



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Patrones de distribución, riqueza y endemismo de
Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (Lepidoptera:
Papilionoidea) en la Faja Volcánica Transmexicana,
México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

CHRISTIAN ADOLFO SANTIAGO GONZÁLEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. MOISÉS ARMANDO LUIS MARTÍNEZ**

Ciudad Universitaria, CD. MX., 2025



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

Santiago

González

Christian Adolfo

55 27 15 66 06

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

316326993

2. Datos del tutor

M. en C.

Moisés Armando

Luis

Martínez

3. Datos del sinodal 1

Dr.

Alejandro

Zaldívar

Riverón

4. Datos del sinodal 2

Dr.

Arturo

García

Gómez

5. Datos del sinodal 3

M. en D.

Marcela Patricia

Ibarra

González

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

María de las Mercedes

Luna

Reyes

7. Datos del trabajo escrito.

Patrones de distribución, riqueza y endemismo de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en la Faja Volcánica Transmexicana, México

75 p.

2025

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme una formación académica invaluable durante estos años. A la Facultad de Ciencias, por el conocimiento que adquirí en la carrera de Biología, y en especial a la colección de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” y a su megabase de datos “MARIPOSA”, cuyos registros de muestreo hicieron posible este proyecto.

Asimismo, agradezco el apoyo del proyecto PAPIIT IN212925: Análisis Integral de la Diversidad y Endemismo de las Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) de México: Morfología, Sistemática, Biogeografía y Evolución, que contribuyó significativamente al desarrollo de esta investigación.

A mi asesor de tesis, M. en C. Moisés Armando Luis Martínez, por confiar plenamente en mí y por su paciencia infinita. Gracias por esperarme todo el tiempo que necesité para estabilizar mi vida y poder avanzar con este trabajo.

Al comité sinodal por su invaluable retroalimentación a lo largo de este proceso, que ha fortalecido y enriquecido enormemente este proyecto.

A Monserrat Martínez García, con quien pasé prácticamente toda la carrera, apoyándonos en los buenos y malos momentos. Querida Mon, eres una persona especial: en este mundo donde la fuerza lo es todo, tú superas los obstáculos con tu ingenio y tu capacidad. Eres mi esperanza; aunque me lastimen y me pisoteen, quiero resistir, correr y vivir con total libertad, como tú lo haces. Ahora pienso así gracias a ti.

Finalmente, pero no menos importante, a mis amigos y compañeros de la licenciatura en Biología, quienes me enseñaron lecciones inolvidables sobre la vida, la verdadera amistad y el respeto. Gracias a ustedes, este camino ha sido mucho más significativo.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño a mi familia, pilar fundamental de mi vida, y a las personas que me han acompañado en este camino con su apoyo incondicional.

A mi madre, Adriana González Cruz, la persona que más admiro en este mundo. Día tras día has luchado incansablemente para darme la oportunidad de culminar mis estudios profesionales, asumiendo con fuerza y amor el rol de una madre ejemplar. Soy quien soy gracias a ti; cada paso que doy lleva tu esfuerzo y tus sacrificios. Aunque me ofrecieran otra vida, no la cambiaría por nada, porque tenerte a mi lado es mi mayor alegría. Sé que estás agotada, y por eso te prometo que algún día recompensaré todo lo que has hecho por mi hermana y por mí.

A mi hermana menor, Danna Paulina Santiago González, mi compañera de vida y mi gran apoyo incondicional. Gracias por esas noches en vela conmigo, ya sea jugando o simplemente platicando, llenando mi mundo de risas y complicidad. Espero que tu futuro sea brillante, incluso más que el mío, y aunque he cometido errores que no puedo deshacer, siempre estaré pendiente de ti. Quiero verte terminar tus estudios y alcanzar la vida que sueñas, porque mereces todo lo que el mundo no pudo darnos.

A Carlos Zacarías Gallardo, quien se convirtió en mi figura paterna. Gracias por tu paciencia, por tus consejos llenos de sabiduría y por enseñarme, con el tiempo, a ser una mejor persona. Tu apoyo ha sido un refugio en los momentos difíciles.

A mi tío, Juan Ángel González Cruz, por enseñarme con dedicación el oficio de la carpintería, compartiendo conmigo tu habilidad y tu pasión por el trabajo. Gracias por darme una herramienta que llevo conmigo con orgullo.

A mi tío, Socorro Santiago Martínez, por ayudarnos a terminar de remodelar la casa que mi padre, Alberto Santiago Martínez (que en paz descansa), nos dejó con tanto esfuerzo y sacrificio. Tu dedicación y tu constancia no sólo levantaron paredes, sino que nos dieron un hogar más fuerte.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. ANTECEDENTES	10
3.1. Patrones de distribución geográfica	10
3.2. Regionalización Biogeográfica	11
3.3. Papilionoidea.....	13
3.3.1 Papilionoidea y su importancia en estudios de riqueza	15
2.4. Base de Datos “MARIPOSA”	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1. Fuentes de información y errores en la georreferenciación	16
5. OBJETIVOS	17
5.1. Objetivo general	17
5.2. Objetivos particulares.....	17
6. MATERIALES Y MÉTODOS	18
6.1. Área de estudio.....	18
6.1.1. Faja Volcánica Transmexicana (FVT)	18
6.1.2. Delimitación del área de estudio	21
6.2. Base de datos	22
6.3. Identificación de los patrones de riqueza de las especies en la FVT	23
6.4. Medición de variables	24
7. RESULTADOS.....	27
7.1. Composición taxonómica.....	27
7.2. Representación general de las tres familias.....	27
7.3. Diversidad	28
7.3.1. Riqueza por localidad	29
7.3.2. Localidades con mayor abundancia.....	29

7.3.3. Riqueza por altitud.....	29
7.3.4. Riqueza por tipo de vegetación	30
7.3.5. Representatividad de la riqueza.....	30
7.4. Diversidad de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae	30
7.4.1. Riqueza por localidad	34
7.4.2. Localidades con mayor abundancia.....	34
7.4.3. Riqueza por altitud.....	34
7.4.4. Riqueza por tipo de vegetación	35
7.4.5. Representatividad de la riqueza.....	35
7.5. Mapas de muestreo.....	36
7.5.1 Distribución geográfica por familia y diferencias	38
7.6. Riqueza y distribución geográfica.....	39
7.6.1. Patrones de diversidad.....	40
7.7. Distribución de las UGOs y patrones espaciales.....	43
7.8. Endemismo.....	44
7.9. Índices de diversidad en las comunidades.....	46
8. DISCUSIÓN	47
8.1. Patrones de distribución y división longitudinal en la FVT.....	47
8.2. Diversidad y heterogeneidad ecológica en la FVT	47
8.3. Endemismo y su significado ecológico	48
8.4. Influencia de la vegetación y la transformación agrícola en la biodiversidad	49
8.5. Implicaciones para la conservación y prioridades de manejo	49
9. CONCLUSIONES	51
10. REFERENCIAS.....	52
Anexo 1.....	60

RESUMEN

La Faja Volcánica Transmexicana (FVT) es una región de alta complejidad ambiental y biogeográfica, cuya diversidad de mariposas diurnas (Papilionoidea) aún no está completamente caracterizada. Este estudio analizó los patrones de distribución, riqueza y endemismo de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, comparando las zonas Oeste y Este de la FVT. Se obtuvo una lista de 319 especies, con mayor riqueza en la zona Este (288 especies) que en la Oeste (202 especies). La zona Este también mostró mayor diversidad, con índices Margalef (34.96 vs. 26.26), Fisher alpha (73.17 vs. 54.98), Simpson (0.9933 vs. 0.9902) y Shannon (5.303 vs. 4.902) más altos, indicando una mayor equitatividad en la distribución de especies. El índice de Bray-Curtis reveló un 59.32% de disimilitud en la composición de las comunidades entre ambas zonas, influenciada por la orografía y el clima. De las 319 especies/subespecies, 78 son endémicas, con 25 exclusivas del Oeste y 18 del Este, lo que refleja una distribución desigual posiblemente asociada a la estabilidad geológica del Oeste como refugio histórico. Destaca *Cyllopsis dospassosi* (Nymphalidae: Satyrinae), hallada en un área de agricultura de temporal en la zona Este, como la única especie estrictamente endémica, lo que resalta el papel de la FVT como centro de especiación, incluso en paisajes modificados. La heterogeneidad ambiental, la complejidad orográfica y la fragmentación del paisaje por actividades antropogénicas han reducido la vegetación primaria, restringiendo las especies a remanentes forestales que actúan como refugios. Estos hallazgos subrayan la importancia de la FVT como región clave para la diversidad y el endemismo en México, y destacan la necesidad de estrategias de conservación que promuevan la conectividad ecológica mediante corredores biológicos y la restauración de hábitats.

Palabras Clave: Base de datos; Sistemas de Información Geográfica; Regionalización; Diversidad; Endemismo.

1. INTRODUCCIÓN

México es un país megadiverso gracias a su compleja historia geológica, posición geográfica, fisiografía y gran variación de tipos climáticos. Estos factores han generado una biodiversidad excepcional, manifestada en tres niveles: 1) diversidad específica, reflejada en la gran variedad de especies de flora, fauna, hongos y protistas; 2) diversidad genética, presente dentro de las poblaciones de estas especies; y 3) diversidad de ecosistemas, que incluye una amplia gama de ambientes terrestres y acuáticos, tanto en el territorio continental como insular (Semarnat, 2016). Esta rica biodiversidad se refleja en patrones de distribución que destacan la singularidad de las regiones bióticas de México. Los patrones biogeográficos de los taxones en México exhiben una gran complejidad (Morrone, 2019). Comprender su origen y los procesos que los han moldeado revela que la distribución de las especies no es aleatoria, sino que sigue patrones repetitivos en el espacio geográfico (Morrone, 2008), reflejo de procesos históricos y ecológicos bien definidos. Bajo esta premisa, De Candolle (1820), en su obra *Geographie Botanique*, denominó a estas especies “aborígenes” o endémicas, resaltando su importancia en la identidad biológica de cada región. A partir del estudio de la distribución de las especies endémicas, se han establecido sistemas de regionalización biogeográfica que dividen la Tierra en unidades jerárquicas de acuerdo con su biota. Escalante (2009), señala que este sistema funciona de una manera similar a la clasificación taxonómica, organizando las áreas geográficas en distintos niveles. Dentro de esta jerarquía, se reconocen categorías como reinos, regiones, dominios, provincias y distritos (Cabrera & Willink, 1973; Brown & Lomolino, 1998), aunque también se consideran niveles intermedios como subregiones, subdominios y subprovincias (Escalante, 2009).

La historia biogeográfica de México ha impulsado múltiples esfuerzos para definir y caracterizar sus regiones. Diversos autores han propuesto esquemas de regionalización basados en diferentes criterios (Arriaga *et al.*, 1997; Cabrera & Willink, 1973; Halffter, 1987; Hernández-Baños *et al.*, 1995; Liebherr, 1994; Morrone, 2001a, 2005, 2006; Rosen, 1975; Rzedowski, 1978; Samek, 1988; Smith, 1941; Stuart, 1964; Zink *et al.*, 2000), lo que ha permitido ampliar el conocimiento sobre la distribución de la biodiversidad en el país. En este sentido, la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) destaca como una de las regiones bióticas más relevantes del país, debido a su orografía única y a su función como zona de transición entre las biotas neártica y neotropical (Morrone, 2019). Su delimitación ha sido respaldada por distintos trabajos analíticos, como los análisis de parsimonia de endemismos, la cladística, la fenética y la panbiogeografía (Suárez-Mota *et al.*, 2013), proporcionando una visión más precisa de los patrones de distribución y diversidad biológica en la región. Existen diversas propuestas de regionalización para la FVT, algunas de las cuales se basan en esquemas faunísticos que buscan analizar y clasificar la distribución geográfica de las especies. Varias investigaciones han centrado su atención en la distribución de insectos del subfilo Hexápoda, como los trabajos de Morrone y Gutiérrez (2005) sobre pulgas (Siphonaptera), los de Corona *et al.* (2007) y de Toledo *et al.* (2007) relacionados con taxones del orden Coleoptera, que ofrecen una visión integral de la distribución de estos grupos. Sin embargo, aún persiste un vacío significativo en el conocimiento de los patrones de distribución geográfica de otros taxones hiperdiversos de insectos, como Lepidoptera, cuya información sigue siendo escasa en la FVT.

Con el fin de llenar este vacío, esta tesis tiene como objetivo explorar, describir y evaluar los patrones de diversidad de tres de las seis familias de Papilionoidea (*sensu lato*) (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014), conocidas comúnmente como mariposas diurnas, registradas en la FVT. A partir de esta labor, se busca determinar la riqueza de especies y los patrones de endemismo dentro de la región, contribuyendo al entendimiento de su biodiversidad.

2. JUSTIFICACIÓN

El estudio de los patrones de distribución y riqueza de especies de mariposas diurnas en la FVT, México, se justifica por la diversidad biológica de la región y los factores ecológicos que la caracterizan, dentro del marco de un país megadiverso (Semarnat, 2016). La FVT, reconocida como una zona de transición entre la biota neártica y neotropical (Halffter, 1987), alberga una biodiversidad excepcional caracterizada por una alta riqueza de especies, un elevado número de endemismos y una notable diversidad de hábitats con alta simpatria entre taxones (Morrone, 2019); sin embargo, los patrones de distribución de grupos hiperdiversos de insectos como los Lepidoptera carecen de información detallada sobre su diversidad y distribución en ella. Ante esta situación, este trabajo aborda este vacío al examinar la distribución geográfica de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae de Papilionoidea, aprovechando su valor como bioindicadores (McGeoch, 2007), con la finalidad de evaluar la diversidad y el endemismo en la región.

Este proyecto se fundamenta en la base de datos “MARIPOSA” (Luis-Martínez *et al.*, 2005) del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, una herramienta esencial que permite una exploración minuciosa de más de 550,000 registros (Navarro-Sigüenza, 2020). Esto no solo facilita la identificación de áreas con alta riqueza y endemismo, sino que también contribuye a consolidar los esquemas de regionalización biogeográfica en México (Morrone, 2001a, 2005, 2006, 2019). En este esfuerzo, se examinará la marcada diferenciación biótica entre los sectores oriental y occidental de la FVT, descrita por varios autores (Gámez *et al.*, 2012), para determinar si esta se manifiesta en estos taxones, resaltando la importancia de las evaluaciones que documentan los patrones de distribución y diversidad influenciados por factores históricos, geográficos, climáticos y antropogénicos.

Los resultados de esta tesis tienen implicaciones prácticas para la conservación, al señalar áreas prioritarias en una región vulnerable a los cambios ambientales. Al integrar enfoques de diversidad alfa y beta (Whittaker, 1960), esta investigación fortalece el marco teórico de la biogeografía y proporciona datos esenciales para la gestión sostenible de uno de los hotspots de biodiversidad más relevantes de México, consolidando su aporte al conocimiento científico y a la preservación de la biodiversidad mexicana en un contexto global.

3. ANTECEDENTES

3.1. Patrones de distribución geográfica

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los organismos en el tiempo y el espacio, con el propósito de describir y comprender los patrones de distribución geográfica de las especies (Morrone, 2001b). Dentro de este campo, Halffter *et al.* (2008) definen el patrón de distribución como la síntesis de los rasgos esenciales que caracterizan la distribución de un conjunto de organismos, los cuales, originados o integrados en un área y tiempo determinados, coexisten bajo las mismas condiciones geográficas y están sujetos a presiones macroecológicas similares a lo largo de un periodo prolongado, lo que les confiere una historia biogeográfica común. En consecuencia, la diversidad y el endemismo son aspectos fundamentales en la identificación de patrones de distribución. La perspectiva clásica de R. H. Whittaker (1960), en donde establece que la diversidad biológica puede analizarse en distintos niveles: local (diversidad alpha) y regional (diversidad gamma), donde la relación entre ambas se conoce como diversidad beta. Este último concepto refleja las diferencias en la composición de especies entre comunidades dentro de una misma región y permite evaluar la variabilidad biológica a nivel espacial.

Las variaciones en la diversidad beta pueden responder a dos procesos principales: a) el reemplazo de especies entre distintos sitios (turnover), y b) la pérdida de especies del lugar más diverso al menos diverso (nestedness) (Baselga & Rodríguez, 2019). En el primer caso, la composición específica varía mediante sustituciones, mientras que, en el segundo, la diferencia se debe a la ausencia progresiva de especies sin reemplazo. Por otro lado, el patrón de endemismo se define a partir de la recurrencia, superposición o concentración de las áreas de distribución de especies endémicas (Noguera-Urbano, 2017). Es así como, el endemismo se refiere a la presencia de especies con una distribución restringida a una región específica (Morrone, 2020).

Diversas investigaciones han analizado la biota de la FVT, señalando la marcada diferenciación biótica entre su sector oriental y occidental. Gámez *et al.* (2012), destacan que esta distinción ha sido ampliamente documentada para distintos grupos taxonómicos; el patrón biogeográfico de los mamíferos ha sido respaldado por diversos enfoques metodológicos: Fa y Morales (1991) identificaron dos regiones con alta concentración de taxones: una en el occidente y otra en el sureste del país. Además, documentaron un gradiente de diversidad de este a oeste en los órdenes Rodentia, Lagomorpha y Artiodactyla. Por otro lado, Escalante *et al.* (2007), mediante un análisis panbiogeográfico, delimitaron dos unidades biogeográficas: una en la zona oriental y otra en la occidental, que fueron asignadas a la categoría de distrito (Fig. 1).

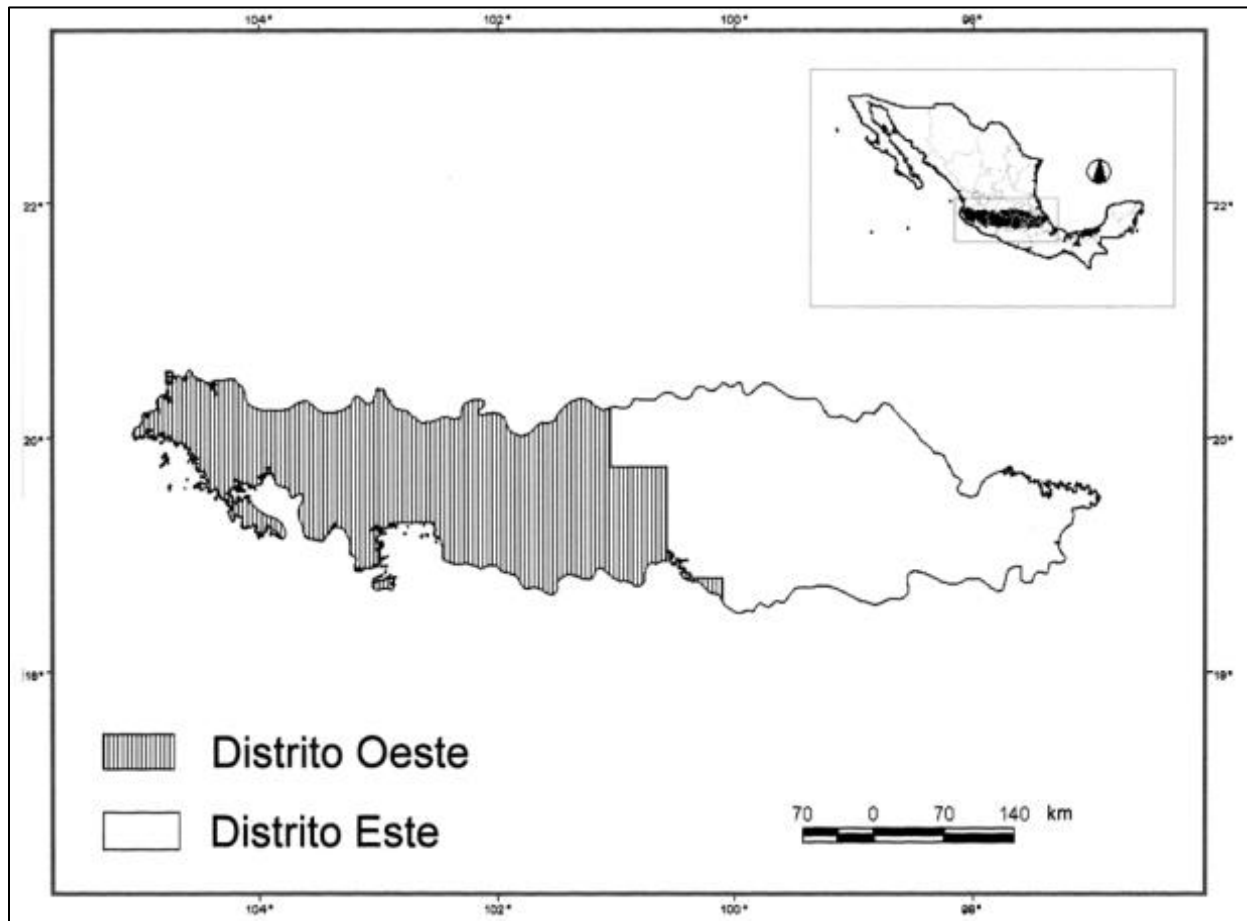


Figura 1. Propuesta de regionalización para la FVT de Escalante *et al.*, (2007); distrito Oeste y Este (Gómez *et al.*, 2012).

Navarro-Sigüenza *et al.* (2007) examinaron la distribución de aves y reconocieron esta misma división, vinculándola con la geomorfología y las condiciones ecológicas actuales. Respecto a la herpetofauna, Flores-Villela y Canseco-Márquez (2007) documentaron un patrón de diversidad beta que sigue un gradiente de este a oeste, mientras que el endemismo en reptiles mostró una tendencia inversa, concentrándose en mayor medida en el sector oriental. En el caso de las plantas, Villaseñor y Ortiz (2007) identificaron un patrón de endemismo en Asteraceae con un gradiente de oeste a este, señalando dos áreas con alta concentración de especies endémicas: una en Veracruz y otra en Jalisco. El registro paleontológico también respalda esta diferenciación. Velasco de León *et al.* (2007) identificaron tres agrupaciones principales de áreas: un sector oriental (Puebla, Tlaxcala, Veracruz), un sector central y un sector occidental (Colima, Jalisco, Nayarit). Estos estudios refuerzan la noción de que la FVT, no constituye una unidad biogeográfica homogénea, sino que presenta diferencias bien definidas entre su sector oriental y occidental.

3.2. Regionalización Biogeográfica

La regionalización biogeográfica, se define como un sistema jerárquico que organiza las áreas geográficas en función de su biota (Escalante, 2009). Este enfoque permite dividir un territorio en unidades menores con características compartidas (Arriaga *et al.*, 2000). Dentro de esta jerarquía, el nivel más alto corresponde a los reinos, seguidos por regiones, dominios, provincias y distritos (Cabrera & Willink, 1973; Brown & Lomolino, 1998). Además, se reconocen categorías

intermedias como subregiones, subdominios y subprovincias, las cuales permiten precisar aún más la delimitación biogeográfica (Escalante, 2009). Para que un esquema de regionalización biogeográfica sea válido, debe estar respaldado por patrones de homología biogeográfica. En este sentido, la distribución simpátrida (superposición perfecta) de especies endémicas representa un criterio fundamental, ya que, aunque estas especies tengan historias evolutivas y relaciones filogenéticas independientes, su simpatria geográfica responde a una historia biogeográfica común (Morrone, 2001c, 2004a; Escalante, 2009).

