, 1780)	0	3	0	2	5	S	N
	Charaxinae							
66	<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	11	13	6	0	30	C	
67	<i>Anaea troglodyta aidea</i> (Guérin-Méneville, [1844])	697	917	446	13	2073	A	
68	<i>Fountainea eurypile confusa</i> (A. Hall, 1929)	1	3	2	6	12	F	
69	<i>Fountainea glycerium glycerium</i> (Doubleday, [1849])	38	21	24	6	89	A	
70	<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	40	76	27	2	145	A	
71	<i>Memphis pithyusa pithyusa</i> (R. Felder, 1869)	911	2395	1013	39	4358	A	
72	<i>Archaeoprepona demophon centralis</i> (Fruhstorfer, 1905)	11	43	18	20	92	A	
73	<i>Archaeoprepona demophoon gulina</i> (Fruhstorfer, 1904)	0	4	10	1	15	F	N
	Biblidinae							
74	<i>Marpesia chiron marius</i> (Cramer, 1779)	0	3	0	1	4	S	
75	<i>Marpesia petreus</i> (Cramer, 1776)	2	3	6	4	15	F	
76	<i>Biblis hyperia aganisa</i> Boisduval, 1836	5	3	2	2	12	F	
77	<i>Mestra dorcas amymone</i> (Ménétriés, 1857)	3	10	11	3	27	C	
78	<i>Eunica monima</i> (Stol, 1782)	11	32	1	0	44	C	
79	<i>Eunica tatila tatila</i> (Herrich-Schäffer, [1855])	4	1	3	3	11	F	N
80	<i>Myscelia cyaniris cyaniris cyaniris</i> Doubleday, [1848].	17	5	4	1	27	C	
81	<i>Myscelia ethusa ethusa</i> [Doyère, (1840)].	862	225	263	41	1391	A	
82	<i>Hamadryas amphinome mexicana</i> (Lucas, 1853)	0	11	2	0	13	F	
83	<i>Hamadryas februa ferentina</i> (Godart, [1824])	101	60	35	0	196	A	
84	<i>Hamadryas feronia farinulenta</i> (Fruhstorfer, 1916)	3	0	3	0	6	F	N
85	<i>Hamadryas glauconome glauconome glauconome</i> (H.W.Bates, 1864)	111	23	27	1	162	A	
86	<i>Hamadryas guatemalena marmarice</i> (Fruhstorfer, 1916)	19	10	8	2	39	C	
87	<i>Epiphile adrasta adrasta adrasta</i> Hewitson, 1861	0	0	1	23	24	C	
88	<i>Temenis laothoe hondurensis</i> Fruhstorfer, 1907	1	3	0	8	12	F	
89	<i>Adelpha basiloides</i> (H.W. Bates, 1865)	47	226	23	61	357	A	
90	<i>Adelpha fessonia fessonia</i> (Hewitson, 1847)	34	27	42	4	107	A	
	Apaturinae							
91	<i>Asterocampa idyja argus</i> (H. Bates, 1864)	0	2	0	3	5	S	N
92	<i>Doxocopa laure laure</i> (Drury, 1773)	8	13	4	1	26	C	N

93	<i>Doxocopa pavon theodora</i> (Lucas, 1857)	0	5	2	0	7	F	N
	Nymphalinae							
94	<i>Historis acheronta acheronta</i> (Fabricius, 1775)	0	0	1	0	1	R	N
95	<i>Smyrna blomfieldia datis</i> Fruhstorfer, 1908	20	11	31	41	103	A	
96	<i>Anartia fatima fatima</i> (Fabricius, 1793)	0	1	0	3	4	S	
97	<i>Anartia jatrophae luteipicta</i> Fruhstorfer, 1907	0	0	5	2	7	F	
98	<i>Junonia coenia coenia</i> Hübner, [1822].	0	0	1	0	1	R	N
99	<i>Siproeta stelens biplagiata</i> (Fruhstorfer, 1907)	38	80	89	50	257	A	
100	<i>Chlosyne rosita browni</i> Bauer, 1961	22	32	27	15	96	A	
101	<i>Microtia elva horni</i> Rebel, 1906	0	7	2	0	9	F	
102	<i>Anthanassa ardys ardys</i> (Hewitson, 1864)	0	1	0	15	16	F	N
103	<i>Anthanassa argentea</i> (Godman & Salvin, 1882)	0	0	1	0	1	R	N
104	<i>Anthanassa drusilla lelex</i> (H.W. Bates, 1864)	1	5	19	19	44	C	
105	<i>Anthanassa frisia tulcis</i> (H.W. Bates, 1864)	24	25	38	26	113	A	N
106	<i>Anthanassa ptolyca ptolyca</i> (H.W. Bates, 1864)	8	6	22	47	83	A	
107	<i>Anthanassa texana texana</i> (W. H. Edwards, 1863)	2	1	40	4	47	C	N
108	<i>Castilia griseobasalis</i> (Röber, 1913)	0	0	0	10	10	F	N
109	<i>Castilia myia</i> (Hewitson, [1864])	0	0	1	19	20	F	N
110	<i>Tegosa anieta luka</i> Higgins, 1981	0	0	0	1	1	R	N
	Heliconiinae							
111	<i>Euptoieta claudia daunius</i> (Herbst, 1798)	0	4	1	0	5	S	
112	<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)	19	22	30	18	89	A	
113	<i>Eueides isabella eua</i> (Fabricius, 1793)	0	14	7	34	55	C	
114	<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> W. Comstock & F. Brown, 1950	46	32	51	22	151	A	
115	<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847	3	18	1	1	23	C	
	Hesperiidae							
	Eudaminae							
116	<i>Proteides mercurius mercurius</i> (Fabricius, 1787)	0	1	0	0	1	R	N
117	<i>Epargyreus exadeus cruza</i> Evans, 1952	1	0	0	0	1	R	N
118	<i>Chioides zilpa</i> (A. Butler, 1872)	0	0	1	1	2	S	N
119	<i>Aguna asander asander</i> (Hewitson, 1867)	0	0	0	11	11	F	N
120	<i>Typhedanus undulatus</i> (Hewitson, 1867)	1	0	1	0	2	S	N
121	<i>Polythrix asine</i> (Hewitson, 1867)	1	1	0	0	2	S	N
122	<i>Cephise aelius</i> (Plötz, 1880)	0	0	0	1	1	R	N
123	<i>Codatractus alcaeus alcaeus</i> (Hewitson, 1867)	7	0	0	0	7	F	N
124	<i>Urbanus belli</i> (Hayward, 1935)	0	0	0	4	4	S	N
125	<i>Urbanus procne</i> (Plötz, 1881)	0	0	0	1	1	R	N
126	<i>Urbanus pronta</i> Evans, 1952	0	0	0	2	2	S	N
127	<i>Astrartes alector hopfferi</i> (Plötz, 1881)	0	2	0	2	4	S	
128	<i>Astrartes fulgurator blue</i> (Reakirt, [1867])	0	4	2	2	8	F	

129	<i>Achalarus toxeus</i> (Plötz, 1882)	1	0	0	0	1	R	N
130	<i>Cabares foal foal</i> (Lucas, 1857)	2	0	3	8	13	F	
131	<i>Spathilepia clonius</i> (Cramer, 1775)	0	0	0	1	1	R	N
132	<i>Telemiades choricus</i> (Schaus, 1902)	3	13	0	1	17	F	N
133	<i>Telemiades nicomedes</i> (Möschler, 1879)	0	0	0	2	2	S	N
	Pyrginae							
134	<i>Celaenorrhinus eligius eligius</i> (Stoll, 1781)	0	0	1	0	1	R	N
135	<i>Celaenorrhinus stallingsi</i> H. Freeman, 1946	0	0	0	2	2	S	N
136	<i>Celaenorrhinus stola</i> Evans, 1952	0	0	0	4	4	S	N
137	<i>Polyctor enops</i> (Godman & Salvin, 1894)	0	0	1	0	1	R	N
138	<i>Nisoniades godma</i> Evans, 1953	0	0	1	0	1	R	N
139	<i>Pellicia arina</i> Evans, 1953	0	0	0	1	1	R	N
140	<i>Noctuana stator</i> (Godman, 1899)	1	0	0	0	1	R	N
141	<i>Bolla orsines</i> (Godman & Salvin, 1896)	0	0	7	2	9	F	N
142	<i>Staphylus ascalaphus</i> (Staudinger, 1876)	0	1	1	4	6	F	N
143	<i>Staphylus mazans</i> (Reakirt, [1867])	13	109	100	92	314	A	N
144	<i>Staphylus vincula</i> Plötz, 1886	1	2	10	5	18	F	N
145	<i>Gorgythion begga pyralina</i> (Möschler, 1877)	0	6	14	8	28	C	N
146	<i>Mylon maimon</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	1	1	R	N
147	<i>Grais stigmaticus stigmaticus stigmaticus</i> (Mabille, 1883)	0	0	0	1	1	R	N
148	<i>Timochares ruptifasciata</i> (Plötz, 1884)	0	0	2	0	2	S	N
149	<i>Chiomara asychis simon</i> Evans, 1953	2	0	8	1	11	F	
150	<i>Aethilla lavochrea</i> A. Butler, 1872	0	1	0	0	1	R	N
151	<i>Eantis tamenund</i> (W. H. Edwards, 1871)	0	0	0	3	3	S	N
152	<i>Quadrus lugubris lugubris</i> (R. Felder, 1869)	0	0	0	1	1	R	N
153	<i>Atarnes sallei</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	1	1	9	11	F	N
154	<i>Carrhenes canescens canescens</i> (R. Felder, 1869)	0	0	0	1	1	R	N
155	<i>Onenses hyalophora</i> (R. Felder, 1869)	0	0	1	0	1	R	N
156	<i>Antigonus erosus</i> (Hübner, [1812])	31	0	0	0	31	C	N
157	<i>Antigonus nearchus</i> (Latreille, [1817])	0	2	1	0	3	S	N
158	<i>Systasea pulverulenta</i> (R. Felder, 1869)	0	1	0	0	1	R	N
159	<i>Pyrgus communis communis</i> (Grote, 1872)	0	0	2	0	2	S	N
160	<i>Pyrgus oileus</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	16	1	17	F	N
161	<i>Heliopetes laviana laviana</i> (Hewitson, 1868)	1	1	10	0	12	F	
162	<i>Heliopetes macaira macaira</i> (Reakirt, [1867])	0	1	1	1	3	S	N
	Hesperiinae							
163	<i>Synale cynaxa</i> (Hewitson, 1867)	0	0	0	1	1	R	N
164	<i>Carystus phorcus phorcus</i> (Cramer, 1777)	0	0	1	0	1	R	N
165	<i>Carystoides mexicana</i> H. Freeman, 1969	0	0	0	1	1	R	N
166	<i>Panoquina hecebolus</i> (Scudder, 1872)	0	0	0	1	1	R	N
167	<i>Panoquina ocola ocola ocola</i> (W. H. Edwards, 1863)	0	0	1	0	1	R	N

168	<i>Synapte pecta</i> Evans, 1955	0	0	0	1	1	R	N
169	<i>Synapte silius</i> (Latreille, [1824])	0	0	0	1	1	R	N
170	<i>Mnasicles geta</i> Godman, 1901	0	0	0	13	13	F	N
171	<i>Mnasicles hicetaon</i> Godman, 1901	0	0	0	1	1	R	N
172	<i>Eutocus facilis</i> (Plötz, 1884)	0	0	2	1	3	S	N
173	<i>Methionopsis ina</i> (Plötz, 1882)	0	2	0	1	3	S	N
174	<i>Repens florus</i> (Godman, 1900)	0	0	2	0	2	S	N
175	<i>Monca crispinus</i> (Plötz, 1882)	0	0	1	0	1	R	N
176	<i>Cymaenes fraus</i> (Godman, 1900)	0	0	1	0	1	R	N
177	<i>Mnasitheus chrysophrys</i> (Mabille, 1891)	0	0	0	1	1	R	N
178	<i>Lerema accius</i> (J. E. Smith, 1797)	0	1	1	0	2	S	N
179	<i>Lerema liris</i> Evans, 1955	0	0	0	2	2	S	N
180	<i>Morys lyde</i> (Godman, 1900)	0	0	1	1	2	S	N
181	<i>Vettius fantasos</i> (Cramer, 1780)	0	1	2	0	3	S	N
182	<i>Polites subreticulata</i> (Plötz, 1883)	0	0	0	1	1	R	N
183	<i>Polites vibex praeceps</i> (Scudder, 1872)	0	0	2	0	2	S	N
184	<i>Wallengrenia otho otho</i> (J. E. Smith, 1797)	0	0	0	1	1	R	N
185	<i>Atalopedes campestris huron</i> (W. H. Edwards, 1863)	0	0	0	1	1	R	N
186	<i>Quasimellana eulogius</i> (Plötz, 1882)	0	0	1	1	2	S	N
187	<i>Quasimellana servilius</i> (Möschler, 1883)	0	0	0	1	1	R	N
188	<i>Cynea diluta</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	0	0	0	1	1	R	N
189	<i>Cynea irma</i> (Möschler, 1879)	0	0	0	1	1	R	N
190	<i>Orthos lycortas</i> (Godman, 1900)	0	0	3	1	4	S	N
	Totals	3518	5112	3206	1469	13306	A=26 C=20 S=42 F=50 R=52	N=123



CAPÍTULO 3. LEPIDÓPTEROS CON POTENCIAL PARA MANEJO INTENSIVO Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE

Capítulo publicado como:

Orta S.C., Reyes-Agüero J.A., Muñoz R.C.A., Méndez C.H. (2021). Lepidópteros con potencial para manejo intensivo y aprovechamiento sostenible. Pp. 123-149. En Reyes-Hernández H., Reyes-Agüero J.A., Dúran F.A.(Eds.). *Desafíos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en la reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

LEPIDÓPTEROS CON POTENCIAL PARA MANEJO INTESIVO Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE.

*M en C. Carolina ORTA SALAZAR, 1 Dr. Juan Antonio REYES-AGÜERO, 1 Dr. Carlos Alfonso MUÑOZ ROBLES, 2 Dr. Heriberto MÉNDEZ CORTÉS

*Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP); Av. Manuel Nava 201, 2º.piso, Zona universitaria, Cp.78000, San Luis Potosí, S.L.P. México. <caroorta@gmail.com>, 1Instituto de Investigación en Zonas Desérticas, UASLP; Altair núm.200, Col. del Llano, C.P.78377, San Luis Potosí, S.L.P. México. reyesaguero@uaslp.mx>, carlos.munoz@uaslp.mx>,

2Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP; Km.14.5 carretera San Luis Potosí-Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Apdo. Postal 32, CP. 78321, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México. <heriberto.mendez@uaslp.mx>,

RESUMEN

El aprovechamiento sostenible de mariposas con fines ornamentales, educativos y recreativos es una actividad que ha ido en aumento en el país en los últimos años. Se realizó un estudio para fundamentar e implementar una propuesta de proyecto productivo para el área de influencia de la RBSAT que, a su vez, considere el estado de conservación de la comunidad de mariposas en el área núcleo. Durante diez meses de muestreo (2019-2020) en las zonas núcleo, de amortiguamiento y en el área de influencia se registraron en total 202 especies de lepidópteros diurnos: 183 dentro de la RBSAT y 49 en el área de influencia; esto representa el 47% de las especies registradas para el estado de San Luis Potosí. Se realizó una propuesta de 18 especies

prioritarias para el aprovechamiento, considerando criterios de selección biológicos, económicos y sociales tales como: fenología, abundancia, tamaño, color y valor comercial de las mariposas; además de la ubicación y determinación de sus plantas hospederas y técnicas de recolecta. Se elaboró una guía de campo para la identificación de especies con su correspondiente planta hospedera local, con base en el inventario florístico de la RBSAT. El proyecto requiere de acompañamiento inicial y una fuerte vocación de los participantes pues la cría y manejo de mariposas es una labor que requiere mucha dedicación, constancia y paciencia.

INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad es un servicio ambiental que prestan las ANP, el cual suele ser poco valorado por los habitantes cercanos a esas áreas (Bezaury-Creel, 2009; Pearce y Moran, 1994); en especial, cuando se carece de proyectos que vinculen la biodiversidad con alguna estrategia de aprovechamiento sostenible que les permita a los habitantes obtener un beneficio utilitario o económico.

Cuando se promueve la interacción de la biodiversidad con aprovechamiento sostenible se logran cambios culturales favorables y la percepción de la conservación transmuta de prohibitiva a una de beneficio mutuo a través de la implementación de estrategias para el buen manejo, aprovechamiento sostenible y consecuentemente la conservación a largo plazo de la biodiversidad (Bezaury-Creel, 2009; Romero-Sánchez y Arriola-Padilla, 2020).

Derivado de un diagnóstico realizado a finales de 2018, para actualizar el plan de manejo de la RBSAT, surgió la inquietud por parte de los habitantes de los alrededores para desarrollar proyectos de producción con base en el aprovechamiento de la vida silvestre que incluyera capacitaciones para el emprendimiento social y ambiental de actividades ecoturísticas y artesanales; contemplando la inclusión de jóvenes y mujeres, segmentos sociales que históricamente han sido excluidos en la toma de decisiones.

La reproducción de mariposas con fines ornamentales en RBSAT podría ser una estrategia de aprovechamiento de bajo impacto, que bien implementada fortalecería la

conservación y valoración de recursos a largo plazo (Jacinto-Padilla *et al.*, 2017; Mulanovich, 2007) por parte de los pobladores de las áreas vecinas a la RBSAT.

Actualmente, los lepidópteros han incrementado su relevancia ecológica y económica al utilizarse no solo como indicadores de la calidad del ambiente (Balam-Ballote y León-Cortés, 2010; Legal *et al.*, 2020; Lucci Freitas *et al.*, 2006; Pozo *et al.*, 2014); sino también su manejo adecuado brinda oportunidades de desarrollo económico a pobladores locales. Estas oportunidades son el uso de lepidópteros como atractivo turístico e instrumento interactivo para educación ambiental; además de la reproducción de mariposas para su comercialización (ACURIS, 2012; Boppré y Vane-Wright, 2012; Jacinto-Padilla *et al.*, 2017). Los lepidópteros permiten el aprovechamiento no extractivo y de bajo impacto, al solo requerir un pie de cría y sitios con las condiciones adecuadas para la reproducción de determinadas especies. Estos esquemas de producción local de mariposas pueden tener un enfoque de mariposarios comerciales en pequeña escala y manejarse como zocriaderos de solar. Otra ventaja frente a otros grupos biológicos es la simplicidad en la gestión de los trámites para el aprovechamiento, ya que, de acuerdo con el artículo 97 del reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, los insectos nativos no requieren autorización alguna para su aprovechamiento (DOF, 2014).

El primer estudio que contribuye al conocimiento de lepidópteros en la zona del Abra fue elaborado por De la Maza y White, (1990) registrando 317 especies de mariposas para esta área; Pineda (2012) reportó 31 especies y se recolectaron algunos especímenes, actualmente exhibidos en la Casa de la Cultura. En el 2019, Hernández registró 158 especies en el área de influencia de la reserva, donde predominan condiciones de ambiente perturbado debido a actividades como la producción de cosechas, producción animal y la extracción de material pétreo. Recientemente Orta (en prep.), realizó un estudio dentro de la RBSAT la cual se considera en alto grado de conservación (De-Nova *et al.*, 2018, 2019) revelando una composición de especies de mariposas diferente a las encontradas en el 2019 en el área de influencia, ratificando que este grupo de insectos es altamente sensible a las alteraciones del ambiente (González-Valdivia *et al.*, 2016; Legal *et al.*, 2020; Pozo, 2006).

La asociación de mariposas con alteraciones del ambiente se debe principalmente, a la estrecha relación que guardan las orugas de los lepidópteros con sus plantas hospederas. Por ser fitófagas especializadas, la presencia o ausencia de algunas especies vegetales determina la existencia de cierta especie de lepidóptero. Los inventarios florísticos en la RBSAT (Nova *et al.*, 2018; Nova *et al.*, 2019; Gutiérrez *et al.*, 2021; Sahagún-Sánchez y Nova, 2021) reportan la presencia de 427 especies de plantas vasculares; entre las que destacan 80 especies de plantas hospederas para mariposas de las familias más comercializadas mundialmente: Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae (ACURIS, 2012; Jacinto-Padilla *et al.*, 2017). En el comercio mundial de lepidópteros predominan las especies de estas familias por: su gran tamaño (mayor a 4 cm), colorido (evitando negros y cafés) y su amplia distribución (Boppré y Vane-Wright, 2012; López-Collado *et al.*, 2016; Mulanovich, 2007; Putri, 2016).

El objetivo de este estudio fue identificar a la comunidad de mariposas existente en la RBSAT con potencial para el aprovechamiento; determinar su relación con las plantas hospederas y realizar una propuesta fundamentada para el manejo, producción y aprovechamiento sostenible de lepidópteros diurnos por los habitantes locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de muestreo

El muestreo de mariposas en la RBSAT se realizó con el permiso de recolección científica de la SEMARNAT, SUNIVS (05-12-19), oficio Núm. SGPA/ DGVS/13056/19, en todos los tipos de vegetación (exceptuando la selva mediana perennifolia por representar menos del 2%) de todas las especies de lepidópteros diurnos de la superfamilia Papilionoidea, integrado por las familias Hesperidae, Nymphalidae, Lycaenidae, Riodinidae, Pieridae, Papilionidae. Se trabajó durante 10 meses por cada tipo de vegetación, realizando en total 39 días de recolecta entre agosto de 2019 y octubre del 2020; exceptuando los meses de diciembre 2019 y enero 2020, debido a la baja abundancia de mariposas: consecuencia de la temperatura invernal y otras limitaciones logísticas. Las unidades de muestreo fueron tres transectos de 200 m de

longitud por tipo de vegetación (Figura 1); en cada transecto se instalaron dos trampas Van Someren-Rydon: una al inicio y otra al final de este. La distancia entre transectos fue de 100 m; también se obtuvieron mariposas a través del método de búsqueda dirigida (Pozo *et al.*, 2005).

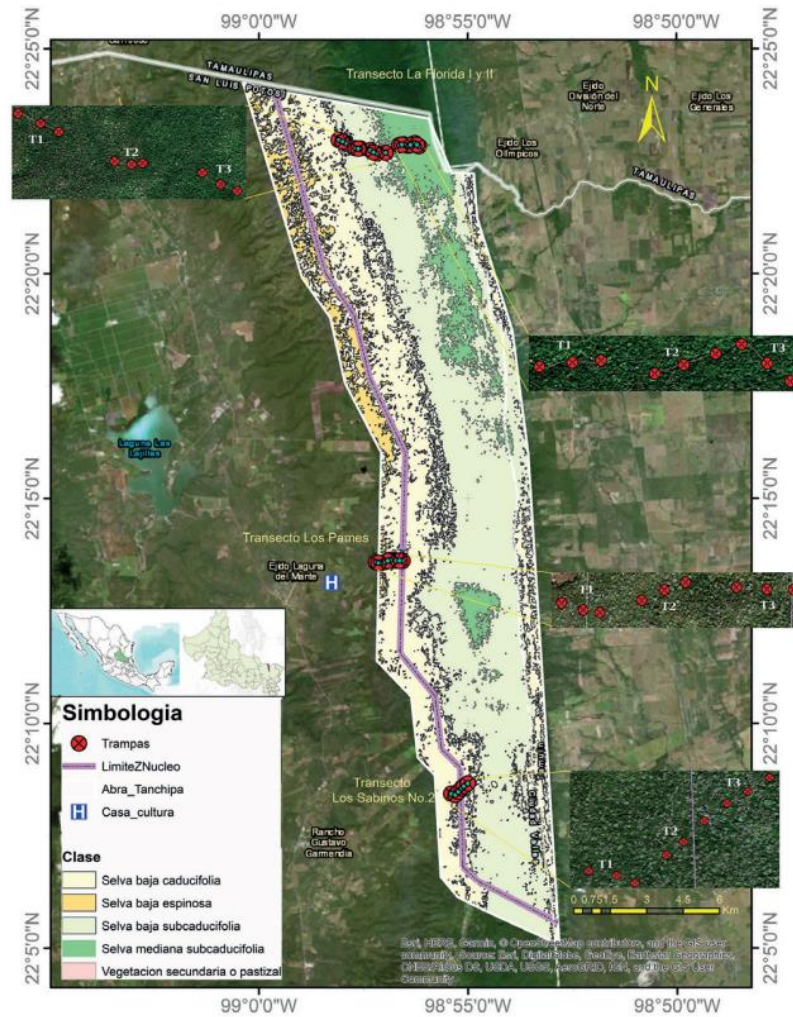


Figura 1. Ubicación de transectos dentro de la RBSAT, en Cd. Valles, SLP, México. Clasificación de la vegetación. Fuente: De Nova *et al.*, 2018.

En cada transecto, fueron capturadas mariposas con redes entomológicas a 2 m de cada lado de la línea central del transecto; lo que representa un área de 800 m² por transecto o unidad de muestreo, es decir, 2,400 m² por tipo de vegetación (Figura 2).

Las trampas Van Someren-Rydon se colocaron a una altura entre 3 y 5 m, en los claros donde se estimó una mayor radiación solar durante el día: fueron cebadas con fruta fermentada (melón, guayaba, piña, papaya, sandía, mango y plátanos) como atrayente. Las trampas se instalaron en cada tipo de vegetación, en un período entre las 9:00 y las 17:00 horas (Mukherjee et al., 2015); cumpliendo un total de 1,638 horas de captura (7 h/día/trampa).

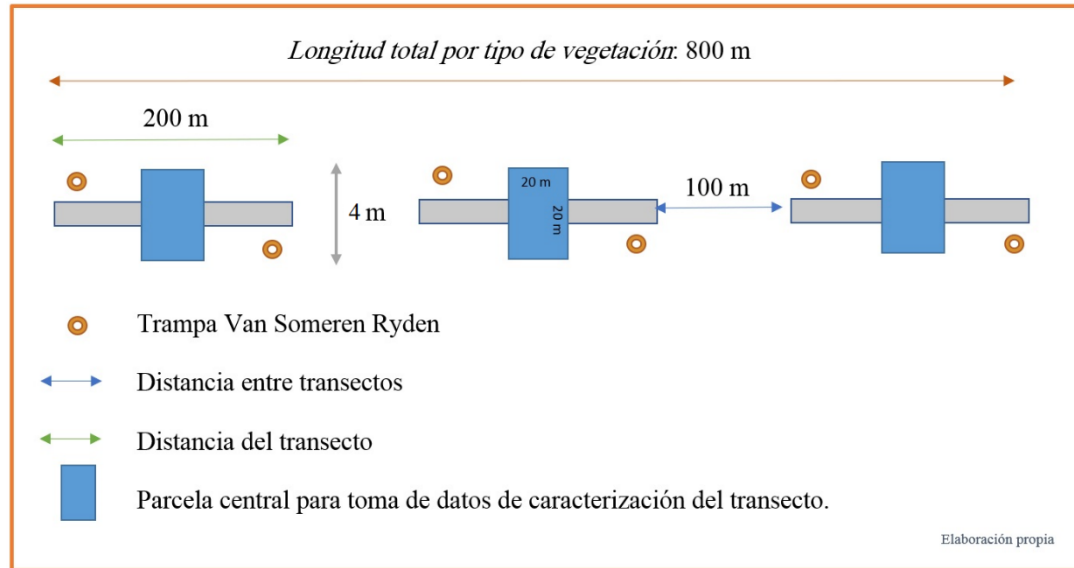


Figura 2. Transectos de muestreo con red entomológica y trampas Van Someren Ryden

Una vez instaladas las trampas, tres personas realizaban simultáneamente recorridos de recolecta con red entomológica por cada transecto durante una hora; cumpliendo con 351 horas en total. Solo la primera autora hizo un registro visual de las mariposas durante el recorrido del transecto; ello para evitar una sobreestimación de especies, realizando un total de 117 horas de avistamientos. Se registraron todas las especies recolectadas y se liberaron al final del día; solo se sacrificaron tres individuos por especie, para la colección o individuos de especies desconocidas o de difícil identificación.

Además, durante marzo y octubre del 2019 se realizaron recolectas en el área de influencia de la RBSAT con red entomológica durante la impartición de talleres de capacitación para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (Lepidoptera, Papilionoidea) CONANP/PRO- CODES/4211/2019, con los

interesados para la implementación del proyecto de manejo y aprovechamiento de mariposas en la localidad de los Sabinos Número dos, Ciudad Valles, S.L.P. Estas recolectas se excluyeron de los análisis estadísticos, pero sí se consideraron para el catálogo de las especies presentes en el área de influencia.

Identificación en campo

A 725 especímenes recolectados se les inyectó acetona, con agujas para insulina; en el caso de las especies de talla pequeña fue por digitopresión. Siempre se cumplió lo que establecen la NOM-033-ZOO-1995 y la NOM-003-ZOO-1995, acerca del sacrificio humanitario de animales. Posteriormente fueron montados de acuerdo con el procedimiento descrito por Andrade et al. (2013). Para la determinación taxonómica se consultó la Guía de mariposas de México y Centroamérica (Glassberg, 2017) y la página web de Butterflies of America, disponible en <http://www.butterfliesofamerica.com/>. Los especímenes fueron depositados en la colección zoológica del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Análisis de la información

Los datos de abundancias se analizaron con el software PC-ORD 6.1, para identificar patrones de agrupamiento con base en la estacionalidad con una matriz de 47 x 10 para descubrir las especies con una mayor abundancia relativa, se obtuvieron curvas de dominancia obtenidas con el valor de abundancia logarítmica.

Para preparar el catálogo de especies con potencial para su aprovechamiento se consideraron dos criterios iniciales: pertenencia a las familias Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae, por ser las familias con mayor información y demanda en el mercado; y su abundancia (al menos 10 registros, uno por mes de muestreo). A las especies seleccionadas se les evaluó de acuerdo con un valor ponderado (V_p), obtenido con criterios que definen el aprovechamiento sostenible: biológicos, sociales y económicos.