La regionalización biogeográfica de México ha sido un tema de estudio recurrente a lo largo del tiempo, con enfoques que han evolucionado conforme se han desarrollado nuevas metodologías y perspectivas taxonómicas; así como, el reconocimiento geográfico de la biota. Uno de los primeros intentos por establecer una delimitación biogeográfica fue realizado por Smith (1941), quien propuso una clasificación en provincias bióticas basada en la distribución de lagartijas del género *Sceloporus*, argumentando que su diversidad, amplio rango altitudinal y presencia en distintos hábitats las convertían en un grupo adecuado para definir patrones zoogeográficos.

Años más tarde, Stuart (1964) llevó a cabo un análisis detallado sobre la fauna de vertebrados en México y Centroamérica, estableciendo un esquema de regionalización que incluía 16 provincias en el territorio mexicano. Su propuesta consideraba la composición faunística y la presencia de barreras geográficas como factores determinantes en la distribución de especies. Cabrera y Willink (1973) propusieron una regionalización biogeográfica para América Latina y el Caribe, dividiendo a México en cuatro provincias, organizadas en dos regiones y tres dominios.

Rosen (1975) introdujo un análisis panbiogeográfico centrado en la distribución de distintos taxones animales, lo que permitió identificar trazos biogeográficos que conectan México con América Central y el Caribe. Posteriormente, Rzedowski (1978) aplicó un enfoque fitogeográfico y estableció 17 provincias florísticas basadas en criterios fisiográficos-climáticos, lo que permitió una mejor integración de la información sobre vegetación y su relación con los factores ambientales. Siguiendo esta línea, Halffter (1987), siguió con el desarrollo de su teoría de la Zona de Transición Mexicana, destacando a México como un área de convergencia entre la fauna neártica y neotropical. A través de la exploración de los escarabajos coprófagos, identificó patrones de dispersión y diferenciación biogeográfica, proporcionando un marco conceptual ampliamente utilizado en investigaciones posteriores.

Desde una perspectiva fitogeográfica, Samek (1988) incluyó a México dentro de la subregión Centroamericana de la región del Caribe, resaltando la relación entre las comunidades vegetales del país y las de América Central y el Caribe. Su esquema de regionalización subrayó la influencia de factores geológicos y climáticos en la distribución de la flora mexicana. Liebherr (1994) aplicó un enfoque biogeográfico cladístico en el análisis de carábidos (Coleoptera: Carabidae), identificando patrones de distribución que respaldaban la existencia de la Zona de Transición Mexicana. Su labor evidenció el papel de la FVT y las Sierras Madre como barreras biogeográficas que han influido en la diferenciación de múltiples especies.

El análisis de la avifauna también ha aportado evidencia sobre los patrones biogeográficos del país. Hernández-Baños *et al.* (1995) examinaron la distribución de aves en bosques húmedos de montaña en México y América Central, revelando conexiones biogeográficas entre el Eje Neovolcánico y otras zonas montañosas de Mesoamérica. De manera complementaria, Zink *et al.* (2000) realizaron análisis filogeográficos en diversas especies de aves para evaluar la diferenciación genética entre las poblaciones de Norteamérica. Su trabajo proporcionó evidencia

molecular que respalda la existencia de barreras biogeográficas en el territorio mexicano, contribuyendo a la delimitación de unidades biogeográficas basadas en datos genéticos.

A finales del siglo XX, las contribuciones de Arriaga *et al.* (1997) consolidaron una regionalización biogeográfica para México, generando un esquema de consenso que integraba múltiples sistemas biogeográficos previos. Finalmente, Morrone (2001a, 2005, 2006, 2019) y Morrone *et al.* (2017) propusieron un modelo basado en la evaluación de diversos grupos taxonómicos, estableciendo 14 provincias biogeográficas con componentes Neárticos y Neotropicales, delimitando la Zona de Transición Mexicana como un área clave en la estructuración biogeográfica del país. A lo largo de estas investigaciones, la FVT ha sido reiteradamente reconocida como una unidad biogeográfica clave. Si bien su clasificación ha variado según los criterios empleados, su importancia como zona de interacción entre las biotas neártica y neotropical es ampliamente reconocida.

3.3. Papilionoidea

Se estima que México puede estar albergando aproximadamente 23,750 especies del orden Lepidoptera, de las cuales cerca de 14,500 han sido descritas y documentadas, lo que equivale a alrededor del 10% de la diversidad mundial (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Esta cifra contempla tanto a los denominados macrolepidópteros como a los microlepidópteros, aunque esta distinción es de carácter tradicional y no refleja relaciones filogenéticas naturales (Scoble, 1995). Dentro de este grupo, las mariposas diurnas (Papilionoidea *sensu lato*) constituyen uno de los conjuntos más estudiados. Esta superfamilia está conformada por seis familias: Hesperidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae y Nymphalidae, siendo Pieridae y Papilionidae las más investigadas, seguidas por Nymphalidae, Hesperidae y Lycaenidae (Luis-Martínez *et al.*, 2000; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Estudios recientes basados en datos moleculares han propuesto la inclusión de la familia Hedyliidae dentro de Papilionoidea, señalando además la reafirmación de Hesperidae como parte de esta superfamilia. Bajo esta perspectiva, Hedyliidae, tradicionalmente considerada entre las “mariposas nocturnas”, se reconoce como grupo hermano del resto de Papilionoidea (Espeland *et al.*, 2018). No obstante, estas propuestas aún no han sido plenamente aceptadas; por ejemplo, Cong *et al.* (2017) sugieren que Riodinidae podría integrarse como una subfamilia dentro de Lycaenidae, lo que evidencia que la clasificación de estos grupos sigue siendo objeto de debate.

Gracias a revisiones recientes que combinan bases de datos, colecciones científicas y análisis especializados, se ha ajustado la cifra de especies de Papilionoidea en México a aproximadamente 1,700, con una estimación final que podría alcanzar las 1,900 especies (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Estos trabajos no solo han permitido precisar el número de especies existentes en el país, sino también profundizar en el conocimiento de su distribución geográfica y niveles de endemismo. Las listas más actuales no solo integran información sobre su riqueza estatal y el endemismo, sino que también proporcionan datos detallados sobre su distribución en los distintos estados y provincias biogeográficas del país (Llorente-Bousquets *et al.*, 2006; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014; Vargas-Fernández *et al.*, 2016). Con base en estos registros, el Cuadro 1 muestra datos específicos sobre la riqueza de especies y el endemismo de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en los estados donde cruza la FVT, mientras que el Cuadro 2 registra las especies y subespecies descritas en el país, consolidando así un panorama más completo de su diversidad y distribución.

Cuadro 1. Riqueza y endemismo de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en los estados donde cruza la FVT (modificado de Llorente-Bousquets *et al.*, 2014).

Estados	Papilionidae		Pieridae		Nymphalidae		Total	
	sspp.	spp.	sspp.	spp.	sspp.	spp.	sspp.	spp.
Ciudad de México	6/1	6/0	30/5	30/2	49/9	49/5	85/15	85/7
Colima	30/14	29/2	37/6	37/1	141/42	139/15	208/62	295/18
Estado de México	19/7	19/1	34/6	34/3	95/25	94/11	148/38	147/15
Guanajuato	9/3	9/0	26/3	26/1	38/4	37/3	73/10	72/4
Guerrero	32/17	31/3	46/11	45/3	225/77	216/22	303/105	292/28
Hidalgo	27/5	26/1	46/7	46/3	169/19	166/7	242/31	238/11
Jalisco	26/14	26/3	44/10	44/3	179/57	176/18	249/81	246/24
Michoacán	29/15	28/3	44/9	44/3	173/50	168/15	246/74	249/21
Morelos	26/13	26/2	37/5	37/2	149/40	143/15	212/58	206/19
Nayarit	25/12	24/1	37/4	37/1	145/40	144/12	207/56	205/14
Puebla	34/5	33/2	49/7	49/2	229/30	224/15	312/42	306/19
Querétaro	15/1	15/0	34/4	34/1	48/4	48/3	97/9	97/4
Tlaxcala	4/0	4/0	16/1	16/0	25/2	25/0	45/3	45/0
Veracruz	39/4	38/1	60/11	58/3	331/52	319/25	430/67	415/29
FVT	38/12	29/2	48/9	45/3	267/61	239/22	353/82	313/27

Riqueza/Endémicos. **spp.:** Número de especies, **sspp.:** Número de subespecies.

Cuadro 2. Especies y subespecies descritas de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (modificado de Llorente-Bousquets *et al.*, 2014).

Familia	Descritas	
	spp.	sspp.
Papilionidae	48	76
Pieridae	75	105
Nymphalidae	411	527
Total	534	708

spp.: Número de especies, **sspp.:** Número de subespecies.

3.3.1 Papilionoidea y su importancia en estudios de riqueza

El concepto de indicadores, se refiere a una especie o grupo de especies cuya presencia, abundancia o condición reflejan características ambientales específicas (Pozo *et al.*, 2015). Dado su amplio conocimiento taxonómico y su facilidad de identificación en campo, las mariposas diurnas (Papilionoidea) han sido utilizadas como un buen modelo en investigaciones de biodiversidad y conservación. Su sensibilidad a los cambios ambientales y su abundancia relativa han permitido que ecólogos, biogeógrafos y conservacionistas las consideren indicadores del estado de los ecosistemas y la riqueza biológica de distintas regiones (Cárdenas-Lugo *et al.*, 2015; Llorente-Bousquets *et al.*, 1993). McGeoch (2007, p. 145) propone tres categorías de indicadores o bioindicadores: 1) Indicador medioambiental: "Especie o grupo de especies que responde de forma predecible, de manera fácilmente observable y cuantificable, a una perturbación ambiental". 2) Indicador ecológico: "Especie o grupo de especies que demuestra los efectos del cambio ambiental (como la alteración del hábitat, la fragmentación y el cambio climático) sobre la biota o los sistemas bióticos". 3) Indicador de biodiversidad: "[...] Grupo de taxones (por ejemplo, género, tribu, familia u orden, [...]) o grupo funcional, cuya diversidad refleja alguna medida de la diversidad (por ejemplo, riqueza de caracteres, riqueza de especies, nivel de endemismo) de otros taxones [...]".

A partir de la década de 1990, los insectos han sido reconocidos ampliamente dentro de estas tres categorías, aunque su aplicación enfrenta retos, como la falta de conocimiento taxonómico en muchas especies aún no descritas (Pozo *et al.*, 2015). Sin embargo, Papilionoidea está bien documentada y estudiada, lo que la convierte en un grupo confiable y de gran importancia como bioindicador, permitiendo su uso en proyectos de biodiversidad.

2.4. Base de Datos “MARIPOSA”

La colección de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias de la UNAM, fue establecida en la segunda mitad de la década de 1970. Desde entonces, ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por diversos proyectos de investigación enfocados en el reconocimiento de la sistemática y biogeografía de la fauna mexicana, con el propósito de identificar la diversidad y sus patrones de distribución geográfica (Luis-Martínez *et al.*, 2005; Luis-Martínez, 2014; Navarro-Sigüenza, 2020).

La colección de Papilionoidea (*sensu lato*), con más de 300,000 ejemplares, junto con la megabase de datos “MARIPOSA”, alberga el mayor número de registros de mariposas diurnas en el país, superando los 600,000 registros. Estos se distribuyen en seis familias, 423 géneros y 1890 taxones, de los cuales 1182 son especies y 708 son subespecies (Luis-Martínez, 2014). La base de datos contiene la información de los registros obtenidos por el personal del Museo de Zoología durante las últimas cinco décadas de trabajo de campo (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Además de más de 100,000 registros con datos de los ejemplares depositados en las principales colecciones de los Estados Unidos y tres de las colecciones de México a lo largo del siglo XX-XXI (Navarro-Sigüenza, 2020).

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Fuentes de información y errores en la georreferenciación

El estudio de la distribución de las especies en el espacio geográfico y ecológico requiere información biológica precisa, obtenida a partir de registros georreferenciados que documentan su presencia puntual (Ríos-Muñoz & Espinosa-Martínez, 2019). Estos registros consisten en coordenadas geográficas —latitud y longitud— que permiten delimitar las áreas donde las condiciones ambientales, tanto físicas como ecológicas, favorecen la permanencia de la especie (Mota-Vargas *et al.*, 2019; Pulliam, 2000).

Los registros de presencia se obtienen de diversas fuentes de información, como la observación directa en campo, la literatura especializada, las colecciones científicas y las bases de datos (Mota-Vargas *et al.*, 2019). No obstante, su utilidad depende de la calidad y precisión de la información taxonómica y geográfica, ya que no siempre cumplen con los criterios necesarios para ser empleados en investigaciones de distribución geográfica. En este sentido, las bases de datos pueden presentar sesgos taxonómicos y geográficos que, en ocasiones, llevan a subestimar o sobreestimar el área de distribución de los taxones, lo que puede alterar o enmascarar sus patrones espaciales, como han mencionado Escalante *et al.* (2007). Para minimizar estos errores, es fundamental contar con un conocimiento sólido del grupo taxonómico en análisis y asegurarse de que los datos estén correctamente georreferenciados, lo que permitirá reflejar con mayor precisión la distribución de la especie en su entorno natural (Ríos-Muñoz & Espinosa-Martínez, 2019).

En este contexto, las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) constituyen un grupo ideal para evaluar patrones de distribución, riqueza y endemismo, debido a su sensibilidad a los cambios ambientales y a su amplia documentación taxonómica (Cárdenas-Lugo *et al.*, 2015; Llorente-Bousquets *et al.*, 1993). Para garantizar la precisión de los resultados, este proyecto empleó herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis de diversidad, apoyados en una rigurosa validación taxonómica y geográfica de los registros. De este modo, se buscó minimizar los sesgos y evidenciar con mayor fidelidad los patrones de distribución de este grupo taxonómico en la FVT.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

1) Determinar la riqueza de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae y analizar sus patrones de distribución geográfica en la FVT.

5.2. Objetivos particulares

1) Obtener y describir la riqueza de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en la FVT.

2) Analizar la distribución espacial de la riqueza de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en la FVT, empleando unidades geográficas operativas (UGOs).

3) Identificar especies endémicas de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en la FVT y caracterizar su distribución espacial.

4) Comparar los patrones de diversidad y composición de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae entre la zona Este y Oeste de la FVT.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

La Zona de Transición Mexicana está conformada por cinco provincias biogeográficas: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Cuenca del Balsas y Sierra Madre del Sur (Morrone, 2004b). Esta región destaca por su elevada diversidad biológica, resultado de complejos procesos de especiación impulsados por la intensa actividad volcánica que ha caracterizado la zona (Suárez-Mota *et al.*, 2013). Además de su dinamismo geológico, la Zona de Transición Mexicana es un área clave debido a la convergencia de las regiones Neártica y Neotropical (Halffter, 1987), debido a la compleja historia geológica, resultante en una conexión transversal entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. Factores como la variabilidad climática y las características edáficas, han generado condiciones propicias para la notable riqueza de especies que se observa en la región (Suárez-Mota *et al.*, 2013). Dentro de este entramado biogeográfico, la FVT resalta como una provincia delimitada con base en su composición florística y faunística, la cual ha sido analizada desde distintas metodologías, como la parsimonia de endemismos, la cladística, la fenética y la panbiogeografía (Suárez-Mota *et al.*, 2013). Aunque es reconocida como una unidad biogeográfica, su historia geológica y climática, junto con la distribución de sus especies, la convierten en una de las provincias más heterogéneas y complejas del territorio mexicano (Espinosa & Ocegueda, 2007).

6.1.1. Faja Volcánica Transmexicana (FVT)

Morrone (2001a, 2005, 2006, 2019) y Morrone *et al.* (2017) propusieron una regionalización de consenso basada en una síntesis de los análisis previos (*v. gr.* Morrone, 2001a, 2001d, 2002; Morrone *et al.*, 2002), que combinaban estudios panbiogeográficos y biogeográficos cladísticos de diferentes taxones de animales y plantas. En esta regionalización, se reconocieron 70 provincias biogeográficas para América Latina y el Caribe (Fig. 2) (Morrone, 2004b, 2005), y dentro de esta clasificación, Morrone (2019) identificó 14 provincias biogeográficas para México, divididas entre las regiones Neártica y Neotropical, con una zona de transición clave en la estructuración biogeográfica del país.



Figura 2. Provincias biogeográficas de América Latina y el Caribe (Morrone, 2004b): 1, California; 2, Baja California; 3, Sonora; 4, Altiplano Mexicano; 5, Tamaulipas; 6, Sierra Madre Occidental; 7, Sierra Madre Oriental; 8, Eje Volcánico Transmexicano; 9, Cuenca del Balsas; 10, Sierra Madre del Sur; 11, Costa del Pacífico Mexicano; 12, Golfo de México; 13, Península de Yucatán; 14, Chiapas; 15, Este de América Central; 16, Oste del Istmo de Panamá; 17, Bahamas; 18, Cuba; 19, Islas Caimán; 20, Jamaica; 21, La Española; 22, Puerto Rico; 23, Antillas Menores; 24, Chocó; 25, Maracaibo; 26, Costa Venezolana; 27, Trinidad y Tobago; 28, Magdalena; 29, Llanos Venezolanos; 30, Cauca; 31, Islas Galápagos; 32, Oeste del Ecuador; 33, Ecuador Árido; 34, Tumbes-Piura; 35, Napo; 36, Imerí; 37, Guyana; 38, Guyana Húmeda; 39, Roraima; 40, Amapá; 41, Varzea; 42, Ucayali; 43, Madeira; 44, Tapajos-Xingú; 45, Pará; 46, Pantanal; 47, Yungas; 48, Caatinga; 49, Cerrado; 50, Chaco; 51, Pampa; 52, Monte; 53, Bosque Atlántico Brasileño; 54, Bosque Paranaense; 55, Bosque de Araucaria angustifolia; 56, Páramo Norandino; 57, Desierto Peruano Costero; 58, Puna; 59, Atacama; 60, Prepuna; 61, Coquimbo; 62, Santiago; 63, Islas Juan Fernández; 64, Maule; 65, Bosque Valdiviano; 66, Bosque Magallánico; 67, Páramo Magallánico; 68, Islas Malvinas; 69, Patagonia Central; 70, Patagonia Subandina.

1) Aspectos fisiográficos y geopolíticos. La FVT, también conocida como Eje o Cinturón Volcánico Transmexicano, es un sistema de cordilleras y volcanes de diversas edades que se extiende a lo largo de una franja que atraviesa el centro del país de oeste a este, desde Cabo Corrientes, Nayarit, hasta la Sierra de Chinconquiaco, en Veracruz (Espinosa & Ocegueda, 2007). Sus límites aproximados están entre los 18°40' y 20°55' de latitud norte, y entre los 96°30' y 105°20' de longitud oeste (Escalante *et al.*, 2007).

Con una superficie aproximada de 155,156 km² -equivalente al 8% del territorio nacional-, la FVT abarca un rango altitudinal que va de los 1000 metros hasta más de 5000 metros sobre el nivel del mar, aunque la mayor parte de su territorio se sitúa entre los 1500 y 2500 metros de altitud (Ferrusquía-Villafranca, 1993, 2007). Esta provincia biogeográfica, cruza 13 estados de la República Mexicana (Colima, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz); así como, la Ciudad de México. Esta configuración fisiográfica y su extensión territorial han sido moldeadas por una historia geológica única, que define tanto su origen como su dinámica actual.

2) Edad y origen. La FVT comenzó a formarse en el Mioceno en la región central de México, expandiéndose gradualmente hacia el este y el oeste hasta alcanzar su configuración actual en el Holoceno (Morrone, 2019). Su origen está ligado a la subducción de las placas de Cocos y Rivera bajo la placa Norteamericana, un proceso que ha influido en su desarrollo geológico (Pardo & Suárez, 1995). De acuerdo con estos autores, los contornos de 80 y 100 km de profundidad de la losa subducida coinciden con el límite sur de la FVT, lo que sugiere que su evolución ha estado determinada por esta dinámica tectónica.

A lo largo de su historia, la FVT ha mantenido una intensa actividad volcánica, albergando más de 800 estructuras, entre las que se incluyen estratovolcanes, calderas, domos y campos de conos monogenéticos (Cantellano De Rosas, 2007). Además, en esta provincia se localizan las montañas más altas de México: Pico de Orizaba, que con 5650 m es la cumbre más elevada del país, seguido por el Popocatepetl (5450 m), el Iztaccíhuatl (5280 m), el Nevado de Toluca (4560 m), la Malinche (4460 m) y el Nevado de Colima (4340 m) (Rzedowski, 2006). Dicha historia geológica y la diversidad altitudinal resultante han condicionado los patrones climáticos y de vegetación que caracterizan a la región.

3) Clima y vegetación. Las condiciones fisiográficas, junto con la compleja historia geológica, han influido en la distribución de los diferentes subtipos climáticos en la región. En general, predominan los subtipos templados en el oriente, cálidos en el occidente y una combinación de ambos en la zona central (Cantellano De Rosas, 2007). De acuerdo con la clasificación de Köppen (1948), los climas de México corresponden a cuatro de sus cinco categorías principales: A, B, C y E. La FVT se ubica en una zona montañosa que, bajo este sistema, se clasifica dentro del tipo C, caracterizado por condiciones templadas y húmedas. En esta región, predomina el subtipo Cw, caracterizado por una temporada de lluvia en el verano, un rasgo común en las áreas montañosas y sus alrededores (Rzedowski, 2006). Esta diversidad climática, sumada a la variabilidad edáfica y altitudinal, ha dado lugar a una gran heterogeneidad, donde existen casi todos los tipos de vegetación presentes en México. Los bosques de coníferas (31%) y los encinares (28%) destacan como los más predominantes. El resto del paisaje está conformado por pastizales, matorrales subalpinos y bosques mesófilos, estos últimos distribuidos principalmente en cañadas húmedas, junto con vegetación ribereña, así como áreas urbanas y de cultivo (Espinosa & Ocegueda, 2007).

6.1.2. Delimitación del área de estudio

El área de la FVT depende del criterio que se empleó para definirla. Al comparar las distintas propuestas, se observan diferencias claras en el tamaño, forma y ubicación de esta provincia (Cantellano De Rosas, 2007). Existen diversas propuestas para su regionalización. Algunos autores la han definido como una provincia geográfica basada en sus características geomorfológicas (Ferrari *et al.*, 2000; Lozano-García & Ceballos-Ferriz, 2007; Velasco de León *et al.*, 2007), mientras que otros la consideran una provincia morfotectónica (Escalante *et al.*, 2007; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2007). Si a estas perspectivas geológico-geográficas, se suman los esquemas de regionalización biogeográfica, ecológica, faunística y florística, propuestos en investigaciones como las de Álvarez-Mondragón y Morrone (2004), Corona *et al.* (2007), Escalante *et al.* (2004), Escalante *et al.* (2009), Fa y Morales (1991), Flores-Villela y Canseco-Márquez (2007), García-Marmolejo *et al.* (2008), Luna *et al.* (2000), Morrone y Gutiérrez (2005) y Villaseñor y Ortiz (2007), se pone en evidencia la complejidad de establecer un límite definitivo. No obstante, al contrastar estas propuestas es posible identificar coincidencias y discrepancias, lo que facilitaría la construcción de un consenso sobre su delimitación (Suárez-Mota *et al.*, 2013).

Con frecuencia, los estudios sobre la FVT no especifican con claridad sus fronteras ni los criterios utilizados para su definición, lo que ha generado inconsistencias en la nomenclatura empleada para referirse a esta región. Como consecuencia, los trabajos realizados en la zona pueden no ser completamente equivalentes, dificultando su comparación y análisis (Escalante *et al.*, 2007). Ante esta falta de uniformidad y con el propósito de este proyecto, la determinación del área de trabajo sigue la regionalización de consenso propuesta por Morrone (2001a, 2005, 2006, 2019), en la cual la FVT es reconocida como una provincia biogeográfica. Para esta propuesta, Morrone *et al.* (2017) presentaron un mapa actualizado de las 14 provincias biogeográficas de México (Fig. 3), basado en ecorregiones que integran criterios climáticos, geológicos y bióticos.