Los **criterios biológicos** incluyen la **abundancia** (número de recolectas que presentaron las especies de interés durante el trabajo de campo), **voltinismo** (si se

presentaron durante cualquier época del año, se consideraron multivoltinas; si se presentaron de cuatro a cinco meses seguidos bivoltinas, y univoltina si solo se presentaron en un solo mes o periodo estacional) y **residencia**, que se infiere si el género o especie de la planta hospedera de la mariposa está reportada dentro de la RBSAT es residente y si su planta hospedera no está reportada dentro de la RBSAT se asume migratoria.

Los **criterios sociales** se relacionaron con las capacidades de los potenciales productores, como el conocimiento e **identificación de las plantas hospederas** en campo. Además del **acceso** a ellas y a las **técnicas de recolecta**; o bien, la facilidad para recolectar el pie de cría.

Los **criterios económicos** considerados incluyeron el **tamaño** (mariposa pequeña, de envergadura <4 cm, mediana entre 4 y 8 cm y grande >8 cm), el **color** (se les confirió mayor puntaje aquellas que tenían colores vivos y mediano puntaje aquellas que tenían un 50% o más de negro, por ser las menos atractivas) y el **precio** en el mercado. Dichos criterios fueron obtenidos de las fuentes: Insect Designs <https://www.insectdesigns.com/home.php>, Stratford upon Avon Butterfly farm <https://www.tropicalbutterflypupae.com/catalogue.php>, y con proveedores mexicanos como Mexican Entomological Supply.

Todos estos criterios se calificaron del 0 al 1. El valor máximo esperado es de 9.0 para las especies más idóneas para el propósito de aprovechamiento (Cuadro 1).

$$\text{Valor ponderado} = Vp = V + A + R + C.PH + A.PH + TC + T + C + P \quad (\text{ver Cuadro 1})$$

Cuadro 1. Valores asignados a las especies potenciales de mariposas para su aprovechamiento sostenible en la RBSAT, Cd. Valles, SLP, México

Criterios					
Biológicos		Sociales		Económicos	
Valor	Cualidad	Valor	Cualidad	Valor	Cualidad
Voltinismo (V)		¿Se conoce la especie hospedera? (C.PH)		Tamaño de la mariposa (T)	
1.00	Multivoltina	1.0	Si	1.00	Grande
0.75	Bivoltina	0.5	No	0.75	Mediana
0.50	Univoltina			0.50	Pequeña
Abundancia (Núm. de individuos) (A)		¿Hay acceso a la especie hospedera? (A.PH)		Color (C)	

1.00	> 200	1.00	Planta común en los poblados	1.0	Sin negro
0.75	> 100	0.75	Solo adentro de la RBSAT	0.5	50 % o más con negro
0.50	> 50	0.50	Sin registro en la RBSAT	Precio comercial (dólares USA) (P)	
0.25	< 50	Método de recolecta de pie de cría (MC)			
Residencia (R)				1.00	>3 \$
1.0	Especie hospedera en la RBSAT	1.0	Trampa Von Someren	0.75	>2 \$
0.5	Especie hospedera fuera de la RBSAT	0.5	Red entomológica	0.50	>1 \$

RESULTADOS

En la RBSAT se obtuvieron 13,281 registros, correspondientes a 183 especies diferentes: la familia Hesperidae fue la más diversa, con el mayor número de especies (67); seguida de Nymphalidae (65), Pieridae (22), Papilionidae (10), Riodinidae (10) y Lycaenidae (9). De estas especies, 44 se presentaron en todos los tipos de vegetación considerándose de amplia distribución. Del total de registros, el 63% fue a través de trampas Van Someren, 27% por reconocimiento visual y 10% con red entomológica. Durante los recorridos en el área de influencia de la RBSAT durante los talleres, adicionalmente se recolectaron 49 especies, de las cuales 19 solo se encontraron en esta área, para un total de 202 especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cantidad de registros, riqueza y especies únicas de lepidópteros diurnos por tipo de vegetación y área de influencia en la RBSAT, SLP, México

	Selva baja espinosa	Selva baja caducifolia	Selva baja subcaducifolia	Selva mediana subcaducifolia	Área de influencia	Totales
Registros	3,504	5,131	3,191	1,435	113	13,374
Riqueza	72	100	116	121	49	202
Especies únicas	4	12	18	29	19	82

Con base en el criterio económico de selección, se descartaron 98 de las 202 especies registradas de las familias Hesperidae, Riodinidae y Lycaenidae, por su escasa demanda en el mercado e información referente a sus ciclos de vida y plantas hospederas. También se eliminaron 55 especies consideradas raras, con menos de diez registros al año, ya que pueden presentar cambios en su abundancia de manera mensual, anual o inclusive ser solo migratoria (Pozo *et al.*, 2008).

Para el proyecto únicamente se consideraron 49 especies (Apéndice 1): 32 de la familia Nymphalidae; 13 de la Pieridae y cuatro de la Papilionidae. El pico de abundancia para estas especies fue el mes de julio con 4,693 recolectas; el menor fue marzo con 304 recolectas (Figura 3). La mayor riqueza biológica de esas familias se registró en el mes de octubre (42) y la menor en febrero (21) (Figura 4). Estos datos permiten inferir el periodo idóneo para la recolecta de orugas y para el establecimiento del pie de cría, considerando un mes antes de estos registros (Grøtan *et al.*, 2012) (Cuadro 3).

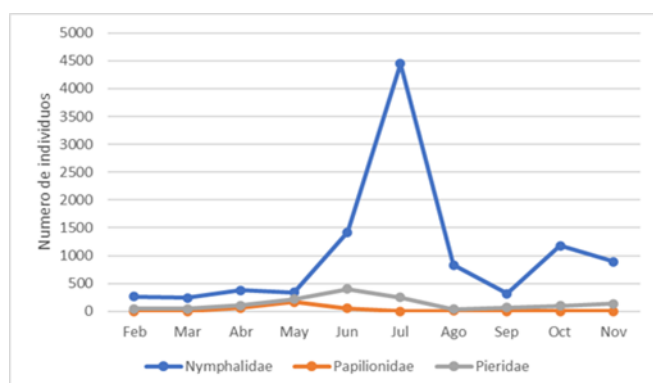


Figura 3. Abundancia por familia

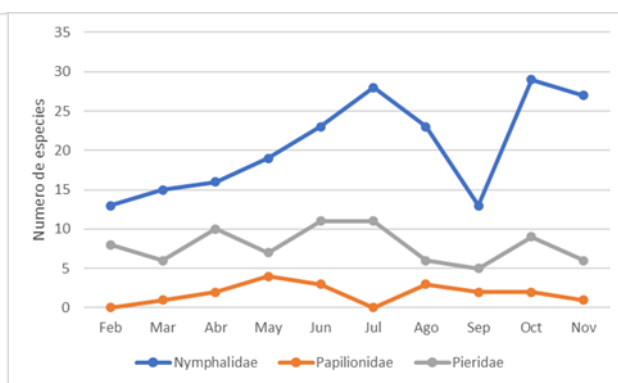


Figura 4. Variación mensual de la riqueza

Cuadro 3. Número de especies (spp) y abundancia (N) mensual por familia de lepidópteros de interés para aprovechamiento

	Feb		Mar		Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov	
	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N	spp	N
Nymphalidae	13	265	17	258	17	379	19	339	25	1423	29	4446	24	830	14	319	31	1187	27	889
Papilionidae	0	0	1	2	2	63	4	166	3	57	0	0	3	7	2	2	2	2	1	1
Pieridae	8	49	6	44	10	104	7	222	11	404	11	247	6	41	5	70	9	97	6	140
Total	21	314	24	304	29	546	30	727	39	1884	40	4693	33	878	21	391	42	1286	34	1030

Destaca el comportamiento que tienen las especies de la familia Papilionidae, las cuales se presentan a finales de la época seca en mayo; a diferencia de las demás especies que su presencia es destacada en la época húmeda de junio, julio, octubre y noviembre. Tal y como lo confirma el climograma del área de estudio (Figura 5).

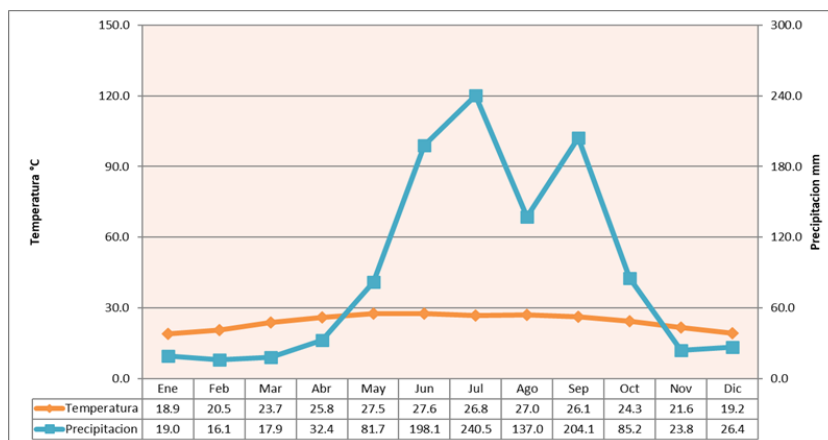


Figura 5. Climograma de la estación meteorológica ambiental EMA-024056 Ponciano Arriaga, Cd. Valles, SLP.

Las especies multivoltinas (presentes durante todo el muestreo) fueron: *Anaea aidea*, *Heliconius charithonia vazquezae*, *Memphis forreri*, *Memphis pithyusa pithyusa*, *Myscelia ethusa ethusa* y *Pyrisitia dina westwoodi*. Las especies registradas en nueve meses también se consideraron multivoltinas, por su alta abundancia en los meses previos o posteriores, asignándoles el valor de 1. El valor de 0.75 se otorgó a especies bivoltinas, con dos picos de abundancia al año y 0.5 a las univoltinas con un pico de abundancia (Apéndice 1).

Para definir las especies que presentaron una mayor abundancia relativa, se obtuvo una curva de dominancia, obtenida con el valor de abundancia logarítmica en PC-Ord 6.1 (Figura 6); así, las quince especies de mayor a menor abundancia fueron: *Memphis pithyusa pithyusa*, *Anaea aidea*, *Myscelia ethusa ethusa*, *Glutophrissa drusilla tenuis*, *Adelpha basiloides*, *Anteos maerula lacordairei*, *Siproeta stelens biplagiata*, *Morpho helenor montezuma*, *Hamadryas februa ferentina*, *Hamadryas glauconome glauconome*, *Heliconius charithonia vazquezae*, *Memphis forreri*, *Pieriballia viardi viardi*, *Neographium philolaus philolaus* y *Smyrna blomfildia datis*. La mayoría de estas especies son muy propicias para su aprovechamiento, por su estacionalidad y abundancia para mantener un pie de cría anual (Apéndice 1).

Para determinar la residencia de las mariposas, durante el trabajo de campo se registró la relación entre algunas orugas y su planta hospedera, aunque la mayor parte de la información se obtuvo de revisión bibliográfica nacional y su posterior cotejo con el catálogo florístico de De Nova et al. (2019) (Apéndice 2).

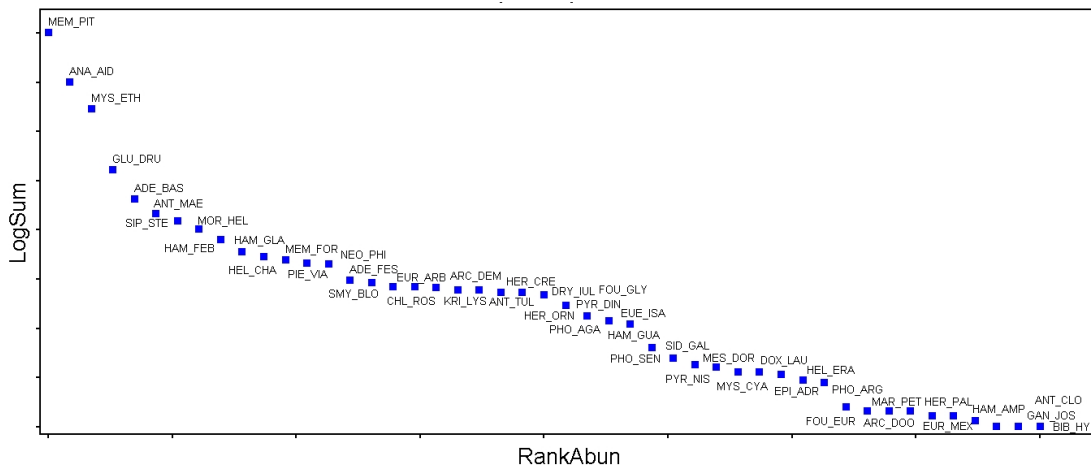


Figura 6. Curva de dominancia con base en valores de abundancia logarítmica

Las orugas que se lograron identificar junto con su planta hospedera durante el trabajo de campo fueron *Memphis pithyusa pithyusa* en *Croton niveus* Jacq. y *Neographium philolaus philolaus* en *Annona globiflora* Schltld.

Los géneros *Croton* sp. y *Adelia* sp., ambas de la familia Euphorbiaceae, son plantas hospederas de la mayoría de las especies de mariposas con mayor abundancia como: *Memphis pithyusa pithyusa* (4,358 registros en la RBSAT), *Anaea aidea* (2,073), *Myscelia ethusa ethusa* (1,391), *Memphis forreri* (145), *Fountainea glycerium glycerium* (86), *Fountainea eurypyle confusa* (15). La familia Fabaceae le sigue en importancia por el número de especies hospederas (Figura 7), los géneros *Senna* sp. y *Desmodium* sp. alimentan a especies muy abundantes como *Anteos maerula lacordairei* (289) y *Eurema arbela boisduvaliana* (96).

Estos hallazgos permitieron inferir la característica de residencia de las mariposas, valorando con 1 si la potencial planta hospedera está registrada y 0.5 para aquellas cuyas plantas hospederas no están registradas en el inventario florístico de la RBSAT. Por lo tanto, algunas especies son posiblemente migratorias como *Smyrna blomfieldia datis* y *Kricogonia lyside*, de las que al parecer no hay registro en la RBSAT de la familia de su planta hospedera, o aún no han sido registradas en el inventario florístico, o podrían estar utilizando una planta hospedera aun no registrada en la literatura.

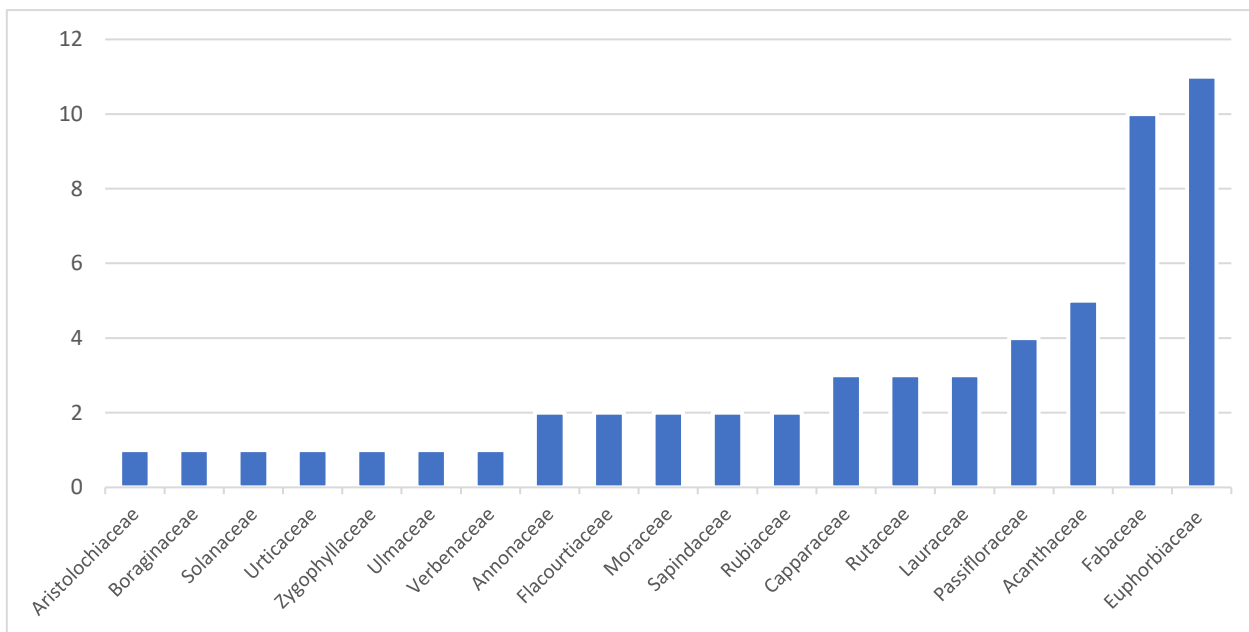


Figura 7. Número de especies de mariposas asociadas a familias botánicas para alimentarse

Los criterios relacionados con el conocimiento y con el acceso a sus plantas hospederas (Apéndice 2) fueron: 1 si eran plantas comunes en los caminos, traspatios, en el área de influencia o muy abundantes dentro de la RBSAT; 0.75 para plantas o árboles únicamente observados dentro de los límites de la RBSAT y 0.5 sin observaciones en la RBSAT.

Por último, al incorporar los criterios económicos de tamaño, color y precio en el mercado (Apéndice 1), los valores ponderados alcanzaron un máximo de 8.75 y un mínimo de 4.5. Las especies con un valor ponderado mayor a 7.75 y con mejores posibilidades para crianza y reproducción, se presentan el Cuadro 4, aunque también se incluyó a *Siderone galanthis* al quedarse cerca del puntaje mínimo y considerando es la especie con mayor valor comercial.

Cuadro 4. Valor ponderado (Vp)* de las especies de mariposas con mayor potencial para aprovechamiento sostenible. Para ver los criterios del Vp consulte el Cuadro 1.

Núm.	Especie	Vp	Núm.	Especie	Vp
1	<i>Siproeta stelens biplagiata</i>	8.75	10	<i>Archaeoprepona demophon centralis</i>	8
2	<i>Myscelia ethusa ethusa</i>	8.75	11	<i>Memphis pithyusa pithyusa</i>	8
3	<i>Anteos maerula lacordairei</i>	8.5	12	<i>Adelpha fessonia fessonia</i>	8
4	<i>Anaea aidea</i>	8.5	13	<i>Neographium philolaus philolaus</i>	7.75
5	<i>Adelpha basiloides</i>	8.25	14	<i>Archaeoprepona demophoon gulina</i>	7.75
6	<i>Hamadryas februa ferentina</i>	8	15	<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i>	7.75
7	<i>Hamadryas glauconome glauconome</i>	8	16	<i>Fountainea glycerium glycerium</i>	7.75
8	<i>Morpho helenor montezuma</i>	8	17	<i>Heliconius charithonia vazquezae</i>	7.75
9	<i>Memphis forreri</i>	8	18	<i>Siderone galanthis</i>	7.5

DISCUSIÓN

El conocimiento de los patrones de distribución temporal de las mariposas son el primer paso para establecer un proyecto de producción. La tendencia observada en toda la superfamilia Papilionoidea coincide con lo encontrado por otros autores para zonas neotropicales (Pozo, 2006; Pozo *et al.*, 2005), acerca de las dos épocas críticas para el muestreo y mayor dinámica de las comunidades de mariposas: al final de la época seca y al final de la época húmeda. En la RBSAT la familia Papilionidae, su pico de riqueza se presentó en mayo, para la familia Pieridae en junio y la Nymphalidae en octubre (aunque mayores abundancias en julio).

Se recomienda realizar varios estudios acerca de este grupo, ya que los estudios multitemporales evidencian diferencias anuales en los patrones de distribución temporal; debido a la variación de humedad o a los ciclos biológicos semivoltinos de algunas especies (DeVries y Walla, 2001; Grøtan *et al.*, 2012; Myers, 1990; Pozo *et al.*, 2008). Los resultados de distribución temporal obtenidos representan una línea de base para el monitoreo de las especies de mariposas de interés.

DeVries y Walla, (2001) sugieren que, si bien la abundancia y distribución de las plantas hospederas juegan un rol determinante en la presencia de mariposas; además de los factores climáticos relacionados con la humedad relativa; aún se desconocen los otros factores que provocan estos cambios poblacionales anuales.

El objetivo de un proyecto de zoo-cría de mariposas es precisamente controlar el efecto de los factores externos del ambiente dentro de los mariposarios de traspatio y

trabajar con especies que son multivoltinas y no se ven afectadas por una diapausa obligatoria genética.

Las primeras 18 especies con potencial de aprovechamiento (Apéndice 1) tuvieron comportamiento multivoltino; a excepción de *Neographuim philolaus philolaus*, *Siderone galanthis* y *Archeoprepona demophon gulina*. Considerando que el tiempo de desarrollo de las especies neotropicales requiere de dos a tres semanas (especies de talla pequeña) hasta tres meses (talla grande) (Grøtan *et al.*, 2012), estos resultados sirven para identificar el posible periodo en el que se encontrarán más orugas dentro de la RBSAT.

Por otra parte, contar con un catálogo de posibles plantas hospederas (Apéndice 2) dirige y optimiza los recursos para la búsqueda de las mariposas en su estadio larvario. Esta información será clave para el exitoso desarrollo del proyecto, dada la vital dependencia que tienen las mariposas con sus plantas hospederas. Una vez identificadas en campo las plantas hospederas, se podrán propagar estas especies vegetales con fines de reproducción. Este aspecto fue considerado en el cálculo del valor de ponderación, ya que aun cuando la planta hospedera sea de lento crecimiento y requiera más tiempo para establecerse en el mariposario o sus alrededores, la facilidad y el acceso en su localización puede permitir la reproducción confinada, a través de la cosecha de follaje para el mantenimiento de las orugas.

Para facilitar esta identificación, se elaboró una guía de campo con la información de las plantas hospederas de las mariposas con mayor potencial para el aprovechamiento (Figura 8) incluye seis especies de importancia económica de las familias Riodinidae y Lycaenidae. Solo *Arawacus sito* (Boisduval, 1836), se registró dentro de la RBSAT, mientras que *Rhetus arcus thia* (Morisse, 1838), *Atildes polybe* (Linnaeus, 1763) y *Evenus regalis* (Cramer, 1775), únicamente en el área de influencia.

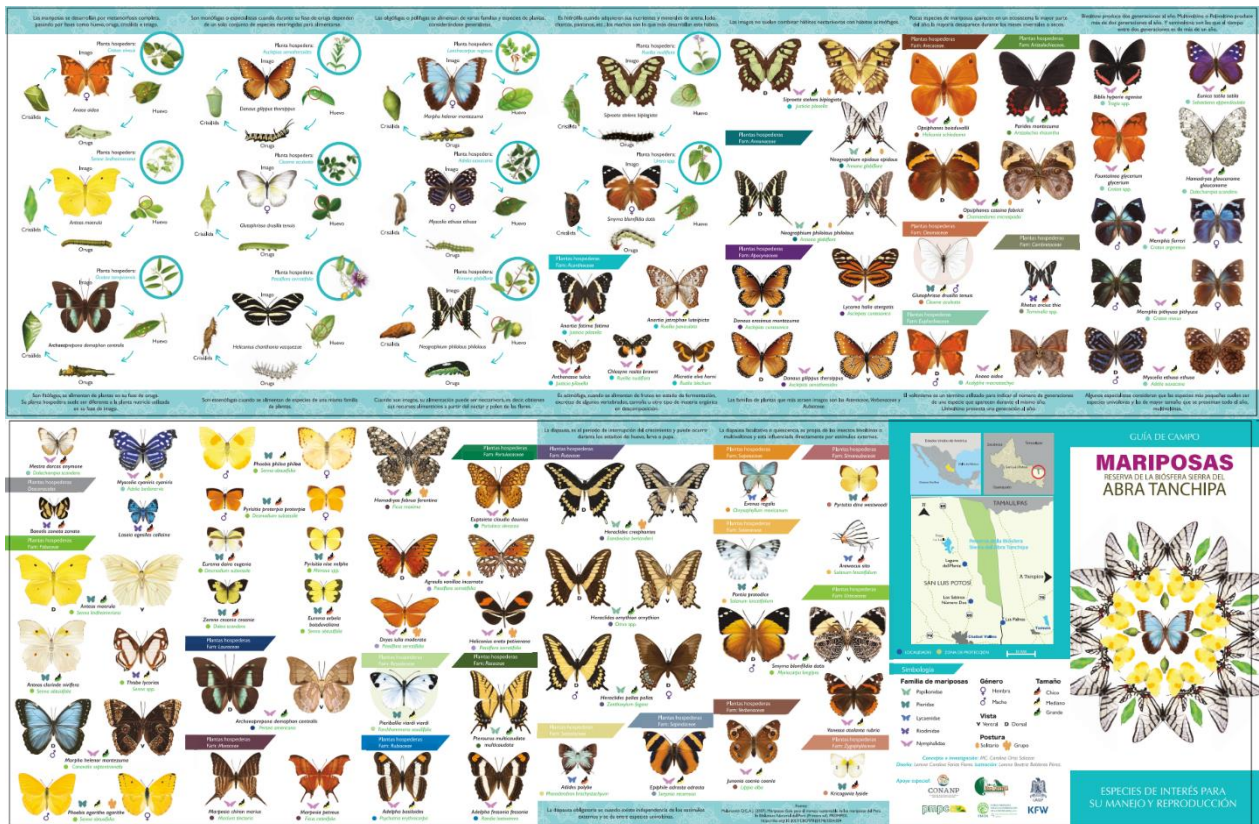


Figura 8. Guía de campo mariposas de la RBSAT, especies de interés para su manejo y reproducción.

Para el pie de cría, de las 18 especies definidas como prioritarias (Cuadro 4), 15 son acimófagas y pueden ser capturadas con trampas Van Someren, lo cual facilita mucho la recolecta, con excepción de *Morpho helenor montezuma*, aunque es acimófaga, solo se logró su captura por medio de la red entomológica. Las otras especies recolectables por la técnica de la red debido a sus hábitos neectarívoros son: *Neographium philolaus philolaus*, *Glutophrissa drusilla tenuis*, *Heliconius charitonia vazquezae*.

Las mariposas con mayor potencial para la reproducción coinciden con lo obtenido por Jacinto-Padilla *et al.* (2017) y López-Collado *et al.*, (2016), aun cuando ellos emplearon criterios más estéticos, así como las preferencias de consumidores y productores a través de encuestas.

En este trabajo se consideraron todas las características biológicas observadas durante el muestreo y la propuesta está enfocada estrictamente en la reproducción o crianza de mariposas para su comercialización, a diferencia de otros proyectos similares (Cordero, 2011; Putri, 2016).

Un reto que afrontan los proyectos de aprovechamiento de la biodiversidad es la percepción social y la confusión que generan estas actividades como componentes de una estrategia de conservación a largo plazo. Para evitarla, la actividad de comercialización debe sustentarse en una investigación robusta y confiable sobre la dinámica de las comunidades; para asegurar y garantizar que el aprovechamiento provenga de comunidades de mariposas con manejo intensivo (Boppré y Wright, 2012) y mostrar el beneficio ambiental que conlleva. Está documentado que en los ecosistemas, menos del 5 % de las mariposas llegan a su madurez debido a las interacciones negativas con sus depredadores y parásitos naturales; sin embargo, cuando se les cría intensivamente y se les protege de sus depredadores naturales, se logra que más del 85 % alcancen su madurez (Gómez, 2006).

Así, la cría de mariposas promueve altas tasas de reproducción y la producción de más de una generación al año facilita el mantenimiento de un pie de cría constante. La liberación de excedentes beneficia al medio ambiente, al servicio de polinización; al tiempo que robustece las cadenas alimenticias. Finalmente, ninguna de las especies propuestas está citada en la NOM-059, ni en la lista roja de la IUCN (Figura 9).



Figura 9. Mariposas diurnas: A) *Siproeta stelens biplagiata* (Fruhstorfer, 1907); B) *Archaeoprepona demophon centralis* (Fruhstorfer, 1905); C) *Adelpha basiloides* (H.W. Bates, 1865); D) *Hamadryas februa ferentina* (Godart, [1824]); E) *Myscelia ethusa ethusa* [Doyère, (1840)]; F) *Anaea aidea* (Guérin-Méneville, [1844]); G) *Glutophrissa drusilla tenuis* (Lamas, 1981); H) *Epiphile adrasta adrasta* Hewitson, 1861; I) *Phoebis agarithe agarithe* (Boisduval, 1836); J) *Siderone galanthis* (Cramer, 1775); K) *Pieriballia viardi viardi* (Boisduval, 1836) dimorfismo sexual; L) *Archaeoprepona demophoon gulina* (Fruhstorfer, 1904).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La RBSAT es el hogar de numerosas especies, que tienen la capacidad de reproducirse y de adecuarse a las condiciones naturales de dicha región. Por lo anterior, su estudio contribuye a la investigación sobre la biodiversidad en México con el registro puntual del número de ejemplares de cada especie, como se ha realizado en este trabajo.

En la RBSAT y su área de influencia se documentó la presencia de 202 especies de mariposas diurnas. Las características de familia y abundancia permitieron segmentar aun pequeño grupo de 49 especies de las familias Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae, y a través de una propuesta metodológica, ponderar su potencial para el aprovechamiento. El resultado de esta evaluación consideró criterios biológicos, sociales y económicos: permitió identificar 18 mariposas con el mayor potencial para su reproducción y aprovechamiento sostenible. Este conocimiento pretende fundamentar una propuesta para la reproducción de especies de mariposas con los pobladores del área de influencia y facilitar la selección de especies para crianza.

La RBSAT es sumamente valiosa y muy relevante para continuar con la investigación acerca de las comunidades de mariposas y sus plantas hospederas. Se sugiere incluir a este grupo biológico el SAR-MOD, que actualmente se ejecuta en la RBSAT y está asociado al Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad de la CONABIO. Los dos muestreos anuales programados, uno en la época seca y otro en la húmeda, permitirán comprender las dinámicas multianuales de la comunidad de mariposas. Lo que puede aportar valiosa información que afine los criterios descritos en la metodología propuesta.

Con estos conocimientos, la RBSAT se puede apuntalar como una pionera en la implementación de este sistema productivo en esta región del país y promover un aprovechamiento sostenible de las mariposas y sus recursos asociados. Esto con la finalidad de contribuir a la conservación de recursos naturales en el largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACURIS. Asociación de comunidades unidas de los ríos Isana y Surubí.** 2012. Aprendiendo a criar mariposas: desarrollo de zoocriaderos de mariposas en comunidades indígenas. SENA-Tropenbos. Bogotá, Colombia. 40 p.
- Andrade, C., Henao B., Triviño, P.** 2013. Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea). *Revista Académica Colombiana de la Ciencias*, 37(144): 311–325.
- Balam-Ballote, Y. del R., y León-Cortés, J. L.** 2010. Forest management and biodiversity: A study of an indicator insect group in Southern Mexico. *Interciencia*, 35(7): 526-533.
- Beccaloni, G. W., Vilorio, Á. L., Hall, S. K., Robinson, G. S.** 2008. Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies. Catálogo de las plantas huésped de las mariposas neotropicales. m3m: Monografías tercer milenio 8. S.E.A.-N. H. Museum-IVIC, Zaragoza. 536 p.
- Bezaury-Creel, J. E.** 2009. El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos. The Nature Conservancy Program México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 32 p.
- Boppré, M. y Vane-Wright, R.** 2012. The butterfly house industry: Conservation risks and education opportunities. *Conservation and Society*. 10(3):285-303.
- Cordero O., E.** 2011. Mariposas para la subsistencia. Una historia de investigación científica, políticas ambientales y problemas sociales en la reserva de la Biosfera Montes azules, Chiapas. Tesis de licenciatura en estudios latinoamericanos. México, UNAM. 212 p.
- De la Maza, R. G. de la y White L., A.** 1990. Rhopalocera de la huasteca potosina su distribución, composición, origen y evolución. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 13(2): 31-89
- De la Maza, R. G. de la, y De la Maza, J.** 2021. Las mariposas diurnas de la vertiente norte del cerro frío en Tilzapotla, Morelos, México y su fenómeno de estivación (Lepidoptera-Papilionoidea y Hesperioidea). *Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, (5): 2-51.
- De Nova, J. A., Castillo, P., Salinas, M., Fortanelli, J.** 2018. Los bosques tropicales estacionales. pp. 59-77. En: Reyes, H., Nova, J.A, Durán, A. (Eds.). Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa- Biodiversidad y acciones para su conservación. CONANP-UASLP. San Luis Potosí, México.
- De Nova, J.A., González-Trujillo, R., Castillo-Lara, P., Fortanelli-Martínez, J., Mora-Olivo, A., Salinas-Rodríguez, M.** 2019. Inventario florístico de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences*, 97(4): 761–788.
- DeVries, P. J. y Walla, T. R.** 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74(1): 1–15.

- DOF**, Diario Oficial de la Federación. Reglamento de la Ley General De Vida Silvestre. 09-05-2014. En <https://www.gob.mx/profepa/documentos/reglamento-de-la-ley-general-de-vida-silvestre>, última consulta: 09 de abril del 2021.
- Dyer, L. A., Singer, M. S., Lill, J. T., Stireman, J. O., Gentry, G. L., Marquis, R. J., Ricklefs, R. E., Greeney, H. F., Wagner, D. L., Morais, H. C., Diniz, I. R., Kursar, T. A., Coley, P. D.** 2007. Host specificity of Lepidoptera in tropical and temperate forests. *Nature*, 448(7154): 696–699.
- Friesen, R. J.** 2019. Post-fire successional response of Lepidoptera communities in the Sierra Madre Oriental mountain range. Tesis de maestría en Ciencias forestales, UANL, Nuevo León. 73 p.
- Glassberg, J.** 2017. A swift guide to butterflies of Mexico and Central America, Second edition. Princeton University Press. New Jersey, USA, 304 p.
- Gómez S., R.,** 2006. Plan de manejo propuesto para la cría de mariposas promisorias como alternativa productiva para comunidades indígenas de la Amazonia colombiana. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38: 451-460.
- González-Valdivia, N. A., Pozo, C., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B. G., Cambranis, E., Lara, O., Pérez-Hernández, I., Ponce-Mendoza, A., Kampichler, C.** 2016. Nymphalidae frugívoras (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un ecosistema agropecuario y de bosque tropical lluvioso en un paisaje del sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(2): 451–464.
- González-Valdivia, N. A., Pozo, C., Ochoa-Gaona, S., Dénommée P., L.** 2011. Catálogo de mariposas Rhopalocera diurnas en el ejido Niños Héroes de Chapultepec, Tenosique, Tabasco, México, con potencial de explotación, cría y comercialización. ECOSUR- CONACYT. Villahermosa, Tabasco. 134 p.
- Grøtan, V., Lande, R., Engen, S., Sæther, B.E., DeVries, P.J.** 2012. Seasonal cycles of species diversity and similarity in a tropical butterfly community. *Journal of Animal Ecology*, 81(3): 714–723.
- Gutiérrez-Hernández, R., Sahagún-Sánchez, F. J., Delgado-Sánchez, P., Castillo-Lara, P., Fortanelli-Martínez, J., Reyes-Hernández, H., y De-Nova, J. A.** 2021. Reevaluación de los bosques tropicales estacionalmente secos de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y áreas con potencial para su conservación. *Botanical Sciences*: 735-751.
- Hernández M., K.** 2010. Selección de mariposas diurnas (Rhopalocera: Papilionoidea) con potencial de crianza en una comunidad indígena de la Huasteca Potosina. Tesis de maestría en ciencias Recursos Bióticos. UAQ, Querétaro, Qro. 119 p.
- Hernández R., M. del R.** 2019. Diversidad y abundancia de mariposas diurnas en la reserva de la biosfera “Sierra del Abra Tanchipa”, San Luis Potosí,

- México. Tesis de maestría en ciencias agropecuarias. UASLP, San Luis Potosí, S.L.P. 67 p.
- Jacinto-Padilla, J., López-Collado, J., López-Collado, C. J., García-García, C. G.** 2017. Species distribution modeling for wildlife management: Ornamental butterflies in México. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2): 627–636.
- Jacinto-Padilla, J., López-Collado, J., Vargas-Mendoza, M. de la C., López-Collado, C. J.** 2020. Spatial interactions in novel host-plants of the blue morpho in Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(72): 14p.
- Legal, L., Dorado, O., Albre, J., Bermúdez, K., López, K.** 2017. Mariposas diurnas. Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Estado de Morelos, México. UAEM-Trópico Seco Ediciones. Cuernavaca, Morelos. 330 p.
- Legal, L., Valet, M., Dorado, O., María de Jesús-Almonte, J., López, K., Céréghino, R.** 2020. Lepidoptera are Relevant Bioindicators of Passive Regeneration in Tropical Dry Forests. *Diversity*, 12(231): 23 p.
- López-Collado, J., Cruz-Salas, L.L.L., García-Albarado, J.C., Platas-Rosado, D. E., Calyecac-Cortero, H. G.** 2016. Size doesn't matter but color does: preference of neotropical butterfly species to make souvenirs. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(5): 159–165.
- Lucci-Freitas, A. V., Roberta-Leal, I., Uehara-Prado, M., Iannuzzi, L.** (2006). Capítulo 15: Insetos como Indicadores de Conservação da Paisagem. En: *Biología da conservação: essências*. Brasil. 20 p.
- Luna-Reyes, M. de las M., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A., 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(2): 315–342.
- Mukherjee, S., Banerjee, S., Saha, G. K., Basu, P., Aditya, G.** 2015. Butterfly diversity in Kolkata, India: An appraisal for conservation management. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 8(3): 210–221.
- Myers, J.** 1990. Population cycles of western tent caterpillars: experimental introductions and synchrony of fluctuations. *Ecology*, 71(3): 986-995.
- Mulanovich D.C., A. J.** 2007. Mariposas Guía para el manejo sustentable de las mariposas del Perú. Perú. PROMPEX-IIAP-GTZ. 98 p.
- Orta, C.** (2023) . Diversidad de lepidópteros diurnos, su identificación como bioindicadores ambientales y propuesta de su uso sustentable en la reserva de la biosfera sierra del abra tanchipa, slp. Tesis de doctorado en ciencias ambientales. UASLP.
- Pearce, D., y Moran, D.** 1994. *The Economic Value of Biodiversity*. IUCN- The World Conservation Union. London. 104 p.
- Pineda, P.F.,** 2012. Mariposas de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa” y su área de influencia. Documento de trabajo CONANP. 20 p.
- Pozo, C.** 2006. Los Rhopalocera de la región de Calakmul, Campeche: Métodos de estudio, fenología y su uso como indicadores de disturbio. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UNAM. México. 168 p.

- Pozo, C., Llorente B., J., Luis M., A., Vargas F., I., Salas S., N.** 2005. Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas. Pp. 203-215. En: Llorente, J. y Morrone, J.J. (Eds.), Regionalización geográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XII.I-CYTED). UNAM. México.
- Pozo, C., Luis M., A., Salas-Suárez, N., Trujano-Ortega, M., Llorente-Bousquets, J.** 2014. Mariposas diurnas: bioindicadoras de eventos actuales e históricos. Pp. 327-347. En: González Z., C.A., Vallarino, A., Pérez J., J.C., Low P., A.M. (Eds.). Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. ECOSUR- INECC. México.
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Warren, A. D.** 2008. Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul Region. *Florida Entomologist*, 91(3): 407–422.
- Putri, I. A. S. L. P.** 2016. Handicraft of butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera) in Bantimurung Nature Recreation Park and its implications on conservation. *Biodiversitas*, 17(2): 823–831.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P., Vázquez, A. I., Landero, I., Oliva-Rivera, H., Camacho, V. H. M.** 2011. Edible Lepidoptera in Mexico: Geographic distribution, ethnicity, economic and nutritional importance for rural people. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(2): 1–22.
- Romero-Sánchez, M. E. y Arriola-Padilla, V. J.** 2020. The payment of environmental services as an economic and governance mechanism for the conservation and management of natural protected areas. pp.135-164. En: A. Ortega-Rubio (Ed.), *Socio-ecological studies in Natural Protected Areas*. Springer Nature Switzerland AG.
- Sahagún-Sánchez, F. J., y De-Nova, J. A.** 2021. Multi-taxonomic survey in the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve. *Biota Neotropica*: 21(1): 1–14.
- Solís-Gabriel, L., Mendoza-Arroyo, W., Boege, K., Del-Val, E.** 2017. Restoring lepidopteran diversity in a tropical dry forest: Relative importance of restoration treatment, tree identity and predator pressure. *PeerJ*, 5(e3344): 1–15.
- Vega, G.** 2010. Guía de plantas hospederas para mariposarios. InBio. San José, Costa Rica. 184 p.

Apéndice 1. (Anexo 4)

Catálogo de especies con potencial para su aprovechamiento, abundancia y valor ponderado.

Especie	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Total	Bio			Econ.			Soc			Total	USD\$	
												Vol.	Abun.	Res.	Tam.	Color	Val.	C.PH	A.PH	M.C			
<i>Siproeta stelens biplagiata</i> (Fruhstorfer, 1907)	0	0	4	8	56	56	4	4	96	29	257	0.75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8.75	3.9
<i>Myscelia ethusa</i> [Doyère, (1840)]	178	149	193	196	225	70	40	129	53	158	1391	1	1	1	0.75	1	1	1	1	1	1	8.75	3.4
<i>Anteos maerula lacordairei</i> (Fabricius, 1775)	1	0	28	3	102	104	0	0	12	39	289	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	8.5	3.9	
<i>Anaea aidea</i> (Guérin-Ménéville, [1844])	27	20	102	44	510	986	202	7	37	138	2073	1	1	1	0.75	1	0.75	1	1	1	8.5	4	
<i>Adelpha basiloides</i> (H.W. Bates, 1865)	3	4	10	0	17	55	2	5	101	160	357	1	1	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	8.25	5	
<i>Hamadryas februa ferentina</i> (Godart,[1824])	8	6	1	1	43	21	1	0	64	51	196	1	0.75	1	1	0.5	1	1	0.75	1	8	3.4	
<i>Hamadryas glauconome glauconome</i> (H.W.Bates, 1864)	0	1	1	1	60	10	5	19	41	24	162	1	0.75	1	1	0.5	1	1	0.75	1	8	3.4	
<i>Morpho helenor montezuma</i> Guenée, 1859	0	0	27	39	5	2	66	29	43	18	229	0.75	1	1	1	1	1	1	0.75	0.5	8	7.9	
<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	2	2	3	1	21	13	4	8	69	22	145	1	0.75	1	0.75	0.5	1	1	1	1	8	3.1	
<i>Archaeoprepona demophon centralis</i> (Fruhstorfer,1905)	0	6	3	5	0	27	6	0	39	6	92	0.75	0.5	1	1	1	1	1	0.75	1	8	3.4	
<i>Memphis pithyusa pithyusa</i> (R. Felder ,1869)	15	23	5	7	259	3021	416	103	353	156	4358	1	1	1	0.75	0.5	0.75	1	1	1	8	2.3	
<i>Adelpha fessonia fessonia</i> (Hewitson, 1847)	3	6	2	1	19	41	3	0	27	5	107	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	8	2.3	
<i>Neographium philolaus philolaus</i> (Boisduval, 1836)	0	0	23	98	14	0	0	0	0	0	135	0.5	0.75	1	1	1	1	1	1	0.5	7.75	3.9	
<i>Archaeoprepona demophoon gulina</i> (Fruhstorfer, 1904)	0	0	0	2	0	10	1	0	2	0	15	0.75	0.25	1	1	1	1	1	0.75	1	7.75	3.4	
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> (Lamas, 1981)	3	0	39	109	252	36	29	56	5	24	553	1	1	1	0.75	1	0.75	1	0.75	0.5	7.75	2.3	
<i>Fountainea glycerium glycerium</i> (Doubleday, [1849])	0	0	0	0	8	24	1	1	31	21	86	0.75	0.5	1	0.75	1	0.75	1	1	1	7.75	2.3	
<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> W.P.	7	2	15	3	32	23	8	2	31	28	151	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	1	0.5	7.75	2.9	
<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	0	0	0	0	0	11	0	0	18	1	30	0.5	0.25	1	1	1	1	1	0.75	1	7.5	27	
<i>Heraclides cresphontes</i> (Cramer, 1777)	0	2	40	24	17	0	3	1	1	1	89	0.75	0.5	1	1	1	1	1	0.75	0.5	7.5	5.5	
<i>Smyrna blomfieldia datis</i> Fruhstorfer, 1908	0	4	0	1	61	7	7	8	12	3	103	0.75	0.75	0.5	1	1	1	1	0.5	1	7.5	3.4	
<i>Hamadryas amphinome mexicana</i> (Lucas, 1853)	0	0	0	0	0	1	0	0	8	4	13	0.5	0.25	1	1	1	1	1	0.75	1	7.5	3.4	
<i>Anteos clorinde nivifera</i> (Godart,[1824])	0	0	2	3	4	3	0	0	0	0	12	0.5	0.25	1	1	1	1	1	1	0.5	7.25	3.9	
<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1777)	2	1	8	2	6	12	1	1	0	0	33	0.75	0.25	1	0.75	1	1	1	1	0.5	7.25	3	
<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)	0	0	1	1	26	13	20	0	18	10	89	0.75	0.5	1	0.75	1	0.75	1	1	0.5	7.25	2.5	

<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i> Doubleday, [1848]	1	9	4	1	1	2	1	0	0	8	27	0.75	0.25	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	7.25	2.5
<i>Phoebis agarithe agarithe</i> (Boisduval, 1836)	0	0	0	0	1	46	6	0	5	0	58	0.5	0.5	1	1	1	0.75	1	1	0.5	7.25	2.3
<i>Fountainea euryphyle confusa</i> (A. Hall, 1929)	0	0	0	0	0	0	1	0	13	1	15	0.5	0.25	1	0.75	1	0.75	1	1	1	7.25	2.3
<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (C. Felder & R.Felder, 1865)	6	15	7	0	14	11	1	0	31	11	96	0.75	0.5	1	0.5	1	0.75	1	1	0.5	7	2.9
<i>Eueides isabella eva</i> (Fabricius, 1793)	0	0	0	0	18	1	17	0	13	6	55	0.5	0.5	1	0.75	1	0.75	1	1	0.5	7	2.5
<i>Anartia fatima fatima</i> (Fabricius, 1793)	0	11	0	0	1	0	1	0	3	0	16	0.75	0.25	1	0.75	1	0.75	1	1	0.5	7	2.3
<i>Anartia jatrophae luteipicta</i> Fruhstorfer, 1907	0	5	4	0	1	1	0	1	2	0	14	0.75	0.25	1	0.75	1	0.75	1	1	0.5	7	2.3
<i>Anthanassa tulcis</i> (H. Bates, 1864)	12	2	3	6	5	18	16	1	29	0	92	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	0.5	7	1.7
<i>Pyrisitia dina westwoodi</i> (Boisduval, 1836)	1	2	3	5	9	4	2	11	3	33	73	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	0.5	7	1.7
<i>Hamadryas guatemalena marmorice</i> (Fruhstorfer, 1916)	0	0	0	0	0	4	0	0	27	8	39	0.5	0.25	0.5	1	1	1	1	0.5	1	6.75	3.4
<i>Marpesia petreus</i> (Cramer, 1776)	0	0	0	0	4	6	4	0	1	0	15	0.5	0.25	1	1	1	0.75	1	0.75	0.5	6.75	2.3
<i>Ganyra josephina josepha</i> (Salvin & Godman, 1868)	0	0	1	0	1	8	2	0	0	0	12	0.5	0.25	1	1	1	0.75	1	0.75	0.5	6.75	2.3
<i>Heraclides ornythion ornythion</i> (Boisduval, 1836)	0	0	0	33	26	0	1	1	1	0	62	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	0.5	6.5	3.5
<i>Doxocopa laure laure</i> (Drury, 1773)	0	0	0	0	6	6	0	0	7	7	26	0.5	0.25	0.5	0.75	1	1	1	0.5	1	6.5	3.4
<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	7	1	3	0	4	5	0	1	4	4	29	0.75	0.25	1	0.5	1	0.5	1	1	0.5	6.5	1.7
<i>Phoebis argante</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	16	0.5	0.25	1	0.75	1	0.5	1	1	0.5	6.5	1.7
<i>Pieriballia viardi viardi</i> (Boisduval, 1836)	27	18	9	0	4	15	0	1	35	29	138	0.75	0.75	1	0.75	1		1	0.75	0.5	6.5	
<i>Epiphile adrasta adrasta</i> Hewitson, 1861	4	1	1	0	0	0	1	2	3	12	24	0.75	0.25	1	0.75	1		1	0.75	1	6.5	
<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847	1	0	0	0	4	2	0	0	9	7	23	0.5	0.25	1	0.75	0.5	0.75	1	1	0.5	6.25	2.9
<i>Eurema mexicana mexicana</i> (Boisduval, 1836)	2	7	4	0	0	0	0	0	1	0	14	0.5	0.25	1	0.5	1	0.5	1	1	0.5	6.25	1.7
<i>Biblis hyperia aganisa</i> Boisduval, 1836	0	0	0	3	3	2	0	0	2	2	12	0.75	0.25	0.5	0.75	0.5	0.75	1	0.5	1	6	2.8
<i>Heraclides pallas pallas</i> (G. Gray, [1853])	0	0	0	11	0	0	3	0	0	0	14	0.75	0.25	0.5	1	0.5	0.75	1	0.5	0.5	5.75	2.5
<i>Chlosyne rosita browni</i> Bauer, 1961	0	0	0	16	37	7	3	0	30	3	96	0.75	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	5.75	1.7
<i>Mestra dorcas amymone</i> (Ménétriés, 1857)	4	7	0	3	1	6	0	0	5	1	27	0.75	0.25	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	5.5	1.7
<i>Kricogonia lyside</i> (Godart, 1819)	0	0	0	84	7	3	0	0	1	0	95	0.5	0.5	0.5	0.5	1		0.5	0.5	0.5	4.5	

Vol.= Voltinismo (1=Multivoltinas, 0.75=bivoltinas, 0.5=univoltinas); Abun.=Abundancia (1=>200, 0.75=>100, 0.5=>50, 0.25=<50); Res.=Residencia (1= planta hospedera reportada dentro del RBSAT; 0.5= planta hospedera no reportada en la RBSAT)

Tam.= Tamaño (1=Grande, 0.75=Mediana, 0.5=Pequeña); Color= 1= 100% sin negro; 0.5= 50% o más negro; Val.= Valor económico ponderado (>3USD=1; >2 USD=0.75; >1=0.5)

C.P.= Conocimiento de planta hospedera (1=con conocimiento de planta hospedera, 0.5= desconocimiento de planta hospedera); A.P.= Acceso a planta hospedera (1=planta común, 0.75= planta solo dentro de la RBSAT, 0.5= no se ha reportado la planta en la RBSAT); M.C= Método de colecta de pie de cría (1= Trampa Von Someren; 0.5= Red entomológica).

Apéndice 2 (Anexo 5).

Especies con potencial para aprovechamiento e identificación de su potencial planta hospedera en la RBSAT.

Nombre científico con autor	Familia planta	Probable planta hospedera en la RBSAT	Planta hospederas registradas en México	Bibliografía
NYMPHALIDAE				
<i>Adelpha basiloides</i> (H.W. Bates, 1865)	Rubiaceae	<i>Psychotria erythrocarpa</i>	<i>Alibertia edulis</i> , <i>Blepharidium mexicanum</i> , <i>Faramea occidentalis</i> , <i>Ixora coccinea</i> , <i>Psychotria costivenia</i> , <i>P.pubescens</i>	3,4
<i>Adelpha fessonia fessonia</i> (Hewitson, 1847)	Rubiaceae	<i>Randia laetevirens</i> , <i>R.obcordata</i>	<i>Randia</i> sp. (CR)	10
<i>Anaea aidea</i> (Guérin-Ménéville, 1844)	Euphorbiaceae	<i>Acalypha flavescens</i> S.Watson, <i>A. macrostachya</i> Jacq., <i>Croton argenteus</i> L., <i>C. ciliatoglandulifer</i> Ortega, <i>C. cortesianus</i> Kunth, <i>C. niveus</i> Jacq.	<i>Croton</i> sp., <i>C.soliman</i> , <i>Acalypha</i> sp.	1,3,6
<i>Anartia fatima fatima</i> (Fabricius, 1793)	Acanthaceae	<i>Justicia brandegeana</i> Wassh. & L.B.Sm., <i>J. leonardii</i> Wassh.*, <i>J. pilosella</i> (Nees) Hilsenb.*, <i>J. spicigera</i> Schldl., <i>Pseuderanthemum alatum</i> (Nees) Radlk., <i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & A.Gray) Urb., <i>R. paniculata</i> L.	<i>Dicliptera</i> sp, <i>Justicia</i> sp. <i>Pseuderanthemum</i> sp., <i>Ruellia</i> sp., <i>Strobilanthes</i> sp.	1,6,7
<i>Anartia jatrophae luteipicta</i> Fruhstorfer, 1907	Acanthaceae	<i>Justicia brandegeana</i> , <i>J. leonardii</i> , <i>J. pilosella</i> , <i>J. spicigera</i> <i>Ruellia nudiflora</i> , <i>R. paniculata</i>	<i>Blechum brownei</i> , <i>Ruellia</i> sp., <i>Justicia</i> sp. (Acanthaceae) <i>Lippia</i> spp. (Verbenaceae), <i>Jatropha</i> sp. (Euphorbiaceae), <i>Bacopa monnieri</i> (Scrophulariaceae)	1,4,6
	Verbenaceae	<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson		
	Euphorbiaceae	<i>Jatropha sotoi-nunyezii</i> Fern.Casas & E.Martínez*		
<i>Anthanassa tulcis</i> (H.W. Bates, 1864)	Acanthaceae		<i>Siphonoglossa</i> sp.	6
<i>Archaeoprepona demophon centralis</i> (Fruhstorfer, 1905)	Lauraceae	<i>Ocotea tampicensis</i> (Meisn.) Hemsl.	<i>Annona</i> spp., <i>Rollinia mucosa</i> , <i>Oxandra belizensis</i> (Annonaceae), <i>Swartzia cubensis</i> (Fabaceae), <i>Ocotea helicterifolia</i> , <i>Nectandra</i> spp. (Lauraceae)	1,4
	Annonaceae	<i>Annona globiflora</i> Schldl.		
<i>Archaeoprepona demophoon gulina</i> (Fruhstorfer, 1904)	Lauraceae	<i>Ocotea tampicensis</i> , <i>Persea americana</i> Mill.	<i>Ocotea helicterifolia</i> , <i>Nectandra</i> spp., <i>Persea</i> spp.	4
<i>Biblis hyperia aganisa</i> Boisduval, 1836	Euphorbiaceae		<i>Tragia volubilis</i> (CR)	2,3,4
<i>Chlosyne rosita browni</i> Bauer, 1961	Acanthaceae		<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees.	2
<i>Doxocopa laure laure</i> (Drury, 1773)	Ulmaceae		<i>Celtis</i> sp., <i>Celtis iguanaea</i>	2,4,6,7
	Flacourtiaceae		<i>Casearia</i> spp.	
<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)	Passifloraceae	<i>Passiflora coriacea</i> Juss., <i>P. foetida</i> L., <i>P. serratifolia</i> L.	<i>Passiflora biflora</i> , <i>P. coriacea</i>	1,4,6,11
<i>Epiphile adrasta adrasta</i> Hewitson, 1861	Sapindaceae	<i>Serjania racemosa</i> Schumach., <i>Paullinia tomentosa</i>	<i>Paullinia pinnata</i> , <i>P. tomentosa</i> , <i>Serjania brachycarpa</i> , <i>S. racemosa</i>	1,3,7
<i>Eueides isabella eva</i> (Fabricius, 1793)	Passifloraceae	<i>Passiflora coriacea</i> , <i>P. foetida</i> , <i>P. serratifolia</i>	<i>Passiflora foetida</i> , <i>P.serratifolia</i> , <i>P.ambigua</i>	1,4,5
<i>Fountainea glycerium glycerium</i> (Doubleday, [1849])	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> spp.	<i>Croton</i> spp., <i>Piper</i> spp.(CR)	1,10

<i>Fountainea euryppyle confusa</i> (A. Hall, 1929)	Euphorbiaceae	<i>Croton argenteus</i> , <i>C. ciliatoglandulifer</i> , <i>C. cortesianus</i> , <i>C. niveus</i>	<i>Croton</i> spp.	4
<i>Hamadryas amphinome mexicana</i> (Lucas, 1853)	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia rhizantha</i> Lundell*	<i>Dalechampia scandens</i> (Euphorbiaceae), <i>Eupatorium</i> spp. (Asteraceae), <i>Aristolochia</i> spp. (Aristolochiaceae).	4,5,6
<i>Hamadryas februa ferentina</i> (Godart,[1824])	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> , <i>F. maxima</i> , <i>F. pertusa</i>	<i>Dalechampia scandens</i> (Euphorbiaceae), <i>Ficus</i> spp.(Moraceae)	4,5,6,7
<i>Hamadryas glauconome glauconome</i> (H.W.Bates, 1864)	Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L., <i>Serjania racemosa</i>	<i>Serjania</i> spp., <i>Cardiospermum</i> sp.	6
<i>Hamadryas guatemalena marmarice</i> (Fruhstorfer, 1916)	Euphorbiaceae		<i>Dalechampia</i> sp.	4,6
<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> W. Comstock & F. Brown, 1950	Passifloraceae	<i>Passiflora coriacea</i> , <i>P. foetida</i> , <i>P. serratifolia</i>	<i>Passiflora coriacea</i> , <i>P. suberosa</i> , <i>P. lutea</i> , <i>P. affinis</i> , <i>P. biflora</i>	1,3,4,5,6,7
<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday,1847	Passifloraceae	<i>Passiflora coriacea</i> , <i>P. foetida</i> , <i>P. serratifolia</i>	<i>Passiflora coriacea</i> , <i>P. biflora</i>	1,5
<i>Marpesia petreus</i> (Cramer, 1776)	Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> , <i>F. maxima</i> , <i>F. pertusa</i>	<i>Anacardium</i> spp. (Anacardiaceae), <i>Ficus citrifolia</i> , <i>F. pertusa</i> (Moraceae), <i>Cupania dentata</i> (Sapindaceae)	1,4,5,6,7
<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	Euphorbiaceae	<i>Croton argenteus</i> , <i>C. ciliatoglandulifer</i> , <i>C. cortesianus</i> , <i>C. niveus</i>	<i>Croton</i> spp.(Euphorbiaceae), <i>Aiouea inconspicua</i> , <i>Nectandra</i> spp., <i>Ocotea helicterifolia</i> (Lauraceae)	1,4
	Lauraceae	<i>Ocotea tampicensis</i>		
<i>Memphis pithyusa pithyusa</i> (R. Felder ,1869)	Euphorbiaceae	<i>Croton niveus</i> , <i>C. argenteus</i> , <i>C. ciliatoglandulifer</i> , <i>C. cortesianus</i>	<i>Cordia alliodora</i> (Boraginaceae), <i>Euphorbiaceae</i>	9
	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken, <i>C. alba</i> (Jacq.) Roem. & Schult., <i>C. boissieri</i> A.DC.		
<i>Mestra dorcas amygone</i> (Ménétriés, 1857)	Euphorbiaceae		<i>Tragia</i> sp.	3,6
<i>Morpho helenor montezuma</i> Guenée, 1859	Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill., <i>E. nigrorosea</i> (Krukoff & Barneby) G.L.Nesom, <i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth., <i>Bauhinia divaricata</i> L., <i>Bauhinia macranthera</i> Hemsl.*	<i>Inga</i> spp., <i>Erythrina</i> spp., <i>Lonchocarpus</i> spp., <i>Schizolobium parahyba</i> , <i>Swartzia cubensis</i> , <i>Andira inermis</i> , <i>Pterocarpus rohrii</i> , <i>Bauhinia divaricate</i> L.	4, 12
<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i> Doubleday,[1848]	Euphorbiaceae	<i>Adelia barbinervis</i>	<i>Adelia</i> sp., <i>Croton</i> sp., <i>Dalechampia</i> sp. (CR)	1
<i>Myscelia ethusa ethusa</i> [Doyère, (1840)]	Euphorbiaceae	<i>Adelia oaxacana</i>	<i>Adelia</i> sp., <i>Dalechampia</i> sp.	3,7
<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	<i>Casearia commersoniana</i> , <i>C. sylvestris</i> , <i>C. nitida</i> , <i>C. tacanensis</i> , <i>Zuelania guidonia</i>	1,4
<i>Siproeta stelens biplagiata</i> (Fruhstorfer, 1907)	Acanthaceae	<i>Justicia brandegeana</i> , <i>J. leonardii</i> , <i>J. pilosella</i> , <i>J. spicigera</i> , <i>Ruellia nudiflora</i> , <i>R. paniculata</i>	<i>Blechnum brownei</i> , <i>B. pyramidatum</i> , <i>Ruellia nudiflora</i> , <i>Justicia anagallis</i>	4,6
<i>Smyrna blomfieldia datis</i> Fruhstorfer, 1908	Urticaceae		<i>Urera baccifera</i> , <i>U. caracasana</i> , <i>U. mexicanum</i> , <i>Myriocarpa longipes</i>	4,6,7