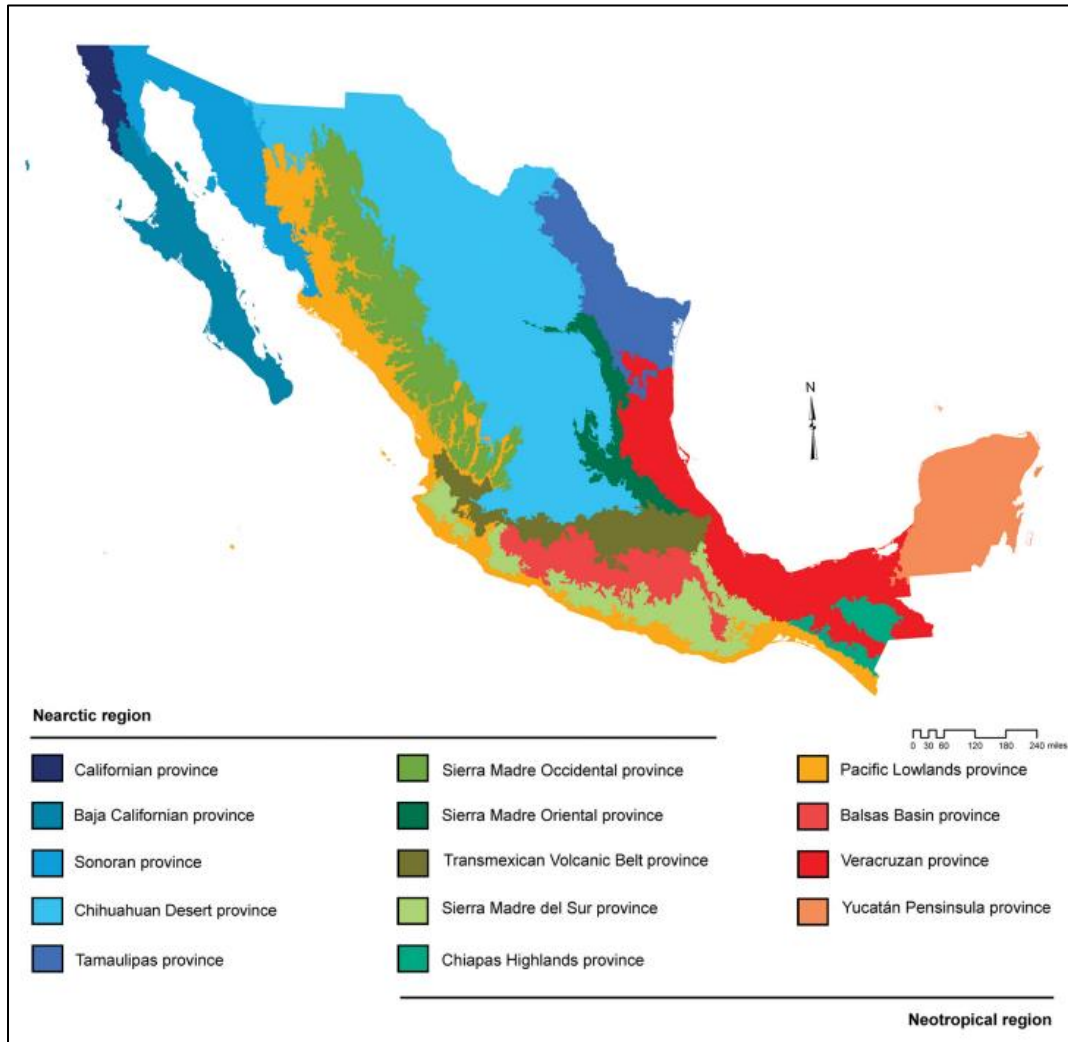


Figura 3. Provincias biogeográficas de México propuestas por Morrone *et al.* (2017).

6.2. Base de datos

Los datos utilizados para este trabajo corresponden a Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, los cuales se obtuvieron de la megabase de datos “MARIPOSA” (Luis-Martínez *et al.*, 2005). Con el propósito de garantizar la calidad y utilidad de esta información para el análisis, se llevaron a cabo procesos específicos de revisión y ajuste de los datos obtenidos.

1) Validación y depuración de los datos. Se consideraron los siguientes criterios: nomenclatura a utilizar; coordenadas geográficas; y completitud de datos. La validación de la información taxonómica fue verificada con ayuda de un Catálogo de Autoridades Taxonómicas (CAT) con el fin de evitar sinonimias y verificar la actualización taxonómica. Asimismo, se realizó una evaluación geográfica, que consistió en el mapeo de los registros-localidades a través de un sistema de información geográfica (SIG); software Qgis 3.22.3, con la finalidad de verificar la correspondencia de las coordenadas geográficas de las localidades reportadas en la base de datos y con ello verificar su presencia dentro de la FVT. A partir de este proceso de validación, se identificaron los taxones con registros más robustos y confiables, lo que permitió orientar la tesis hacia las especies con datos suficientes y descartar aquellas con información incompleta o limitada.

2) Selección de los taxones. La elección de los taxones para este trabajo se basó en la calidad de los datos disponibles sobre su distribución geográfica y determinación taxonómica. Se seleccionaron las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, debido a que cuentan con un mayor número de registros y una cobertura de muestreo más amplia, lo que permite realizar un análisis más preciso. Se excluyeron las familias: Riodinidae, Lycaenidae y Hesperidae, por las siguientes razones:

a) *Riodinidae*. En México, no se han desarrollado investigaciones específicas sobre la diversidad y distribución local de muchas de las especies de esta familia. El registro de sus especies es complicado, ya que se trata de organismos poco comunes con patrones de vuelo restringidos tanto temporalmente (diarios y estacionales) como espacialmente (según su hábitat y microhábitat). Además, muchas de las especies exhiben densidades poblacionales bajas, lo que dificulta la identificación de sitios adecuados para su análisis y una distribución altitudinal hacia las partes bajas (Arellano-Covarrubias *et al.*, 2018).

b) *Lycaenidae*. Se caracteriza por una alta especialización y diversificación, atribuida a los hábitos alimenticios larvarios, los cuales se nutren exclusivamente de ciertas plantas tropicales (Castillo-Guevara & Rico-Gray, 2002; Contreras-Medina *et al.*, 2003; Coto & Saunders, 2001). Debido a esta especialización, la mayoría de sus especies cuentan con una distribución restringida a regiones tropicales bajas, lo que limita su inclusión en este proyecto.

c) *Hesperidae*. Esta familia, carece de estudios formales, por lo que su distribución sigue siendo poco conocida (Hernández-Mejía *et al.*, 2008). Esta falta de información impide su evaluación en el contexto actual.

6.3. Identificación de los patrones de riqueza de las especies en la FVT

Para el análisis de la presencia de las especies, se empleó el software QGIS 3.22.3, donde se superpuso el mapa de la regionalización de consenso de Morrone *et al.* (2017), basado en la propuesta de Morrone (2001a, 2005, 2006, 2019), sobre un mapa de la división política estatal de México a escala 1:250,000 (INEGI, 2021), con el propósito de delimitar la FVT. Posteriormente, las coordenadas de cada especie fueron proyectadas sobre la FVT, generando así cuatro mapas de presencia: uno general, que contiene los puntos de distribución de las especies de las tres familias, y uno para cada una de ellas. Estos mapas permitieron visualizar la distribución geográfica de las especies dentro de la región, proporcionando una base para los análisis posteriores de riqueza.

Se empleó el software QGIS 3.22.3 para generar los mapas de riqueza dentro del área del proyecto. Para ello, se diseñó una cuadrícula con una resolución de 0.1° de latitud por 0.1° de longitud, cubriendo toda la región del FVT, en la que se integraron un total de 319 especies y 56,433 registros, distribuidos de la siguiente manera: Papilionidae (36 especies, 4,917 registros), Pieridae (44 especies, 23,624 registros) y Nymphalidae (239 especies, 27,892 registros). Con base en estos datos, se identificaron las localidades con mayor riqueza, seleccionando las 20 áreas más significativas para cada familia, y se contabilizó el número de especies presentes en cada celda, generando un nuevo campo denominado "Cuento de especies". Para clasificar los valores obtenidos, se aplicó el método estadístico de rupturas naturales (Jenks), dividiendo los datos en seis clases, lo que permitió optimizar la visualización de las diferencias en la distribución de la riqueza de especies. Las celdas sin registros fueron eliminadas, obteniendo así un mapa en el que cada celda se coloreó de acuerdo con el número de especies contenidas. Como resultado, la FVT

fue dividida en unidades más pequeñas, denominadas Unidades Geográficas Operativas (UGOs). Este procedimiento se replicó para cada familia, generando mapas independientes que permitieron visualizar y analizar los patrones específicos de riqueza de cada taxón.

Para calcular los índices de diversidad en la FVT, se utilizó el software PAST 4.17 (Hammer *et al.*, 2001). Se seleccionaron los índices de Margalef y Fisher alpha para evaluar la riqueza de especies, mientras que la heterogeneidad se analizó mediante los índices de Simpson 1-D y Shannon H'. Para examinar la equitatividad en la distribución de las especies, se aplicaron los índices Evenness (E) y Equitability J, mientras que la diversidad beta se estimó utilizando el índice de Bray-Curtis. La organización de los datos se realizó mediante una tabla dinámica construida a partir de la base de datos "MARIPOSA", donde se registró la abundancia de cada especie en las zonas Oeste y Este de la FVT. Posteriormente, estos datos fueron procesados en PAST 4.17 para calcular cada índice de diversidad, permitiendo así una evaluación comparativa de la riqueza y composición de especies en las distintas zonas del estudio dentro de la FVT.

6.4. Medición de variables

Para evaluar las diferencias en la composición de las UGOs dentro de FVT, se calcularon diversos índices de diversidad, agrupados en cuatro categorías principales que miden la diversidad alfa y beta. Los primeros tres índices evalúan la diversidad alfa, que describe la diversidad dentro de una comunidad, mientras que el cuarto mide la diversidad beta, que analiza la diferenciación entre comunidades:

1) Riqueza de especies: Se define como el número total de especies, siendo este el concepto más antiguo y comúnmente utilizado para evaluar la diversidad (Alcolado, 1998). En relación con lo anterior, para medir la diversidad en función del número total de especies, se utilizó el índice de Margalef, el cual mide la riqueza específica considerando la cantidad total de individuos en una comunidad ecológica (Margalef, 1958). Este índice se expresa mediante la fórmula:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde D_{Mg} denota el índice de Margalef, S el número total de especies en la muestra, N el número total de individuos y \ln el logaritmo natural. Valores altos de D_{Mg} indican una mayor riqueza específica y una distribución equilibrada de las especies, mientras que valores bajos reflejan una comunidad con pocas especies o dominada por unas pocas.

Además, se empleó el índice de Fisher alpha, que describe la relación entre el número de especies (S) y el número de individuos (N) dentro de una comunidad (Fisher *et al.*, 1943). Este índice se basa en la distribución logarítmica de las abundancias de especies y se expresa mediante la fórmula:

$$S = \alpha \ln \left(1 + \frac{N}{\alpha} \right)$$

En ella, α indica la diversidad intrínseca de la comunidad y su valor se estima de manera iterativa, ya que no puede despejarse directamente de la ecuación (Magurran, 1988, p. 19). Valores elevados

de α sugieren una mayor diversidad interna y una distribución más equitativa de los individuos, mientras que valores bajos indican una comunidad dominada por pocas especies.

2) Heterogeneidad: Este concepto está relacionado con la riqueza de especies y con cuán homogénea es la distribución de la abundancia de cada especie en la comunidad. No es lo mismo tener una comunidad con 5 especies igualmente abundantes que otra con 5 especies, donde una sola de ellas constituye el 95% de los individuos (Alcolado, 1998). En este sentido, Simpson (1949) propuso un índice de diversidad que estima la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Este índice, conocido como índice de dominancia de Simpson (D o λ), se calcula mediante la fórmula:

$$D = \lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Donde n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de individuos en la muestra. Para medir la heterogeneidad, se utilizó el complemento de este índice, denominado Simpson $1 - D$, que calcula la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies diferentes. Un valor alto de $1 - D$ indica una mayor heterogeneidad y una distribución más equitativa de los individuos, mientras que valores bajos muestran dominancia de algunas especies y una menor diversidad.

Asimismo, se calculó el índice de Shannon H' , expresado mediante la fórmula:

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

En esta ecuación, n_i corresponde al número de individuos de la especie i , N es el número total de individuos en la comunidad y \ln es el logaritmo natural. Este índice, basado en la entropía de Shannon (1948) y adaptado para estudios de biodiversidad (Magurran, 1988), permite cuantificar la diversidad considerando tanto la riqueza específica como la equitatividad en la distribución de los individuos. Valores altos de H' reflejan una mayor diversidad y una distribución más equilibrada entre las especies, lo que contribuye a una mayor estabilidad. Valores bajos indican una comunidad con distribución desigual y menor estabilidad ecológica.

3) Equitatividad o regularidad (evenness): Este concepto describe el grado de uniformidad en las abundancias relativas de las especies dentro de una comunidad (Alcolado, 1998). En otras palabras, mide cuán igualitarias son las proporciones de individuos entre las diferentes especies. Para su evaluación, se aplicaron dos índices principales:

a) *Índice de Evenness (E)*. Basado en los trabajos de Pielou (1975), este índice establece la relación entre la diversidad de Shannon (H') y la riqueza de especies (S). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

donde H' es el índice de Shannon y S el número total de especies en la comunidad. Valores altos de E' sugieren una distribución equitativa entre especies, lo que favorece la estabilidad ecológica. Valores bajos indican una comunidad desequilibrada, donde unas especies dominan.

b) *Índice de Equitability J*. Propuesto por Pielou (1966) en su artículo *The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections*, este índice mide la equidad como la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad posible para una comunidad con S especies. Se expresa mediante la ecuación:

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

donde $H'_{max} = \ln S$ refleja la diversidad máxima posible. Valores altos de J indican una distribución equilibrada de los individuos entre especies, lo que evidencia una mayor diversidad y estabilidad en la comunidad. Valores bajos muestran dominancia de pocas especies, reduciendo la equidad y estabilidad ecológica.

4) Diversidad Beta: Este concepto se define como "el grado de cambio en la composición de la comunidad o el grado de diferenciación de la comunidad" (Whittaker, 1960, p. 320). Para su cálculo, se puede emplear el índice de Bray-Curtis, basado en los trabajos de Bray y Curtis (1957) sobre las comunidades forestales de las tierras altas del sur de Wisconsin, donde analizaron patrones de diferenciación entre comunidades ecológicas. Este índice mide la disimilitud entre comunidades y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$BC = 1 - \frac{2 \sum \min(x_i, y_i)}{\sum (x_i + y_i)}$$

Donde x_i e y_i significan la abundancia de la especie (i) en las dos comunidades comparadas. Este índice varía entre 0 y 1, donde un valor de 0 indica que las comunidades tienen una composición completamente similar, mientras que un valor de 1 señala que son totalmente diferentes.

7. RESULTADOS

7.1. Composición taxonómica

A partir de la megabase de datos "MARIPOSA", se obtuvieron 56,433 registros que integran un inventario de 319 especies/subespecies: Papilionidae (36), Pieridae (44) y Nymphalidae (239) para la FVT (Cuadro 3; Anexo 1). El ordenamiento de la lista taxonómica se basa en la *Lista Sistemática de Papilionoidea (Partim) de México* (Vargas-Fernández *et al.*, 2016), complementada por los *Avances faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) sensu lato de Oaxaca, México* (Luis-Martínez *et al.*, 2016) para las especies de la subfamilia Satyrinae (Nymphalidae).

Cuadro 3. Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae en la FVT.

Familia	Géneros	spp.	sspp.	spp.-sspp.	Ejemplares	Localidades
Papilionidae	10	7	29	36	4,917	160
Pieridae	27	11	33	44	23,624	323
Nymphalidae	86	74	165	239	27,892	329
Total	123	92	227	319	56,433	453

spp.: Número de especies, **sspp.:** Número de subespecies.

"localidades" representa el total de localidades registradas en la FVT.

7.2. Representación general de las tres familias

Las 319 especies y subespecies registradas en la FVT constituyen aproximadamente el 45% del total registrado en México (708) para las familias Papilionidae (76), Pieridae (105) y Nymphalidae (527) (Cuadro 2). Dentro de la FVT, Papilionidae comprende el 47% respecto al nivel nacional, Pieridae el 42% y Nymphalidae el 45%. Aunque esta última ocupa el segundo lugar en cuanto a su riqueza en México, en la FVT, su porcentaje es menor en comparación con Papilionidae.

Nymphalidae registró el mayor número de ejemplares, seguida por Pieridae, mientras que Papilionidae mostró la menor cantidad (Cuadro 3). Entre las especies más conspicuas por su número de ejemplares se destacan *Eurema daira* (Pieridae), con 3,465 y 98 localidades, seguida de *Leptophobia aripa elodia* (Pieridae), con 2,593 y 81 localidades, y *Eurema mexicana mexicana* (Pieridae), con 2,123 y 76 localidades. Otras especies que se incluyen en este grupo son: *Catasticta nimbice nimbice* (Pieridae), con 1,802 y 104 localidades, y *Pyrrhosticta garamas garamas* (Papilionidae), con 1,681 y 66 localidades, esta última conformando el 34% de los ejemplares de su familia.

Nymphalidae evidenció una mayor diversidad genérica, abarcando 86 de los 123 géneros identificados en este proyecto (Cuadro 3), y manifestó los géneros más ricos: *Cyllopsis* (Felder) con 18 especies, *Adelpha* (Hübner) con 14, y *Chlosyne* (Butler) con 13. En contraste, en Papilionidae, *Heraclides* (Hübner) sobresalió con 9 especies, mientras que en Pieridae, *Eurema* (Hübner) destacó con 5, mostrando una menor diversidad genérica y específica en comparación con Nymphalidae.

7.3. Diversidad

Se analizaron 453 localidades en la FVT para evaluar la composición y riqueza de los taxones. De estas, 347 (76.6%) registraron 10 o menos especies/subespecies, acumulando solo 2,790 ejemplares, lo que equivale al 5% del total. Además, 134 localidades están representadas por una especie, lo que evidencia una distribución desigual en la mayoría de las áreas. Este patrón puede estar influenciado por un esfuerzo de muestreo muy heterogéneo, ya que algunas zonas de la FVT están muy bien muestreadas y muchas más aún no han sido muestreadas o carecen de registros suficientes, lo que limita la inclusión de la taxa en los datos de ciertas áreas, además de factores ecológicos como la heterogeneidad ambiental y la fragmentación del hábitat.

Para obtener un análisis más completo, se seleccionaron las 20 localidades con mayor riqueza (Cuadro 4). Estas concentran 288 especies/subespecies, equivalentes al 90% del total registrado en la FVT, y acumulan 37,404 ejemplares, que corresponden al 66% de los 56,433 individuos registrados. Estos datos permiten explorar los patrones de diversidad en términos de riqueza y abundancia, así como su relación con factores ecológicos y geográficos, los cuales se detallan en las siguientes secciones.

Cuadro 4. Localidades con mayor riqueza de especies y subespecies en la FVT.

Localidad	Estado	Vegetación	Altitud (msnm)	spp.	sspp.	spp.-sspp.	Ejemplares
Barranca de Cayoapa	Veracruz	AT	908	38	132	170	4,806
Teocelo	Veracruz	AT	1,168	37	125	162	2,805
Xalapa	Veracruz	ZU	1,441	42	113	155	370
Obrero Campesina	Veracruz	ZU	1,468	28	101	129	2,330
El Trapiche	Veracruz	AT	1,118	23	90	113	870
Puente Texolo	Veracruz	AT	1,186	19	78	97	713
Santa Rosa	Michoacán	AT	1,590	26	70	96	8,144
Coatepec	Veracruz	AT	1,188	20	74	94	210
Jicalán	Michoacán	BP	1,620	20	73	93	2,440
Zumpimito	Michoacán	AT	1,524	25	60	85	2,355
Tepoztlán	Morelos	AT	1,692	28	54	82	530
Matangarán	Michoacán	BP	1,444	19	63	82	2,390
Las Minas	Veracruz	BMM	1,541	20	57	77	338
Cerro de la Cruz	Michoacán	BP	1,665	19	48	67	1,155
Zirimicuaro	Michoacán	AT	1,356	17	50	67	988
Las Goteras	Michoacán	BE	1,091	17	49	66	597

Localidad	Estado	Vegetación	Altitud (msnm)	spp.	sspp.	spp.-sspp.	Ejemplares
Rancho "La Alberca"	Michoacán	BP	1,873	19	44	63	1,278
Los Mazos	Jalisco	SBC	1,520	15	46	61	1,395
Derrame del Chichinautzin	Morelos	BP	2,902	18	39	57	3,411
Texolo	Veracruz	AT	1,196	19	38	57	279
Total				77	211	288	37,404

Cuadro 4. Continuación.

AT, Agricultura de Temporal; BE, Bosque de Encino; BMM, Bosque Mesófilo de Montaña; BP, Bosque de Pino; SBC, Selva Baja Caducifolia; ZU, Zona Urbana.

7.3.1. Riqueza por localidad

La riqueza de especies, definida como el número de especies por sitio, mostró una marcada variación entre las 20 localidades evaluadas, con un rango de 15 a 42 especies. Xalapa, Veracruz, registró la mayor riqueza con 42 especies, seguida de Barranca de Cayoapa y Teocelo, Veracruz, con 38 y 37 especies, respectivamente. En contraste, Los Mazos, Jalisco, manifestó la menor riqueza con 15 especies, mientras que Zirimícuaro y Las Goteras, en Michoacán, alcanzaron 17 especies cada una. Al considerar la riqueza taxonómica, definida en este proyecto como el número total de especies y subespecies por sitio, se observó una variación significativa. La riqueza taxonómica varió entre 57 y 170 taxones. Barranca de Cayoapa, Veracruz, destacó con la mayor riqueza taxonómica al registrar 170 taxones, seguida de Teocelo, Veracruz, con 162, y Xalapa, Veracruz, con 155. En contraste, Texolo, Veracruz, y Derrame del Chichinautzin, Morelos, presentaron la menor riqueza con 57 taxones cada una, seguidas de Los Mazos, Jalisco, con 61 taxones, lo que refleja una menor riqueza taxonómica en estas áreas respecto a las demás.

7.3.2. Localidades con mayor abundancia

La abundancia de ejemplares, que corresponde al número total de individuos por localidad, varió considerablemente entre los sitios, con valores que oscilaron entre 210 y 8,144 individuos. Santa Rosa, Michoacán, se destacó con la mayor abundancia con 8,144 ejemplares, seguida de Barranca de Cayoapa, Veracruz, con 4,806, y Derrame del Chichinautzin, Morelos, con 3,411. Por otro lado, Coatepec, Veracruz, mostró la menor abundancia con solo 210 especímenes, seguida de Texolo, Veracruz, con 279, y Xalapa, Veracruz, con 370. A pesar de su baja abundancia, Xalapa destacó notablemente al registrar la mayor riqueza de especies con un total de 42, superando a todos los demás sitios.