PAPILIONIDAE				
<i>Heraclides crespontes</i> (Cramer, 1777)	Rutaceae	<i>Esenbeckia berlandieri</i> Baill., <i>E. runyonii</i> C.V.Morton, <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	<i>Ptelea trifoliata</i> , <i>Casimiroa edulis</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Citrus spp.</i> , <i>Zanthoxylum riedelianum</i> , <i>Esenbeckia berlandieri</i> , <i>Ruta sp</i>	1,4,6,7
<i>Heraclides ornythion ornythion</i> (Boisduval, 1836)	Rutaceae		<i>Citrus sp. (CR)</i>	1
<i>Heraclides pallas pallas</i> (G. Gray, [1853])	Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>	<i>Citrus limon</i> , <i>Zanthoxylon affine</i>	1,2
<i>Neographium philolaus philolaus</i> (Boisduval, 1836)	Annonaceae	<i>Annona globiflora</i>	<i>Anonna cherimola</i> Mill., <i>Rollinia sp.</i>	2,4,6
PIERIDAE				
<i>Anteos clorinde nivifera</i> (Godart,[1824])	Fabaceae	<i>Acacia berlandieri</i> Benth., <i>A. californica</i> subsp. <i>pringlei</i> (Rose) L. Rico*, <i>A. cornigera</i> (L.) Willd., <i>Desmodium subsessile</i> Schldt., <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth., <i>Senna atomaria</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby, <i>S. lindheimeriana</i> (Scheele) H.S.Irwin & Barneby, <i>S. obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	<i>Desmodium sp.</i> , <i>Acacia sp.</i> , <i>Cassia sp.</i> , <i>Pithecellobium sp.</i> , <i>Senna spectabilis</i>	1,6,7
<i>Anteos maerula</i> (Fabricius, 1775)	Fabaceae	<i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Cassia sp.</i> , <i>Senna spp.</i>	4,7
<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	Fabaceae	<i>Desmodium subsessile</i> , <i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Cassia (Caesalpinaceae)</i> , <i>Senna occidentalis</i> , <i>Desmodium (Fabaceae)</i>	1,6,7
<i>Eurema mexicana mexicana</i> (Boisduval,1836)	Fabaceae	<i>Acacia berlandieri</i> , <i>A. californica</i> subsp. <i>pringlei</i> , <i>A. cornigera</i> , <i>Diphysa microphylla</i> Rydb.*	<i>Mimosa sp. (Mimosaceae)</i> , <i>Acacia sp.</i> , <i>Diphysa sp.</i> , <i>Robinia sp. (Fabaceae)</i> , <i>Cassia sp. (Caesalpinaceae)</i>	3,6,7
<i>Ganyra josephina josepha</i> (Salvin & Godman, 1868)	Capparaceae	<i>Forchhammeria sessilifolia</i> Standl. Standl.	<i>Capparis baducca</i> , <i>Forchhammeria hintonii</i> , <i>F. pallida</i>	1,7
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> (Lamas, 1981)	Capparaceae	<i>Forchhammeria sessilifolia</i> , <i>Cleome aculeata</i> L.	<i>Capparis baducca</i> , <i>Cleome spp.</i> , <i>Forchhammeria hintonii (Capparaceae)</i> , <i>Brassica spp. (Brassicaceae)</i> , <i>Cassia (Caesalpinaceae)</i>	1,4,7
<i>Kricogonia lyside</i> (Godart, 1819)	Zygophyllaceae		<i>Guajacum sp. (CR)</i>	1
<i>Phoebis agarithe agarithe</i> (Boisduval, 1836)	Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Senna occidentalis</i> , <i>Senna obtusifolia</i> , <i>Cassia tomentosa</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Pithecellobium dulce</i>	4,7,8
<i>Phoebis argante</i> (Fabricius,1775)	Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Cassia sp.</i> , <i>Senna sp.</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Pithecellobium sp.</i>	4,7
<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1777)	Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Senna occidentalis</i> , <i>Cassia crotalaria</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> ; <i>Inga sp. (Fabaceae)</i> ; <i>Solanum melongena (Solanaceae)</i>	1,4,6,8
	Solanaceae	<i>Solanum diphyllum</i> L., <i>S. erianthum</i> D. Don, <i>S. hirtum</i> Vahl, <i>S. lanceifolium</i> Jacq., <i>S. myriacanthum</i> Dunal, <i>S. seaforthianum</i> Andrews		
<i>Pieriballia viardi viardi</i> (Boisduval, 1836)	Capparaceae	<i>Forchhammeria sessilifolia</i>	<i>Capparis baducca</i> , <i>Forchhammeria sp. (CR)</i>	1
<i>Pyrisitia dina westwoodi</i> (Boisduval, 1836)	Fabaceae	<i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Senna</i> , <i>Cassia</i>	6
<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	Fabaceae	<i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> , <i>S. obtusifolia</i>	<i>Senna</i> , <i>Cassia</i> , <i>Mimosa</i>	4,6

1=(Beccaloni *et al.*, 2008), 2= (De la Maza & de la Maza, 2021), 3=(Friesen, 2019), 4=(González-Valdivia *et al.*, 2011), 5=(Hernández M.K., 2010), 6=(Legal *et al.*, 2017), 7=(Luna-Reyes *et al.*, 2010), 8=(Ramos-Elorduy *et al.*, 2011), 9=(Solis-Gabriel *et al.*, 2017), 10=(Vega, 2011), 11=(Dyer *et al.*, 2007), 12=(Jacinto-Padilla *et al.*, 2020)

Lepidópteros con potencial para manejo intensivo y aprovechamiento sostenible

CAROLINA ORTA SALAZAR, JUAN ANTONIO REYES AGÜERO,
CARLOS ALFONSO MUÑOZ ROBLES Y HERIBERTO MÉNDEZ CORTÉS

Resumen

El aprovechamiento sostenible de mariposas con fines ornamentales, educativos y recreativos es una actividad que ha ido en aumento en el país en los últimos años. Se realizó un estudio para fundamentar e implementar una propuesta de proyecto productivo para el área de influencia de la RBSAT que, a su vez, considere el estado de conservación de la comunidad de mariposas en el área núcleo. Durante diez meses de muestreo (2019-2020) en las zonas núcleo, de amortiguamiento y en el área de influencia se registraron en total 202 especies de lepidópteros diurnos: 183 dentro de la RBSAT y 49 en el área de influencia; esto representa el 47% de las especies registradas para el estado de San Luis Potosí. Se realizó una propuesta de 18 especies prioritarias para el aprovechamiento, considerando criterios de selección biológicos, económicos y sociales tales como: fenología, abundancia, tamaño, color y valor comercial de las mariposas; además de la ubicación y determinación de sus plantas hospederas y técnicas de recolecta. Se elaboró una guía de campo para la identificación de especies con su correspondiente planta hospedera local, con base en el inventario florístico de la RBSAT. El proyecto requiere de acompañamiento inicial y una fuerte vocación de los participantes pues la cría y manejo de mariposas es una labor que requiere mucha dedicación, constancia y paciencia.

Introducción

La conservación de la biodiversidad es un servicio ambiental que prestan las ANP, el cual suele ser poco valorado por los habitantes cercanos a esas áreas (Bezaury-Creel, 2009; Pearce y Moran, 1994); en especial, cuando se carece



CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACION DE ESQUEMAS PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE MARIPOSAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN LA HUASTECA POTOSINA.

Implementación de esquemas para el aprovechamiento sostenible de mariposas diurnas (Lepidoptera:Papilionoidea) en el área de influencia de un área natural protegida en la huasteca potosina.

INTRODUCCIÓN

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) han sido reconocidas como el instrumento de mayor importancia para promover la conservación y gestión de la biodiversidad y sus servicios ambientales. Sin embargo, debido a la creciente presión sobre los recursos naturales, en las últimas décadas se ha hecho evidente la importancia de conservar los ecosistemas para sostener también el bienestar humano. Por lo tanto, en el país es prioridad institucional frenar y prevenir su deterioro, así como promover su conservación a través del manejo, gestión, y uso racional de los recursos naturales en las ANP y sus zonas de influencia (CONANP, 2014).

México ha estado haciendo importantes esfuerzos para redirigir su crecimiento económico hacia alternativas compatibles con la conservación de los ecosistemas. En términos económicos, para mantener los servicios y la calidad ambiental a lo largo del tiempo es necesario utilizar los recursos renovables a una tasa menor a la de regeneración y optimizar la eficiencia con la que se utilizan. Para lo cual, la CONANP ha implementado la Estrategia de Conservación para el Desarrollo, la cual conjunta los objetivos de conservación con las metas de desarrollo y bienestar para las comunidades que habitan en las ANP, como la de fortalecer y consolidar actividades productivas sustentables, dirigidas a mercados justos que promuevan la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y que contribuyan a la reducción de la pobreza y la marginación (CONANP, 2014).

En este sentido la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa (RBSAT) ha mantenido la colaboración de parte de los pobladores que habitan su área de influencia a través de diversos ejercicios participativos. Se ha registrado que algunas acciones de su Programa de Manejo, como el componente de manejo y uso sustentable de la vida silvestre, que consiste en que los habitantes del área de influencia de la reserva

tengan alternativas de manejo y desarrollen actividades productivas basadas en el potencial de aprovechamiento de las especies de fauna y flora silvestre; han reportado porcentajes de cumplimiento menores al 25 % (Reyes-Hernández *et al.*, 2021). Para superar esa estadística, es útil el manejo y aprovechamiento sustentable de los lepidópteros o mariposas. Estos insectos son una oportunidad para el fomento del desarrollo comunitario, al ser un grupo biológico carismático para la sociedad, que ha sido aprovechado por comunidades rurales de climas tropicales de países como Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Filipinas, Indonesia, Kenia, Malasia, Surinam, Tanzania y Tailandia (Boppré & Vane-Wrigh, 2012; López-Collado *et al.*, 2016, Mulanovich, 2007). En México existen proyectos de este tipo en Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (López, 2022). La factibilidad de la cría de mariposas para su comercialización depende que se realice de modo sostenible; es decir, que sea aceptable desde el punto de vista social, biológico y económico (Gómez, 2006), para ello se requiere de conocimientos suficientes para el desarrollo de la actividad.

En la RBSAT existe una riqueza de 247 especies de lepidópteros: 112 registradas previamente en el área de influencia (Pineda, 2012; Hernández, 2019) y 190 dentro de la RBSAT en sus zonas de amortiguamiento y núcleo, de las cuales 123 son nuevos registros (Anexo 3. Cap.2) (Orta, 2023), además de 12 registros nuevos que fueron recolectados en el área de influencia durante los talleres de capacitación. Con los registros y datos fenológicos de las 190 especies se elaboró una metodología para la selección de especies aptas para su reproducción, con criterios de manejo sostenible. Así, se identificaron 18 especies propicias para esta actividad, con atractivo comercial y entomoturístico (Orta *et al.*, 2021), por lo que su crianza y manejo puede representar beneficios ecológicos y económicos.

El objetivo de este estudio es identificar si la zoo-cría de mariposas resulta atractiva para los pobladores del área de influencia de la reserva, para conformar un grupo de trabajo dispuesto a implementar un esquema regulado para el aprovechamiento de mariposas vivas y crear capacidades para su manejo intensivo y comercialización.

METODOLOGÍA:

Área de estudio:

La RBSAT está ubicada, en su mayor parte, en terrenos de propiedad ejidal. Sin embargo, en las zonas de amortiguamiento y núcleo no existen asentamientos humanos, pero sí en el área de influencia, donde hay poblados con menos de 2,500 habitantes. Los ejidos más destacados por la superficie que tienen en la reserva son: Laguna del Mante, Los Sabinos Número Dos y Las Palmas (SEMARNAT-CONANP, 2014) todos con altos grados de marginación de acuerdo a SEDESOL (Fig 1). Debido a que el ejido Los Sabinos Número Dos, tiene consolidado un grupo de monitoreo biológico, se aprovechó esta circunstancia para invitarlos a ser la población piloto para esta propuesta. Otra ventaja de esta localidad es que poseen un atractivo geoturístico que es visitado por el turismo local, denominada la Cueva de los Sabinos, lo que potencialmente podría hacer sinergia con la implementación de mariposarios. El ejido Los Sabinos Núm. Dos se localiza a 13 km al norte de Ciudad Valles, San Luis Potosí (Longitud 98°58'33.671 O, Latitud 22°06'00.155 N), sobre la carretera federal número 85; tiene una altitud promedio de 262 m. El clima en la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura promedio anual de 25.7 °C.

Diseño metodológico:

Para la identificación del grupo de trabajo dispuesto a implementar el proyecto de zooloía de mariposas y elaborar un plan de trabajo para su ejecución en un corto plazo, se utilizaron metodologías de diagnóstico participativo para informar y fomentar los procesos de autogestión en la comunidad (IPAF, 2010; Crespo, 2011). Se diseñó un primer curso-taller participativo con duración de 20 horas, titulado “Conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre” CONANP/PROCOCODES/4211/2019 que se impartió en cuatro sesiones, de julio a septiembre del 2019 (Fig. 2), tuvo por objeto difundir conocimiento y despertar el interés acerca del aprovechamiento sustentable de mariposas.

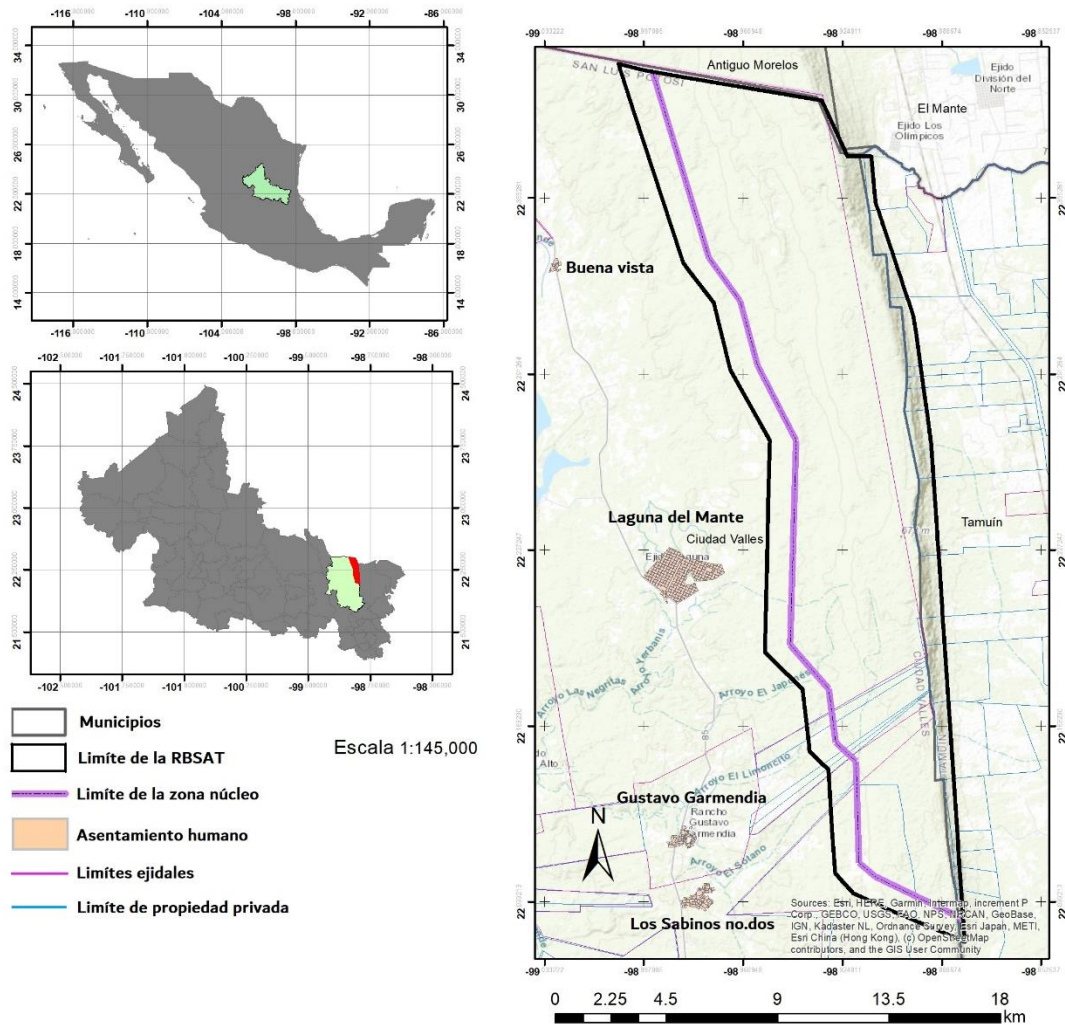


Figura 1. Localidades cercanas a la RBSAT y tipo de tenencia dentro de la reserva.
Elaboración propia.

En el curso se expusieron los diferentes esquemas legales para el aprovechamiento de fauna silvestre en México, la relevancia del papel ecológico de las mariposas y su conservación, los aspectos relevantes para la crianza de mariposas y los fundamentos sobre el comercio de mariposas. Las principales herramientas y técnicas participativas fueron: lluvia de ideas, entrevistas semiestructuradas, dinámica del árbol de problemas, método de planificación de marco lógico, matriz de plan de acción y matriz de toma de responsabilidades (Geilfus, 2002), además de técnicas didácticas y lúdicas para la familiarización con el tema, como el uso de una lotería con especies de mariposas locales y sus nombres científicos, una entrega de un kit de montaje de

mariposas y una práctica de campo con la entrega de redes entomológicas para los participantes.

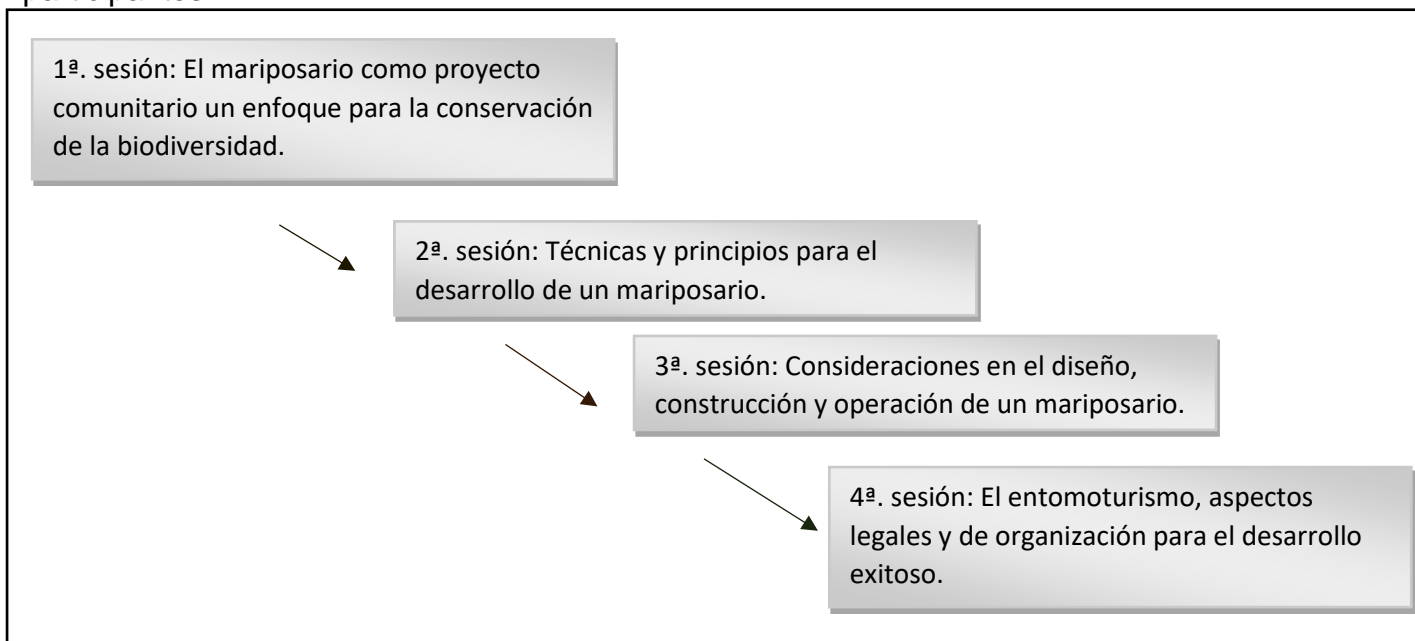


Figura 2. Estructura del primer curso-taller (capacitación 2019).

Una vez conformado el grupo de trabajo, para la siguiente etapa de la implementación se diseñó e impartió un segundo curso para el 2020: “Capacitación para la gestión: comercialización de productos finales, intermedios y servicios relacionados con la vida silvestre (Lepidoptera, Papilionoidea)” en cuatro sesiones (Fig.3), el cual profundizó en las técnicas para el manejo intensivo y crianza de mariposas vivas, ciclos de vida, manejo de plantas hospederas y enfermedades dentro del mariposario. El curso-taller, con duración de 25 horas, abarcó un 50 % del tiempo en teoría y otro 50 % en actividades prácticas o lúdicas de aprendizaje, todo según lo que recomiendan Geilfus (2002) y Crespo (2011).

Además de eso, se utilizó la metodología de Lean Startup (Ries, 2011) para la propuesta de inicio de negocio. El método Lean Startup es el sistema utilizado para pasar de proyecto a empresa, poniendo el foco en las necesidades del cliente, contando con su retroalimentación para ir modificando el producto hasta desarrollar la versión final. Es una metodología con base en “aprendizaje validado”; es decir, ir revisando y haciendo valer poco a poco las hipótesis antes de tener el producto final/la

startup definitiva y comenzar a escalar el negocio. El comienzo de esta metodología es elaborar un producto mínimo viable (PMV), y con una estrategia de “pivote”, lanzarlo al mercado y modificarlo con base en la aceptación deseada entre sus clientes objetivo. Para lo cual se les capacitó en elaboración de joyería artesanal, cuadros decorativos y liberación de mariposas en eventos sociales.

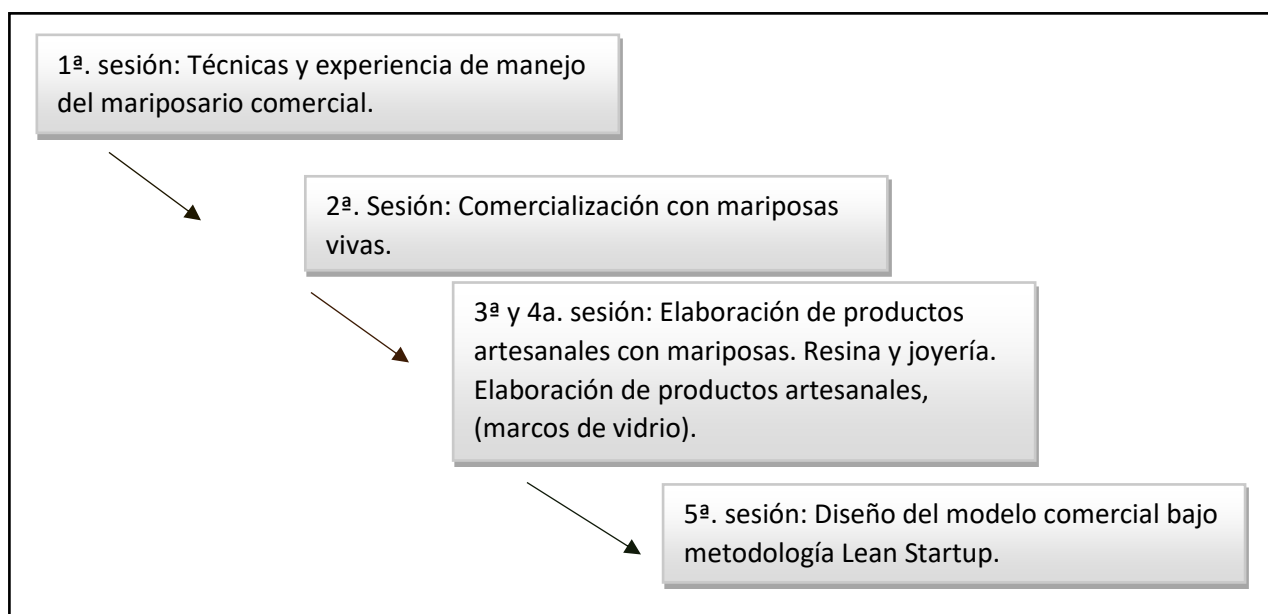


Figura 3. Estructura del segundo curso-taller (capacitación 2020)

Para el diseño y construcción de los mariposarios de traspatio, se consideraron las especificaciones técnicas planteadas en los diferentes manuales de elaboración de mariposarios, disponibles en línea (Sánchez, 2004; Sirua & FFI, 2006; Dénommée, 2010; Lomelín, 2012; Cortegana, 2014; Layché, 2016) se elaboró un manual *ad hoc* y se entregó un ejemplar a cada participante (Anexo 6).

Al año se realizó una reunión de seguimiento para identificar los avances en el desarrollo e implementación de la propuesta; la evaluación fue a través de las metodologías de Marco lógico y Árbol de problemas. para identificar las acciones necesarias para dar continuidad exitosa al proyecto.

RESULTADOS:

En el primer año durante el 2019, se realizó un diagnóstico económico de los 14 asistentes a los talleres (cinco mujeres y nueve hombres, de entre 18 y 60 años); una vez que mencionaron las principales actividades económicas a las que se dedican (Cuadro 1). Se identificaron las situaciones económicas, familiares o laborales que afectaban a los integrantes. El problema generalizado es que carecen de una fuente segura de ingresos contantes, pues los que tienen son insuficientes o hay informalidad en sus pagos y en ocasiones sus actividades económicas son fuertemente dependientes de factores climáticos.

Cuadro 1. Principales actividades económicas y periodicidad de los potenciales integrantes el grupo de trabajo para la implementación de mariposarios comerciales de traspatio.

Actividad económica	Periodo
1. Elaboración de artesanías	Esporádico, bajo pedido
2. Venta de leña	Todo el año
3. Producción de caña	Por temporada (enero a mayo)
4. Corte de piedra	Todo el año
5. Comercio de abarrotos	Todo el año
6. Albañilería	Todo el año
7. Corte de caña	Por temporada (enero a mayo)
8. Jornalero	Todo el año
9. Construcción de palapas y techos de palma	Esporádico bajo pedido
10. Estudiante	Todo el año
11. Vigilancia	Todo el año
12. Elaboración y venta de alimentos	Todo el año
13. Educación ambiental	Todo el año
14. Organización de rifas	Todo el año

Siguiendo con la metodología de Marco lógico, se obtuvo una propuesta de solución a su problemática y se analizó cómo un proyecto productivo de cría de mariposas podría contribuir a ser parte de esa solución. Este ejercicio fue útil para comenzar el arraigo del proyecto, con la expectativa de que su realización era una necesidad legítima en sus vidas en ese momento. Se encontró que 37 personas (familiares directos de los participantes) serían los potencialmente beneficiarios de la implementación de este

proyecto y que al menos cinco personas tenían solares lo suficientemente grandes (1125 m²) para albergar un mariposario de traspatio.

Como resultado de las dinámicas participativas, el grupo de trabajo identificó como meta específica: tener ingresos constantes y suficientes asociados al aprovechamiento de recursos naturales existentes en su área. Para lograrlo se propusieron diferentes objetivos y resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Objetivos planteados por el grupo de trabajo como resultados del uso de la herramienta de Marco lógico para la solución de los principales problemas detectados a través de la herramienta de árbol de problemas.

Objetivo general	
	Crear y formar una empresa para el aprovechamiento sustentable de mariposas en la huasteca.
Objetivo específico	
	Lograr tener ingresos constantes y suficientes a través de actividades que beneficien a sus familias y el medio ambiente.
Resultados esperados	
	<ul style="list-style-type: none"> • Ser los principales proveedores de artesanías finas de mariposas en la Huasteca. • Acreditar una UMA para la conservación de mariposas nativas. • Exportar y realizar envíos de mariposas vivas para mariposarios de exhibición. • Generar empleos en su localidad y fomentar la creación de capacidades en más pobladores de la comunidad. • Realizar en el largo plazo un mariposario de exhibición, que complemente la demanda turística.

Siguiendo con las dinámicas, para poder alcanzar los resultados esperados, se elaboró una Matriz de plan de acción (Cuadro 3) donde se establecieron las metas a diferentes actividades necesarias, los responsables de su realización, los actores involucrados, los compromisos adquiridos y los plazos probables de ejecución.

Cuadro 3. Matriz de plan de acción resultado de la planeación participativa.

Actividad	Responsable	Actores	Período	Resultados
Metas a corto plazo				
Producción de mariposa o crianza en cautiverio. <ul style="list-style-type: none"> • Construcción de área de vuelo. • Laboratorio • Invernadero • Recolecta de pie de cría. 	Todos los integrantes Matías, Sabino y Samuel	CONANP UASLP SADER Producción Sostenible de Mariposas en México	Investigación de hábitos de especies de interés en los 39 días de trabajo de campo, entre agosto de 2019 y noviembre de 2020. Construcción de cinco mariposarios comerciales: abril de 2020.	Selección de mariposas con potencial para el aprovechamiento sostenible. Cinco mariposarios comerciales a Escala de traspatio. Primer lote de mariposas para comercialización.
Capacitación para la elaboración de artesanías.	Comité del grupo de trabajo	CONANP	Primer y segundo trimestre del 2020.	Artesanías elaboradas con estándares óptimos de calidad.
Búsqueda de proveedores para material de artesanías.	Todos los integrantes	Secretaria de Desarrollo Económico de Gob. SLP. Gobierno Municipal de Cd. Valles.		
Plan de mercadotecnia y difusión de productos.	Clara y Matías, Carolina Orta	UASLP DIF estatal Gob. Estado	Tercer y cuarto trimestre del 2020.	Ventas de productos elaborados
Metas a mediano plazo				
Elaborar una UMA para mariposario de exhibición y para exportación.	Carolina Orta	CONANP SEMARNAT	Primer y segundo trimestre del 2021.	UMA autorizada, exportación de pupas y material seco.
Metas a largo plazo				
Estrategia de comercialización para la exportación e importación	Comité del grupo de trabajo	Secretaria de Economía. UASLP	Tercer y cuarto trimestre del 2021.	Mayor diversidad de productos y aumento en el alcance del mercado.

Una vez despertado el interés en los pobladores para esta actividad, desde agosto del 2019 a noviembre del 2020 se realizaron muestreos en la reserva para conocer los

patrones de distribución y abundancia de mariposas, se obtuvieron registros de 190 especies (Orta, 2023), de las cuales, a través de una metodología de ponderación, se seleccionaron solo 49 especies para evaluarlas y finalmente se obtuvieron 18 especies potenciales para crianza (Orta *et al.*, 2021). Se elaboró una guía de campo para identificar las especies de mariposas de interés para su manejo y reproducción de los parentales, con su respectiva especie de planta hospedera (es decir, la planta de la que requiere alimentarse durante su fase larval, indispensable para su desarrollo) en la región. La guía (Orta *et al.*, 2021) se les proporcionó con la intención de que comenzaran a identificar las especies de mariposas que frecuentaban sus traspatios.

En el segundo año durante el 2020, se gestionó ante el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) de la CONANP, el apoyo económico para la implementación de mariposarios comerciales de traspatio, para el beneficio de cinco familias. Se obtuvo un presupuesto de \$143,000 pesos para su construcción y equipamiento. Cada mariposario se diseñó para tener un área de vuelo de 54 m³ (3 m de alto, 3 m de ancho y 6 m de largo), con materiales que se podían conseguir en las ciudades aledañas como tubos de PVC, cemento, block, plantas hospederas; o por internet, como malla antiáfida blanca, de alta luminosidad, perfiles metálicos, e insumos para habilitar las áreas de laboratorio, mesas, estantería, botes plásticos, desinfectantes, pinzas entomológicas, etc.




El monto aproximado de inversión por mariposario fue de \$37,600 pesos, que incluyó la aportación en mano de obra de los beneficiarios. Solo se construyeron cuatro mariposarios, debido a que una familia tuvo problemas de salud, lo que le impidió dar continuidad al proyecto. Para el ensamble y levantamiento de cada uno de los mariposarios se requirió el apoyo de todo el grupo de trabajo en cada solar (Figura 4).









Figura 4. Ensamble y levantamiento de mariposarios de traspatio como áreas de vuelo con plantas hospederas.

A la par en ese mismo año, en el segundo curso-taller de capacitación, para cada familia participante se diseñó y entregó una propuesta de crianza de mariposas (Cuadro 4), con base en la exploración previa de sus áreas de traspatio e identificación de plantas hospederas ya existentes, además de incluir una especie de mariposa de las que presentaron mayor potencial en la región (Orta *et al.*, 2021), con la intención de que cada familia buscara semilla y propagara la planta nativa hospedera requerida en cada traspatio.

Cuadro 4. Propuesta de manejo por familia de acuerdo con las plantas hospederas existentes y especies sugeridas.

	Planta existente y especie propuesta	Planta hospedera y especie adicional sugerida.
Equipo 1: Larissa y Amparo Salinas		
	Anona de Mono, Guanábana (<i>Annona globiflora</i>)	Aguacate (<i>Persea americana</i>)
	<i>Neographium philolaus philolaus</i> y <i>Neographium epidaus epidaus</i>	<i>Archeoprepona demophon.</i>
Equipo 2: Rufino Flores y Miguel Villareal		
	Algodoncillo (<i>Asclepia curassavica</i>)	Copalchi (<i>Croton niveus</i>)

	<i>Danaus eresimus montezuma</i> , <i>Danaus gilippus thersippus</i> , <i>Lycorea halia atergatis</i> .	<i>Memphis forreri</i> , <i>Memphis pithyusa</i> <i>pithyusa</i> y <i>Anaea troglodyta aidea</i>
Equipo 3: Natali Rocha y Beatriz Galván		
	Ebano o Retama (<i>Senna atomaria</i> , <i>S. lindheimeriana</i> y <i>S. obtusifolia</i>)	Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)
	<i>Anteos maerula</i> , <i>A. clorinde</i> <i>nivifera</i> , <i>Phoebis agarithe agarithe</i> , <i>P. philea philea</i> , <i>Eurema arbela</i> <i>boisduvaliana</i> .	<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> , <i>Heliconius erato petiverana</i> , <i>Dryas iulia</i> <i>moderata</i> y <i>Agraulis vanillae incarnata</i> .
Equipo 4: Matías Salinas y Clara Cruz		
	Cítricos (<i>Citrus</i> sp.)	Espino blanco (<i>Adelia barbinervis</i> y <i>A. oaxacana</i>)
	<i>Heraclides ornythion ornythion</i> y <i>Papilio multicaudata</i> .	<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i> y <i>M. ethusa</i> <i>ethusa</i> .
Equipo 5: Marcela Tinajero y Silvia Mata		
	No identificada	<i>Ruellia nudiflora</i> y <i>R. blechum</i> .
	No identificada	<i>Siproeta stelens biplagiata</i> , <i>Anarta fatima</i> <i>fatima</i> , <i>Anartia jatrophae luteipicta</i> y <i>Chlosyne rosita browni</i> .

La intención de hacer propuestas individualizadas de crianza de especies fue para lograr reproducir una mayor cantidad de especies de interés, como grupo de trabajo, y evitar la competencia desleal en un futuro. Sin embargo, a todos se les hizo la sugerencia de reproducir plantas de *Lonchocarpus rugosus* (mata buey) o *Canavalia septentrionalis* (frijol machete), que son las plantas hospederas de *Morpho helenor montezuma*, la especie de mariposa con mayor demanda en el mercado y que es nativa de la reserva.

Además, a todos los mariposarios se les suministró planta hospederas de vivero para sus traspatios, como *Asclepia curassavica*, *Passiflora edulis*, *Ruta graveolens*, conocidas como plantas multihospederas; es decir, que atraen a más de dos especies de mariposa, para comenzar con la propagación de las mismas dentro y fuera del área de vuelo. Este sistema de crianza se conoce como “rancheo” el cual es una asociación de cosecha sostenible de mariposas de vida libre, combinadas con formas de producción *ex situ* o en condiciones controladas. El objetivo es que el medio natural (el traspatio) atraiga y sostenga la generación parental que será estimulada a

ovipositar en plantas hospedras previamente plantadas en los mismos, donde el criador puede recolectar fácilmente los huevos y orugas, los cuales se crían en cautiverio, disminuyendo la mortalidad de estados inmaduros. De la mariposas criadas en cautiverio, un porcentaje retorna al medio natural, por lo menos el 5% de las mariposas, que en condiciones naturales hubiesen nacido (Gómez, 2010).

Otro componente de este curso-taller fue la capacitación para la elaboración de diferentes Productos Mínimos Viables (PMV), como la joyería artesanal con alas de mariposa, la elaboración de cuadros decorativos y la comercialización de pupas vivas. En el mismo taller se seleccionó el diseño del logotipo para el emprendimiento (Figura 5). El desarrollo de estos PMV para comercializar tuvo la intención de explorar el mercado regional y pivotear (lanzar el producto, ver la reacción del cliente, retomarlo y modificarlo las veces que sea necesario, hasta que sea de la total aceptación del cliente) productos acordes con la metodología de emprendimiento Lean Startup. De esta forma, los participantes obtuvieron el material y los conocimientos necesarios para desarrollar la propuesta de aprovechamiento sustentable.



Figura 5. Participantes capacitándose para la elaboración de productos artesanales como joyería y cuadro decorativos, así como selección de marca comercial y el logotipo.

Debido a escasez presupuestal no se realizó el seguimiento programado al siguiente año, 2021, sino hasta mayo del 2022, después de 20 meses donde los participantes del emprendimiento trabajaron de forma independiente, sin asesoría especializada. Se realizó una visita a los mariposarios y un taller de seguimiento y evaluación a la implementación del proyecto.

Lo que se encontró fue que los participantes se redujeron de 10 a siete personas. Las tres personas que se salieron del grupo no tenían el mariposario en sus propiedades y argumentaron falta de tiempo para comprometerse. Otra situación fue que los mariposarios estaban desprotegidos de la intensa exposición solar en época seca, pues, aunque hay arboles cercanos, éstos pierden sus hojas en esta temporada, por lo tanto, las altas temperaturas de la época impidieron la correcta reproducción de mariposas. Por otro lado, las puertas de acceso a los mariposarios no sellaban correctamente y eso facilitó que entraran los predadores a comérselas. De los cuatro mariposarios, solo uno presentaba sombra permanentemente y se consideró el óptimo para continuar con la crianza, sobre todo en la temporada seca.

Para elaborar los productos, el grupo consideró que, aunque se les entregó material para que cada equipo pudiese trabajar en su elaboración de manera individual, ellos preferían hacer el trabajo artesanal en colaboración, pues detectaron que cada integrante tenía habilidades particulares para trabajar distintas partes del proceso productivo tanto de la crianza, como la producción artesanal. Por lo que se reunían periódicamente para trabajar la creación de artesanías, cada uno demostrando su mejor destreza en diferentes etapas del proceso.

Durante el taller se elaboró una vez más un árbol de problemas, donde se analizó la principal problemática encontrada, que fue: la baja o nula producción (Figura 6), y aunque actualmente siguen con la producción de artesanías, mucho del material biológico que utilizan para elaborar artesanías son de mariposas muertas, que se encuentran en los recorridos de vigilancia en la RBSAT. Para ello, también se les sugirió la gestión de la autorización de aprovechamiento para fines de subsistencia FF-SEMARNAT-027 y que puedan respaldar esta forma de aprovechamiento.

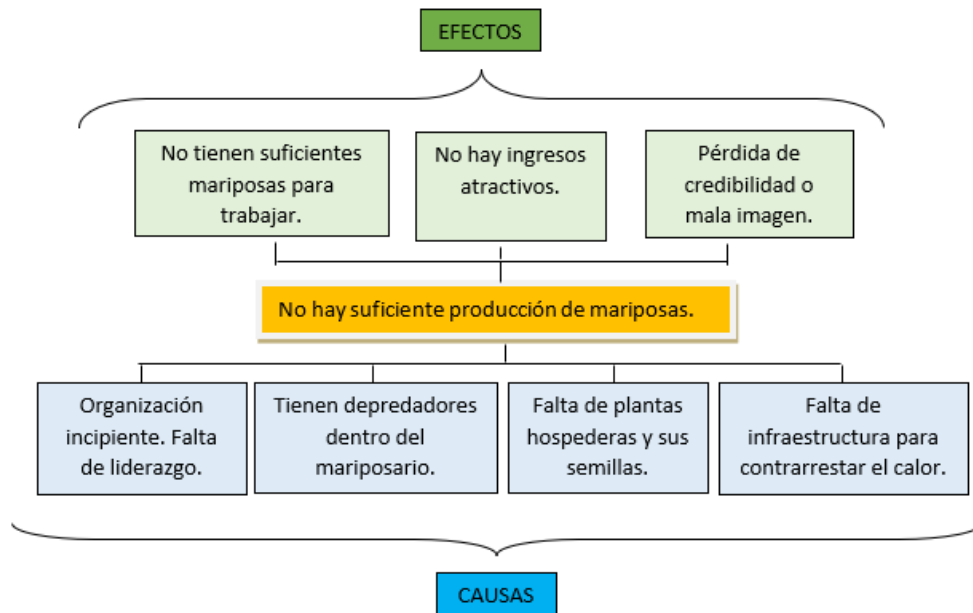


Figura 6. Árbol de problemas del taller de seguimiento realizado en mayo 2022, a casi dos años de la implementación.

Posteriormente se realizó un análisis de Marco lógico para definir las actividades necesarias para solucionar el problema actual y los resultados esperados. Como objetivo general se estableció la producción de mariposas y artesanías de forma constante y sustentable. Para después cada una de las causas identificadas transformarlas a objetivos específicos y los efectos en resultados esperados (Figura 7).

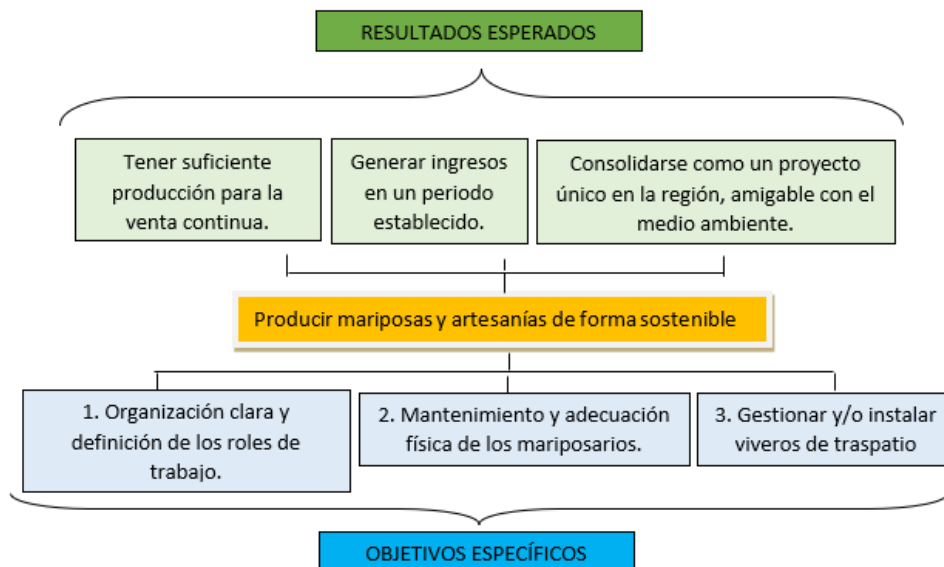


Figura 7. Árbol de soluciones, obtenido a través del método de Marco Lógico.

Para alcanzar los objetivos específicos, se propusieron varias actividades (Cuadro 5) para desarrollarse en lo inmediato y gestionar algunas de ellas en la siguiente convocatoria del PROCODES, 2023.

Cuadro 5. Actividades propuestas para la implementación inmediata y 2023.

Objetivo específico 1	Establecer una organización clara y definición de los roles de trabajo.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una junta de trabajo para identificar roles de participación y calendarización de actividades. 2. Definir un organigrama entre los participantes. 3. Asignar un responsable de la parte administrativa y contabilidad.
Objetivo específico 2	Dar mantenimiento y adecuación física de los mariposarios.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento y riego de plantas nectaríferas o de libación existentes para las mariposas adultas dentro de las áreas de vuelo. 2. Sellar la entrada y huecos para evitar acceso de depredadores de mariposas. 3. Establecimiento de otras especies de plantas hospederas. 4. Adecuar una infraestructura con materiales locales (hojas de palma) para proporcionar sombra parcial al mariposario.
Objetivo específico 3	Gestionar y/o instalar viveros de traspatio.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contratación de un botánico y búsqueda de semilla de otras plantas hospederas nativas. 2. Solicitud de apoyo al PROCODES de vivero forestales y frutícolas o huertos comunitarios, incluyendo reproducción de especies de plantas hospederas.

Por lo tanto, el proyecto cuenta con las fortalezas de que existe el material disponible e infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto, y a su vez, las personas tienen los conocimientos y capacidades necesarias para llevarlo a cabo. Sin embargo, presentan como debilidades en términos generales, la poca comunicación entre participantes y baja disponibilidad de tiempo.

Por último, otro de los resultados relevantes fue la identificación de 12 especies, que no habían sido registradas previamente ni en el área de influencia ni dentro de la reserva; éstas se encontraron durante los talleres de capacitación, cuando el grupo de trabajo salió a recolectar material para hacer los ejercicios prácticos de elaboración de artesanías y cuadros. Las nuevas especies registradas fueron recolectadas y

etiquetadas para su incorporación en la colección biológica que se entregó a la Colección Zoológica del Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas. Las especies fueron: *Atlides polybe* (Linnaeus, 1763), *Baeotis zonata zonata* R. Felder, 1869, *Danaus plexippus plexippus* (Linnaeus, 1758), *Echinargus isola* (Reakirt, [1867]), *Lasaia agesilas callaina* Clench, 1972, *Nathalis iole iole* Boisduval, 1836, *Niconiades nikko* Hayward, 1948, *Phyciodes phaon phaon* (W. H. Edwards, 1864), *Strymon istapa istapa* (Reakirt, [1867]), *Tromba xanthura* (Godman, 1901), *Urbanus teleus* (Hübner, 1821), *Zizula cyna* (W. H. Edwards, 1881).

DISCUSIÓN:

Crianza de mariposas: una actividad de conservación.

La zoo-cría de mariposas es considerada una actividad con una fuerte relación entre la conservación de biodiversidad y el desarrollo social (Boppré, 2012; Dénomée, 2010; Morgan-Brown *et al.*, 2010; Orozco, 2006; Parsons, 1992; Sambhu & van der Heyden, 2010), pues parte de la premisa humanista de que las personas a través de la cría de mariposas, pueden alcanzar un mejor estándar de vida, por lo tanto, la conservación del bosque se vuelve relevante, al igual que su protección; de forma que el bienestar de las mariposas puede conducir al bienestar de la gente, convirtiéndose así en un incentivo para la conservación (Cordero, 2011; Orozco, 2006; Parsons, 1992). Este planteamiento parte de la hipótesis de que después de establecer a la biodiversidad un precio comerciable, las fuerzas del mercado ayudarán a conservarlos (Gómez, 2010; Woodhouse *et al.*, 2021). El diagnóstico previo de la comunidad de los Sabinos Número Dos, reveló una problemática de carencia de trabajos permanentes que generen ingresos fijos, y la necesidad de una desarrollar una actividad que pudiese aportar ingresos constantes a los habitantes entrevistados y además estuviese relacionada con la actual integridad del ecosistema, como es el caso del área natural protegida Sierra del Abra Tanchipa, que presenta índices de transformación menores al 0.01% (Vázquez-Villa *et al.*, 2020) y se considera en un buen estado de conservación. Por lo tanto, la zoo-cría de mariposas no afecta directamente el ANP y no necesita extraer muchos ejemplares para su aprovechamiento, por lo que podría ser una buena solución.

Además, la crianza de mariposas como una actividad de conservación tiene su fundamento biológico en que los insectos, en su mayoría debido a sus altas tasas reproductivas, son difíciles de sobreexplotar (Gómez, 2010). En este sentido, la Agencia para la Cría y Comercio de Insectos (IFTA, Insect Farming and Trading Agency) promueve desde 1979 el sistema de crianza de mariposas denominado “rancheo”, el cual requiere mantener el bosque en pie, debido a que es el medio natural el que sostiene la generación parental, para posteriormente solo recolectar huevecillos y larvas y darles el manejo de laboratorio o condiciones controladas, asegurando su viabilidad, lejos de depredadores naturales (Parsons, 1992, Van der Heyden, 2013). Este tipo de producción ha demostrado su rentabilidad económica en países como China (Wang *et al.*, 2020); Costa Rica (Torrealba y Carbonell, 2002), Colombia (Suárez, 2018); Malasia, Indonesia, Venezuela, El Salvador y Belice (Gómez, 2010). De tal forma que en la primera capacitación brindada en el 2019 se informó sobre esta alternativa productiva y se conformó el grupo de trabajo interesado en llevárselo a cabo, la consulta previa entre los integrantes del taller se realizó para procurar la apropiación de la idea, y no una imposición de ésta, la cual ha demostrado ser ineficiente en otros proyectos similares que se han pretendido implementar con este mismo fin en otros sitios (Gómez, 2010; Cordero, 2011).

Algunos participantes también se entusiasmaron con el proyecto, porque el ejido cuenta con un atractivo turístico denominado “la Cueva de los Sabinos”, y este proyecto de las mariposas permitiría ofrecer a los turistas artesanías únicas en su tipo en la región. Y aunque en un principio solo se contempló la idea de mariposarios comerciales, eventualmente, conforme la marcha del proyecto, se podría hacer algún recorrido turístico por los diferentes mariposarios de traspatio, o ya adquirida la experiencia, construir un mariposario de exhibición.

Cabe mencionar que esta situación, mal manejada, podría tornarse contraproducente, pues se han visto casos donde la demanda de productos elaborados con mariposas se vuelve alta y las comunidades involucradas dejan de buscar la crianza para

convertirse en recolectores de mariposas (Cordero, 2011, Jacinto-Padilla *et al.*, 2021; Orozco, 2006, Putri, 2016; Warman, 1999). Y es así como esas fuerzas de mercado, que en principio iban a incentivar la conservación de biodiversidad, ceden a la ley de la oferta y la demanda, en especial porque la rareza zoológica de algunas especies es positiva y directamente proporcional a su valor en el mercado, lo que puede poner en riesgo a las poblaciones raras (Cordero, 2011). Lo anterior por que en el mercado de las mariposas, las especies comunes son relativamente de bajo costo, al contrario de las mariposas endémicas o de regiones únicas y de igual manera las hembras suelen tener un valor superior al de los machos, en dependencia de la especie (IBCE, 2009).

Para evitar esta situación el proyecto tuvo un componente fundamental en este tipo de proyectos que fue el establecimiento de una metodología de selección de especies con criterios necesarios para considerarse de desarrollo sostenible (Orta *et al.*, 2021).

Crianza de mariposas: una alternativa de desarrollo sostenible

Para que la zoo-cría de mariposas se conserve en el camino de la conservación, es fundamental sustentar la propuesta de crianza en el conocimiento de la diversidad local de mariposas y seleccionar especies de fácil manejo (Correa & Vásquez, 2007; Mulanovich, 2007), con base en el comportamiento social o individual de las especies, sus estrategias de sobrevivencia y ciclos reproductivos, las asociaciones específicas planta-huésped de los estadios larvales y la adaptación a los cambios espacio-temporales (Hernández, 2010; Orozco, 2006; Orta *et al.*, 2021).

Por ello, la propuesta de crianza (Orta *et al.*, 2021) fue previamente analizada y adecuada al contexto de cada traspatio. En este sentido, es importante mencionar que las especies que se encuentran en áreas perturbadas o transformadas como en los centros poblacionales, suelen ser diferentes en frecuencia y abundancia a las que se encuentran en áreas núcleo o dentro de la reserva (Lourenço *et al.*, 2020). De las especies propuestas, *Anteos maerula lacordairei*, *Glutophrissa drusilla tenius*, *Heliconius charithonia vazquezae* y *Siproeta stelens biplagiata* son especies que se

han reportado como indicadoras de ambientes perturbados (Orta *et al.*, 2022) y por lo tanto son frecuentes en las áreas de traspatio. Las especies como *Hamadryas februa ferentina*, *Hamadryas glauconome glauconome*, *Memphis forreri*, *Myscelia ethusa ethusa*, *Morpho helenor montezuma*, y *Siderone galanthis* son especies que se reportan como indicadoras tanto de ambientes perturbados como conservados, por lo tanto es probable que se presenten de forma natural en los traspacios si se atraen con las plantas hospederas adecuadas; aunque se sugirió la recolecta del pie de cría para agilizar el proceso de crianza. Por último, la posibilidad de que las especies como *Anaea troglodyta aidea*, *Archeoprepona demophon centrales*, *Archeoprepona demophon gulina* y *Memphis pithyusa pithyusa* se encuentren en los traspacios es baja, debido a que son especies indicadoras de ambientes conservados, y en estos casos indudablemente se debe extraer un pie de cría del área de la reserva, para poder comenzar con su reproducción en cautiverio. Todas las especies sugeridas fueron abundantes durante los muestreos dentro de la reserva y ninguna se encuentra bajo ninguna categoría de riesgo nacional (NOM 059 SEMARNAT) o internacional (IUCN, 2022).

Un paso previo a la recolecta de pie de cría debe ser la reproducción de la planta hospedera, para ello se revisaron los traspacios y se sugirió el comienzo de crianza con especies que se alimentan de plantas hospederas ya establecidas en dichos traspacios, (Tabla 3). A todos se les entregó plantas hospedera de *Passiflora edulis* por ser una de las plantas que más especies de mariposas hospeda (Alomía, 2013; Orozco, 2006; Vásquez *et al.*, 2017b), de la misma forma *Asclepia curassavica*, *Ruta graveolens* y *Foeniculum vulgare* (Beccalonni *et al.*, 2008). Todas ellas especies que pueden encontrarse en viveros comerciales, con la intención de establecerlas dentro y fuera del área de vuelo, para comenzar a atraer mariposas del medio natural y después de darles el cuidado en su etapa larval, seguir reproduciendo los parentales en el área de vuelo del mariposario.

Sin embargo, a cada mariposario participante se le sugirió una especie de mariposa local de la propuesta de crianza (Orta *et al.*, 2021), para lo cual resulta indispensable

recolectar también las semillas para la germinación y propagación de plantas hospederas adecuadas en cada uno de los traspatios. En esta necesidad se basa otro de los fundamentos para definir a esta actividad como de conservación, pues al propagar especies silvestres que antes no representaban o eran de utilidad para las personas, se comienza a valorar la biodiversidad silvestre y se ayuda a la propagación de especies tanto botánicas como de mariposas. Por lo tanto, un importante vacío del proyecto fue omitir la inclusión de un taxónomo botánico que ayudase en campo a los beneficiarios a identificar las especies identificadas en literatura como hospederas. Ya que, aunque en muchas ocasiones sí relacionaban algunas imágenes de las plantas con los nombres científicos, en el campo las personas no tenían la certeza si era la planta que buscaban, y debido a que son especies que antes no se les prestaba atención en su identificación, se ha retrasado la reproducción de dichas especies, tal es el caso de *Lonchocarpus rugosus* y *Canavalia septentrionalis*; ambas especies reportadas en la literatura como hospederas de *Morpho helenor montezuma* (Beccalonni *et al.*, 2008; Vásquez *et al.*, 2017) y también reportadas en la reserva (De Nova *et al.*, 2019). De tal forma, que la propuesta seguirá encauzada en el desarrollo sostenible en tanto se reproduzcan y se propaguen sus plantas hospederas nativas.

Implicaciones para la implementación de proyectos de zoo-cría de mariposas.

En el aspecto legal, los esquemas de producción local de mariposas pueden tener un enfoque de mariposarios comerciales a pequeña escala y se manejan como granjas familiares para la reproducción de especies (Van der Heyden, 2013). En México, la ventaja de trabajar con este grupo biológico es que de acuerdo con el reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (LGDVS), en su artículo 97 establece que “Los insectos nativos que no se encuentren en alguna categoría de riesgo no requerirán autorización alguna para su aprovechamiento, salvo en los casos de importación” (DOF, 2014), por lo tanto, las actividades de producción pueden comenzar sin necesidad de obtener una aprobación de una Unidad de Manejo Ambiental, lo cual simplifica el proceso de implementación. Aun con este antecedente, se hizo del conocimiento del proyecto mediante un aviso simple a la SEMARNAT, la cual se dio por enterada mediante oficio Núm 144.1.-SDGPARN.-UARRN.-0568/20.

En el aspecto social, es indispensable que se encauce a los pobladores participantes, a través de procesos participativos, a descubrir y manifestar su interés por esta actividad productiva no convencional, que podría ayudar a resolver su problemática social. En este caso, se reiteró todo el tiempo que el principal objetivo de este proyecto era la crianza a través del manejo sostenible, por lo tanto, muchas problemáticas que se estudiaron en otros casos (Cordero, 2011, Dénommée, 2010, Gómez, 2010; Sandoval, 2017; Warman, 1999), como la lejanía de los participantes a las áreas de vuelo, se intentaron solventar con la propuesta de establecer mariposarios de traspatio; a la problemática de exclusión de actividades por falta de capacidades, se les capacitó por igual en todo el proceso productivo y artesanal; para la problemática de aprovechamiento de especies vulnerables, se realizó un estudio anual de distribución y abundancia de especies para identificar las idóneas para el proyecto; para evitar la competencia desleal (Dénommée, 2010), se sugirió a cada familia participante la crianza de especies diferentes entre los participantes, etc. Y aunque la crianza de mariposas no es una actividad difícil o laboriosa, es una actividad que requiere mucha disciplina, perseverancia, curiosidad y es una actividad diaria. En un principio estas características no asustarían a alguien comprometido, lo cierto es que también tiene un fuerte sentido vocacional. Y así, aunque en principio pareciera una actividad fácil y una buena propuesta para solucionar su inestabilidad económica, lo cierto es que solo las personas con un genuino interés perseveran en esta actividad.