7.3.3. Riqueza por altitud

La riqueza de especies se distribuyó de manera heterogénea a lo largo de un gradiente altitudinal que abarcó desde los 908 m s.n.m. en Barranca de Cayoapa, Veracruz, hasta los 2,902 m s.n.m. en Derrame del Chichinautzin, Morelos. El mayor número de especies se concentró en altitudes intermedias, particularmente entre 1,441 y 1,590 m s.n.m., donde localidades como Xalapa, Veracruz (1,441 m s.n.m., 42 especies), y Santa Rosa, Michoacán (1,590 m s.n.m., 26 especies), destacaron por su elevada riqueza. En altitudes más bajas, como Barranca de Cayoapa (908 m

s.n.m., 38 especies), se observó una riqueza notable, sugiriendo que ciertas zonas de menor altitud pueden albergar diversidad significativa, posiblemente influida por factores ecológicos específicos. Por el contrario, en altitudes más elevadas, como Derrame del Chichinautzin (2,902 m s.n.m., 18 especies), la riqueza disminuyó marcadamente, reflejando una menor diversidad. Este patrón indica que las altitudes intermedias tienden a favorecer una mayor riqueza, aunque las excepciones, como Barranca de Cayoapa, destacan la influencia de variables locales, como tipo de vegetación o condiciones ambientales, en la distribución de las especies.

7.3.4. Riqueza por tipo de vegetación

La riqueza de especies varió según el tipo de vegetación. Las áreas con Agricultura de Temporal (AT), que constituyeron el tipo de vegetación más frecuente con 10 localidades, registraron una amplitud considerable en sus valores: desde 38 especies en Barranca de Cayoapa, Veracruz, y 37 en Teocelo, Veracruz, hasta 17 en Zirimícuaro, Michoacán, y 19 en Texolo, Veracruz. El Bosque de Pino (BP), presente en cinco localidades, mostró una riqueza relativamente homogénea, con valores entre 18 y 20 especies, destacando Jicalán, Michoacán, con 20. En las Zonas Urbanas (ZU), Xalapa, Veracruz, manifestó la mayor riqueza de todo el proyecto con 42 especies, mientras que Obrero Campesina, Veracruz, registró 28. El Bosque de Encino (BE), la Selva Baja Caducifolia (SBC) y el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) estuvieron caracterizados por una sola localidad cada uno: Las Goteras, Michoacán (17 especies), Los Mazos, Jalisco (15 especies, el valor más bajo del proyecto), y Las Minas, Veracruz (20 especies), respectivamente.

7.3.5. Representatividad de la riqueza

Michoacán y Veracruz concentraron la mayor parte de los sitios muestreados, con 8 y 9 localidades respectivamente (40 % y 45 % del total). Esta importancia se refleja en la diversidad registrada, ya que ambos estados incluyen localidades con altos valores de riqueza y abundancia. Veracruz destacó por localidades con elevada riqueza (Xalapa, Barranca de Cayoapa, Teocelo), mientras que Michoacán sobresalió por su abundancia, particularmente en Santa Rosa. En conjunto, estos dos estados concentraron la mayor proporción de la diversidad registrada en el estudio, lo que resalta su relevancia dentro de la región analizada.

7.4. Diversidad de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae

Se analizó la diversidad de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae, con el objetivo de identificar patrones específicos de composición y riqueza para cada una, complementando el análisis general realizado en la sección 7.3. Se evaluaron 329 localidades para Nymphalidae, 160 para Papilionidae y 323 para Pieridae en la FVT. De estas, 264 localidades de Nymphalidae, 143 de Papilionidae y 272 de Pieridae exhibieron 10 o menos especies/subespecies, acumulando tan solo 2,114 ejemplares en Nymphalidae (7% de los 27,892 totales), 1,347 ejemplares en Papilionidae (27% de los 4,917 totales) y 2,196 ejemplares en Pieridae (9% de los 23,624 totales), de las cuales 117, 58 y 117, respectivamente, registraron una sola especie/subespecies, lo que refleja una gran heterogeneidad en el esfuerzo de recolecta para cada una de las localidades, y grandes áreas que faltan por muestrear, sumado a la gran heterogeneidad ambiental, además de la fragmentación del hábitat, como se señaló en la sección 7.3.

Para un análisis más representativo, se seleccionaron las 20 localidades con mayor riqueza para cada familia (Cuadros 5, 6 y 7). En Nymphalidae, estas localidades concentran 215 especies/subespecies (90% de las 239 registradas en la FVT) y 17,050 ejemplares (61% de los

27,892 totales). En Pieridae, son 40 especies/subespecies (91% de las 44 registradas) y 15,755 ejemplares (67% de los 23,624 totales). Para Papilionidae, incluyen 36 especies/subespecies (100% de las registradas) y 3,563 ejemplares (72% de los 4,917 totales). Estos datos permiten analizar los patrones de diversidad en términos de riqueza y abundancia, así como su relación con factores ecológicos y geográficos, los cuales se detallan en las siguientes secciones.

Cuadro 5. Localidades con mayor riqueza de especies y subespecies de Nymphalidae en la FVT.

Localidad	Estado	Vegetación	Altitud (msnm)	spp.	sspp.	spp.-sspp.	Ejemplares
Xalapa	Veracruz	ZU	1,441	37	103	140	345
Barranca de Cayoapa	Veracruz	AT	908	31	99	130	3,374
Teocelo	Veracruz	AT	1,168	26	87	113	1,489
Obrero Campesina	Veracruz	ZU	1,468	21	76	97	1,529
El Trapiche	Veracruz	AT	1,118	16	69	85	739
Puente Texolo	Veracruz	AT	1,186	12	58	70	568
Coatepec	Veracruz	AT	1,188	13	46	59	78
Jicalán	Michoacán	BP	1,620	11	47	58	1,119
Santa Rosa	Michoacán	AT	1,590	16	39	55	2,771
Los Mazos	Jalisco	AT	1,780	23	30	53	827
Zumpimito	Michoacán	AT	1,524	16	37	53	1,300
Matangarán	Michoacán	BP	1,444	13	39	52	1,079
Santa Rosa, Ver	Veracruz	AT	1,192	13	36	49	114
Las Minas	Veracruz	BMM	1,541	13	35	48	132
Tepoztlán	Morelos	AT	1,692	17	27	44	143
Zirimicuaro	Michoacán	AT	1,356	11	32	43	434
Las Goteras	Michoacán	BE	1,091	12	30	42	466
El Palmar	Veracruz	BMM	1,992	6	35	41	55
Cerro de la Cruz	Michoacán	BP	1,665	12	29	41	420
Villa Juárez	Puebla	BP	2,068	10	31	41	68
Total				65	150	215	17,050

AT, Agricultura de Temporal; BE, Bosque de Encino; BMM, Bosque Mesófilo de Montaña; BP, Bosque de Pino; ZU, Zona Urbana.

Cuadro 6. Localidades con mayor riqueza de especies y subespecies de Pieridae en la FVT.

Localidad	Estado	Vegetación	Altitud (msnm)	spp.	sspp.	spp.-sspp.	Ejemplares
Teocelo	Veracruz	AT	1,168	6	23	29	1,056
Barranca de Cayoapa	Veracruz	AT	908	6	21	27	1,116
Santa Rosa	Michoacán	AT	1,590	7	20	27	3,448
Tepoztlán	Morelos	AT	1,692	7	18	25	151
Derrame del Chichinautzin	Morelos	BP	2,902	8	15	23	2,482
Zumpimito	Michoacán	AT	1,524	7	16	23	936
Jicalán	Michoacán	BP	1,620	6	16	22	1,216
Los Mazos	Jalisco	SBC	1,520	5	17	22	467
Coatepec	Veracruz	AT	1,188	4	17	21	74
Obrero Campesina	Veracruz	ZU	1,468	4	17	21	715
Rancho "La Alberca"	Michoacán	BP	1,873	7	14	21	726
Las Minas	Veracruz	BMM	1,541	4	16	20	127
Cañada "La Culebra"	Michoacán	BP	2,292	6	13	19	334
Cerro de la Cruz	Michoacán	BP	1,665	5	14	19	635
El Trapiche	Veracruz	AT	1,118	5	14	19	118
Matangarán	Michoacán	BP	1,444	5	14	19	1,266
Cañada Oscura	Michoacán	BP	1,670	5	13	18	209
Rancho "San Jorge"	Michoacán	AT	1,684	6	12	18	326
Texolo	Veracruz	AT	1,196	4	14	18	160
Zirimicuaro	Michoacán	AT	1,356	5	12	17	516
Total				8	30	38	16,078

AT, Agricultura de Temporal; BMM, Bosque Mesófilo de Montaña; BP, Bosque de Pino; SBC, Selva Baja Caducifolia; ZU, Zona Urbana.

Cuadro 7. Localidades con mayor riqueza de especies y subespecies de Papilionidae en la FVT.

Localidad	Estado	Vegetación	Altitud (msnm)	spp.	sspp.	spp.-sspp.	Ejemplares
Tepoztlán	Morelos	AT	1,692	5	15	20	158
Teocelo	Veracruz	AT	1,168	5	15	20	260
Uruapan	Michoacán	AT	1,636	3	12	15	45
Santa Rosa	Michoacán	AT	1,590	3	11	14	1,925
Coatepec	Veracruz	AT	1,188	3	11	14	58
Barranca de Cayoapa	Veracruz	AT	908	1	12	13	316
Jicalán	Michoacán	BP	1,620	3	10	13	105
Taretan	Michoacán	BE	1,146	3	9	12	24
Obrero Campesina	Veracruz	ZU	1,468	3	8	11	86
Matangarán	Michoacán	BP	1,444	1	10	11	45
Malinalco	Estado de México	BP	1,731	3	7	10	84
Puente Texolo	Veracruz	AT	1,186	3	6	9	23
El Trapiche	Veracruz	AT	1,118	2	7	9	13
Las Minas	Veracruz	BMM	1,541	3	6	9	79
Guadalajara	Jalisco	ZU	1,565	3	6	9	23
Zumpimito	Michoacán	AT	1,524	2	7	9	119
Texolo	Veracruz	AT	1,196	3	6	9	25
Las Goteras	Michoacán	BE	1,091	1	7	8	18
Las Pintadas	Michoacán	AR	887	2	6	8	63
Cerro de la Cruz	Michoacán	BP	1,665	2	5	7	100
Total				6	30	36	3,569

AT, Agricultura de Temporal; AR, Agricultura de Riego; BE, Bosque de Encino; BMM, Bosque Mesófilo de Montaña; BP, Bosque de Pino; ZU, Zona Urbana.

7.4.1. Riqueza por localidad

La riqueza de especies por localidad dentro de la FVT mostró una notable variación entre familias, basada en el análisis de 20 localidades (ver Cuadros 5, 6 y 7). En la familia Nymphalidae, que incluye un total de 65 especies, Xalapa, Veracruz, se destacó con 37 especies, seguida por Barranca de Cayoapa, Veracruz, con 31, y Teocelo, Veracruz, con 26. En el extremo opuesto, El Palmar, Veracruz, registró la menor riqueza con solo 6 especies. Para Pieridae, con un total de 8 especies, Derrame del Chichinautzin, Morelos, lideró con 8 especies, mientras que Santa Rosa, Zumpimito y Rancho "La Alberca" (Michoacán), junto con Tepoztlán (Morelos), alcanzaron 7 especies cada una. Las riquezas más bajas se observaron en Coatepec, Obrero Campesina, Las Minas y Texolo, todos en Veracruz, con 4 especies cada uno. En Papilionidae, que agrupa 6 especies, Tepoztlán, Morelos, y Teocelo, Veracruz, destacaron con 5 especies cada una, mientras que Matangarán, Las Goteras (Michoacán) y Barranca de Cayoapa, Veracruz, mostraron la menor riqueza con solo 1 especie.

Al examinar la riqueza taxonómica, que en este proyecto incluye especies y subespecies por localidad dentro de la FVT, también se observaron diferencias significativas entre familias (ver Cuadros 5, 6 y 7). En Nymphalidae, con un total de 215 taxones, Xalapa, Veracruz, lideró con 140 taxones, seguida por Barranca de Cayoapa, Veracruz, con 130, y Teocelo, Veracruz, con 113, mientras que Villa Juárez, Puebla, manifestó la menor riqueza con 41 taxones. Para Pieridae, que sumó 38 taxones, Teocelo, Veracruz, encabezó con 29 taxones, seguido por Barranca de Cayoapa, Veracruz, y Santa Rosa, Michoacán, con 27 taxones cada una; las menores riquezas se registraron en Cerro de la Cruz y Zirimícuaro, Michoacán, con 17 taxones. En Papilionidae, con 36 taxones, Tepoztlán, Morelos, y Teocelo, Veracruz, alcanzaron la mayor riqueza con 20 taxones cada una, seguidas por Uruapan, Michoacán, con 15, mientras que Cerro de la Cruz, Michoacán, mostró la menor con 7 taxones.

7.4.2. Localidades con mayor abundancia

La abundancia también varió considerablemente entre localidades (Cuadros 5, 6 y 7). En Nymphalidae, con un total de 17,050 ejemplares, Barranca de Cayoapa, Veracruz, destacó con 3,374 ejemplares, seguida de Santa Rosa, Michoacán, con 2,771, y Teocelo, Veracruz, con 1,489. La menor abundancia se registró en El Palmar, Veracruz, con 55 ejemplares. Para Pieridae, con 16,078 ejemplares, Santa Rosa, Michoacán, mostró la mayor abundancia con 3,448 ejemplares, seguida de Derrame del Chichinautzin, Morelos, con 2,482, y Matangarán, Michoacán, con 1,266. La menor abundancia se observó en Coatepec, Veracruz, con 74 ejemplares. En Papilionidae, con 3,569 ejemplares, Santa Rosa, Michoacán, sobresalió con 1,925 ejemplares, seguida de Barranca de Cayoapa, Veracruz, con 316, y Teocelo, Veracruz, con 260, mientras que El Trapiche, Veracruz, registró solo 13 ejemplares.

7.4.3. Riqueza por altitud

La riqueza de especies se distribuyó de manera diversa a lo largo de un gradiente altitudinal que abarca desde 887 m s.n.m. en Las Pintadas, Michoacán, hasta 2,902 m s.n.m. en Derrame del Chichinautzin, Morelos, reflejando variaciones influenciadas por diferentes tipos de vegetación y condiciones ecológicas dentro de la FVT (ver Cuadros 5, 6 y 7). En Nymphalidae, las mayores riquezas se observaron en altitudes bajas e intermedias, con una variabilidad relativamente limitada a lo largo del gradiente. Xalapa, Veracruz (1,441 m s.n.m.), registró el valor más alto con 37 especies, seguida por Barranca de Cayoapa, Veracruz (908 m s.n.m.), con 31 especies. En

contraste, en altitudes más elevadas, como Villa Juárez, Puebla (2,068 m s.n.m.), la riqueza descendió a 10 especies, lo que sugiere que la diversidad tiende a estabilizarse o disminuir en zonas de mayor altitud. En Pieridae, los valores más altos se concentraron tanto en rangos intermedios como en los extremos del gradiente. Santa Rosa, Michoacán (1,590 m s.n.m.), y Barranca de Cayoapa, Veracruz (908 m s.n.m.), exhibieron 7 especies cada una, mientras que en Derrame del Chichinautzin, Morelos (2,902 m s.n.m.), se registró la máxima riqueza con 8 especies. Este patrón contrasta con el observado en Nymphalidae, ya que Pieridae mantiene una riqueza homogénea incluso en altitudes mayores. En Papilionidae, la riqueza fue más restringida, con valores máximos de 5 especies en Teocelo, Veracruz (1,168 m s.n.m.), y Tepoztlán, Morelos (1,692 m s.n.m.). En altitudes intermedias, como Matangarán, Michoacán (1,444 m s.n.m.), la riqueza se redujo a solo 1 especie, mientras que, en los extremos del gradiente, como Las Pintadas, Michoacán (887 m s.n.m.), se registraron únicamente 2 especies. Este comportamiento refleja una distribución más homogénea y con menor variabilidad en comparación con Nymphalidae.

7.4.4. Riqueza por tipo de vegetación

La transformación de los paisajes originales por la expansión de la Agricultura de Temporal (AT) y las Zonas Urbanas (ZU) ha modificado la distribución geográfica de muchas especies de estas familias, favoreciendo a aquellas con mayor valencia ecológica y capacidad de adaptación a entornos antropogénicos. En contraste, en tipos de vegetación más conservados, como el Bosque de Encino (BE) y el Bosque de Pino (BP), la riqueza tiende a ser menor, lo que subraya el impacto de las actividades humanas en la biodiversidad de la FVT. En Nymphalidae, las áreas de Agricultura de Temporal registraron algunas de las mayores riquezas, como Barranca de Cayoapa, Veracruz (31 spp.), y Teocelo, Veracruz (20 spp.). En Zonas Urbanas, Xalapa, Veracruz, destacó con 37 spp., la cifra más alta para esta familia. En contraste, localidades con vegetación de Bosque de Pino, como Villa Juárez, Puebla (10 spp.), mostraron valores reducidos en comparación con sitios intervenidos. En Pieridae, la Agricultura de Temporal también concentró valores relativamente altos, con Santa Rosa, Michoacán (7 spp.), y Zumpimito, Michoacán (7 spp.), como ejemplos característicos. En cambio, en el Bosque de Pino los registros fueron más bajos, como en Cerro de la Cruz (5 spp.) y Matangarán (5 spp.), ambos en Michoacán. En Papilionidae, la mayor riqueza se observó igualmente en zonas de Agricultura de Temporal, con Teocelo, Veracruz (5 spp.), y Tepoztlán, Morelos (5 spp.). Por el contrario, en localidades de Bosque de Pino, como Matangarán, Michoacán (1 spp.), y Cerro de la Cruz, Michoacán (2 spp.), los valores fueron mínimos, reflejando la menor relevancia de esta familia en vegetación conservada.

7.4.5. Representatividad de la riqueza

Michoacán y Veracruz concentran la mayor parte de la riqueza y abundancia registrada en las tres familias de mariposas analizadas, lo que evidencia su papel central en la estructura de la diversidad dentro de la FVT. En ambos estados se ubican las localidades más importantes, como Xalapa, Teocelo y Barranca de Cayoapa en Veracruz, y Santa Rosa, Jicalán y Uruapan en Michoacán. Esta concentración de registros no solo refleja la amplia cobertura geográfica del muestreo en dichos estados, sino también la presencia de condiciones ecológicas favorables que han permitido mantener altos valores de riqueza y abundancia en comparación con otras regiones.

7.5. Mapas de muestreo

La figura 4 muestra todas las localidades registradas en la FVT, mientras que las figuras 5 a 7 exhiben la distribución de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae, lo que da una idea del conocimiento de la distribución geográfica por familia. Cada punto indica la presencia de una o más especies/subespecies, lo que facilita la identificación de áreas clave para diversos proyectos. Tomando en cuenta que las mariposas diurnas han sido catalogadas como buenas indicadores de las condiciones del ambiente, debido a su amplio conocimiento taxonómico y su fácil identificación en campo, han sido utilizadas como modelo en investigaciones de biodiversidad y conservación (apud: Cárdenas-Lugo *et al.*, 2015; Llorente-Bousquets *et al.*, 1993). Sin embargo, aún es necesario realizar trabajo faunístico y más análisis para evaluar la riqueza confiable de cada punto geográfico y su esfuerzo de recolecta, además de que existen zonas que carecen de muestreos.

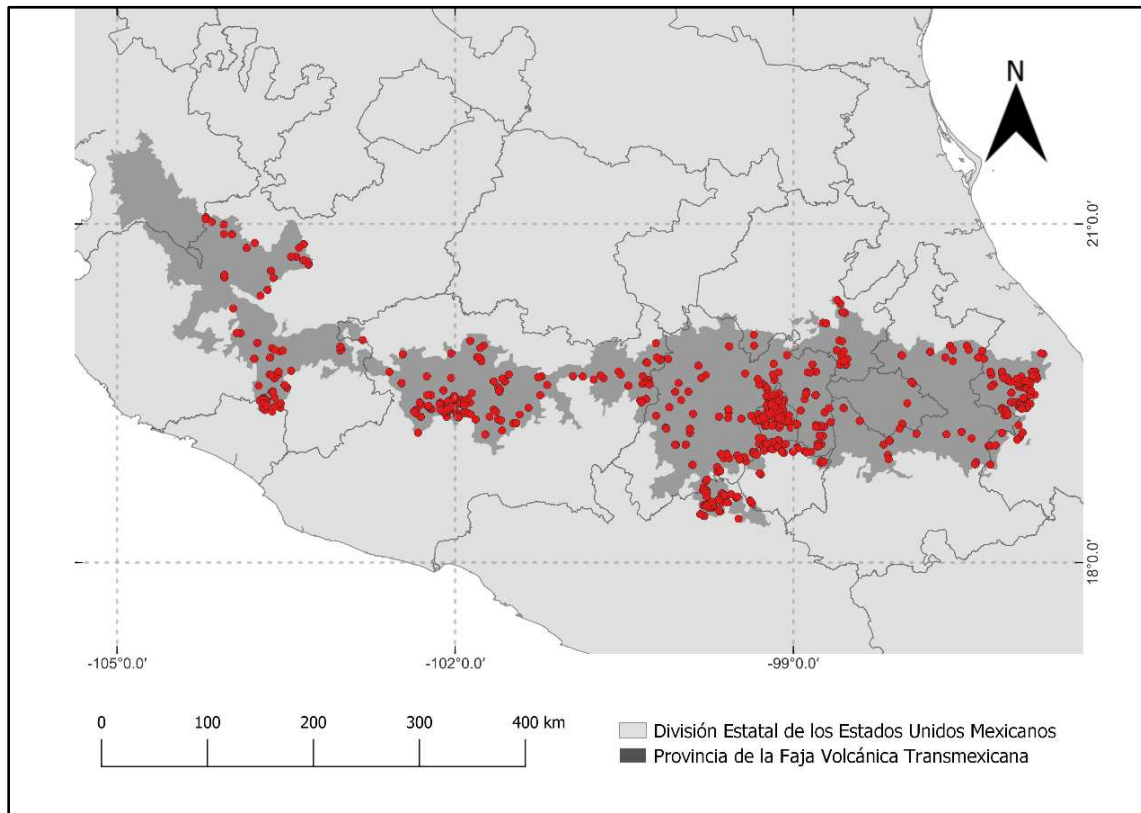


Figura 4. Puntos de muestreo de las tres familias en la FVT.