En el aspecto biológico, la creación de viveros o huertos de traspatio con planta hospedera es un aspecto indispensable y al inicio se puede sustituir con la ubicación de suficientes plantas hospederas en su ambiente natural que permitan el forrajeo para poder alimentar a las orugas.

En el aspecto económico se ha observado que algunas de las principales causas de fracaso de este tipo de proyectos, ha sido la falta de capacitación por parte de los ejecutores del proyecto para lograr la autogestión y llevar las riendas del proyecto, sin tener que depender de agentes terciarios, que mermen las ganancias de los

productores (Gómez, 2010; Cordero, 2011). Por eso es necesario continuar con el seguimiento del proyecto y aprovechar los apoyos que puede otorgar el programa PROCODES de la CONANP, para seguir generando capacidades en cuestiones administrativas, de mercadotecnia y de organización. Un aspecto que caracteriza a los proyectos exitosos de mariposas como en Costa Rica o Kenia (Gómez, 2010), es el acompañamiento inicial y el apoyo por parte de organismo externos, sean gubernamentales o no, para alcanzar los fines de comercialización que reflejan un cambio significativo en la calidad de vida de los implementadores del proyecto (Woodhouse *et al.*, 2021). En el resultado del taller de seguimiento se pudo comprobar que esa falta de organización entre el grupo de trabajo comienza a erosionar la poca cohesión del grupo y si no se atiende y se le da seguimiento hasta que se logren fortalecer, organizar y afianzar compromisos comerciales de venta, el proyecto tiene el riesgo de correr la misma suerte que muchos otros proyectos que se intentan implementar en el ámbito rural y terminan siendo elefantes blancos.

CONCLUSIONES:

El proyecto de *zoo-cría* de mariposas de traspatio en la zona de amortiguamiento del ANP Sierra del Abra Tanchipa, es altamente factible, pues tiene la capacidad biológica de producir especies de alto valor comercial y que se encuentran de manera abundante en la reserva, además que se ha conformado un grupo de trabajo interesado que cuenta ya con la infraestructura y conocimientos necesarios para llevarlo a cabo.

Sin embargo, para que el proyecto siga considerándose de desarrollo sostenible, es necesario apegarse a la selección de especies y ampliar el tiempo dedicado a la investigación ciudadana, para que cada participante observe con mayor detenimiento su propio traspatio, como el área productiva en la que se pretende convertir, y proteja sus actuales plantas hospederas y estos nuevos conocimientos que se adquieran por la experiencia, compartirlos con sus demás compañeros de proyecto.

En una siguiente etapa del proyecto será necesario contar con botánicos profesionales que ayuden a la identificación y selección de algunas plantas hospederas en campo, dentro y fuera de la reserva, ya que actualmente se tienen identificadas solo por literatura, para poder implementar viveros comunitarios o de traspatio para la propagación de éstas.

Por último, la idea del proyecto es de alto impacto y el producto tiene grandes posibilidades de ser comercializado en esta región, no se debe desaprovechar la oportunidad y se sugiere buscar la asesoría y participación no solo de la CONANP sino de alguna otra ONG que tenga como objetivo empoderar a la mujer en áreas rurales vulnerables o promover la reproducción de polinizadores e incrementar la producción agrícola, ya que ambas acciones son beneficios indirectos de este tipo de proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alomía, J. M.** (2017). Sistema de policultivo de plantas hospederas de lepidópteros comerciales en condiciones de campo abierto en la Zona de Satipo. *Prospectiva Universitaria*, 10(1).
- Beccaloni, G. W., Vilorio, Á. L., Hall, S. K., Robinson, G. S.** (2008) *Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies/Catálogo de las plantas huésped de las mariposas neotropicales* (S.E.A, N. H. Museum, and IVIC (Eds.); 1a. Edición. Gorfi, S.A. Zaragoza, España, 536 pp.
- Boppré, M., Vane-Wright, R. I.** (2012). The butterfly house industry: conservation risks and education opportunities. *Conservation and Society*, 10(3), 285-303.
- CONANP** (2014). *Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 84 pp.
- Cordero O.E.** (2011). Mariposas para la subsistencia. Una historia de investigación científica, políticas ambientales y problemas sociales en la Reserva de la Biosfera Montes azules, Chiapas. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y letras. Colegio de Estudios Latinoamericanos. UNAM, México D.F. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/242254>

- Correa Tang, M. D. R., Vásquez Bardales, J.** (2007). *El maravilloso mundo de las mariposas: manual de manejo*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Perú. 50 pp.
- Cortegana A.D.,** (2014). *Manual de diseño y manejo del mariposario San José Eco Lodge*. Fundo San José Parque Ecológico & Lodge. 22 pp. Disponible en: <https://q.bstatic.com/data/bsuitewf/a7a24c9d883e720dfd6b211b75ab7f9b86be2ce6.pdf>
- Crespo, A.M.A.** (2011). *Guía de diseño de proyectos sociales comunitarios bajo el enfoque del marco lógico*. Caracas, Venezuela. 73 pp. Disponible en: <https://ilcrobertschuman.files.wordpress.com/2013/07/libro-crespo.pdf>
- Dénomée, P.L.** (2010). La cría de mariposas diurnas y su gestión para la producción de artesanías en la comunidad “Niños Héroes de Chapultepec” Tenosique, estado de Tabasco, México. Tesis de maestría. Faculté des Sciences Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canadá.
- De Nova, J.A., González-Trujillo, R., Castillo-Lara, P., Fortanelli-Martínez, J., Mora-Olivo, A., Salinas-Rodríguez, M.** (2019). Inventario florístico de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences*, 97(4): 761–788.
- DOF, Diario Oficial de la Federación** (2014). Reglamento de la Ley General De Vida Silvestre. 09-05-2014. En <https://www.gob.mx/profepa/documentos/reglamento-de-la-ley-general-de-vida-silvestre>, última consulta: 09 de diciembre del 2022
- Geilfus, F.** (2002). *80 herramientas para el desarrollo Participativo: diagnostico, planificación, monitoreo, evaluación*. Instituto interamericano de cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 218 p.
- Gómez, S. R.** (2006). Plan de manejo propuesto para la cría de mariposas promisorias como alternativa productiva para comunidades indígenas de la Amazonia colombiana. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38, 451-460.
- Gómez, S.M.R.** (2010). *¿Criando mariposas o enfermedades?: proyectos de conservación y desarrollo con comunidades indígenas en la Amazonía colombiana*. Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia. 149 p.
- Hernández M., K.** 2010. Selección de mariposas diurnas (Rophalocera: Papilionoidea) con potencial de crianza en una comunidad indígena de la Huasteca Potosina. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro.
- Hernández R., M. del R.** 2019. Diversidad y abundancia de mariposas diurnas en la reserva de la biosfera “Sierra del Abra Tanchipa”, San Luis Potosí, México. Tesis de maestría en ciencias agropecuarias. UASLP, San Luis Potosí, S.L.P. 67 p
- IBCE** (2009). Perfil de mercado de mariposas. Correspondiente al resultado 3 de la consultoría “Evaluación del impacto comercial del biocomercio en Bolivia – situación actual y perspectivas.” Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Disponible en: https://nanopdf.com/download/mariposas-santa-cruz-trade_pdf
- IPAF.** (2010). *Guía para la formulación participativa de proyectos en organizaciones de base comunitaria*. Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la

Agricultura Familiar (IPAF NOA INTA), Argentina.
<https://cpalsocial.org/documentos/467.pdf>

- Jacinto-Padilla, J., López-Collado, J., García-García, C. G., López-Collado, C. J.** (2021). Spatial and economic assessment of butterfly-based handicrafts as a tourism service provided by rural populations. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 18.
- Layché, F.K.L.** (2016). Efecto de la densidad de cría sobre la producción de *Panacea prola amazonica*, Fruhstorfer, 1915 y *Metamorpha elissa*, Hubner, 1819 (Lepidóptera: Nymphalidae) en condiciones de cautiverio en la comunidad de San Rafael, río Amazonas, Loreto – Perú. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.
- Lomelín, L.G.** (2012). Proyecto de inversión mariposario Metztli. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Colima. Villa de Álvarez, Colima, México.
- López G.S.** (2022). Análisis del comercio de mariposas vivas en el sureste mexicano. Tesis de Maestría. El colegio de la frontera sur, Chetumal, Quintana Roo.
- López-Collado, J., Cruz-Salas, L. L., García-Albarado, J. C., Platas-Rosado, D. E., Calyecac-Cortero, G. H.** (2016). Size doesn't matter but color does: preference of neotropical butterfly species to make souvenirs. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 159(45), 159-165.
- Lourenço, G. M., Luna, P., Guevara, R., Dáttilo, W., Freitas, A. V. L., Ribeiro, S. P.** (2020) Temporal shifts in butterfly diversity: responses to natural and anthropic forest transitions. *Journal of Insect Conservation*, 24 (2), 353–363. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00207-0>
- Morgan-Brown, T., Jacobson, S. K., Wald, K., Child, B.** (2010). Quantitative assessment of a Tanzanian integrated conservation and development project involving butterfly farming. *Conservation Biology*, 24(2), 563-572.
- Mulanovich D.C., A. J.** (2007). *Mariposas Guía para el manejo sustentable de las mariposas del Perú*. Perú. PROMPEX-IIAP-GTZ. 98 p.
- Orozco, M.** (2006) *Zoo-cría de mariposas diurnas Rhopalocera en bosques húmedos tropicales del oriente antioqueño*. Corporación Autónoma Regional Rionegro CORNARE, Antioquia, Colombia, 25 pp. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/ConstantinoZoocriaMariposas.pdf> (consultado 23 diciembre 2022).
- Orta,C.** (2023) . Diversidad de lepidópteros diurnos, su identificación como bioindicadores ambientales y propuesta de su uso sustentable en la reserva de la biosfera sierra del abra tanchipa, slp. Tesis de doctorado en ciencias ambientales. UASLP.
- Orta S.C., Reyes-Agüero J.A., Muñoz R.C.A., Méndez C.H.** (2021). Lepidópteros con potencial para manejo intensivo y aprovechamiento sostenible. Pp. 123-149. En Reyes-Hernández H., Reyes-Agüero J.A., Durán F.A.(Eds.). *Desafíos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en la reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí

- Orta, C., Reyes-Agüero, J. A., Luis-Martínez, M. A., Muñoz-Robles, C. A., Méndez, H.** (2022). Mariposas bioindicadoras ecológicas en México. Artículo de revisión. *Acta zoológica mexicana*, 38 (nueva serie), 38, 1–33.
<https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812488>
- Parsons, M. J.** (1992). The butterfly farming and trading industry in the Indo-Australian region and its role in tropical forest conservation. *Tropical Lepidoptera Research*, 1-31.
- Pineda, P.F.**, 2012. Mariposas de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa” y su área de influencia. Documento de trabajo CONANP. 20 p.
- Putri, I. A.** (2016). Handicraft of butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera) in Bantimurung Nature Recreation Park and its implications on conservation. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 17(2).
- Reyes-Hernández H., Corpus S. J. E., Durán F. A.** (2021). Evaluación del cumplimiento del programa de manejo de la Reserva. Pp. 187-204. En Reyes-Hernández H., Reyes-Agüero J.A., Durán F.A.(Eds.). *Desafíos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en la reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Ries, E.** (2011). *The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Currency, USA, 312 p.
- Sambhu, H., Van der Heyden, T.** (2010). Sustainable butterfly farming in tropical developing countries as an opportunity for man and nature-the" Kawê Amazonica Butterfly Farm" project in Guyana as an example (Insecta: Lepidoptera). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 38(152), 451-456.
- Sánchez, L.R.** (2004). Protocolo de cría para dos especies de mariposas, *Ascia monuste* y *Leptophobia aripa* (Lepidóptera: Pieridae) bajo condiciones controladas en el municipio de la mesa, Cundinamarca. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Sandoval, G.,L. D.** (2017). La cría de mariposas como estrategia educativa en turismo de naturaleza. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Veracruz, México.
- SEMARNAT-CONANP** (2014). *Programa de manejo Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa*. México, D.F., 200 pp.
- Suárez, A.M.M.** (2018). *Zoo-cría y exportación de pupas de mariposas*. Tesis de licenciatura. Universidad piloto de Colombia. Bogotá D.C.
- Sirua, FFI-Fauna y Flora Internacional** (2006). *Centro de manejo de vida silvestre “Awacachi”. Plan de Manejo*. Ecuador.
<https://www.darwininitiative.org.uk/documents/13005/3177/13-05%20FR%20App11%20Management%20Plan.pdf>
- Torrealba, I., Carbonell F.** (2002). Los mariposarios del Área de Conservación Arenal y su zona de influencia. Manual de apoyo para su producción sostenible en: Torrealba y Carbonell (eds.), *Informe final de proyecto de investigación: Integrando la conservación y el manejo de plagas en los Mariposarios del Área*

- de Conservación Arenal-Tilarán*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Área de Conservación Arenal y ONG-MERALVIS. Costa Rica.
- IUCN** (2022) The IUCN red list of threatened species. <https://www.iucnredlist.org/> (consultado 23 diciembre 2022)
- Van der Heyden, T.** (2013). The Banteay Srey Butterfly Centre: five years of endeavouring to support conservation. *Cambodian Journal of Natural History*, 7.
- Vásquez, B. J., Zárate, G. R., Pinedo, J. J., Ramírez, H. J. J.** (2017) *Manual para la crianza de diez especies de mariposas amazónicas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-UNAP, Lima, Perú, 84 pp.
- Vásquez Bardales, J., Zárate Gómez, R., Huiñapi Canaquiri, P., Pinedo Jiménez, J., Ramírez Hernández, J. J., Lamas, G., Vela García, P.** (2017b). Plantas alimenticias de 19 especies de mariposas diurnas (Lepidoptera) en Loreto, Perú. *Revista peruana de biología*, 24(1), 35-42.
- Vázquez-Villa, B.M., Reyes-Hernández, H., Leija-Loredo, E.G., Rivera-González, J.G., Morera-Beita, C.** (2020). Environmental governance and conservation. Experiences in two natural protected areas of Mexico and Costa Rica. *Journal of Land Use Science* (first online) DOI:768<https://doi.org/10.1080/1747423X.2020.1817167>
- Wang, W. L., Suman, D. O., Zhang, H. H., Xu, Z. B., Ma, F. Z., Hu, S. J.** (2020). Butterfly conservation in China: from science to action. *Insects*, 11(10), 661.
- Warman Gryj, J.** (1999). Cultivo extensivo y comercialización de mariposas de la región de Chajul. Etapa II. Centro de Tecnología Electrónica e Informática. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J004. México D. F.
- Woodhouse, E., Bedelian, C., Barnes, P. R., Cruz-Garcia, G. S., Dawson, N., Gross-Camp, N., Schreckenber, K.** (2021). Rethinking entrenched narratives about protected areas and human wellbeing in the Global South. *UCL Open: Environment Preprint*.

Anexo 6.

Guía práctica para construir un mariposario comercial casero para habitantes interesados en el área de influencia de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa.



Por: M.C. Carolina Orta Salazar

Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales

Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Mayo 2020

Los mariposarios son un ejemplo del beneficio que nos da la biodiversidad. Los mariposarios contribuyen a la conservación cuando las mariposas que tenemos criando no las liberamos en cualquier lugar sino en el lugar de donde es esa mariposa (Torrealba y Carbonell, 2002).

1. ¿Qué es un mariposario comercial?

Los mariposarios son zocriaderos, un lugar en el que se trata de propagar o preservar mariposas fuera de su hábitat natural y donde el proceso involucra el control humano, para la selección y elección de los individuos que se aparearán de esa población, contando con las instalaciones apropiadas para la reproducción de estas mariposas silvestres (Torrealba y Carbonell, 2002, Mulanovich, 2007).

Para iniciar la crianza, por lo menos a nivel artesanal, se requiere tener como mínimo (Fig.1):

Una jaula de vuelo.

Un pequeño laboratorio de crianza.

Un jardín de plantas hospederas y plantas con flores.

Equipo de crianza como envases de plástico, mangas o bolsas de tul con cierre, frascos de vidrio para huevos, un aspersor de agua y desinfectantes y equipo de limpieza.



Figura 1. Componentes y contenidos de un mariposario.

El lugar donde construyamos el mariposario no debe tener mucho sol o mucha sombra y debería estar rodeado de matas y palos. Si el mariposario tiene mucho sol o sombra los problemas de plagas y enfermedades serán mayores, dependiendo de las especies que estemos criando. Las matas alrededor del mariposario servirán como trampas para las plagas siempre y cuando las eliminemos con insecticidas naturales, sino estarán sirviendo como lugares de reproducción de las plagas (ACURIS, 2012).

El mariposario debe tener árboles alrededor para protegerlos del frío, pero no debe tener árboles muy cerca porque puede dañar la construcción del mariposario con las hojas que se caen de los árboles. Se debe mantener desyerbado alrededor del mariposario para que ningún animal que come mariposas este cerca, como las arañas, avispas y culebras. Alrededor del mariposario debemos sembrar plantas que les gusta comer a las larvas y también plantas donde puedan poner huevos.

El **primer paso** una vez escogido el sitio adecuado de instalación, es el trazado del área y limpieza de la misma, para lo cual nos podemos ayudar con estacas y cuerdas para delimitar el sitio donde se instalará la jaula de vuelo. De ser necesario, primero nivelar el terreno elegido si hace falta y después marcar con una línea, una cuerda o con ceniza el tamaño y la forma elegida (Fig.2).

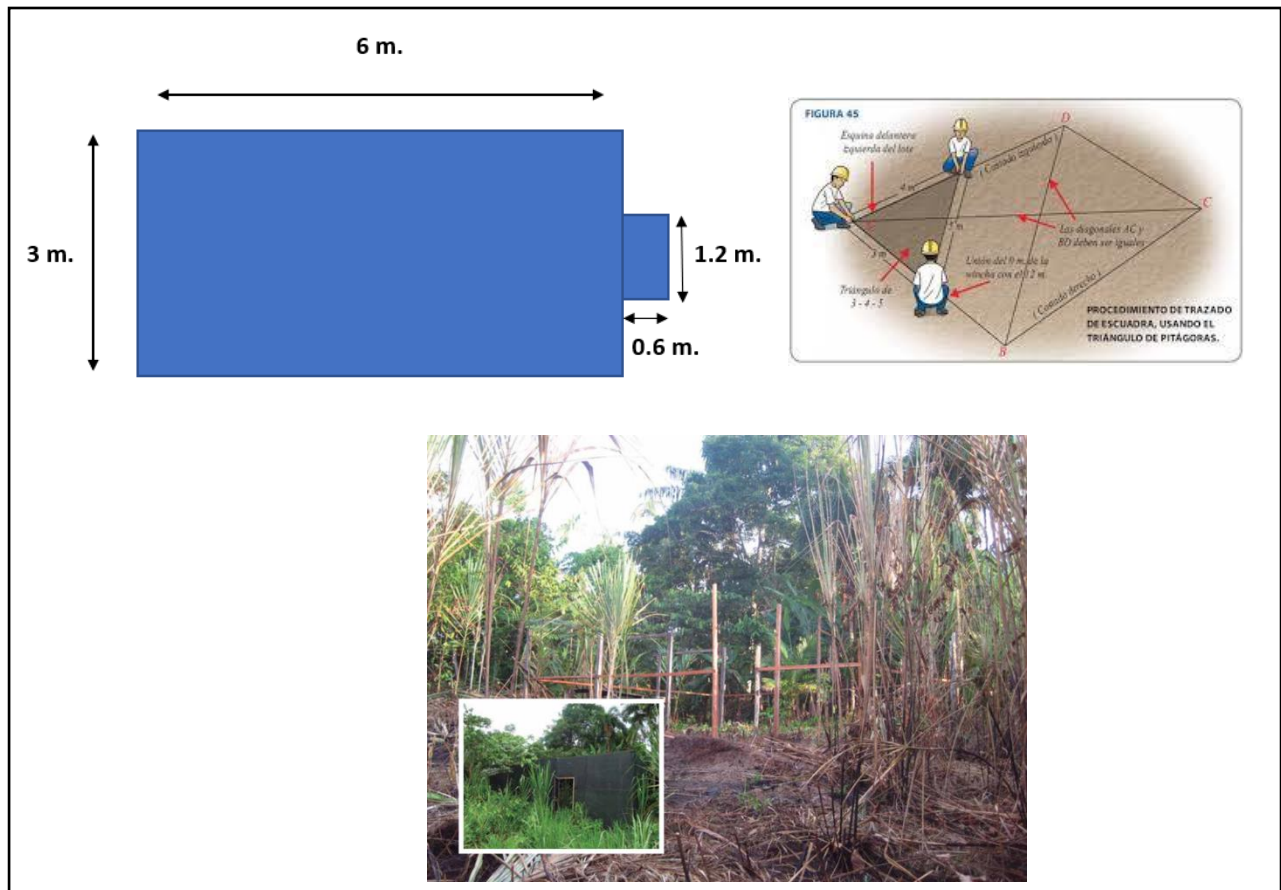


Figura 2. Paso inicial para la construcción del mariposario.

2. Jaula de vuelo

Para la crianza en vivario (jaula de vuelo) con fines comerciales, se utiliza una especie de invernadero o jaulas gigantes forradas completamente en malla antiáfida blanca de alta luminosidad y/o la malla tipo Raschel de fibra plana de polipropileno con 50% de sombra. La estructura del vivario puede construirse con varillas de hierro, madera inmunizada, PVC o aluminio. El tamaño mínimo debería ser de 6 m² de base. Puede ser cuadrado, rectangular o circular. La altura promedio es de 3 a 4 metros. En su interior se siembran las plantas hospederas y algunas nectaríferas (Mulanovich, 2007).

El mariposario debe tener un techo plano porque si termina en punta las mariposas se quedan en estas esquinas y mueren. También la construcción debe tener dos puertas seguidas para que no se salgan las mariposas. Cuando hace mucho sol ellas se alborotan y pueden escaparse fácilmente (ACURIS,2012).

En nuestro caso, este es el diseño y el tamaño de la jaula de vuelo junto con una sección de laboratorio (Fig.3). Y la estructura será de tubos de PVC.

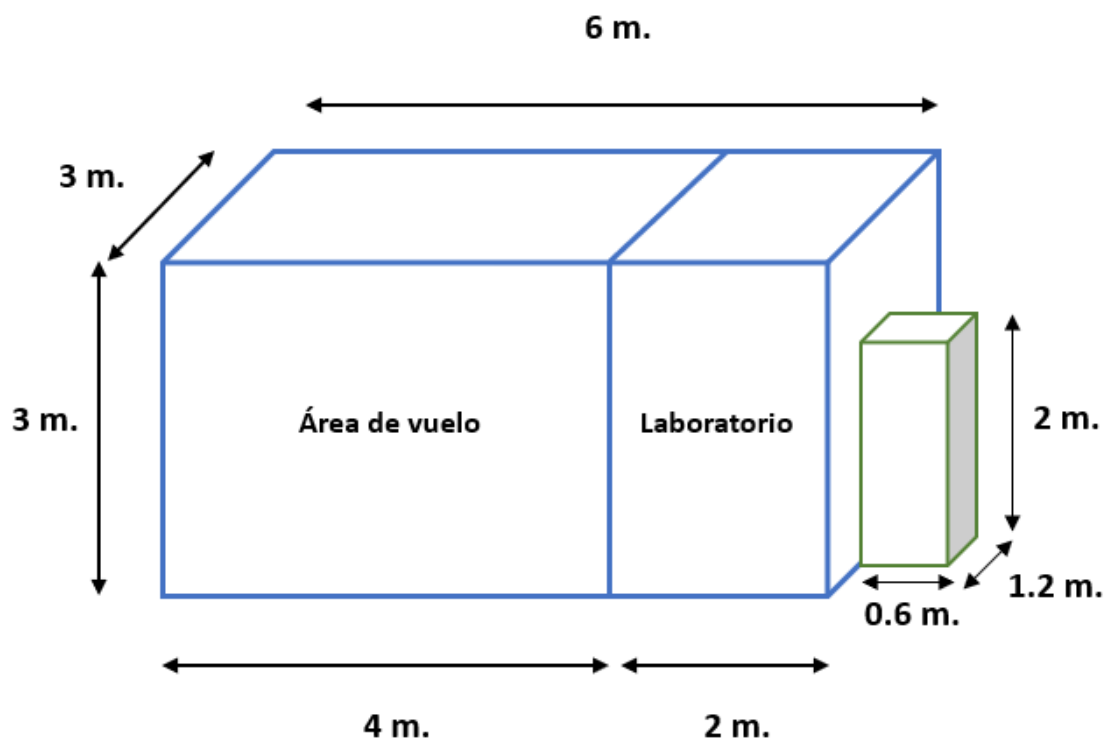


Figura 3. Diseño de mariposario de traspatio para habitantes del área de influencia.

En un **segundo paso** es importante construir una pequeña barrera que impida el paso de roedores, hormigas y otros predadores que puedan perjudicar a nuestras poblaciones de mariposas. Esta barrera se puede construir con piedra, bloque o ladrillo y cemento. La barrera se coloca en todo el perímetro de la construcción a excepción del área de la puerta. Hacer una pequeña zanja de unos 5 centímetros de profundidad

y 10 de ancho por todo el contorno, marcado por la línea que antes habíamos delineado.

Después llenamos la zanja con mortero y ponemos una hilera de ladrillos, uniéndolos con una mezcla de arena y cemento. Tendremos que hacer todo el contorno, menos en el lugar donde hayamos decidido hacer las puertas (Fig.4).



Figura 4. Contorno de concreto y block.

A la par que se realiza la barda, se insertan los excedentes de PVC correspondientes a los postes estructurales de PVC. De esta manera se da un mayor soporte a la estructura es cubrir las esquinas con la mezcla para que quede afianzada la estructura a la barda (Fig.5).



Figura 5. Afianzado de esquinas y relleno de tubos de PVC.

La estructura es rectangular y el ensamblado de los postes de PVC deberá seguir la numeración descrita en el paquete (Fig.6).

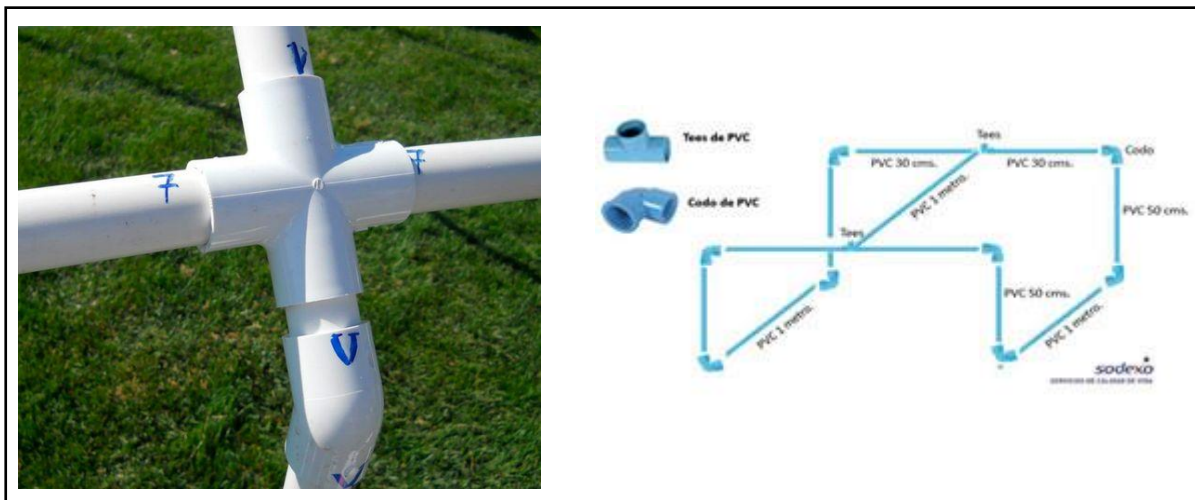


Figura 6. Piezas de ensamble de PVC

Una vez ensamblados, se debe de perforar los tubos de PVC insertar unas pijas para adjuntarle los perfiles de invernadero, que permitirán se ajuste la malla antiáfida, para el caso de los lados laterales y la malla sombra Rashel del 50% para el techo (Fig 7.).



Figura 7. Perfiles de invernadero y colocación de malla antiáfida.

Se recomienda construir jaulas con una malla que permita abundante paso de luz y entre 10% y 30% de sombra cuando se trata de especies que se alimentan de flores. En el caso del género *Heliconius* se recomienda una jaula muy luminosa y de tamaño pequeño. Por otro lado, se deben instalar comederos de fruta en las jaulas donde se criarán especies frugívoras (ACURIS, 2012).

Dentro de la jaula de vuelo:

Los mariposarios se deben sembrar con espacios para caminar dentro de él, para que la persona que recoja los huevos no dañe las plantas, sembramos las plantas que les gusta a las mariposas para poner sus huevos y comer.

En los mariposarios debemos tener: la “planta nutricia u hospedera” donde la mariposa pone los huevos y con la que se alimentan las larvas que salen de los huevos; la “planta nectarífera o de libación” plantas con flores de las que se alimenta la mariposa ya adulta, y platos con frutas como plátano, piña y guayaba también para su alimento.

No olvidemos que las matas o palos de los que se alimentan nuestras mariposas deberán estar saludables, con abonos naturales y libre de plagas y enfermedades. Para controlar las plagas de las matas mejor lo hacemos a mano o usando insecticidas naturales de tabaco, ajo y chile. **Si usamos insecticidas químicos podemos afectar a las mariposas inmediatamente o en el futuro.**

Cuando las plantas hospederas poseen poco follaje, es más fácil cosechar los huevos. Para nutrir a las mariposas que se alimentan de flores, se pueden incluir las siguientes especies: *Pachystachys* sp., *Pentas* sp., *Ixora* sp., *Hamelia* sp., *Lantana* sp., *Stachytarpheta* sp., *Hibiscus* sp., *Jatropha* sp., *Caeselpina pulcherima*, *Acalypha* sp., *Heliconius* sp., *Pasiflora* sp., *Psiguria* sp., *Gurania* sp., *Heliotropium* sp., o cualquier otra flor donde se haya observado que los insectos se alimentan en su medio natural. También deben incluirse en la jaula de vuelo algunas plantas de hojas grandes que sirvan de resguardo a las mariposas en caso de lluvia, o como dormideros.

La mayoría de las mariposas utilizan las plantas con hojas anchas para protegerse de la lluvia y de la intensidad del sol, pero también para descansar y dormir. Las mariposas también utilizan las ramas de las plantas y las lianas del bosque. En algunos casos buscan refugio o descanso de forma solitaria, en otros siguen un comportamiento gregario. Es por este motivo que dentro del mariposario debemos contemplar siempre la presencia de plantas refugio, ya que, aunque a veces parezca innecesario, es un aspecto fundamental para lograr la buena integridad de nuestras mariposas.

3. Laboratorio de crianza

El laboratorio de crianza es el lugar donde se colocarán todos los muebles sobre los cuales se pondrán las cajas pequeñas de crianza y las gavetas o jaulas de malla más grandes. Se puede construir el laboratorio con materiales de la zona, pero lo ideal es que sea de materiales que no contaminen el ambiente ni atraigan enfermedades, roedores, arañas u otros insectos predadores.

También es necesario tomar en cuenta que el laboratorio de crianza debe estar bien ventilado, y debe tener amplias ventanas o paredes elaboradas íntegramente con mallas.

El techo debe ser de un material que no genere exceso de calor y humedad, para lo cual se adquirirán dos lonas de 2 x3 m, una para poner en el techo y la otra a un costado y proteger el material de la lluvia. De preferencia debe estar cercano a un lavadero para limpiar todo el equipo y las repisas donde se guardan los equipos.

Al construir el laboratorio (Fig.8) es importante considerar su orientación con respecto al sol, principalmente en relación con el lugar donde van a estar ubicadas las orugas; se debe tomar en cuenta que el sol de la tarde es el que más calor produce.

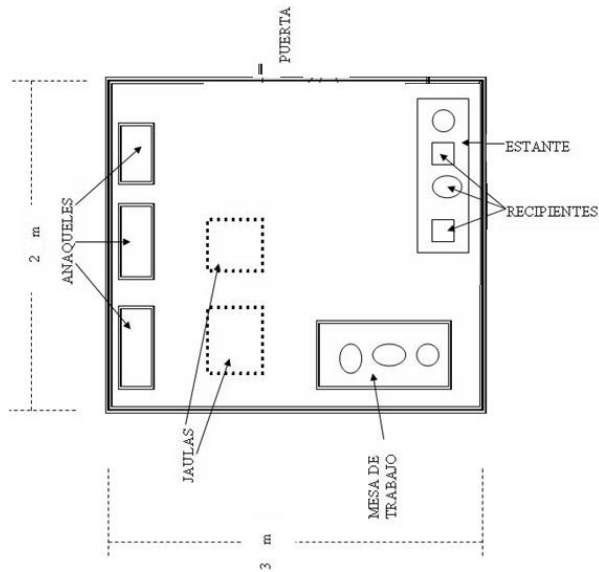


Figura 8. Propuesta de acomodo del área de laboratorio.

Dentro del área de laboratorio (Fig.9) será necesario instalar una extensión de luz, que nos permita conectar una lámpara que facilite nuestro trabajo de selección de pupas saludables e identificación de especímenes.



Figura 9. Áreas de laboratorio dentro de mariposario o en cuartos aparte.

El pupario (jaulas) (Fig.10) es un lugar específico para cuando las larvas se convierten en mariposas, aquí recolectamos las mariposas que se van a vender o las que vamos a dejar libres, es el último lugar de todo el ciclo de la reproducción de la mariposa. Cuando pasamos las pupas de la mariposa a este lugar, se debe escribir la fecha en la que el gusano se convirtió en pupa. Para nuestro caso, se utilizarán cajas industriales de 1 x1 m. a las que se les pondrán alambres longitudinales cada 10 cm. En ellas se sobrepondrán las tapas con pupas previamente identificadas su fecha de transformación.



Figura 10. Pupario para recibir a las mariposas recién emergidas.

4. El huerto o jardín de plantas.

Antes de iniciar cualquier actividad de crianza es necesario contar, además, con todas las plantas hospederas necesarias, que en este caso son especies locales que se dan de manera natural o medicinales que podemos tener en nuestros huertos o traspatios. Para eso es importante observar las mariposas locales; qué plantas come ella, qué frutas, dónde pone los huevos y la larva dónde se alimenta. También observar detenidamente los capullos que encontramos en el monte y que recogimos para ver qué clase de mariposa salía. Observábamos también las larvas para ver qué clase de capullo y mariposa salen.

Muchas veces para algunas plantas, no se conoce en su totalidad la fenología de estas (cuando tienen flores y frutos) como para hacer una reproducción sexual por semilla; en estos casos es más conveniente hacer una reproducción asexual (por ejemplo, por esquejes). En nuestro caso puede ser a través de este método, trasplante o la compra de planta de vivero y semilla.

Es absolutamente necesario contar con un volumen aceptable de plantas hospederas para criar mariposas a escala comercial.

Las ventajas de tener planta sembrada en nuestros huertos familiares y a los alrededores del mariposario es que nos permite hacer una técnica de crianza denominada rancheo. Aun así, es recomendable tener planta de bolsa o maceta

pequeña, o bien pueden ser botes de reciclaje de 10 a 20 L. ya que algunas veces es necesario rotar planta al pupario o en el caso de las orugas que pueden ser alimentadas mediante la técnica de las mangas y terminar por acabarse el follaje rápidamente.

El rancheo consiste en el manejo de sus poblaciones naturales a través del incremento de sus plantas hospederas, haciéndolas así más disponibles para las orugas (Fig.11) y, por lo tanto, aumentando la capacidad de carga de cosecha. “Una vez que se identifica a la planta hospedera de una especie particular, esta planta se puede cultivar en jardines junto al límite del bosque para atraer a las hembras que pondrán sus huevos. Si la concentración natural de una especie de planta en particular es una por milla cuadrada, el agricultor planta una docena de especies; el resultado es la concentración de orugas en un período corto de tiempo. Después de que las orugas maduran, se cosechan y son transportadas a la caja donde forman la pupa.

El sistema de cría de rancheo, requiere el mantenimiento de la vegetación nativa, debido a que es el medio natural el que sostiene la generación parental, recolectándose los huevos y las orugas que luego son criadas en cautiverio. Retornándose un porcentaje de adultos al medio natural igual al extraído. Garantizando la sostenibilidad biológica de la actividad.

Existirán especies que sólo podrán obtenerse a través de la colecta, otras con rancheo y otras a través de la cría intensiva.



Figura 11. Establecimiento de hospederas al aire libre para un sistema de crianza de rancheo.

Referencias:

ACURIS, (2012). Aprendiendo a criar mariposas: desarrollo de zoocriaderos de mariposas en comunidades indígenas. SENA-Tropenbos. Bogotá, Colombia. 40 p.

Mulanovich D.C., A. J. (2007). *Mariposas Guía para el manejo sustentable de las mariposas del Perú*. Perú. PROMPEX-IIAP-GTZ. 98 p.

Torrealba, I., Carbonell F. (2002). Los mariposarios del Área de Conservación Arenal y su zona de influencia. Manual de apoyo para su producción sostenible en: Torrealba y Carbonell (eds.), Informe final de proyecto de investigación: Integrando la conservación y el manejo de plagas en los Mariposarios del Área de

Materiales e instructivo para la construcción del mariposario de traspatio.

Material:

12 tubos de PVC de 1.5 m
2 tubos de PVC de 1.78 m
2 tubos de PVC de 1.38 m
2 tubos de PVC de 1.14 m
2 tubos de PVC de 0.30 cm

Verticales

5 tubos de PVC de 2.97 m
8 tubos de PVC de 1.95 m
4 tubos de PVC de 1.835 m
2 tubos de PVC de 1.15 m
1 tubo de PVC de 66 cm

Horizontales

18 T de PVC

4 codos de PVC

4 cruces de PVC

6 conectes de PVC de 6 cm.

3 coples (por si acaso)

35 perfiles de 2 m.

A cada equipo se les entregarán 10 tubos de PVC de 6 m. de longitud. Con una segueta cortar los tubos con las medidas enviadas. En este punto es importante verificar que su base elaborada tenga las medidas previstas de espacio cada 2 m, de lo contrario habría que medir y adaptar las siguientes medidas a los tramos que irán **horizontales** a sus distancias reales. Por ejemplo, si en vez de cada 2 metros, quedo a 2.05, habría que agregarle esos 5 cm al tubo que corten dependiendo. Los verticales no se modifican.

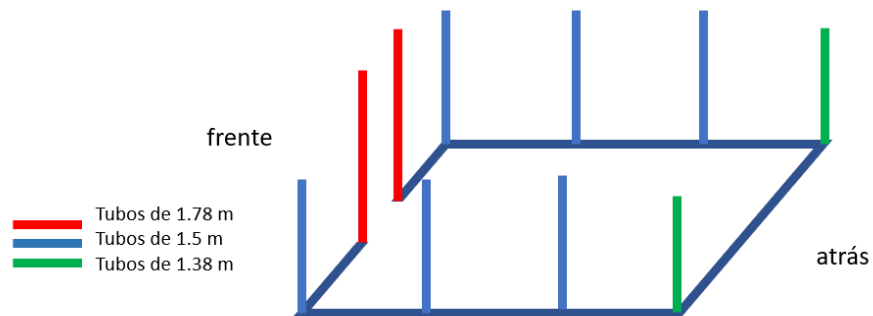
No Cambian

12 tubos de PVC de 1.5 m
2 tubos de PVC de 1.78 m
2 tubos de PVC de 1.38 m
2 tubos de PVC de 1.14 m
2 tubos de PVC de 0.30 cm












Pueden variar

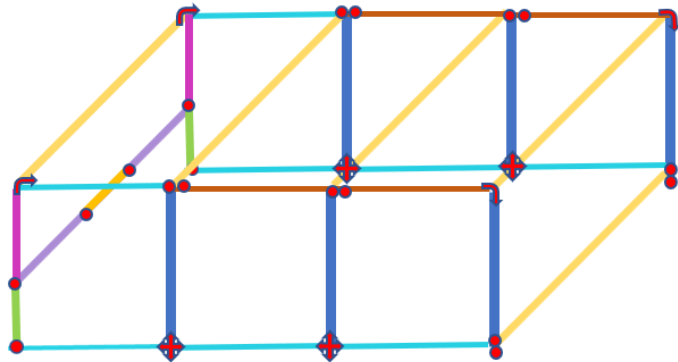
5 tubos de PVC de 2.97 m
8 tubos de PVC de 1.95 m
4 tubos de PVC de 1.835 m
2 tubos de PVC de 1.15 m
1 tubo de PVC de 66 cm

1. Colocar los tubos que van a ir cimentados en la base de concreto. Rellenarlos hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad de arena o grava para darle mayor rigidez.



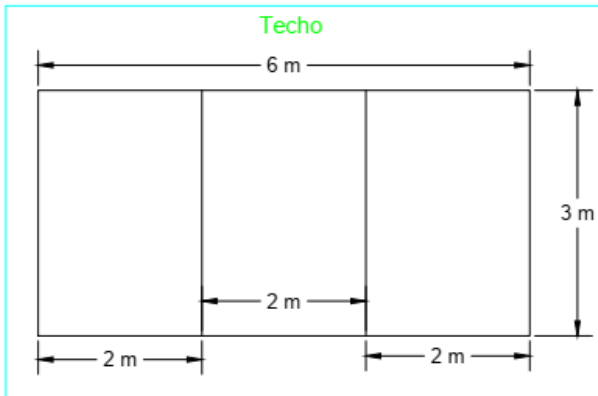
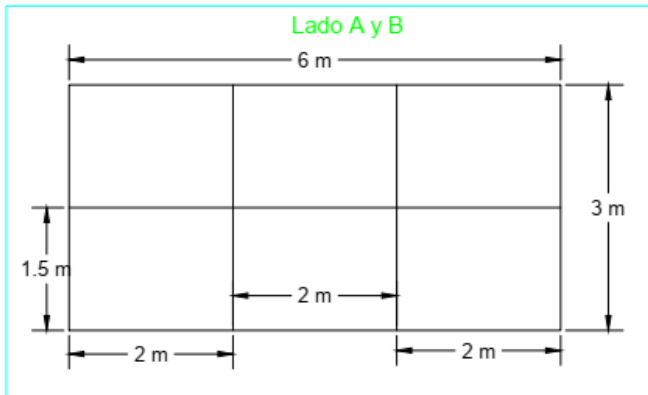
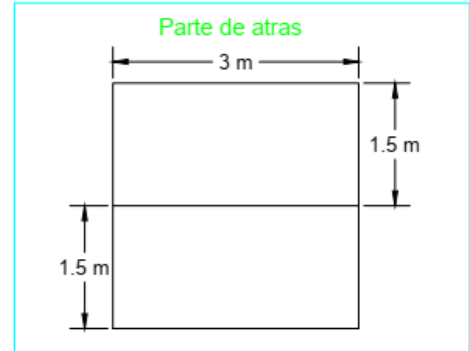
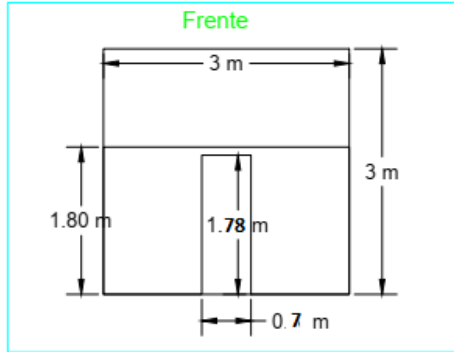
2. Hay que armar la parte de arriba del mariposario, para posteriormente entre 8 personas de preferencia, levantarlo y sentarlo sobre los tubos cimentados. El acomodo y ubicación de las piezas es el siguiente.

-  Cruz de PVC (4)
-  Codo de PVC (4)
-  Tubo 2.97 m (5)
-  Tubo 1.14 m (2)
-  Tubo de 30 cm (2)
-  Tubo de 66 cm (1)
-  Tubo de 1.15 m (2)
-  Tubo de 1.5 m (6)
-  Tubo de 1.95 m (8)
-  Tubo de 1.835 m (4)
-  Te de PVC (18)



Se enviarán videos de orientación acerca del pegado del PVC, el uso del limpiador y el cemento de PVC. También acerca de cómo deben de ir acomodadas las Tes dobles para unir los tubos del techo y de la parte de atrás.

Medidas finales de la estructura:

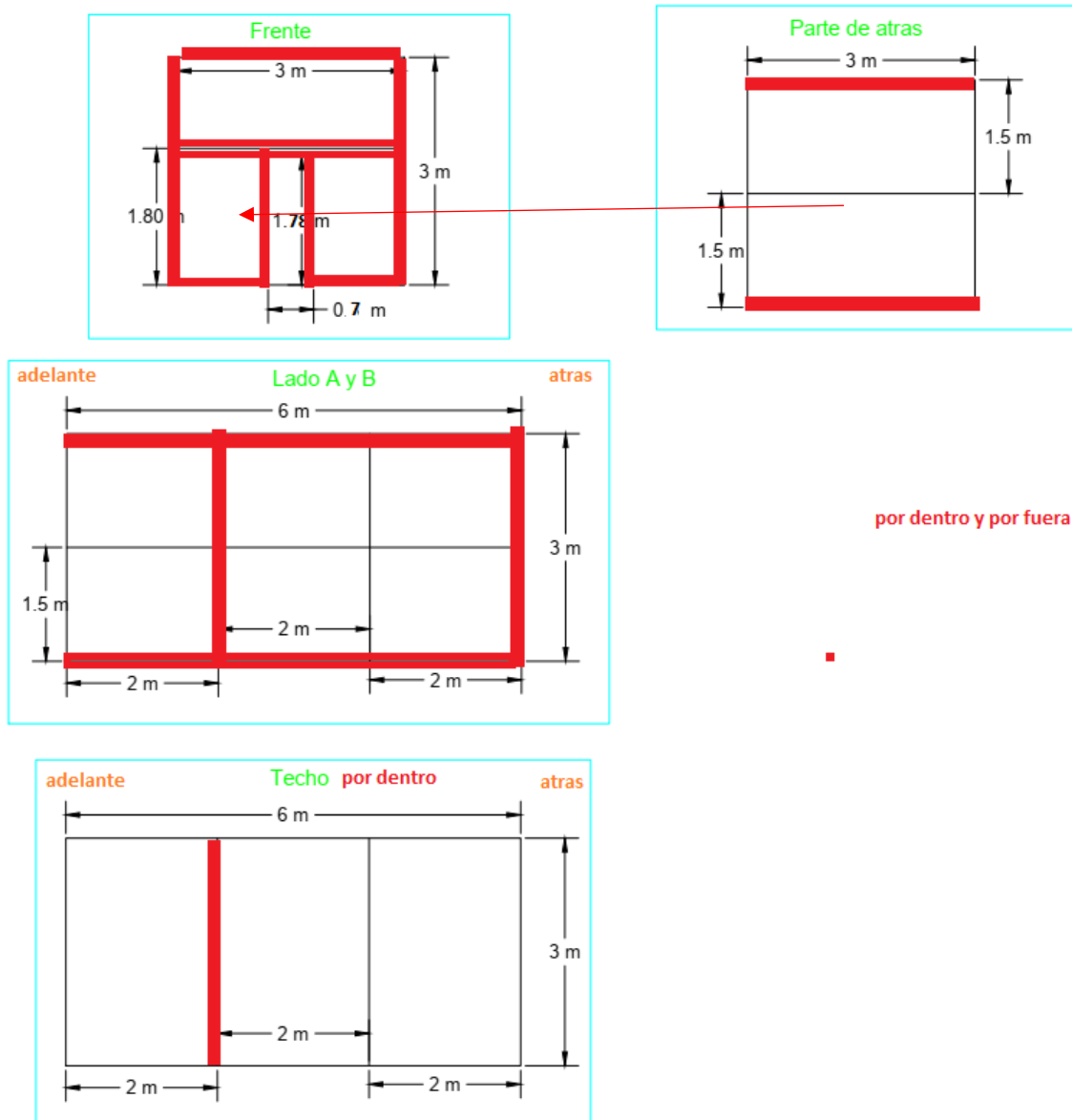


Los perfiles:

Una vez armado la parte de arriba, se le deben de adherir los perfiles con un taladro. Pero primero las pijas deben perforarse en los perfiles a cada 40 cm.

Los perfiles miden 2 metros, por lo que para darle la altura de 3 metros deberemos cortar con la misma segueta 6 perfiles a la mitad, para tener 12 perfiles de 1 metro de longitud y complementar los 3 metros en los tramos que se requieran. Dado que el primer segmento de 2 m del mariposario será utilizado como laboratorio o área de trabajo, el sitio lo dividirá una malla antiáfida por dentro. Por lo tanto, los perfiles también se deben colocar por la parte interior.

Ubicación de perfiles





DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES

DISCUSIÓN GENERAL

Este estudio fue originalmente motivado por una inquietud que desarrollé durante los cinco años que ejercí como encargada del Programa de Servicios Ambientales de la Comisión Nacional Forestal en la delegación San Luis Potosí (del 2005 al 2010). Durante todo ese tiempo recorrí lugares increíblemente bien conservados en el estado, rebosantes de biodiversidad, los cuales se empezaban a valorar por parte de sus dueños gracias a ese pequeño incentivo económico (\$382.00/ha/año) que el gobierno les daba para proteger y conservar esas áreas, usualmente de uso común, para el servicio ambiental: un servicio que hasta ese entonces no se había valorado, el de la conservación de la biodiversidad. En el 2019 las reglas de operación del programa tuvieron una modificación relevante, que consistía en negar ese apoyo económico a todo aquel a quien ya se le hubiera conferido durante dos ejercicios (es decir 10 años, 5 años por ejercicio) (DOF, 2019). Muchos ejidos quedaron “a la deriva”, con áreas bien conservadas pero que se habían vuelto intocables por costumbre y las personas ahora conservaban la esperanza de que el programa se volviera a reanudar algún día.

Sin embargo, siempre me llamo la atención la abundancia de un recurso que para ellos era desapercibido, las mariposas. Fue así como, en un principio, la idea original de la tesis era realizar un cálculo del valor real que podría tener la conservación de la biodiversidad en áreas con pago por servicios ambientales bajo este concepto. Aunque el valor de la biodiversidad y sus servicios es prácticamente inconmensurable en áreas tan grandes (Meinard & Grill, 2011), por ello se escogió un grupo biológico que pudiera funcionar como indicador de las condiciones del hábitat (Pozo *et al.*, 2014), su diversidad asociada (Maya-Martínez *et al.*, 2005; Flores-Contreras & Luna-Reyes, 2017). además que en condiciones de manejo sostenible tuviese un impacto mínimo en las áreas y que poseyera un buen valor comercial (Mulanovich, 2007; Parsons, 1992; Suárez, 2018); bajo la hipótesis de que las mariposas serían un grupo ideal para lograr todo ello, empecé con esta investigación que resultó ser más demandante de lo esperado, aunque considero fructífera en sus aportes a la ciencia en México, para la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y para el grupo de mujeres que accedió a trabajar con ellas, alentadas por este proyecto.

La valoración económica es un instrumento que permite evidenciar los diferentes usos de los recursos biológicos y la biodiversidad. Si se muestra que la conservación de la biodiversidad puede tener un valor económico positivo mayor que el de las actividades que la amenazan, la información que se pueda generar sobre sus beneficios ecológicos, culturales, estéticos y económicos apoyará las acciones para protegerla y conservarla productivamente, convirtiéndose en una herramienta importante para influir en la toma de decisiones gubernamentales, sociales, colectivas e individuales (De Alba y Reyes, 1998).

Los estudios sobre biodiversidad requieren un enfoque multidisciplinario y metodologías de valoración integrales que combinen disciplinas (biología, ecología y economía) y métodos (enfoque de producción y del mercado, con muestreo ecológico y métodos cuantitativos para el análisis), que evalúen el impacto en la vida real del manejo sustentable de la diversidad biológica. El ejercicio de la valoración de los recursos naturales y la biodiversidad no pretende abarcar a todo recurso y a todo posible uso. Sin embargo, debe poder incluir los ecosistemas más importantes y las especies críticas que éstos poseen para la conservación del recurso y sus usos sostenibles (De Alba y Reyes, 1998). En los bosques tropicales, uno de los grupos biológicos con mayor carisma por su inofensiva belleza son las mariposas o lepidópteros; este grupo representa una excelente oportunidad para crear conciencia del valor de la biodiversidad, ya que su manejo adecuado brinda oportunidades de desarrollo económico a los pobladores locales, además es un potencial atractivo turístico y un instrumento interactivo para la educación ambiental (Bonebrake *et al.*, 2010; Boppré y Wright, 2012; Jacinto *et al.*, 2017).

El primer capítulo compila una extensa revisión bibliográfica del papel que tienen las mariposas como bioindicadoras en México, los tipos de bioindicación y con cuáles análisis estadísticos se definió la relación entre las mariposas señaladas y las condiciones ambientales con las que se les asoció como bioindicadoras. Para ello se revisaron 58 documentos que señalan mariposas indicadoras, aunque 37 de ellos fueron considerados como empíricos, pues no hubo un análisis estadístico directo

entre la relación de las especies señaladas como indicadoras con las condiciones de asociación, algunos de ellos destacan por su detalle y comprensión, como Vargas-Fernández *et al.*, (1992); Vargas-Fernández *et al.*, (1999); De la Maza & White (1990); Luis-Martínez & Llorente-Bousquets, (1990); González-Valdivia *et al.*, (2011); Ross (1967); De la Maza (2021) en estos estudios se afirma que ciertas especies son indicadoras de ambientes perturbados como potreros y áreas de vegetación secundaria, o por el contrario son indicadoras de bosques o selvas primarias o bien conservadas. Hasta cierto punto es comprensible que no siempre se requiere de realizar un análisis estadístico, cuando es evidente la presencia en un ambiente perturbado o modificado y si una determinada mariposa únicamente se encuentra en este sitio, o viceversa, si el investigador se ubica en ambiente prístino y solo allí registra una determinada especie de mariposa; por lo tanto se registrarán dentro de esos estudios sus observaciones de forma sencilla, sin necesidad de realizar correlaciones estadísticas.

El problema se presenta cuando las mariposas se registran en uno o más hábitats, o con diversos grados de perturbación, que sucede en la mayoría de las veces (Anexo 2, Cap.1), no olvidemos que algunas mariposas son especies con amplios rangos de movimiento y ejecutoras de impresionantes fenómenos migratorios (Hobson *et al.*, 2021). Es allí cuando la certidumbre de los análisis estadísticos da peso a la clasificación de mariposas bioindicadoras. Y para poder utilizar esta información lo primero es contextualizarla e identificar en cuál tipo de vegetación o hábitat fue generada, con qué objeto, es decir, si son bioindicadoras con fines ecológicos, ambientales o de diversidad. Con esta información podremos tomar una mejor decisión al momento de querer utilizarla para comparar con nuestros resultados de muestreo, de ser el caso.

En principio, en esta investigación queríamos saber si la diversidad encontrada de mariposas era representativa o indicadora de ambientes conservados, y como no existía una investigación como tal, compilatoria de las mariposas bioindicadoras en el país (solo existe el documento de Pozo *et al.*, 2014, pero no incluyó a todos los tipos

de vegetación de la RBSAT); entonces se procedió a elaborar todo lo que se presenta en el Capítulo uno de esta tesis, para investigar en dónde y cómo se habían desarrollado investigaciones de especies bioindicadoras ecológicas en México y que además fuesen en el mismo tipo de hábitat, pues no podríamos comparar con hábitats diferentes. El Anexo uno de ese primer capítulo incluye un catálogo con un total de 179 especies bioindicadoras para todo México. Si solo consideráramos las especies que corresponden a los tipos de vegetación de la RBSAT; es decir, selva baja espinosa caducifolia, selva baja caducifolia, selva baja subcaducifolia y selva mediana subcaducifolia; tendríamos un total de 89 especies bioindicadoras, de las cuales 19 son indicadoras de conservación, 51 de perturbación y 19 se registraron como bioindicadoras en ambas condiciones ambientales.

Ya con el catálogo acotado a estos tipos de vegetación, se compararon los registros obtenidos durante el año de muestreo en la RBSAT, con la intención de verificar si había alguna relación entre lo muestreado con este conocimiento previo de especies bioindicadoras, que nos permitiera inferir sobre la calidad ecológica de la reserva. Se registró la presencia de 51 de las 89 especies bioindicadoras, donde 16 de ellas son bioindicadoras de conservación, 32 de perturbación y tres de ambas. En una primera impresión se puede suponer que al tener más especies identificadas previamente como bioindicadoras de sitios perturbados, la reserva podría tener algún problema asociado, pero al considerar la abundancia cuantitativa de individuos, (conservación = 7050, perturbación= 1699, ambas =1565) se encontró que es mayor en las especies bioindicadoras de conservación (Anexo 7). Estos son datos interesantes que requieren un análisis más profundo sobre la utilidad de estas clasificaciones; sin embargo, por cuestiones de tiempo y acotamiento a los otros objetivos específicos de esta investigación se dejan sobre la mesa para posteriores análisis.

Para identificar nuestras propias especies bioindicadoras ecológicas con base en un análisis estadístico, nos encontramos con la situación de que, en nuestras áreas de muestreo, dentro de la RBSAT, no había áreas con signos evidentes de perturbación, inclusive los caminos por lo que transitábamos para los muestreos eran muy rústicos

y estrechos, lo que concuerda con otras apreciaciones de esta ANP en buen estado de conservación (Vázquez-Villa *et al.*, 2020). Por lo tanto, al no tener variables de referencia para relacionar nuestras recolectas con áreas perturbadas *versus* conservadas, se optó por identificar las especies de acuerdo con el tipo de vegetación, de forma que se obtuvieron bioindicadoras ambientales, es decir, aquellas especies que fueron representativas de cada tipo de vegetación en de la reserva.

El capítulo uno también tiene la intención de que la información compilada en los anexos permita elaborar un monitoreo biológico, por lo que contiene datos del tipo de alimentación de cada especie de mariposa bioindicadora, lo que permitirá elegir la mejor técnica de muestreo; se incluyen datos de voltinismo que indican la estacionalidad de las especies, y también el tipo de fitofagia que presenta en su estado larval, así como la planta huésped a la que se asocia. Toda esta información es relevante si uno tiene la información florística de determinado lugar, puede cotejar y ver cuáles especies de mariposas bioindicadoras pretende encontrar, en qué temporada, y cuál técnica de muestreo será la indicada para capturarlas. Cabe mencionar que, aunque se reconoce en términos generales a las mariposas como un grupo biológico ampliamente estudiado (Lamas, 2008; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014), del 85 % de las mariposas bioindicadoras no se encontró información acerca de su voltinismo, del 60 % su grado de especialización, del 35 % se desconoce su planta huésped y por lo tanto tipo de alimentación larval, y de un 20 % no se localizaron reportes de su tipo de alimentación adulta. Por lo anterior, es recomendable seguir elaborando ciencia básica para llenar estos vacíos de información o en su defecto ampliar la búsqueda bibliográfica de manera extensiva por especie.