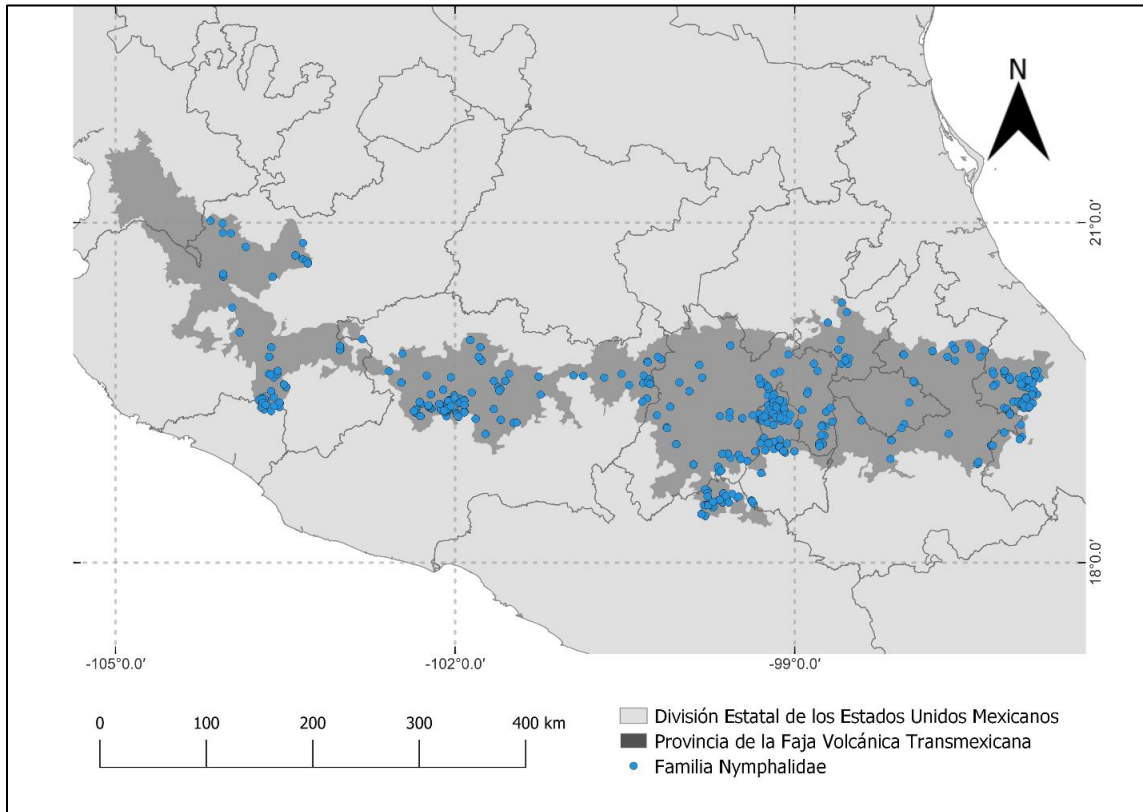


Figura 5. Puntos de muestreo de Nymphalidae en la FVT.

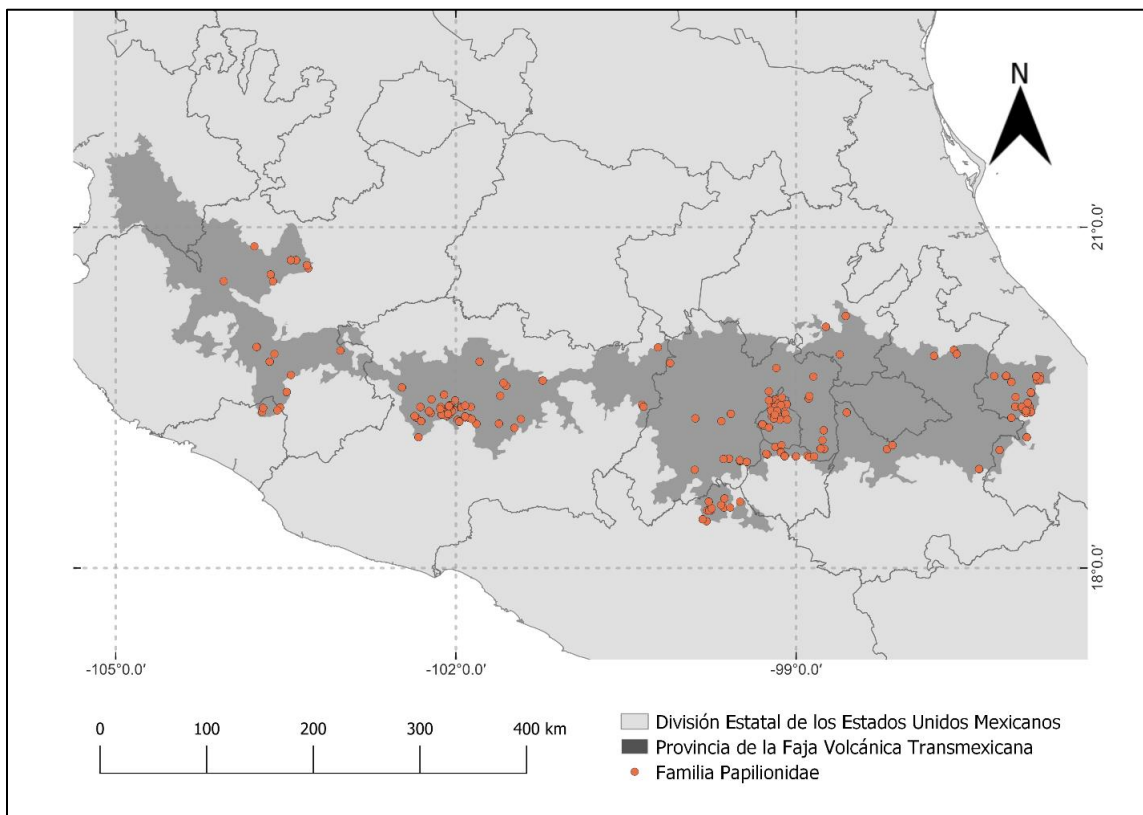


Figura 6. Puntos de muestreo de Papilionidae en la FVT.

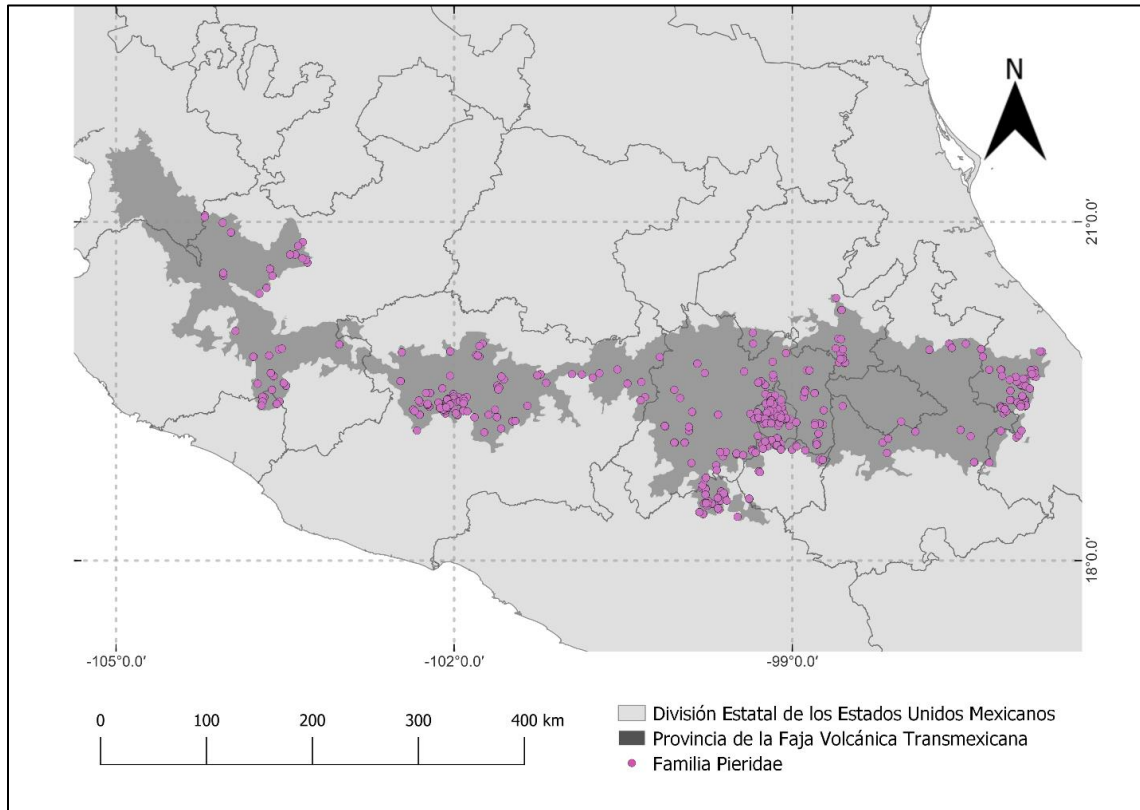


Figura 7. Puntos de muestreo de Pieridae en la FVT.

7.5.1 Distribución geográfica por familia y diferencias

La FVT cruza 13 estados de la República Mexicana (Colima, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz), así como la Ciudad de México. En su conjunto (Figura 4), las localidades de muestreo se distribuyen en 11 de estos estados, sin registros en Nayarit, Guanajuato y Querétaro. La densidad de puntos de muestreo varía notablemente, con una mayor concentración en regiones específicas de la FVT, como el centro y este de Veracruz, las áreas centrales de Puebla y el Estado de México, y la zona central-occidental de Michoacán. Veracruz se distingue por una alta densidad de puntos en su región central y oriental, mientras que Michoacán exhibe una concentración significativa en su zona central-occidental. En contraste, estados como Colima, Guerrero y Jalisco manifiestan una densidad mucho menor, con puntos más dispersos. Esta distribución se alinea con los resultados de las secciones 7.3 y 7.4, donde Veracruz y Michoacán emergieron como los estados con mayor riqueza y abundancia de especies/subespecies.

Nymphalidae (Figura 5). Las 329 localidades muestreadas de esta familia siguen el patrón general descrito anteriormente (Figura 4). La densidad de puntos es mayor en las regiones de alta concentración señaladas, especialmente en Veracruz y Michoacán, donde se observan agrupaciones notables. Puebla y el Estado de México también contribuyen con una densidad significativa en áreas cercanas a las regiones mencionadas. Por otro lado, estados como Colima, Guerrero y Jalisco evidencian una presencia mucho más escasa, con puntos ampliamente dispersos.

Papilionidae (Figura 6). Las 160 localidades muestreadas de Papilionidae se distribuyen en 10 estados, sin registros en Tlaxcala, Nayarit, Guanajuato y Querétaro. La densidad de puntos es menor en comparación con Nymphalidae y Pieridae, reflejando un número reducido de localidades. Aun así, Veracruz y Michoacán destacan con una concentración de puntos que sigue el patrón general, aunque con menor densidad. En contraste, estados como Colima, Guerrero y Jalisco reflejan una distribución muy limitada, con pocos puntos aislados.

Pieridae (Figura 7). Las 323 localidades muestreadas de Pieridae reflejan un patrón similar al descrito previamente (Figura 4). La densidad de puntos es comparable a la de Nymphalidae, con una alta concentración en las regiones de mayor densidad mencionadas, particularmente en Veracruz y Michoacán. Puebla y el Estado de México también muestran una presencia notable en áreas adyacentes. Al igual que en las otras familias, Colima, Guerrero y Jalisco revelan una densidad baja, con puntos escasamente distribuidos.

Las tres familias coinciden en la ausencia de registros en Nayarit, Guanajuato y Querétaro, lo que sugiere que estas áreas de la FVT podrían estar submuestreadas. En términos de densidad, Nymphalidae y Pieridae exhiben una mayor concentración de puntos de muestreo en Veracruz, Puebla, Estado de México y Michoacán, reflejando su mayor número de localidades muestreadas (329 y 323, respectivamente), mientras que Papilionidae, con solo 160 localidades, manifiesta una densidad visualmente menor, especialmente en Tlaxcala (donde no hay registros) y en estados como Colima, Guerrero y Jalisco, donde los puntos son más escasos.

7.6. Riqueza y distribución geográfica

Para comprender mejor la distribución en la FVT, se analizaron las UGOs, definidas como áreas delimitadas por criterios ecológicos y geográficos, en términos de riqueza taxonómica —entendida en este estudio como el número total de especies y subespecies por sitio— y abundancia. La figura 9, muestra el patrón de riqueza de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae en la FVT, proporcionando una visión general de su distribución espacial y revelando una notable heterogeneidad en las UGOs en cuanto a la riqueza en relación con el esfuerzo de recolecta, entendido como el número de muestreos realizados en cada área. En esta figura, el UGO con mayor riqueza registró 204 especies/subespecies, lo que representa el 64% de las 319 especies y subespecies, con 9,934 ejemplares (17% de los 56,433 totales) distribuidos en 12 localidades. En contraste, los UGOs con menor riqueza, que abarcan desde 1 hasta 7 especies/subespecies, concentran entre el 0.3% y el 2.1% del total de especies/subespecies.

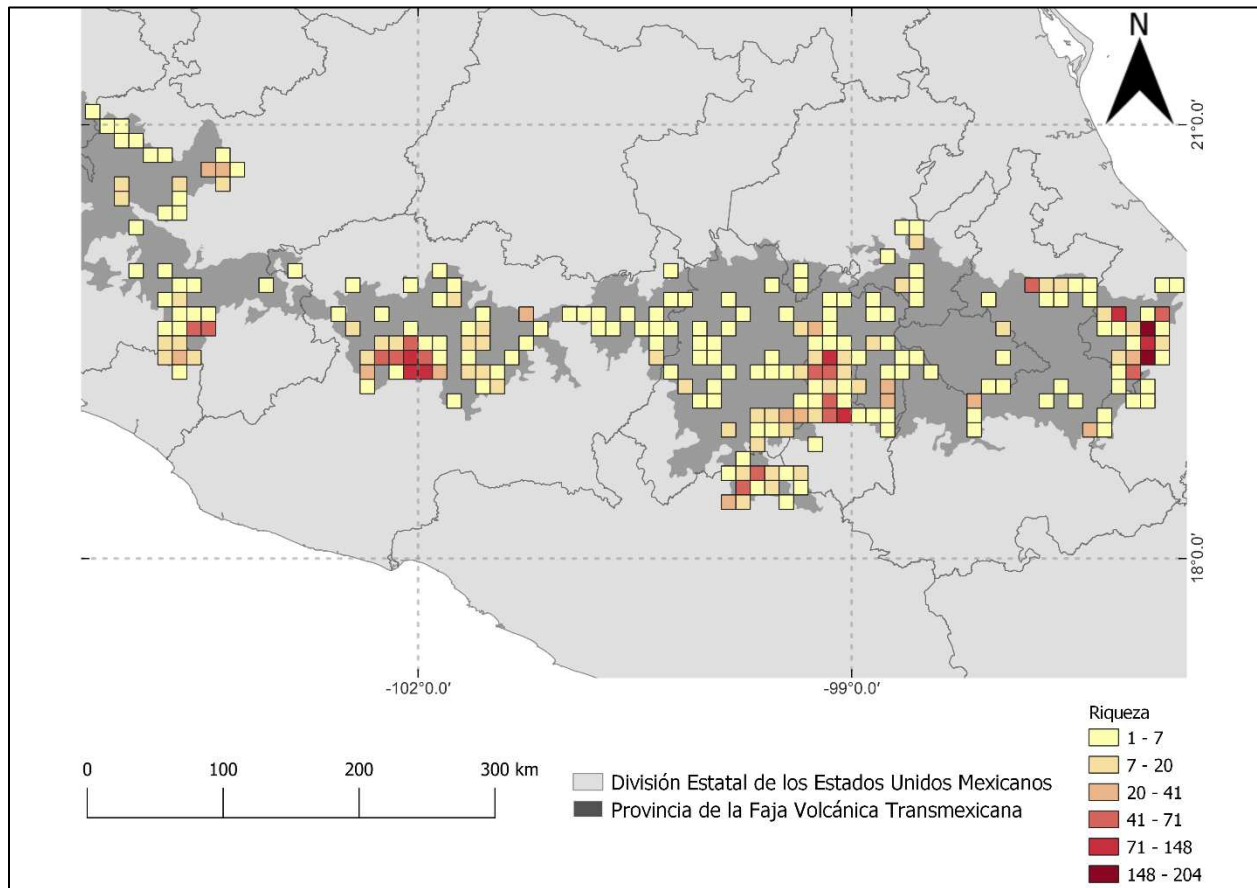


Figura 8. Mapa de riqueza de especies y subespecies en la FVT.

7.6.1. Patrones de diversidad

Las Figuras 9, 10 y 11 ilustran los patrones de diversidad por familia, detallando su distribución y riqueza:

Nymphalidae (Figura 9). El UGO con mayor riqueza registró 159 especies/subespecies, lo que constituye el 66% de las 239 especies y subespecies de Nymphalidae, con 1,888 ejemplares (7% de los 27,892 totales) distribuidos en 7 localidades. En contraste, los UGOs con menor riqueza, que abarcan desde 1 hasta 5 especies/subespecies, concentran entre el 0.4% y el 2.1% del total de especies/subespecies.

Papilionidae (Figura 10). El UGO con mayor riqueza registró 22 especies/subespecies, lo que comprende el 61% de las 36 especies y subespecies de Papilionidae, con 648 ejemplares (13% de los 4,917 totales) distribuidos en 6 localidades. En contraste, los UGOs con menor riqueza, que abarcan solo 1 especie, concentran el 2.8% del total de especies/subespecies.

Pieridae (Figura 11). El UGO con mayor riqueza registró 31 especies/subespecies, lo que refleja el 70% de las 44 especies y subespecies de Pieridae, con 6,799 ejemplares (29% de los 23,624 totales) distribuidos en 20 localidades. En contraste, los UGOs con menor riqueza, que abarcan desde 1 hasta 2 especies/subespecies, concentran entre el 2.3% y el 4.5% del total de especies/subespecies.

Esta disparidad en la riqueza de especies y subespecies resalta la importancia de los UGOs con mayor riqueza como áreas clave para la conservación de la biodiversidad, ya que albergan una mayor proporción de especies/subespecies, incluidas algunas potencialmente endémicas. Sin embargo, las UGOs con menor riqueza, que podrían estar subrepresentadas debido a un menor esfuerzo de muestreo, también son cruciales, ya que pueden albergar especies/subespecies raras o sensibles y servir como refugios frente al cambio climático o a la fragmentación del hábitat por procesos antropogénicos, lo que sugiere la necesidad de un muestreo más intensivo para evaluar su potencial ecológico. Con este método, también se observa el pobre reconocimiento que se tiene de la distribución geográfica de la FVT, donde se puede estimar que más del 60% de su área está mal muestreada o no hay registro de estas áreas.

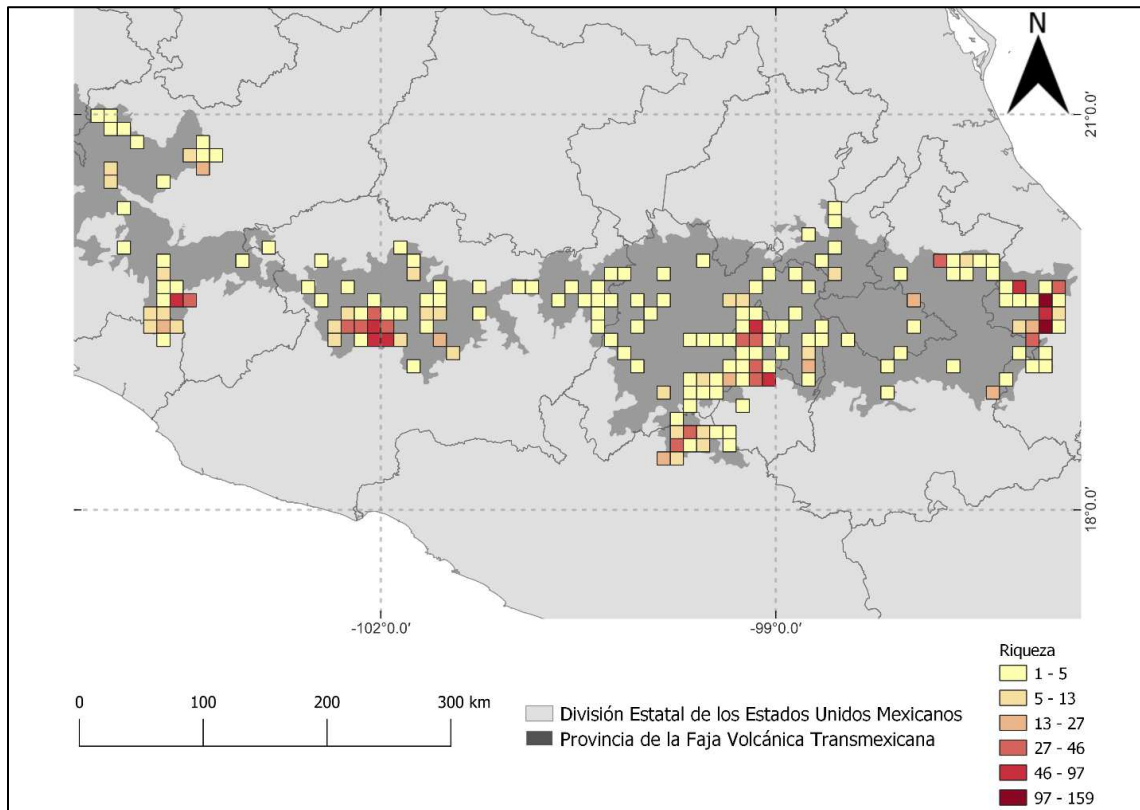


Figura 9. Mapa de riqueza de especies y subespecies de Nymphalidae en la en la FVT.

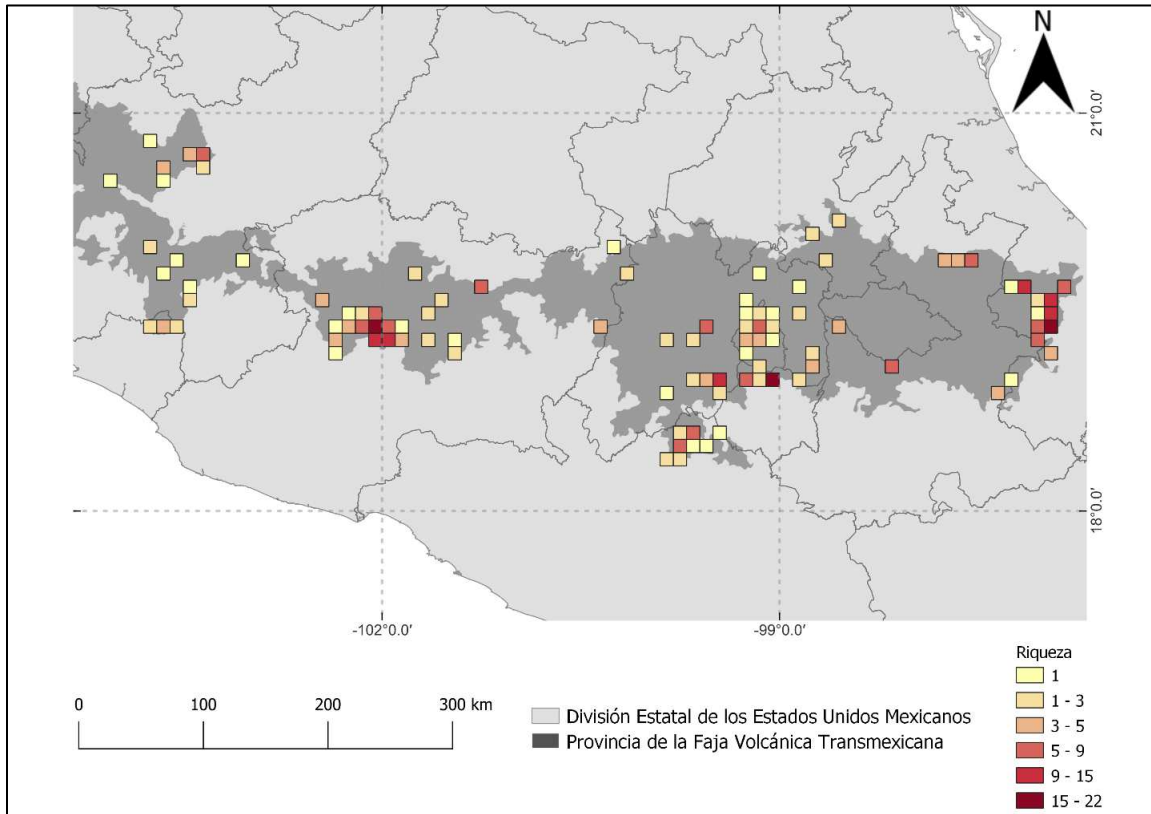


Figura 10. Mapa de riqueza de especies y subespecies de Papilionidae en la en la FVT.