En el capítulo dos, se describe de manera general los resultados de las recolectas obtenidos durante los 10 meses de muestreo en la reserva por tipos de vegetación. Se obtuvieron 13,306 registros de mariposas, el 80 % correspondió a la familia Nymphalidae, tal y como otros estudios con este tipo de selvas lo manifiestan (Legal, 2020; Martínez-Noble *et al.*, 2015; Meléndez-Jaramillo, 2017; Pozo *et al.*, 2008). Quedó manifiesta la importancia de la técnica de muestreo con trampa Van Someren-

Rydon para las selvas que se ubican en una amplitud altitudinal de 0 a 600 m (Vargas-Fernández *et al.*, 1992). Sin embargo, los datos de rareza se obtuvieron principalmente con la red entomológica; es decir, que ambas técnicas son complementarias y sumamente relevantes en hábitats con este rango altitudinal (Pozo *et al.*, 2005).

La selva mediana subcaducifolia, la de mayor altitud (>700 msnm) presentó mucho menos recolectas, pero mayor riqueza; sin embargo, esto se puede deber a la mayor altura de la vegetación y a su mayor estratificación vertical (Mena *et al.*, 2020) y más cantidad de dosel. Las mariposas, al ser especies en su mayor parte heliófilas, la mayor cantidad de ellas volaban en los estratos altos del dosel donde se encontraban las flores y pocas bajaban al sotobosque. Las especies umbrófilas, por otro lado, sí se recolectaron en este tipo de selva, pero eran de vuelo rápido y con patrones crípticos que dificultaban su recolecta (Arellano-Covarrubias, *et al.*, 2018). Las mariposas prefieren, en general, volar en áreas soleadas y abiertas, y cuando se está en una selva, eso significa que las mariposas se encuentran por arriba de los árboles, por lo que es necesario encontrar una forma de muestrear el dosel. Para superar lo anterior se hicieron registros visuales, con apoyo de binoculares y cámaras fotográficas con un alto poder de acercamiento o alto zoom, pero aun así, solo se registraron las mariposas de fácil identificación, porque aquellas especies que requieren un mayor detalle morfológico para tener certeza en su identificación, se tuvieron que omitir; es decir, son la mayoría de las especies hespéridas, licaénidas y riodínidas.

En contraste, en las selvas caducifolias, donde la altura de los árboles es menor, el dosel es más abierto y hay pérdida de follaje en la época seca, la luz solar es mayor, y la cantidad de mariposas recolectadas fue mayor (Checa *et al.*, 2014).

A los datos de recolectas obtenidas se le aplicó un análisis de valor de Indicador, IndVal (Dufrene & Legendre, 1997), para determinar si había una mayor afinidad de ciertas especies por tipo de vegetación, dando por resultado a nueve especies bioindicadoras (Tabla 4., Cap.2); sin embargo, las especies no eran 100 % excluyentes, como en el caso de *Morpho helenor montezuma*, que aunque resultó ser bioindicadora de la selva mediana subcaducifolia, se presentó en varios tipos de

vegetación, aunque con abundancias notablemente inferiores en cada uno de ellas (Anexo 1, Cap.2). Las abundancias de las especies bioindicadoras ecológicas o ambientales encontradas pueden servir para el cálculo y diseño de índices que permitan interpretar los cambios en las tendencias poblacionales (van Swaay, 2014) y de esta forma tener una mayor claridad de los cambios ya sean positivos o negativos que se están presentando en la reserva, para ello es necesario continuar con el sistema de monitoreo biológico e incluir a las mariposas para empezar a robustecer la información al respecto. Una característica destacable de estas especies bioindicadores es su fácil identificación, por lo tanto, se presta para capacitar a brigadas comunitarias que puedan recolectar información en un mediano y largo plazo (Checa *et al.*, 2022; Pozo *et al.*, 2014).

En el capítulo tres se desarrolla una propuesta para el aprovechamiento sostenible de mariposas que se encontraron dentro de la RBSAT. En él se incluye de manera detallada los registros mensuales de 49 especies que cumplían con criterios iniciales de selección, principalmente, que pertenecieran a las familias comerciales más reconocidas Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae, además que tuvieran una abundancia mínima de 10 individuos. Una vez seleccionadas se aplicó una metodología de prelación de especies basada en criterios biológicos (voltinismo, abundancia y residencia), sociales (registro preciso de la especie vegetal hospedera, acceso a la misma, método de recolecta de pie de cría) económicos (tamaño de la mariposa para su fácil manipulación y comercialización, color, potencial precio comercial); esta combinación de criterios obedece a la consideración de los tres aspectos fundamentales del desarrollo sostenible y que tratándose de una actividad de crianza de mariposas, se puede llegar a cumplir mediante un sistema de cría *in situ* o de rancho (Gómez, 2010; Dénoimmée, 2010).

Otros autores ya habían descrito algunos criterios para hacer la selección de especies de mariposas propicias para el aprovechamiento (Dénoimmée, 2010; Hernández, 2010); algunos de los criterios son muy similares a los que se emplearon en el presente trabajo y otros se omitieron, como los propuestos por Dénoimmée (2010), de

vulnerabilidad biológica, pues no se encontraron especies amenazadas en la reserva; tipo de vuelo, puesta de huevos en grupos, duración del ciclo de vida y longevidad de los adultos. Pues como lo comenta en su estudio Dénomée (2010), estas características son muy poco conocidas en la mayoría de las especies y no hubiese sido práctico agregarlas. Por otro lado, Hernández (2010) sugirió cinco criterios biológicos, pero enfocados al estatus de la especie de planta hospedera (frecuencia, hábitat, estatus de conservación) y el hábitat y estatus de la mariposa. En cuanto a los criterios sociales consideró aspectos de utilidad de las especies vegetales hospederas en los traspatios, estrato de crecimiento y otros criterios que parecen más biológicos que sociales (como comportamiento en etapa de huevo y larva; fitofagia de larvas; y frecuencia de la especie) y por último sus criterios económicos son similares a los propuestos en esta investigación.

La propuesta de especies (18 especies) para el presente proyecto se basó en los datos de recolecta en la RBSAT, la cual se encuentra a casi 5 km de distancia del centro poblacional, por lo que es muy probable que el uso de las especies propuestas si requerirá la obtención de un pie de cría una vez establecidas las plantas hospederas necesarias en sus traspatios. Lo importante de estos resultados es que con la información presentada ya tienen una mejor orientación de la estacionalidad y distribución de las especies, que servirá como punto de partida en la búsqueda de estas especies propicias en la temporada adecuada.

En el cuarto capítulo se describe el proceso social para la implementación de los mariposarios de traspatios. En todo momento se procuró fuera un proceso participativo y se consideraron algunas experiencias similares para implementar mariposarios aquí en México (Denommée, 2010; Hernández, 2010; Sandoval, 2017 y Warman 1999) y en Latinoamérica (Torrealba y Carbonell, 2002; Checa, 2014 y Suárez, 2018). Se sugirió fueran mariposarios familiares de traspatio, con diferentes propuestas de crianza de mariposas. Se capacitó a los participantes previendo que cada familia pudiera ser capaz e independiente del grupo de trabajo, trabajase a su ritmo y con la independencia creativa de los encargados de cada mariposario. Sin embargo, el grupo

de trabajo, aun teniendo sus mariposarios familiares, decidió trabajar en forma conjunta, como equipos, para desarrollar y aplicar cada uno su habilidad específica requerida en el proceso, ya sea de crianza o de elaboración de artesanías y no todas al mismo tiempo. De cualquier forma, fue notorio la falta de acompañamiento por alguien especializado en emprendimientos rurales y mariposarios, ya que una vez implementado el proyecto hubo partes de este que se necesitaron dejar en marcha y que, por cuestiones de tiempo y presupuesto, ya no se concluyeron y se dejaron a la voluntad de los participantes. Algunas de las tareas pendientes fue el funcionamiento eficiente de las áreas de vuelo en el mariposario, el acondicionamiento de éstas para las épocas seca del año, pues los árboles aledaños que hacen sombra pierden sus hojas y el calor se vuelve sofocante en las áreas de vuelo; el cierre hermético de las áreas de vuelo para evitar la entrada de depredadores de mariposas; pero la más importante. el seguimiento de la plantación y mantenimiento de plantas hospederas en los traspatios y en las áreas de vuelo o reproducción.

Es muy necesario que el grupo organizado siga con la gestión ante diversas instancias gubernamentales dedicadas al sector social, ambiental y artesanal para fortalecerse en esta primera etapa, pues ya está comprobado por ellos mismos, aun con la mínima producción, lo atractivo de esta actividad y es una oportunidad que deben aprovechar al ser ellos pioneros de la misma en esta región con tan alto potencial para su desarrollo.

No se obtuvieron datos concretos de las ganancias por ventas que el grupo ha realizado desde la implementación de los mariposarios. Ellos comentan que su actividad de comercialización ha sido esporádica y no han podido mantener una producción constante de mariposas, solo de las crisálidas que eventualmente encuentran y les dan protección y cuidado hasta su eclosión, pero no promueven su reproducción sistemática en las áreas de vuelo por falta de plantas hospederas. Sin esta información, no se pudo continuar con el objetivo inicial de la tesis que era realizar un cálculo del servicio ambiental por conservación de la biodiversidad con base en el valor de uso, por lo que, en su momento, se tuvo que adecuar el título y los alcances de la tesis.

En la práctica se pudiesen aprovechar las especies de mariposas que se encontraron con mayor abundancia en el transcurso de la investigación, tal como sugiere Cruz (2011) y Jacinto-Padilla (2021), pues de acuerdo con el artículo 97 del reglamento de la ley general de vida silvestre no requieren autorización alguna para su aprovechamiento dado que ninguna especie está en alguna categoría de riesgo (DOF, 2014). Sin embargo, la declaratoria de Reserva de la Biosfera protege a toda la diversidad existente dentro de la RBSAT de cualquier extracción indiscriminada y promueve el uso y aprovechamiento sostenible con estricto apego a la legislación vigente, en donde en este caso podría aplicarse una solicitud de aprovechamiento para fines de subsistencia.

Personalmente no recomiendo realizar un aprovechamiento sin el sustento de un proyecto de manejo detrás de él, aun cuando las mariposas se obtengan del área de influencia, pues creo que parte del éxito de la implementación de este tipo de proyectos radica en la simpatía y el respeto que las personas tienen ante las mariposas y es muy importante cuando se comercializan, explicar el origen de las piezas artesanales. En este sentido, la intención de realizar un proyecto de manejo sostenible implica liberar por lo menos un 30% de la producción de mariposas sanas al ambiente y contribuir de esta forma a incrementar las poblaciones actuales de polinizadores y repoblar el ambiente con mariposas, las cuales disminuyen cada vez más por la contaminación (Corke, 1999; Meléndez-Jaramillo, 2021), el abuso de pesticidas y agroquímicos (Pekin, 2013). Finalmente, esta contribución al ambiente se puede convertir en una razón adicional que motive y favorezca la decisión final de compra del producto.

CONCLUSIONES GENERALES:

Las mariposas es un grupo biológico muy valioso y versátil para los seres humanos. La RBSAT tiene una destacable riqueza de mariposas, pues se recolectaron 190 especies dentro de la misma y previamente en un estudio en las zonas aledañas del área de influencia se habían registrado 54 especies más, y considerando que aun faltó el muestreo en una pequeña área de alta diversidad, como es la selva mediana

perennifolia, se sugiere continuar con el esfuerzo de muestreo en ésta y algunas dolinas internas que sirven de refugio para muchas especies en la época de secas e incrementar este inventario.

Se generó un catálogo con 179 especies bioindicadoras ecológicas en México, de las cuales 51 se encontraban presentes en la RBSAT presentes en un patrón de mayor riqueza de especies consideradas indicadoras de perturbación (32), pero con mayor abundancia de especies indicadoras de conservación (7050). Se sugiere considerar esta información como punto inicial, profundizar en su análisis y continuar con el monitoreo biológico comunitario al mediano y largo plazo, enfocado en ellas, considerando que son especies de fácil identificación y captura.

Con los datos de distribución y abundancia de las recolectas de especies se utilizaron diferentes análisis para obtener especies bioindicadoras ambientales y especies con potencial para su manejo y aprovechamiento. En el primer caso, con el método valor de indicador (InVal) se analizaron los datos de las recolectas y se encontraron nueve especies bioindicadoras ambientales, las cuales caracterizan a los diferentes tipos de vegetación presentes en la RBSAT. Esta información puede contribuir a identificar cambios graduales reflejados en la alteración de la composición de su diversidad.

Se propuso y aplicó una metodología para la selección de especies para el aprovechamiento sostenible basado en criterios biológicos, sociales y económicos, resultando 18 especies prioritarias para su manejo y reproducción. Se elaboraron cinco propuestas de crianza para su implementación al corto plazo basado en la diversidad existente de plantas hospederas en sus traspatios y a mediano y largo plazo con las especies prioritarias previo acondicionamiento de los mariposarios de traspatio con las plantas hospederas necesarias para su desarrollo. No todas las especies son mutivoltinas, por lo que en un plan de crianza se puede intercalar diferentes especies por estacionalidad y esto será más armónico con los ecosistemas, ya que una parte de la producción finalmente debe liberarse al medio ambiente y preferentemente en su temporada reproductiva natural.

La crianza de mariposas como actividad productiva se promueve como una actividad económica, ecológica y sencilla, y si lo es, solo que presenta varios retos entre ellos la

constancia que requiere el cuidado de las mariposas y la perseverancia ante los problemas desconocidos propios de la reproducción de especies nuevas. El grupo de trabajo ahora tiene la infraestructura y las capacidades básicas para dar continuidad al proyecto de mariposarios comerciales, solo requieren de un mejor liderazgo y acompañamiento inicial que los acompañe a sobrellevar esos retos y les ayude a desarrollar las capacidades de autogestión para mantener el correcto funcionamiento del proyecto en el largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Arellano-Covarrubias, A., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (2018). Distribución y fenología de la familia Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea) en el bosque tropical subcaducifolio de Oaxaca, México. *Revista de biología tropical*, 66(2), 503–558. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33378>
- Boppré, M., Wright, V.R.I.** (2012). The butterfly house industry: conservation risks and education opportunities. *Conservation and Society*, 10(3), 285-303.
- Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., Ehrlich, P. R.** (2010). More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological conservation*, 143(8), 1831-1841
- Checa, M. F.** (2014). Feasibility of a butterfly farming initiative in Western Ecuador as a viable tool for sustainable development. En: Conference: Proceedings of the Second Conference on Sustainable Development Practice At: University of Columbia, NY. University of Florida (Vol. 72). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316012259_Feasibility_of_a_butterfly_farming_initiative_in_Western_Ecuador_as_a_viable_tool_for_sustainable_development (consultado 11 enero 2023)
- Checa, M. F., Rodríguez, J., Willmott, K. R., Liger, B.** (2014). Microclimate variability significantly affects the composition, abundance and phenology of butterfly communities in a highly threatened neotropical dry forest. *Florida entomologist*, 97(1), 1-13.
- Checa, M. F., Nogales, S., Salazar, P. A., Bustos, L., Ojeda, V., Bustos, A., Willmott, K. R.** (2022). Implementing a novel approach to long-term monitoring of butterfly communities in the Neotropics. *Insect conservation and diversity*, 15(4), 416-428.
- Corke, D.** (1999) Are honeydew/sap-feeding butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) affected by particulate air-pollution? *Journal of Insect Conservation*, 3(1), 5–14.
<https://doi.org/10.1023/A:1009670404398>
- Cruz S.L.LL.** (2011). Análisis socioeconómico de mariposas de Veracruz para uso artesanal. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Veracruz, México. 23-29 p.

- De Alba, E., Reyes, M. E.** (1998). *Valoración económica de los recursos biológicos del país*. Pp. 212-233 En: *La diversidad biológica de México: Estudio de país*, 1998. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, México.
- De la Maza, E. R., White L. A.** (1990) Rhopalocera de la huasteca potosina, su distribución, composición, origen y evolución. *Revista de la sociedad mexicana de lepidopterología*, 13 (2), 31–89.
- De la Maza, E. R.** (2021) Lepidópteros diurnos del área destinada voluntariamente a la conservación (ADVC) Kolijke, Zihuatéutla, Puebla, México. *Publicaciones especiales sociedad mexicana de lepidopterología*, (3), 78 pp.
- Dénomée, P.L.** (2010). La cría de mariposas diurnas y su gestión para la producción de artesanías en la comunidad “Niños Héroes de Chapultepec” Tenosique, estado de Tabasco, México. Tesis de maestría. Faculté des Sciences Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canadá. 28-30 p.
- DOF**, (2014). Reglamento de la Ley General De Vida Silvestre. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 09 de mayo 05 del 2014. En <https://www.gob.mx/profepa/documentos/reglamento-de-laley-general-de-vida-silvestre>, última consulta: 09 de diciembre del 2022
- DOF**, (2019). Reglas de Operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2019., publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 2019. p.83 Disponible en: <https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/adjuntos/98508a49ff8e2c2a95c32cb725acab92.pdf>
- Dufrene M., Legendre P.** (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible symmetrical approach. *Ecological monographs* 67(3): 345–366. <https://doi.org/10.2307/2963459>
- Flores-Contreras, I., Luna-Reyes, M.** (2017). Diversidad y distribución de cinco familias de Papilionoidea (Lepidoptera) de las selvas altas en la provincia biogeográfica del Golfo de México. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)*, 33 (2), 211–230. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321062>
- Gómez, S.M.R.** (2010). ¿Criando mariposas o enfermedades?: proyectos de conservación y desarrollo con comunidades indígenas en la Amazonía colombiana. Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia. 149 p
- González-Valdivia, N. A., Pozo, C., Ochoa, G. S., Dénomée, P. L.** (2011). Catálogo de mariposas Rhopalocera diurnas en el ejido Niños Héroes de Chapultepec, Tenosique, Tabasco, México, con potencial de exploración, cría y comercialización. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR- CONACYT, Tabasco, México, 137 pp.
- Hernández M., K.** (2010). Selección de mariposas diurnas (Rophalocera: Papilionoidea) con potencial de crianza en una comunidad indígena de la Huasteca Potosina. Tesis de maestría en ciencias Recursos Bióticos. UAQ, Querétaro, Qro. 119 p.

- Hobson, K. A., Kusack, J. W., Mora-Álvarez, B. X.** (2021) Origins of six species of butterflies migrating through northeastern Mexico: new insights from stable isotope ($\delta^{13}C$) analyses and a call for documenting butterfly migrations. *Diversity*, 13 (102), 12. <https://doi.org/10.3390/d13030102>
- Jacinto, P.J., López, C.J., García, G.C.G.** (2017). Species distribution modeling for wildlife management: ornamental butterflies in Mexico. *Journal of asia-pacific entomology*, 20(2), 627-636.
- Jacinto-Padilla, J., López-Collado, J., Garcia-Garcia, C. G., López-Collado, C. J.** (2021). Spatial and economic assessment of butterfly-based handicrafts as a tourism service provided by rural populations. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 18.
- Lamas, G.** (2008). La sistemática sobre mariposas (Lepidoptera:Hesperioidea y Papilionoidea) en el mundo: estado actual y perspectivas futuras. pp. 57-70. En: Contribuciones taxonómicas en ordenes de insectos hiperdiversos. Llorente-Bousquets J. & A. Lanteri (eds). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México D.F.
- Legal, L., Valet, M., Dorado, O., de Jesús-Almonte, J. M., López, K., Céréghino, R.** (2020). Lepidoptera are relevant bioindicators of passive regeneration in tropical dry forests. *Diversity*, 12 (6), 15–18. <https://doi.org/10.3390/D12060231>
- Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. C., Warren, A. D.** (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85 (SUPPL.), 353–371. <https://doi.org/10.7550/rmb.31830>
- Luis-Martínez, M., Llorente-Bousquets, J.** (1990). Mariposas en el Valle de México: Introducción e historia 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, D. F. México. *Folia entomológica mexicana*, 78, 95–198
- Martínez-Noble, J. I., Meléndez-Ramírez, V., Delfín-González, H., Pozo, C.** (2015). Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86 (2), 348–357. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.010>
- Maya-Martínez, A., Pozo, C., Schmitter-Soto, J. J.** (2009). Distribution patterns of Charaxinae (Lepidoptera: Nymphalidae) in Yucatan peninsula, Mexico. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)*, 25 (2), 283–301. <https://doi.org/10.21829/azm.2009.252625>
- Meinard, Y., Grill, P.** (2011). The economic valuation of biodiversity as an abstract good. *Ecological economics*, 70(10), 1707-1714. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.05.003
- Meléndez-Jaramillo, E.** (2017). Diversidad de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en una selva baja espinosa caducifolia de condición primaria y secundaria en Victoria, Tamaulipas, Tesis de maestría, UANL, México. 41 p.

- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Treviño-Garza, E. J., Sánchez-Reyes, U. J., Herrera-Fernández B.** (2021). Composition and diversity of butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) along an atmospheric pollution gradient in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico. *ZooKeys*, 1037, 73–103. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1037.66001>
- Mena, S., Kozak, K.M., Cárdenas, R.E., Checa, M.F.** (2020). Forest stratification shapes allometry and flight morphology of tropical butterflies. *Proceedings B The royal society publishing* 287: 20201071. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2020.1071>
- Mulanovich, D. C. A. J.** (2007). Mariposas Guía para el manejo sustentable de las mariposas del Perú. PROMPEX-IIAP-GTZ, Perú, 101 pp. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/186> (consultado 14 febrero 2021)
- Parsons, M. J.** (1992). The butterfly farming and trading industry in the Indo-Australian region and its role in tropical forest conservation. *Tropical lepidoptera research*, 1-31.
- Pekin, B. K.** (2013). Effect of widespread agricultural chemical use on butterfly diversity across Turkish provinces. *Conservation Biology*, 27 (6), 1439–1448. <https://doi.org/10.1111/cobi.12103>
- Pozo, C., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, M. A., Vargas-Fernández, I., Salas-Suárez, N.** (2005). Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas. Pp. 203–215. En: J. Llorente, J. J. Morrone (Eds.). Regionalización geográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología sistemática (RIBES XII.I-CYTED). Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.bionica.info/biblioteca/Pozo2005.pdf> (consultado 08 enero 2021).
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Warren, A. D.** (2008). Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul Region. *Florida entomologist*, 91 (3), 407–422.
- Pozo, C., Luis-Martínez, M. A., Salas-Suárez, N., Trujano-Ortega, M., Llorente-Bousquets, J.** (2014). *Mariposas diurnas: bioindicadoras de eventos actuales e históricos*. Pp. 327–347. En: C. A. González Z., A. Vallarino, J. C. Pérez J., A. M. Low P. (Eds.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. México, D.F.
- Ross, G. N.** (1967). A distributional study of the butterflies of the Sierra de Tuxtla in Veracruz, Mexico. Tesis de doctorado. University of Louisiana. USA. Disponible en: https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_disstheses/1315 (consultado 17 febrero 2021). 205 p.

- Sandoval, G., L. D.** (2017). La cría de mariposas como estrategia educativa en turismo de naturaleza. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Veracruz, México. 39 p.
- Suárez, A.M.M.** (2018). Zoo-cría y exportación de pupas de mariposas. Tesis de licenciatura. Universidad piloto de Colombia. Bogotá D.C. 56 p.
- Torrealba, I., Carbonell F.** (2002). *Los mariposarios del Área de Conservación Arenal y su zona de influencia. Manual de apoyo para su producción sostenible*. En: Torrealba y Carbonell (eds), Informe final de proyecto de investigación: Integrando la conservación y el manejo de plagas en los Mariposarios del Área de Conservación Arenal-Tilarán. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Área de Conservación Arenal y ONG-MERALVIS. Costa Rica.
- Van Swaay, C. A. M.** (2014). Tracking butterflies for effective conservation. Tesis doctoral. Wageningen University, Países Bajos. 73 p.
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (1992). Listado Lepidoptero-faunístico de la Sierra de Atoyac de Álvarez en el estado de Guerrero: Notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia entomológica mexicana*, 86, 41–178. Disponible en: <http://repositorio.fciencias.unam.mx:8080/xmlui/handle/11154/139869?show=full> (consultado 17 marzo 2021).
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A.** (1999). Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la sierra de Manantlán (250-1,650 m) en los estados de Jalisco y Colima. *Publicaciones especiales del Museo de Zoología*, 11, 153
- Vázquez-Villa, B.M., Reyes-Hernández, H., Leija-Loredo, E.G., Rivera-González, J.G., Morera-Beita, C.** (2020). Environmental governance and conservation. Experiences in two natural protected areas of Mexico and Costa Rica. *Journal of Land Use Science* 15 (6), 707-720.
- Warman Gryj, J.** (1999). Cultivo extensivo y comercialización de mariposas de la región de Chajul. Etapa II. Centro de Tecnología Electrónica e Informática. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J004. México D. F. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJ004.pdf> (consultado: 11 enero 2023)

Anexo 7. Catálogo de especies bioindicadoras ecológicas registradas en la RBSAT, según a Orta *et al.* (2022) en orden alfabético.

Especies identificadas como bioindicadoras ecológicas de conservación						
	Nombre científico con autor	SBE	SBC	SBSC	SMSC	Total
1	<i>Anaea troglodyta aidea</i> (Guérin-Méneville, [1844])	697	917	446	13	2073
2	<i>Archaeoprepona demophon centralis</i> (Fruhstorfer, 1905)	11	43	18	20	92
3	<i>Archaeoprepona demophoon gulina</i> (Fruhstorfer, 1904)	0	4	10	1	15
4	<i>Astrartes fulgurator azul</i> (Reakirt, [1867])	0	4	2	2	8
5	<i>Eunica tatila tatila</i> (Herrich-Schäffer, [1855])	4	1	3	3	11
6	<i>Fountainea eurypyle confusa</i> (A. Hall, 1929)	1	3	2	6	12
7	<i>Hamadryas guatemalena marmarice</i> (Fruhstorfer, 1916)	19	10	8	2	39
8	<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847	3	18	1	1	23
9	<i>Heliopetes laviana laviana</i> (Hewitson, 1868)	1	1	10	0	12
10	<i>Hemiargus ceraunus astenidas</i> (Lucas, 1857)	0	1	0	0	1
11	<i>Historis acheronta acheronta</i> (Fabricius, 1775)	0	0	1	0	1
12	<i>Memphis forreri</i> (Godman & Salvin, 1884)	40	76	27	2	145
13	<i>Memphis pithyusa pithyusa</i> (R. Felder, 1869)	911	2395	1013	39	4358
14	<i>Morpho helenor montezuma</i> Guenée, 1859	3	3	29	194	229
15	<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	11	13	6	0	30
16	<i>Synapte pecta</i> Evans, 1955	0	0	0	1	1
					Total	7050

Especies identificadas como bioindicadoras ecológicas de disturbio						
	Nombre científico con autor	SBE	SBC	SBSC	SMSC	Total
1	<i>Anartia fatima fatima</i> (Fabricius, 1793)	0	1	0	3	4
2	<i>Anartia jatrophae luteipicta</i> Fruhstorfer, 1907	0	0	5	2	7
3	<i>Anthanassa argentea</i> (Godman & Salvin, 1882)	0	0	1	0	1
4	<i>Anthanassa texana texana</i> (W. H. Edwards, 1863)	2	1	40	4	47
5	<i>Danaus eresimus montezuma</i> Talbot, 1943	1	1	2	0	4
6	<i>Danaus gilippus thersippus</i> (H. Bates, 1863)	0	0	0	2	2
7	<i>Doxocopa laure laure</i> (Drury, 1773)	8	13	4	1	26
8	<i>Doxocopa pavon theodora</i> (Lucas, 1857)	0	5	2	0	7
9	<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)	19	22	30	18	89
10	<i>Epiphile adrasta adrasta</i> Hewitson, 1861	0	0	1	23	24
11	<i>Eumaeus toxea</i> (Godart, [1824])	0	4	0	0	4
12	<i>Euptoieta claudia daunius</i> (Herbst, 1798)	0	4	1	0	5
13	<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	19	33	29	15	96
14	<i>Eurema दौर eugenia</i> (Wallengren, 1860)	0	2	4	1	7
15	<i>Eurema mexicana mexicana</i> (Boisduval, 1836)	1	5	6	2	14
16	<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> (Lamas, 1981)	86	136	208	123	553

17	<i>Hamadryas februa ferentina</i> (Godart,[1824])	101	60	35	0	196
18	<i>Heliconius charithonia vazquezae</i> W.P.W. Comstock & F. Brown, 1950	46	32	51	22	151
19	<i>Heraclides thoas autocles</i> (Rothschild & Jordan, 1906)	0	0	0	1	1
20	<i>Mestra dorcas amymone</i> (Ménétriés, 1857)	3	10	11	3	27
21	<i>Phoebis philea philea</i> (Linnaeus, 1763)	6	0	0	0	6
22	<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i> (W. F. Kirby, 1884)	1	0	0	0	1
23	<i>Pyrisitia dina westwoodi</i> (Boisduval, 1836)	33	25	8	3	69
24	<i>Pyrisitia lisa centralis</i> (Herrich-Schäffer,1865)	5	5	11	1	22
25	<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	6	16	11	0	33
26	<i>Pyrisitia proterpia proterpia</i> (Frabicius, 1775)	3	2	4	0	9
27	<i>Pyrgus communis communis</i> (Grote, 1872)	0	0	2	0	2
28	<i>Pyrgus oileus</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	16	1	17
29	<i>Siproeta stelens biplagiata</i> (Fruhstorfer, 1907)	38	80	89	50	257
30	<i>Temenis laothoe hondurensis</i> Fruhstorfer,1907	1	3	0	8	12
31	<i>Ypthimoides renata</i> (Stoll, 1780)	0	3	0	2	5
32	<i>Zerene cesonia cesonia</i> (Stoll, 1790)	1	0	0	0	1
					Total	1699

Especies identificadas como bioindicadoras ecológicas de ambas categorías						
	Nombre científico con autor	SBE	SBC	SBSC	SMSC	Total
1	<i>Biblis hyperia aganisa</i> Boisduval, 1836	5	3	2	2	12
3	<i>Hamadryas glauconome glauconome</i> (H.W.Bates, 1864)	111	23	27	1	162
2	<i>Myscelia ethusa ethusa</i> [Doyère, (1840)]	862	225	263	41	1391
					Total	1565