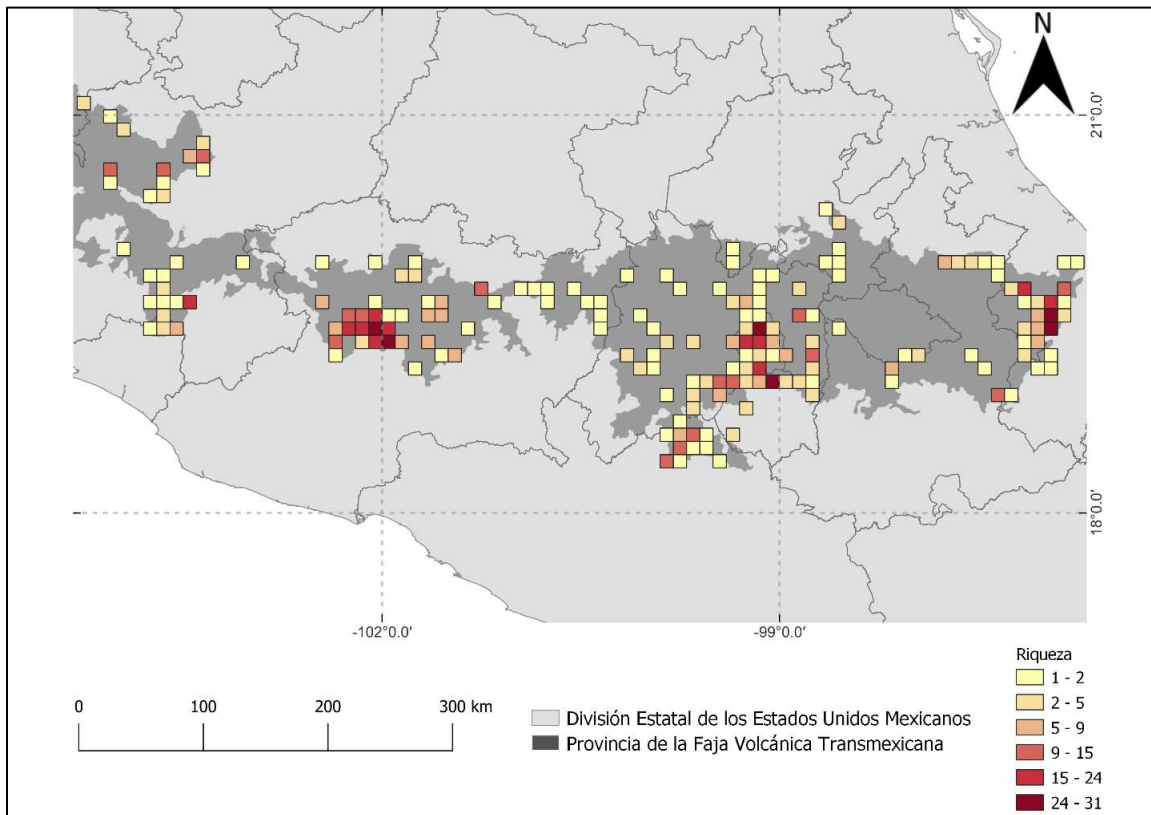


Figura 11. Mapa de riqueza de especies y subespecies de Pieridae en la en la FVT.

7.7. Distribución de las UGOs y patrones espaciales

En la FVT, se observan dos agrupaciones de UGOs, que coinciden con la diferenciación biótica entre los sectores occidental y oriental, que han documentado diversos autores (*v. gr.* Escalante *et al.*, 2007; Fa y Morales, 1991; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2007; Gámez *et al.*, 2012; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2007; Villaseñor y Ortiz, 2007). La Figura 12, ilustra estas agrupaciones: el sector occidental, formado por 83 UGOs, y el sector oriental, integrado por 159 UGOs, con una clara separación espacial entre ambos (Cuadro 8).

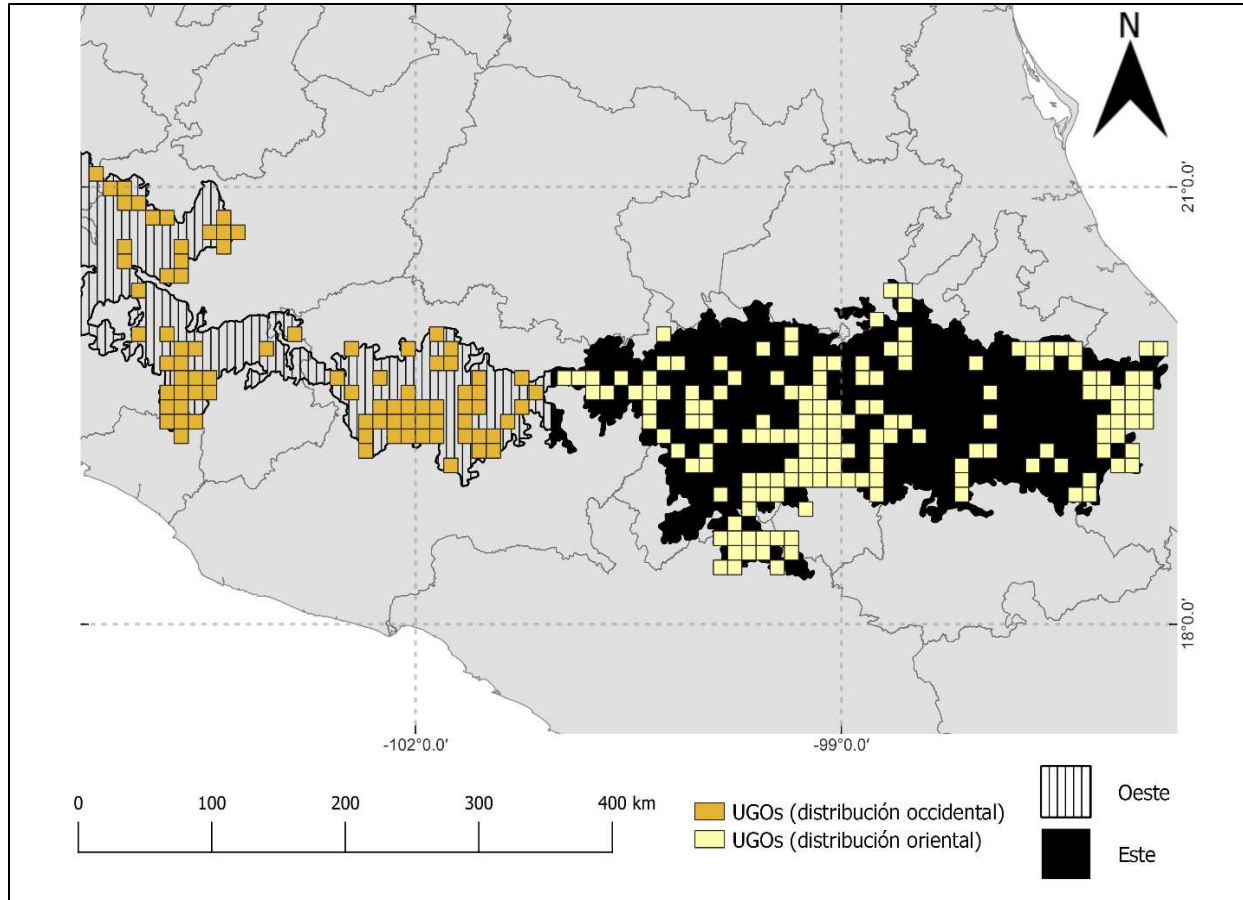


Figura 12. Distribución espacial de las UGOs en la FVT: zona Oeste y Este.

Cuadro 8. Caracterización de las zonas Oeste y Este de la FVT.

Zona	Especies/subespecies	Ejemplares	UGOs
Oeste	202	27,594	83
Este	288	28,839	159
Total	319	56,433	242

Ambos sectores exhiben diferencias notables en riqueza. El sector oriental alberga 288 especies/subespecies, superando las 202 citadas en el sector occidental. En términos de abundancia, el sector occidental contiene 48.9% de los ejemplares, mientras que el oriental el 51.1%, lo que refleja una diferencia de solo el 2% (1,245 ejemplares). Aunque el sector oriental destaca por su mayor riqueza de especies/subespecies y un mayor número de UGOs, la diferencia en abundancia entre ambos sectores es relativamente pequeña (1,245 ejemplares), especialmente si se considera que el sector occidental abarca una menor área de muestreo y tiene menos UGOs, lo que sugiere una mayor densidad de ejemplares por unidad de área en esta zona. Estas diferencias podrían estar relacionadas con factores ecológicos, como la mayor extensión de bosques templados en el sector oriental, o con un mayor esfuerzo de muestreo en esta región, aunque se requiere un análisis más detallado para confirmar estas hipótesis.

7.8. Endemismo

De las 319 especies y subespecies registradas en la FVT, 78 fueron clasificadas como endémicas, con base en las siguientes fuentes: (1) Llorente-Bousquets y Luis-Martínez (1993); (2) Llorente-Bousquets y Luis-Martínez (1998); (3) Luis-Martínez *et al.* (2000); (4) Luis-Martínez *et al.* (2003); (5) Michán *et al.* (2004); y (6) Trujano-Ortega *et al.* (2024). La lista completa puede consultarse en el Anexo 1. Estas especies/subespecies muestran una distribución heterogénea en la FVT: 25 son exclusivas de la zona Oeste y 18 de la zona Este (Cuadro 9). Entre ellas, *Cyllopsis dospassosi* (Nymphalidae: Satyrinae) fue identificada como la única especie estrictamente endémica de la FVT, registrada en la zona Este, específicamente en un área de Tepoztlán, Morelos, actualmente influenciada por la Agricultura de Temporal.

Cuadro 9. Distribución de especies y subespecies endémicas en la FVT.

Especies/subespecies	
Exclusivas a la zona Oeste	Exclusivas a la zona Este
1) <i>Anartia fatima colima</i>	1) <i>Adelpha bredowii</i>
2) <i>Archaeoprepona demophon occidentalis</i>	2) <i>Anthanassa nebulosa alexon</i>
3) <i>Archaeoprepona demophon mexicana</i>	3) <i>Anthocharis limonea</i>
4) <i>Chlosyne endeis endeis</i>	4) <i>Battus laodamas copanae</i>
5) <i>Chlosyne eumeda</i>	5) <i>Cyllopsis diazi</i>
6) <i>Consul electra adustus</i>	6) <i>Cyllopsis dospassosi</i>
7) <i>Diaethria asteria</i>	7) <i>Cyllopsis pertepida pertepida</i>
8) <i>Episcada salvinia portilla</i>	8) <i>Cyllopsis pseudopephredo</i>

Especies/subespecies	
Exclusivas a la zona Oeste	Exclusivas a la zona Este
9) <i>Greta annette moschion</i>	9) <i>Chlosyne cynisca</i>
10) <i>Greta morgane morgane</i>	10) <i>Chlosyne marina marina</i>
11) <i>Hamadryas amphinome mazai</i>	11) <i>Megisto rubricata anabelae</i>
12) <i>Heliconius erato cruentus</i>	12) <i>Memphis aureola pueblaensis</i>
13) <i>Hesperocharis crocea jaliscana</i>	13) <i>Mimoides ilus occiduus</i>
14) <i>Hypna clytemnestra mexicana</i>	14) <i>Nymphalis cyanomelas</i>
15) <i>Melinaea lilis flavicans</i>	15) <i>Polygonia g-argenteum</i>
16) <i>Myscelia cyaniris alvaradia</i>	16) <i>Polygonia haroldii</i>
17) <i>Neophasia terlooii</i>	17) <i>Protesilaus macrosilaus penthesilaus</i>
18) <i>Prepona brooksiana ibarra</i>	18) <i>Pyrrhosticta abderus</i>
19) <i>Protographium epidaus tepicus</i>	
20) <i>Pteronymia rufocincta</i>	
21) <i>Pyrrhogyra edocla paradisea</i>	
22) <i>Taygetis mermeria griseomarginata</i>	
23) <i>Taygetis uncinata</i>	
24) <i>Temenis laothoe quilapayunia</i>	
25) <i>Texola anomalus anomalus</i>	
<p>Cuadro 9. Continuación. La especie en negritas es estrictamente endémica de la FVT.</p>	

7.9. Índices de diversidad en las comunidades.

Los índices de diversidad se calcularon con el software PAST 4.17 (Hammer *et al.*, 2001), ofreciendo una visión detallada de la estructura de las comunidades en la FVT. Para medir la variedad taxonómica —entendida en este estudio como el número total de especies y subespecies por sitio—, se emplearon los índices de Margalef y Fisher alpha, mientras que la heterogeneidad comunitaria se evaluó con los índices Simpson 1-D y Shannon H', reflejando la diversidad en la distribución de los taxones. Además, para analizar la uniformidad en la abundancia relativa, se determinaron los índices de Evenness (E) y Equitability J, que indican la equidad y la distribución proporcional dentro de las comunidades (Cuadro 10). Por último, la diversidad beta se estimó mediante el índice de Bray-Curtis, mostrando diferencias en la composición taxonómica entre las localidades analizadas (Cuadro 11).

Cuadro 10. Índices de diversidad alfa en la zona Oeste y Este de la FVT.

Índices de diversidad	Este	Oeste
Margalef	34.96	26.26
Fisher alpha	73.17	54.98
Simpson 1-D	0.9933	0.9902
Shannon H'	5.303	4.902
Evenness (E)	0.6978	0.6658
Equitability J	0.9365	0.9234

Cuadro 11. Índice de diversidad beta (Bray-Curtis) entre la zona Oeste y Este de la FVT.

Índice de diversidad de Bray-Curtis	Este	Oeste
Este	1	0.59315589
Oeste	0.59315589	1

8. DISCUSIÓN

8.1. Patrones de distribución y división longitudinal en la FVT

El análisis de las UGOs muestra una clara división longitudinal de la FVT en dos zonas bien definidas: la occidental (202 especies/subespecies) y la oriental (288 especies/subespecies) (Fig. 14, Cuadro 8). Estas regiones no solo difieren en la cantidad de UGOs, sino también en los patrones de distribución de las especies y subespecies. En la zona Oeste predominan especies/subespecies adaptadas a climas más cálidos, con un contraste notable de humedad: áreas húmedas al sur y condiciones más áridas al norte, cerca de la Altiplanicie Mexicana. En cambio, la zona Este se caracteriza por especies/subespecies asociadas a hábitats templados, especialmente en su parte central, donde las condiciones climáticas y topográficas favorecen bosques templados y ecosistemas húmedos (Cantellano De Rosas, 2007).

Este patrón fragmentado sugiere que los factores geográficos y climáticos limitan significativamente la movilidad de las especies y subespecies, contribuyendo a la moderada diversidad beta observada. La complejidad del relieve, con sus numerosas barreras naturales, favorece la diferenciación entre localidades y promueve procesos de especiación y aislamiento geográfico. En este sentido, Villaseñor y Ortiz (2007) plantean que el alto número de especies/subespecies restringidas en la FVT se debe a que muchas comparten su rango de distribución con cadenas montañosas vecinas, conformando un entramado regional complejo que ha sostenido históricamente su función como corredor biológico. Esta conectividad ha facilitado la dispersión de organismos entre la Sierra Madre Occidental y la Oriental, reforzando el papel de la FVT como vía de intercambio genético y, en consecuencia, como un espacio clave para el enriquecimiento de la diversidad biológica.

8.2. Diversidad y heterogeneidad ecológica en la FVT

La distribución geográfica de las especies y subespecies de las tres familias en la FVT es altamente heterogénea, observándose contrastes entre la zona Este y la Oeste (Fig. 12), fenómeno ya señalado por diversos autores (*v. gr.* Escalante *et al.*, 2007; Fa y Morales, 1991; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2007; Gámez *et al.*, 2012; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2007; Villaseñor y Ortiz, 2007). Esta heterogeneidad confirma que la biodiversidad en esta provincia no es uniforme, sino que responde a la interacción de factores geográficos, climáticos y ecológicos que condicionan la distribución de las comunidades.

Los índices de diversidad utilizados en este estudio muestran diferencias notables entre ambas zonas, evidenciando cómo las condiciones históricas y ecológicas han determinado patrones específicos de la riqueza. Al analizar la riqueza, los índices de Margalef y Fisher alpha indican que la zona Este alberga un mayor número de especies/subespecies en comparación con la Oeste. El índice de Margalef alcanza un valor significativamente más alto en el Este (34.96 frente a 26.26), mientras que el índice Fisher alpha también refleja una mayor riqueza en esta zona (73.17 frente a 54.98).

Sin embargo, la diversidad relativa de especies y subespecies presenta un patrón diferente. El índice de Simpson 1-D muestra valores altos y similares entre ambas zonas (0.9933 Este frente a 0.9902 Oeste), sugiriendo que, a pesar de la mayor riqueza en el Este, la dominancia de especies/subespecies es baja en ambas regiones. Por su parte, el índice de Shannon H' fue ligeramente superior en el Este (5.303 frente a 4.902), lo que indica una comunidad más

equilibrada en cuanto a abundancias, donde ninguna especie domina ampliamente y la mayoría mantiene proporciones similares dentro del ensamble.

Dado que estas diferencias son sutiles, se puede inferir que las comunidades de ambas zonas tienen una diversidad global comparable, sin una diferencia clara para ninguna de las dos. Respecto a la equidad, el índice de Evenness (E) muestra valores más altos en la zona Este (0.6978) frente a 0.6658 en el Oeste, lo que apunta a una distribución más homogénea de la abundancia de especies/subespecies en el Este. Por otro lado, el índice de Equitabilidad J es superior en el Este (0.9365) frente a 0.9234 en el Oeste, sugiriendo una distribución más uniforme en esa zona.

Finalmente, el índice de Bray-Curtis revela una diferenciación ecológica significativa: el valor entre Este y Oeste es 0.5931, lo que indica un 59.32% de disimilitud en la composición de las comunidades en términos de abundancias de las especies y subespecies. Esto resalta una diferenciación ecológica probablemente ligada a la compleja orografía producto de la historia geológica de la FVT y de sus barreras naturales.

Esta variación en la diversidad alfa y la moderada diversidad beta observada reflejan cómo la diversidad topográfica de la FVT, con sus planicies, valles, cuencas y montañas, combinada con la variabilidad climática, crea condiciones ecológicas que afectan la dispersión y distribución de las especies y subespecies. Este patrón fragmentado explica la alta riqueza lepidopterológica de la región y subraya la necesidad de investigaciones adicionales para abordar los vacíos de información por falta de muestreos o de áreas mal muestreadas, mejorando así el conocimiento taxonómico de la FVT.

8.3. Endemismo y su significado ecológico

Los patrones de distribución y diversidad descritos previamente también han dado lugar a niveles significativos de endemismo en la FVT, reflejando su importancia como un centro de especiación. Los patrones de endemismo identificados en la FVT reflejan la importancia de esta región como un centro de especiación y una provincia biogeográfica única para los lepidópteros en México. La presencia de 78 especies/subespecies endémicas, con una distribución desigual entre las zonas Oeste (25 especies/subespecies exclusivas) y Este (18 especies/subespecies exclusivas) de la FVT (Cuadro 9), sugiere que procesos ecológicos e históricos han moldeado de manera diferencial la diversidad en la región.

La mayor concentración de especies/subespecies endémicas exclusivas en la zona Oeste indica que esta región pudo haber funcionado como un refugio histórico, posiblemente beneficiada por su heterogeneidad ambiental y estabilidad geológica. En contraste, la zona Este, con menos especies/subespecies exclusivas, parece haber sido más influenciada por su ubicación geográfica y condiciones climáticas templadas, lo que podría haber favorecido una mayor conectividad con otras provincias biogeográficas. Estos patrones de endemismo diferencial evidencian cómo la diversidad morfotectónica de la FVT, ha influido en la evolución y distribución de las especies y subespecies a lo largo del tiempo. Por otro lado, la presencia de *Cyllopsis dospassosi* (Nymphalidae: Satyrinae) como la única especie estrictamente endémica de la FVT, registrada en un área actualmente destinada a Agricultura de Temporal (AT) en Tepoztlán, Morelos, sugiere una capacidad de persistencia en paisajes modificados. Esta tolerancia podría estar asociada a la proximidad de ecosistemas montañosos, pues la fauna endémica de Lepidoptera mantiene una estrecha relación con los bosques húmedos de montaña, en particular con el mesófilo, cuya distribución fragmentada en distintas sierras ha favorecido procesos de especiación desde el

Plioceno (Pozo *et al.*, 2015). Este hallazgo resalta la relevancia ecológica de la FVT como un área clave para la conservación de la biodiversidad de mariposas en México, especialmente en hábitats transformados que aún albergan especies/subespecies endémicas. La protección de estas áreas es prioritaria para preservar tanto las especies/subespecies endémicas como las estrictamente endémicas, frente a las crecientes presiones antropogénicas en los ecosistemas de la FVT.

8.4. Influencia de la vegetación y la transformación agrícola en la biodiversidad

Aunque los procesos ecológicos descritos han moldeado la distribución, diversidad y endemismo, la vegetación y su transformación por actividades humanas también desempeñan un rol clave en la composición de la biodiversidad de la FVT. La vegetación dentro de esta provincia está dominada por bosques templados, incluyendo coníferas, encinares y bosques mesófilos de montaña, que predominan en altitudes superiores (1800-2000 m) (Luis-Villaseñor & Ortiz, 2007). Aunque estas comunidades están presentes en toda la provincia, su composición y cobertura varían entre las zonas Este y Oeste. En la Oeste, el tipo de vegetación natural predominante incluye bosques de encino, selvas bajas, matorrales espinosos y bosques de pino. En contraste, la zona Este exhibe una menor cobertura vegetal, concentrada en los extremos de la región: matorrales sarcocrasicaule y espinosos al norte y noroeste, y bosques de pino, encino y mesófilos de montaña al oriente, con pequeños parches de selva, matorral rosetófilo, sarcocrasicaule y chaparral al sureste (Cantellano De Rosas, 2007). Esta distribución refleja una menor homogeneidad en el Este, donde la vegetación original se ha reducido significativamente, afectando la disponibilidad de hábitats para las especies y subespecies.

Los datos de este proyecto sugieren que las localidades con mayor riqueza están siendo impactadas por actividades agrícolas de temporal, que han transformado extensas áreas de vegetación primaria. La expansión agrícola ha fragmentado los hábitats naturales, concentrando la biodiversidad en pequeños remanentes que funcionan como refugios para las especies/subespecies asociadas a los bosques originales. A pesar de esta alteración, los bosques templados siguen siendo fundamentales, ya que albergan la mayor parte de las especies/subespecies en la FVT. Esta transformación resalta cómo la intervención humana ha dado lugar a una predominancia de vegetación secundaria, limitando la distribución de las especies/subespecies y afectando la biodiversidad local, aunque algunos fragmentos aún conservan parcialmente la riqueza original.

8.5. Implicaciones para la conservación y prioridades de manejo

La FVT se destaca como una provincia clave para la conservación de la biodiversidad en México, debido a su alta riqueza, diversidad beta y concentración de especies y subespecies endémicas. La mayoría de las especies/subespecies (285; 89%) están distribuidas en menos de 20 localidades, lo que indica un patrón restringido relacionado con la diversidad topográfica, la fragmentación de hábitats y los pocos proyectos faunísticos realizados de forma sistemática. La transformación agrícola, el aumento en el tamaño de las poblaciones y el cambio climático constituyen amenazas significativas, al estar reduciendo el área de los bosques templados y con ello la biodiversidad.

Para evaluar la distribución espacial de esta biodiversidad, se emplearon Unidades Geográficas Operativas (UGOs), definidas como las celdas con registros de especies/subespecies dentro de una cuadrícula de 0.1° x 0.1° que cubre la FVT, permitiendo analizar patrones de riqueza y abundancia a una escala intermedia. Los resultados revelan una clara disparidad en la riqueza de especies y subespecies, con implicaciones directas para la conservación: las UGOs con mayor riqueza, que concentran una proporción significativa de las especies/subespecies de cada familia, son

fundamentales para la preservación de la biodiversidad y deben priorizarse en las estrategias de protección y restauración. Por otro lado, las UGOs con menor riqueza, aunque menos representadas en los trabajos iniciales, también son esenciales para la conservación a largo plazo. Estas áreas pueden albergar especies/subespecies menos comunes o con rangos de distribución restringidos, que son vulnerables a las alteraciones del hábitat por efectos antropogénicos, como la agricultura y la expansión urbana, aunado al cambio climático, y podrían convertirse en refugios para especies y subespecies que se adaptan o desplazan debido a estos cambios (v. gr. Molina-Martínez *et al.*, 2016). Por ello, un muestreo más exhaustivo y sistemático en estas zonas resulta crucial para evaluar su potencial ecológico y completar el panorama taxonómico de la región.

Estos hallazgos destacan la urgencia de proteger los hábitats de la FVT, especialmente los bosques templados y las áreas con alta concentración de especies/subespecies endémicas, mientras se intensifica el trabajo de campo en las UGOs de menor riqueza para revelar patrones de biodiversidad ocultos. Ambos tipos de UGOs son complementarios y esenciales para una estrategia integral de manejo que preserve la riqueza lepidopterológica de la FVT como corredor biológico frente a las presiones actuales.

9. CONCLUSIONES

El estudio de la biodiversidad lepidóptera en la FVT revela una marcada heterogeneidad en la distribución de 319 especies/subespecies, influenciada por factores históricos, geológicos, climáticos y antropogénicos. La división longitudinal de la FVT en las zonas Oeste (202 especies/subespecies) y Este (288 especies/subespecies) evidencia diferencias en riqueza y diversidad beta, con una mayor riqueza en el Este, pero una estructura comunitaria equilibrada en ambas regiones, de acuerdo con los índices de diversidad relativa (Simpson y Shannon). La moderada diversidad beta, reflejada en un 59.32% de disimilitud en la composición de especies y subespecies entre ambas zonas, indica que la orografía de la FVT actúa como una barrera natural que limita la dispersión y fomenta ensamblajes faunísticos diferenciados.

El relieve montañoso y la variabilidad climática de la FVT generan condiciones propicias para procesos de aislamiento poblacional, diferenciación ecológica y especiación, explicando la alta riqueza lepidopterológica de la región. La mayoría de los taxones (89%, 285 especies/subespecies) exhiben rangos restringidos a menos de 20 localidades, lo que sugiere la existencia de microhábitats especializados que favorecen comunidades puntuales. Sin embargo, estos patrones fragmentados podrían estar influenciados por un esfuerzo de muestreo desigual, lo que resalta la necesidad de investigaciones adicionales para abordar los vacíos de información en áreas menos exploradas. La fragmentación del hábitat por la expansión agrícola ha reducido la cobertura vegetal primaria, restringiendo la distribución de especies y subespecies a remanentes forestales que actúan como reservorios de biodiversidad.

Un hallazgo clave es la identificación de 78 especies/subespecies endémicas, con una distribución desigual entre las zonas Oeste (25 exclusivas) y Este (18 exclusivas), y la presencia de *Cyllopsis dospassosi* como la única especie estrictamente endémica de la FVT. Estos patrones de endemismo refuerzan la singularidad de la FVT como un centro de especiación y una provincia biogeográfica clave para los lepidópteros en México, destacando su relevancia ecológica para la conservación de especies/subespecies restringidas a la región.

Dada la alta riqueza, el endemismo y la fragmentación del paisaje, las estrategias de conservación deben priorizar la protección de los bosques templados y las UGOs con mayor riqueza, que concentran una alta proporción de especies y subespecies, incluidas las endémicas. Simultáneamente, intensificar el muestreo en las UGOs de menor riqueza es esencial para evaluar su potencial ecológico y completar el panorama taxonómico. Medidas como la creación de corredores biológicos, la restauración de hábitats estratégicos y el fortalecimiento de áreas protegidas pueden mitigar los efectos de la fragmentación y garantizar la persistencia de las comunidades de mariposas frente al cambio climático y la degradación ambiental.

Esta tesis aporta una base científica sólida para investigaciones futuras sobre la biogeografía de las especies y subespecies de Papilionoidea y contribuye al conocimiento de la biodiversidad en la FVT. La identificación de patrones de riqueza, diversidad y endemismo permite comprender mejor la dinámica de los lepidópteros en la región y diseñar estrategias de conservación a largo plazo. En un contexto de presiones crecientes, la FVT se consolida como un reservorio biológico de relevancia nacional cuya protección resulta impostergable.

10. REFERENCIAS

- Alcolado, P. M. (1998). Conceptos e índices relacionados con la diversidad. *Avicennia*, 8/9, 7–21.
- Álvarez-Mondragón, E., & Morrone, J. J. (2004). Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia*, 29(3), 112–120.
- 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.
- Arriaga, L., Aguilar, C., Espinosa, D., & Jiménez, R. (Eds.). (1997). *Regionalización ecológica y biogeográfica de México*. Taller de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Arriaga, L., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zúñiga, C., Martínez-Romero, E., Gómez-Mendoza, L., & Loa-Loza, E. (Coords.). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Baselga, A., & Rodríguez, C. G. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Científica Compostelana*, 26, 39–45.
- Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325–349.
- Brown, J. H., & Lomolino, M. V. (1998). *Biogeography* (2ª ed.). Sinauer Associates.
- Cabrera, A. L., & Willink, S. E. (1973). *Biogeografía de América Latina* (Monografía 13, Serie de Biología). Secretaría General de la OEA.
- Cantellano De Rosas, E. (2007). Reconocimiento espacial de los paisajes. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 39–56). UNAM.
- 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.
- Castillo-Guevara, C., & Rico-Gray, V. (2002). Is cycasin in *Eumaeus minyas* (Lepidoptera: Lycaenidae) a predator deterrent? *Interciencia*, 27(9), 465–470.
- Cong, Q., Shen, J., Li, W., Borek, D., Otwinowski, Z., & Grishin, N. V. (2017). The first complete genomes of metalmarks and the classification of butterfly families. *Genomics*, 109, 485–493.
- Contreras-Medina, R., Ruiz-Jiménez, C. A., & Luna-Vega, I. (2003). Caterpillars of *Eumaeus childrenae* (Lepidoptera: Lycaenidae) feeding on two species of cycads (Zamiaceae) in the Huasteca region, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 51(1), 201–204.

- Corona, A. M., Toledo, V. H., & Morrone, J. J. (2007). Análisis panbiogeográfico de especies de Buprestidae y Cerambycidae (Insecta: Coleoptera). En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 439–448). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Coto, D., & Saunders, J. L. (2001). Insectos plaga de la guanábana (*Annona muricata*) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas*, (61), 60-68
- De Candolle, A. (1820). Géographie botanique. En *Dictionnaire des sciences naturelles* (Vol. 18, pp. 359–422). Treuttel et Würtz.
- Escalante, T. (2009). Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(2), 551–560.
- Escalante, T., Rodríguez, G., Gámez, N., León-Paniagua, L., Barrera, O., & Sánchez-Cordero, V. (2007). Biogeografía y conservación de los mamíferos. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 485–502). UNAM.
- Escalante, T., Rodríguez, G., & Morrone, J. J. (2004). The diversification of Nearctic mammals in the Mexican Transition Zone. *Biological Journal of the Linnean Society*, 83(3), 327–339.
- Escalante, T., Szumik, C., & Morrone, J. J. (2009). Areas of endemism of Mexican mammals: Re-analysis applying the optimality criterion. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98(3), 468–478.
- Espeland, M., Breinholt, J., Willmott, K. R., Warren, A. D., Vila, R., Toussaint, E. F. A., Maunsell, S. C., Aduse-Poku, K., Talavera, G., & Kawahara, A. Y. (2018). A comprehensive and dated phylogenomic analysis of butterflies. *Current Biology*, 28(5), 770–778.e5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.061>
- Espinosa, D., & Ocegueda, S. (2007). Introducción. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 5–6). UNAM.
- Fa, J. E., & Morales, L. M. (1991). Mammals and protected areas in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. En M. A. Mares & D. J. Schmidly (Eds.), *Latin American mammalogy: History, diversity, and conservation* (pp. 199–226). University of Oklahoma Press.
- Ferrari, L., Conticelli, S., Vaggelli, G., Petrone, C. M., & Manetti, P. (2000). Late Miocene mafic volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonophysics*, 318(1-4), 161–185.
- Ferrusquía-Villafranca, I. (1993). Geología de México: una sinopsis. En T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución* (pp. 3–108). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ferrusquía-Villafranca, I. (2007). Ensayo sobre la caracterización y significación biológica. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 7–24). UNAM.

- Fisher, R. A., Corbet, A. S., & Williams, C. B. (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *The Journal of Animal Ecology*, 12(1), 42–58. <https://doi.org/10.2307/1411>
- Flores-Villela, O., & Canseco-Márquez, L. (2007). Riqueza de la herpetofauna. En I. Luna, J. J. Morrone & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 407–420). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gámez, N., Escalante, T., Rodríguez, G., Linaje, M., & Morrone, J. J. (2012). Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1), 258–272.
- García-Marmolejo, G., Escalante, T., & Morrone, J. J. (2008). Establecimiento de prioridades para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México. *Mastozoología Neotropical*, 15(1), 41–65.
- Halffter, G. (1987). Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology*, 32(1), 95–114.
- Halffter, G., Llorente-Bousquets, J., & Morrone, J. J. (2008). La perspectiva biogeográfica histórica. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Ed.), *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 99–112). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 4–9.
- Hernández-Baños, B. E., Peterson, A. T., Navarro-Sigüenza, A. G., & Escalante-Pliego, B. P. (1995). Bird faunas of the humid montane forests of Mesoamerica: Biogeographic patterns and priorities for conservation. *Bird Conservation International*, 5(3), 251–277. <https://doi.org/10.1017/S0959270900001039>
- Hernández-Mejía, C., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., & Llorente-Bousquets, J. (2008). Distribución de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) del Estado de México, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1309–1341.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *División política estatal 1:250,000. 2020, escala 1:250,000*. INEGI.
- Köppen, W. (1948). *Climatología: Con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica.
- Liebherr, J. K. (1994). Biogeographic patterns of montane Mexican and Central American Carabidae (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*, 126(4), 841–860. <https://doi.org/10.4039/Ent126841-3>
- Llorente-Bousquets, J., & Luis-Martínez, A. M. (1993). A conservation oriented analysis of Mexican butterflies: The Papilionidae (Lepidoptera: Papilionoidea). En T. P. Ramamoorthy, R.

- Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *The biological diversity of Mexico: Origins and distribution* (pp. 147–177). Oxford University Press.
- Llorente-Bousquets, J., & Luis-Martínez, A. M. (1998). Análisis conservacionista de las mariposas mexicanas: Papilionidae (Lepidoptera: Papilionoidea). En T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución* (pp. 149–178). Instituto de Biología, UNAM.
 - Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., & Soberón, J. (1993). Biodiversidad de las mariposas: su conocimiento y su conservación en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, 313–324.
 - Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A. M., & Vargas-Fernández, I. (2006). Apéndice general de Papilionoidea: Lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. En J. J. Morrone & J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana* (pp. 945–1009). Las Prensas de Ciencias, UNAM.
 - Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A. M., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. C., & Warren, A. D. (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Supl.), 353–371. <https://doi.org/10.7550/rmb.31830>
 - Lozano-García, M. S., & Ceballos-Ferriz, S. R. S. (2007). Historia de la vegetación en el centro de México: Evidencias paleobotánicas. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 273–288). Universidad Nacional Autónoma de México.
 - Luis-Martínez, A. M. (2014). *Computarización y actualización de la curación de la Colección de Lepidoptera del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" y su base de datos MARIPOSA. FASE I*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HA015.
 - Luis-Martínez, A. M., 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., Hernández-Mejía, B., Trujano-Ortega, M., Warren, A., Salinas-Gutiérrez, J., Ávalos-Hernández, O., Vargas-Fernández, I., & Llorente-Bousquets, J. (2016). Avances faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) *sensu lato* de Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist*, 41(1), 171–224. <https://doi.org/10.3958/059.041.0119>
 - Luis-Martínez, A. M., Llorente-Bousquets, J., & Vargas-Fernández, I. (2005). Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. En J. Llorente-Bousquets & J. J. Morrone (Eds.), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XII. I-CYTED)* (pp. 269–294). Las Prensas de Ciencias, UNAM.
 - Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., & Gutiérrez, A. L. (2000). Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. En F.

- Martín Piera, J. J. Morrone, & A. Melic (Eds.), *Monografías Tercer Milenio* (Vol. 1, pp. 275–285). Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Luna, I., Alcántara, O., Morrone, J. J., & Espinosa, D. (2000). Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions*, 6(3), 137–143.
 - Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
 - Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systems*, 3, 36–71.
 - McGeoch, M. A. (2007). Insects and bioindication: Theory and progress. En A. J. A. Stewart, T. R. New, & O. T. Lewis (Eds.), *Insect Conservation Biology* (pp. 144–174). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845932541.0144>
 - Michán, L., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martínez, A. M., & Castro, D. J. (2004). Breve historia de la taxonomía de Lepidoptera en México durante el siglo XX. En J. Llorente-Bousquets, J. J. Morrone, O. Yáñez, & I. Vargas (Eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento* (Vol. IV, pp. 5–42). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
 - Molina-Martínez, A., León-Corté, J., Regan, H., Lewis, O.T., Navarrete, D., Caballero, U. & Luis-Martínez, A. 2016. Changes in butterfly distributions and species assemblages on a Neotropical mountain range in response to global warming and anthropogenic land use. *Diversity and Distributions* 22: 1085–1098.
 - Morrone, J. J. (2001a). *Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manuales y Tesis SEA*, N° 3. Sociedad Entomológica Aragonesa.
 - Morrone, J. J. (2001b). *Sistemática, biogeografía, evolución: Los patrones de la biodiversidad en tiempo y espacio*. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
 - Morrone, J. J. (2001c). Homology, biogeography and areas of endemism. *Diversity and Distributions*, 7(6), 297–300.
 - Morrone, J. J. (2001d). Toward a cladistic model for the Caribbean subregion: Delimitation of areas of endemism. *Caldasia*, 23(1), 43–76.
 - Morrone, J. J. (2002). Presentación sintética de un nuevo esquema biogeográfico de América Latina y el Caribe. En C. Costa, S. A. Vanin, J. M. Lobo, & A. Melic (Eds.), *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES*, Volumen 2 (pp. 267–275). Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa.
 - Morrone, J. J. (2004a). La zona de transición sudamericana: Caracterización y relevancia evolutiva. *Acta Entomológica Chilena*, 28, 41–50.
 - Morrone, J. J. (2004b). Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(2), 149–162. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262004000200001>

- Morrone, J. J. (2005). *Hacia una síntesis biogeográfica de México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76(2), 207–252.
- Morrone, J. J. (2006). *Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna*. *Annual Review of Entomology*, 51, 467–494.
- Morrone, J. J. (2008). *Evolutionary biogeography: An integrative approach with case studies*. Columbia University Press.
- Morrone, J. J. (2019). *Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, e902980.
- Morrone, J. J. (2020). *The Mexican Transition Zone: A Natural Biogeographic Laboratory to Study Biotic Assembly*. Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47917-6>
- Morrone, J. J., Escalante, T., & Rodríguez-Tapia, G. (2017). *Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles*. *Zootaxa*, 4277(2), 277–279.
- Morrone, J. J., Espinosa-Organista, D., & Llorente-Bousquets, J. (2002). Mexican biogeographic provinces: Preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 85, 83–108.
- Morrone, J. J., & Gutiérrez, A. (2005). Do fleas (Insecta: Siphonaptera) parallel their mammal host diversification in the Mexican Transition Zone? *Journal of Biogeography*, 32(8), 1315–1325. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01285.x>
- Mota-Vargas, C., Encarnación-Luévano, A., Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D. A., Peña-Peniche, A., & Rojas-Soto, O. R. (2019). Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico. En C. E. Moreno (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 39–63). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Navarro-Sigüenza, A. G. (2020). *Apoyo a las colecciones biológicas de la Facultad de Ciencias de la UNAM: Fase I*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. LE002.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Lira-Noriega, A., Peterson, A. T., Oliveras-de Ita, A., & Gordillo-Martínez, A. (2007). Diversidad, endemismo y conservación de las aves. En I. Luna, J. J. Morrone & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 461–484). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Noguera-Urbano, E. A. (2017). El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(1), 89–107.
- Pardo, M., & Suárez, G. (1995). *Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implications*. *Journal of Geophysical Research*, 100(B7), 12,357–12,373. <https://doi.org/10.1029/95JB00919>

- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(1), 131–144.
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological Diversity*. Wiley.
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Salas-Suárez, N., Trujano-Ortega, M., & Llorente-Bousquets, J. (2015). Mariposas diurnas: bioindicadoras de eventos actuales e históricos. En C. A. González-Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez, & A. M. Low-Pfeng (Eds.), *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 327–348). INE-INECC.
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3(4), 349–361.
- Ríos-Muñoz, C. A., & Espinosa-Martínez, D. V. (2019). Datos biológicos: fuentes y consideraciones. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 2(2), 5–14.
- Rosen, D. E. (1975). A vicariance model of Caribbean biogeography. *Systematic Zoology*, 24(4), 431–464.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Samek, V. (1988). Fitorregionalización del Caribe. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 9, 25–38.
- Scoble, M. J. (1995). *The Lepidoptera: Form, function, and diversity*. The Natural History Museum & Oxford University Press.
- Semarnat. (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Edición 2015*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Smith, H. M. (1941). Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 2, 103–110.
- Stuart, L. C. (1964). Fauna of Middle America. En R. C. West (Ed.), *Handbook of Middle American Indians: Vol. 1. Natural Environment and Early Cultures* (pp. 316–362). University of Texas Press.

- Suárez-Mota, M. E., Téllez-Valdés, O., Lira-Saade, R., & Villaseñor, J. L. (2013). Una regionalización de la Faja Volcánica Transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences*, 91(1), 93–105.
- Toledo, V. H., Corona, A. M., & Morrone, J. J. (2007). Track analysis of the Mexican species of Cerambycidae (Insecta: Coleoptera). *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(2), 131–137.
- Trujano-Ortega, M., Luis-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Ávalos-Hernández, O., & Llorente-Bousquets, J. (2024). Introduction to the analysis, synthesis, and comparisons of endemic butterflies in Mexico. *Zootaxa*, 5479(1), 1–73. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5479.1.1>
- Vargas-Fernández, I., Llorente-Bousquets, J., & Luis-Martínez, A. (2016). *Adiciones a la serie Papilionoidea de México: Distribución geográfica e ilustración*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velasco de León, M. P., Arellano-Gil, J., Silva-Pineda, A., & Yussim-Guarneros, S. (2007). Aspectos geológicos y paleontológicos. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 25–38). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2007). La familia Asteraceae. En I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 289–310). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Whittaker, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30(3), 279–338. <https://doi.org/10.2307/1943563>
- Zink, R. M., Blackwell-Rago, R. C., & Ronquist, F. (2000). The shifting roles of dispersal and vicariance in biogeography. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1449), 497–503.

Anexo 1.

Lista de especies de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae (Insecta: Lepidoptera: Papilionoidea (*partim*) de la Faja Volcánica Transmexicana, México.

Esta lista taxonómica integra las especies y subespecies de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae de la FVT, se encuentra ordenada de acuerdo con los trabajos: (1) la Lista Sistemática de Papilionoidea (*partim*) de México de Vargas-Fernández *et al.* (2016) y (2) los Avances faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) sensu lato de Oaxaca, México de Luis-Martínez *et al.* (2016), esta última específicamente para las especies de la subfamilia Satyrinae (Nymphalidae).

La lista está compuesta 319 especies/subespecies distribuidas en 123 géneros, representando aproximadamente el 45% de las 708 especies descritas para México (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014) de estas tres familias de Papilionoidea (*sensu lato*): Papilionidae (36 especies/subespecies), Pieridae (44) y Nymphalidae (239), organizada por subfamilias, tribus y géneros. De éstas, 78 especies y subespecies, se resaltan en negrita, para identificarlas como endémicas a México. Su clasificación se basó en los criterios establecidos por (1) Llorente-Bousquets y Luis-Martínez (1993); (2) Llorente-Bousquets y Luis-Martínez (1998); (3) Luis-Martínez *et al.* (2000); (4) Luis-Martínez *et al.* (2003); (5) Michán *et al.* (2004); y (6) Trujano-Ortega *et al.* (2024), con un número en superíndice al final de cada nombre endémico que indica la fuente de referencia correspondiente (1-6). Además de las especies endémicas, se identificó a *Cyllopsis dospassosi* (Nymphalidae: Satyrinae) como estrictamente endémica de la FVT (ver Cuadro 9).

Familia Papilionidae

Subfamilia Baroniinae Bryk, 1913

Género *Baronia* Salvin, 1893

1. ***Baronia brevicornis brevicornis* Salvin, 1893**^{1,2,3,4,5,6}

Subfamilia Papilioninae Latreille, [1802]

Tribu Leptocircini W. F. Kirby, 1896

Género *Protographium* Munroe, [1961]

2. *Protographium epidaus epidaus* (Doubleday, 1846)

3. ***Protographium epidaus fenoehionis* (Salvin & Godman, 1868)**^{1,2,3,6}

4. ***Protographium epidaus tepicus* (Rothschild & Jordan, 1906)**^{1,2,3,6}

5. *Protographium philolaus philolaus* (Boisduval, 1836)

Género *Protesilaus* Swainson, [1832]

6. ***Protesilaus macrosilaus penthesilaus* (C. Felder & R. Felder, 1865)**^{1,2}

Género *Mimoides* K. S. Brown, 1991

7. *Mimoides ilus branchus* (Doubleday, 1846)

8. ***Mimoides ilus occiduus* (Vázquez, 1957)**^{1,2,3,6}

9. *Mimoides phaon phaon* (Boisduval, 1836)

10. *Mimoides thymbraeus thymbraeus* (Boisduval, 1836)

Tribu Troidini Talbot, 1939

Género *Battus* Scopoli, 1777

11. *Battus laodamas copanae* (Reakirt, 1863)³
12. *Battus laodamas iopas* (Godman & Salvin, 1897)^{1,2,6}
13. *Battus philenor philenor* (Linnaeus, 1771)
14. *Battus polydamas polydamas* (Linnaeus, 1758)

Género *Parides* Hübner, [1819]

15. *Parides alopheus* (Godman & Salvin, 1890)^{4,5,6}
16. *Parides erithalion polyzelus* (C. Felder & R. Felder, 1865)
17. *Parides erithalion trichopus* (Rothschild & Jordan, 1906)^{1,2,3,6}
18. *Parides eurimedes mylotes* (H.W. Bates, 1861)
19. *Parides montezuma* (Westwood, 1842)
20. *Parides photinus* (Doubleday, 1844)

Tribu Papilionini Latreille, [1802]

Género *Heraclides* Hübner, [1819]

21. *Heraclides anchisiades idaeus* (Fabricius, 1793)
22. *Heraclides androgeus epidaurus* (Godman & Salvin, 1890)
23. *Heraclides astyalus pallas* (Gray, [1853])
24. *Heraclides erostratus vazquezae* (Beutelspacher, 1986)^{1,2,6}
25. *Heraclides ornythion ornythion* (Boisduval, 1836)
26. *Heraclides rogeri pharnaces* (Doubleday, 1846)
27. *Heraclides rumiko* Shiraiwa, Cong & Grishin, 2014
28. *Heraclides thoas autocles* (Rothschild & Jordan, 1906)
29. *Heraclides torquatus tolus* (Godman & Salvin, 1890)

Género *Papilio* Linnaeus, 1758

30. *Papilio polyxenes asterius* Stoll, 1782

Género *Pterourus* Scopoli, 1777

31. *Pterourus multicaudata multicaudata* (W.F. Kirby, 1884)
32. *Pterourus pilumnus* (Boisduval, 1836)

Género *Pyrrhosticta* Butler, 1872

33. *Pyrrhosticta abderus* (Hopffer, 1856)^{1,2,6}
34. *Pyrrhosticta garamas garamas* (Geyer, [1829])^{1,2,3,6}
35. *Pyrrhosticta menatius morelius* (Rothschild & Jordan, 1906)^{1,2,6}
36. *Pyrrhosticta menatius victorinus* (Doubleday, 1844)

Familia Pieridae

Subfamilia Dismorphiinae Schatz, 1886

Tribu Dismorphiini Schatz, 1886

Género *Dismorphia* Hübner, 1816

37. *Dismorphia amphione lupita* Lamas, 1979⁶

38. *Dismorphia amphione praxinoe* (Doubleday, 1844)

Género *Enantia* Hübner, [1819]

39. *Enantia albania albania* (H.W. Bates, 1864)

40. *Enantia mazai diazi* Llorente, 1984^{3,4,5,6}

Subfamilia Coliadinae Swainson, 1821

Género *Colias* Fabricius, 1807

41. *Colias eurytheme* Boisduval, 1852

Género *Zerene* Hübner, [1819]

42. *Zerene cesonia cesonia* (Stoll, 1790)

Género *Anteos* Hübner, [1819]

43. *Anteos clorinde* (Godart, [1824])

44. *Anteos maerula* (Fabricius, 1775)

Género *Phoebis* Hübner, [1819]

45. *Phoebis agarithe agarithe* (Boisduval, 1836)

46. *Phoebis argante* ssp. nov.

47. *Phoebis philea philea* (Linnaeus, 1763)

48. *Phoebis sennae marcellina* (Cramer, 1777)

Género *Rhabdodryas* Godman & Salvin, 1889

49. *Rhabdodryas trite* ssp. nov.

Género *Aphrissa* A. Butler, 1873

50. *Aphrissa statira statira* (Cramer, 1777)

Género *Abaeis* Hübner, [1819]

51. *Abaeis nicippe* (Cramer, 1779)

Género *Pyrisitia* A. Butler, 1870

52. *Pyrisitia dina westwoodi* (Boisduval, 1836)

53. *Pyrisitia lisa centralis* (Herrich-Schäffer, 1865)

54. *Pyrisitia nise nelphe* (R. Felder, 1869)

55. *Pyrisitia proterpia* (Fabricius, 1775)

Género *Eurema* Hübner, [1819]

56. *Eurema albula celata* (R. Felder, 1869)
57. *Eurema arbela boisduvaliana* (C. Felder & R. Felder, 1865)
58. *Eurema दौरा* (Wallengren, 1860)
59. *Eurema mexicana mexicana* (Boisduval, 1836)
60. *Eurema salome jamapa* (Reakirt, 1866)

Género *Nathalis* Boisduval, 1836

61. *Nathalis iole* Boisduval, 1836

Género *Kricogonia* Reakirt, 1863

62. *Kricogonia lyside* (Godart, 1819)

Subfamilia Pierinae Swainson, 1820

Tribu Anthocharidini Scudder, 1889

Género *Anthocharis* Boisduval, Rambur & Graslin, [1833]

- 63. *Anthocharis limonea* (A. Butler, 1871)^{4,5,6}**

Género *Hesperocharis* C. Felder, 1862

64. *Hesperocharis costaricensis pasion* (Reakirt, [1867])

- 65. *Hesperocharis crocea jaliscana* Schaus, 1898⁶**

- 66. *Hesperocharis graphites avivolans* (A. Butler, 1865)⁶**

Tribu Pierini Swainson, 1820

Género *Eucheira* Westwood, 1834

- 67. *Eucheira socialis socialis* Westwood, 1834^{3,4,5,6}**

Género *Catasticta* A. Butler, 1870

68. *Catasticta flisa flisa* (Herrich-Schäffer, [1858])

- 69. *Catasticta nimbice nimbice* (Boisduval, 1836)⁶**

- 70. *Catasticta teutila teutila* (Doubleday, 1847)^{3,6}**

Género *Neophasia* Behr, 1869

- 71. *Neophasia terlooii* Behr, 1869³**

Género *Melete* Swainson, [1831]

72. *Melete lycimnia isandra* (Boisduval, 1836)

Género *Glutophrissa* A. Butler, 1887

73. *Glutophrissa drusilla tenuis* (Lamas, 1981)

Género *Pontia* Fabricius, 1807

74. *Pontia protodice* (Boisduval & Leconte, [1830])

Género *Pieris* Schrank, 1801

75. *Pieris rapae rapae* (Linnaeus, 1758)

Género *Leptophobia* A. Butler, 1870

76. *Leptophobia aripa elodia* (Boisduval, 1836)

Género *Itaballia* Kaye, 1904

77. *Itaballia demophile centralis* Joicey & Talbot, 1928

Género *Pieriballia* Klots, 1933

78. *Pieriballia viardi viardi* (Boisduval, 1836)

Género *Ascia* Scopoli, 1777

79. *Ascia monuste monuste* (Linnaeus, 1764)

Género *Ganyra* Billberg, 1820

80. *Ganyra josephina josepha* (Salvin & Godman, 1868)

Familia Nymphalidae

Subfamilia Libytheinae Boisduval, 1833

Género *Libytheana* Michener, 1943

81. *Libytheana carinenta mexicana* Michener, 1943

Subfamilia Danainae Boisduval, 1833

Tribu Euploeini Herrich-Schäffer, 1849

Género *Anetia* Hübner, [1823]

82. *Anetia thirza thirza* Geyer, [1833]

Género *Lycorea* Doubleday, [1847]

83. *Lycorea halia atergatis* Doubleday, [1847]

84. *Lycorea ilione albescens* (Distant, 1876)

Tribu Danaini Boisduval, 1833

Género *Danaus* Kluk, 1780

85. *Danaus eresimus montezuma* Talbot, 1943

86. *Danaus gilippus thersippus* (H.W. Bates, 1863)

87. *Danaus plexippus plexippus* (Linnaeus, 1758)

Subfamilia Ithomiinae Godman & Salvin, 1879

Tribu Tithoreini Fox, 1940

Género *Melinaea* Hübner, 1816

88. *Melinaea lilis flavicans* C.C. Hoffmann, 1924^{3,6}

Tribu Mechanitini Bar, 1878

Género *Mechanitis* Fabricius, 1807

89. *Mechanitis lysimnia utemaia* Reakirt, 1866

90. *Mechanitis menapis doryssus* H.W. Bates, 1864

91. *Mechanitis polymnia lycidice* H.W. Bates, 1864

Tribu Ithomiini Godman & Salvin, 1879

Género *Ithomia* Hübner, 1816

92. *Ithomia patilla* Hewitson, 1852

Tribu Oleriini Fox, 1940

Género *Oleria* Hübner, 1816

93. *Oleria paula* (Weymer, 1883)

Tribu Dircennini D'Almeida, 1941

Género *Dircenna* Doubleday, 1847

94. *Dircenna klugii klugii* (Geyer, 1837)

Género *Episcada* Godman & Salvin, 1879

95. *Episcada salvinia portilla* J. Maza & Lamas, 1978^{3,6}

96. *Episcada salvinia salvinia* (H.W. Bates, 1864)

Género *Pteronymia* Butler & H. Druce, 1872

97. *Pteronymia cotytto cotytto* (Guérin-Méneville, [1844])

98. *Pteronymia rufocincta* (Salvin, 1869)^{3,4,5,6}

Tribu Godyridini D'Almeida, 1941

Género *Greta* Heming, 1934

99. *Greta annette annette* (Guérin-Méneville, [1844])

100. *Greta annette moschion* (Godman, 1901)⁶

101. *Greta morgane morgane* (Geyer, 1837)⁶

102. *Greta morgane oto* (Hewitson, [1855])

Subfamilia Morphinae Newman, 1834

Tribu Morphini Newman, 1834

Género *Morpho* Fabricius, 1807

103. *Morpho helenor montezuma* Guenée, 1859

104. *Morpho polyphemus* Westwood, [1850]

Tribu Brassolini Boisduval, 1836

Género *Caligo* Hübner, [1819]

105. *Caligo telamonius memnon* (C. Felder & R. Felder, 1867)

106. *Caligo uranus* Herrich-Schäffer, 1850

Género *Eryphanis* Boisduval, 1870

107. *Eryphanis aesacus aesacus* (Herrich-Schäffer, 1850)

Género *Opsiphanes* Doubleday, [1849]

108. *Opsiphanes boisduvallii* Doubleday, [1849]

109. *Opsiphanes cassiae mexicana* Bristow, 1991

110. *Opsiphanes cassina fabricii* (Boisduval, 1870)

111. *Opsiphanes quiteria quirinus* Godman & Salvin, 1881

112. *Opsiphanes tamarindi tamarindi* C. Felder & R. Felder, 1861

Subfamilia Satyrinae Boisduval, 1833

Tribu Parargini Tutt, 1896

Género *Manataria* W. F. Kirby, [1902]

113. *Manataria hercyna maculata* (Hopffer, 1874)

Tribu Satyrini Boisduval, 1833

Género *Oxeoschistus* A. Butler, 1867

114. *Oxeoschistus tauropolis* ssp. nov.

Género *Cepheptychia* Forster, 1964

115. *Cepheptychia glaucina* (H.W. Bates, 1864)

Género *Cissia* Doubleday, 1848

116. *Cissia labe* (A. Butler, 1870)

117. *Cissia pompilia* (C.Felder & R. Felder, 1867)

118. *Cissia pseudoconfusa* Singer, DeVries & Ehrlich, 1983

119. *Cissia similis* (A. Butler, 1867)

120. *Cissia themis* (A. Butler, 1867)

121. *Cissia undina* (A. Butler, 1870)

Género *Cyllopsis* R. Felder, 1869

122. *Cyllopsis caballeri* Beutelspacher, 1982^{3,4,5,6}

123. *Cyllopsis diazi* L.D. Miller, 1974^{3,4,5,6}

124. *Cyllopsis dospassosi* L.D. Miller, 1974^{3,4,5,6}

125. *Cyllopsis gemma freemani* (Stallings & J.R. Turner, 1947)

126. *Cyllopsis hedemanni hedemanni* R. Felder, 1869

127. *Cyllopsis henshawi hoffmanni* L.D. Miller, 1974³

128. *Cyllopsis hilaria* (Godman, 1901)

- 129. *Cyllopsis nayarit* (R.L. Chermock, 1947)^{3,4,5,6}**
130. *Cyllopsis pallens* L.D. Miller, 1974
131. *Cyllopsis pephredo* (Godman, 1901)
132. *Cyllopsis perplexa* L.D. Miller, 1974^{3,4,5,6}
133. *Cyllopsis pertepida pertepida* (Dyar, 1912)^{3,6}
134. *Cyllopsis pseudophephredo* (R.L. Chermock, 1947)^{3,4,5,6}
135. *Cyllopsis pyracmon pyracmon* (A. Butler, 1867)
136. *Cyllopsis schausi* L.D. Miller, 1974
137. *Cyllopsis steinhauserorum* L.D. Miller, 1974
138. *Cyllopsis suivalenoides* L.D. Miller, 1974
139. *Cyllopsis windi* L.D. Miller, 1974^{3,4,5,6}

Género *Euptychia* Hübner, 1818

- 140. *Euptychia fetna* A. Butler, 1870^{4,5}**
141. *Euptychia westwoodi* A. Butler, 1867

Género *Hermeuptychia* Forster, 1964

142. *Hermeuptychia hermes* (Fabricius, 1775)

Género *Magneuptychia* Forster, 1964

143. *Magneuptychia libye* (Linnaeus, 1767)

Género *Megisto* Hübner, [1819]

- 144. *Megisto rubricata anabelae* L.D. Miller, 1976⁶**

Género *Paramacera* A. Butler, 1868

- 145. *Paramacera xicaque xicaque* (Reakirt, [1867])^{3,4,5,6}**

Género *Pareuptychia* Forster, 1964

146. *Pareuptychia metaleuca* (Boisduval, 1870)
147. *Pareuptychia ocirrhoe* ssp. nov.

Género *Pindis* R. Felder, 1869

148. *Pindis squamistriga* R. Felder, 1869

Género *Satyrotaygetis* Forster, 1964

149. *Satyrotaygetis satyrina* (H.W. Bates, 1865)

Género *Taygetis* Hübner, [1819]

150. *Taygetis mermeria excavata* A. Butler, 1868
151. *Taygetis mermeria griseomarginata* L.D. Miller, 1978^{3,6}
152. *Taygetis thamyra* (Cramer, 1779)

153. *Taygetis uncinata* Weymer, 1907^{3,4,5,6}

154. *Taygetis virgilia* (Cramer, 1776)

155. *Taygetis weymeri* Draudt, 1912^{3,4,5,6}

Género *Ypthimoides* Forster, 1964

156. *Ypthimoides renata* (Stoll, 1780)

Género *Gyrocheilus* A. Butler, 1867

157. *Gyrocheilus patrobas patrobas* (Hewitson, 1862)⁶

Subfamilia Charaxinae Guenée, 1865

Tribu Anaeni Reuter, 1896

Género *Consul* Hübner, [1807]

158. *Consul electra adustus* Lamas, 2003⁶

159. *Consul electra electra* (Westwood, 1850)

160. *Consul fabius cecrops* (Doubleday, [1849])

Género *Hypna* Hübner, [1819]

161. *Hypna clytemnestra mexicana* A. Hall, 1917³

Género *Siderone* Hübner, [1823]

162. *Siderone galanthis* ssp. nov.

Género *Phantos*

163. *Phantos callidryas* (R. Felder, 1869)

Género *Zaretis* Hübner, [1819]

164. *Zaretis ellops* (Ménétriés, 1855)

Género *Anaea* Hübner, [1819]

165. *Anaea troglodyta aidea* (Guérin-Ménéville, [1844])

Género *Fountainea* Rydon, 1971

166. *Fountainea eurypyle confusa* (A. Hall, 1929)

167. *Fountainea eurypyle glanzi* (Rotger, Escalante & Coronado, 1965)^{3,6}

168. *Fountainea glycerium glycerium* (Doubleday, [1849])

Género *Memphis* Hübner, [1819]

169. *Memphis aureola pueblaensis* Dottax & Salazar, 2009⁶

170. *Memphis forreri* (Godman & Salvin, 1884)

171. *Memphis moruus boisduvali* (W.P. Comstock, 1961)

172. *Memphis oenomais* (Boisduval, 1870)

173. *Memphis philumena xenica* (H.W. Bates, 1864)

174. *Memphis pithyusa pithyusa* (R. Felder, 1869)

Tribu Preponini Rydon, 1971

Género *Archaeoprepona* Fruhstorfer, 1915

175. *Archaeoprepona amphimachus amphiktion* Fruhstorfer, 1916

176. *Archaeoprepona demophon centralis* (Fruhstorfer, 1905)

177. *Archaeoprepona demophon occidentalis* Stoffel & Descimon, 1974^{3,6}

178. *Archaeoprepona demophoon gulina* (Fruhstorfer, 1904)

179. *Archaeoprepona demophoon mexicana* Llorente, Descimon & K. Johnson, 1993^{3,6}

Género *Prepona* Boisduval, 1836

180. *Prepona brooksiana ibarra* Beutelspacher, 1982⁶

181. *Prepona laertes octavia* Fruhstorfer, 1905

Subfamilia Biblidinae Boisduval, 1833

Tribu Cyrestini Guenée, 1865

Género *Marpesia* Hübner, 1818

182. *Marpesia chiron marius* (Cramer, 1779)

183. *Marpesia corita corita* (Westwood, 1850)

184. *Marpesia petreus* ssp. nov.

Tribu Biblidini Boisduval, 1833

Género *Biblis* Fabricius, 1807

185. *Biblis hyperia aganisa* Boisduval, 1836

Género *Mestra* Hübner, [1825]

186. *Mestra dorcas amymone* (Ménétriés, 1857)

Género *Catonephele* Hübner, [1819]

187. *Catonephele mexicana* Jenkins & R.G. Maza, 1985

188. *Catonephele numilia esite* (R. Felder, 1869)

Género *Eunica* Hübner, [1819]

189. *Eunica alcmena alcmena* (Doubleday, [1847])

190. *Eunica monima* (Stoll, 1782)

191. *Eunica tatila tatila* (Herrich-Schäffer, [1855])

Género *Myscelia* Doubleday, [1845]

192. *Myscelia cyananthe cyananthe* C. Felder & R. Felder, 1867⁶

193. *Myscelia cyaniris alvaradia* R.G. Maza & Díaz, 1982^{3,6}

194. *Myscelia cyaniris cyaniris* Doubleday, [1848]

195. *Myscelia ethusa ethusa* (Doyère, [1840])

Género *Hamadryas* Hübner, [1806]

196. *Hamadryas amphinome mazai* Jenkins, 1983⁶

197. *Hamadryas amphinome mexicana* (Lucas, 1853)

198. *Hamadryas atlantis lelaps* (Godman & Salvin, 1883)^{3,6}

199. *Hamadryas februa ferentina* (Godart, [1824])

200. *Hamadryas feronia farinulenta* (Fruhstorfer, 1916)

201. *Hamadryas glauconome glauconome* (H.W. Bates, 1864)

202. *Hamadryas guatemalena marmarice* (Fruhstorfer, 1916)⁶

203. *Hamadryas iphthime joannae* Jenkins, 1983

Género *Epiphile* Doubleday, [1845]

204. *Epiphile adrasta adrasta* Hewitson, 1861

205. *Epiphile adrasta escalantei* Descimon & Mast, 1979^{3,6}

Género *Nica* Hübner, [1826]

206. *Nica flavilla* ssp. nov.

Género *Pyrrhogyra* Hübner, [1819]

207. *Pyrrhogyra edocla edocla* Doubleday, [1848]

208. *Pyrrhogyra edocla paradisea* R.G. Maza & J. Maza, 1985^{3,6}

209. *Pyrrhogyra neaerea hypsenor* Godman & Salvin, 1884

210. *Pyrrhogyra otolais otolais* H.W. Bates, 1864

Género *Temenis* Hübner, [1819]

211. *Temenis laothoe hondurensis* Fruhstorfer, 1907

212. *Temenis laothoe quilapayunia* R.G. Maza & Turrent, 1985^{3,6}

Género *Dynamine* Hübner, [1819]

213. *Dynamine artemisia* ssp. nov.

214. *Dynamine dyonis* Geyer, 1837

215. *Dynamine postverta mexicana* d'Almeida, 1952

Género *Diaethria* Billberg, 1820

216. *Diaethria anna anna* (Guérin-Ménéville, [1844])

217. *Diaethria astala astala* (Guérin-Ménéville, [1844])

218. *Diaethria asteria* (Godman & Salvin, 1894)^{3,4,5,6}

Género *Cyclogramma* (Doubleday, [1848])

219. *Cyclogramma bacchis* (Doubleday, 1849)

220. *Cyclogramma pandama* (Doubleday, [1848])

Subfamilia Limenitidinae Behr, 1864

Tribu Limenitidini Behr, 1864

Subtribu Limenitidina Behr, 1864

Género *Adelpha* Hübner, [1819]

221. *Adelpha barnesia leucas* Fruhstorfer, 1915

222. *Adelpha basiloides* (H.W. Bates, 1865)

223. *Adelpha bredowii* Geyer, 1837⁶

224. *Adelpha donysa donysa* (Hewitson, 1847)

225. *Adelpha fessonia fessonia* (Hewitson, 1847)

226. *Adelpha iphicleola iphicleola* (H.W. Bates, 1864)

227. *Adelpha iphichus iphichus* (Linnaeus, 1758)

228. *Adelpha leuceria leuceria* (H. Druce, 1874)

229. *Adelpha lycorias melanthe* (H.W. Bates, 1864)

230. *Adelpha paraena massilia* (C. Felder & R. Felder, 1867)

231. *Adelpha paroeca paroeca* (H.W. Bates, 1864)

232. *Adelpha phylaca phylaca* (H.W. Bates, 1866)

233. *Adelpha pithys* (H.W. Bates, 1864)

234. *Adelpha serpa celerio* (H.W. Bates, 1864)

Género *Limenitis* Fabricius, 1807

235. *Limenitis arthemis arizonensis* W.H. Edwards, 1882

Subfamilia Apaturinae Boisduval, 1840

Género *Asterocampa* Röber, 1916

236. *Asterocampa idyja argus* (H.W. Bates, 1864)

237. *Asterocampa leilia* (W.H. Edwards, 1874)

Género *Doxocopa* Hübner, [1819]

238. *Doxocopa laure laure* (Drury, 1773)

239. *Doxocopa laurentia cherubina* (C. Felder & R. Felder, 1867)

240. *Doxocopa pavon theodora* (Lucas, 1857)

Subfamilia Nymphalinae Rafinesque, 1815

Tribu *Coeini* Scudder, 1893

Género *Colobura* Billberg, 1820

241. *Colobura dirce dirce* (Linnaeus, 1758)

Género *Historis* Hübner, [1819]

242. *Historis acheronta acheronta* (Fabricius, 1775)

243. *Historis odius dious* Lamas, 1995

Género *Smyrna* Hübner, [1823]

244. *Smyrna blomfeldia datis* Fruhstorfer, 1908

245. *Smyrna karwinskii* Geyer, [1833]

Tribu Nymphalini Rafinesque, 1815

Género *Hypanartia* Hübner, [1821]

246. *Hypanartia dione disjuncta* Willmott, J. Hall & Lamas, 2001

247. *Hypanartia godmanii* (H.W. Bates, 1864)

248. *Hypanartia lethe* (Fabricius, 1793)

249. *Hypanartia trimaculata autumnata* Willmott, J. Hall & Lamas, 2001

Género *Nymphalis* Kluk, 1780

250. *Nymphalis antiopa antiopa* (Linnaeus, 1758)

251. *Nymphalis cyanomelas* (Doubleday, [1848])^{3,4,5}

Género *Polygonia* Hübner, [1819]

252. *Polygonia g-argenteum* (Doubleday, 1848)^{3,4,5,6}

253. *Polygonia haroldii* (Dewitz, 1877)^{3,4,5,6}

Género *Vanessa* Fabricius, 1807

254. *Vanessa annabella* (Field, 1971)

255. *Vanessa atalanta rubria* (Fruhstorfer, 1909)

256. *Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758)

257. *Vanessa virginiensis* (Drury, 1773)

Tribu Kallimini Doherty, 1886

Género *Anartia* Hübner, [1819]

258. *Anartia fatima colima* Lamas, 1995⁶

259. *Anartia fatima fatima* (Fabricius, 1793)

260. *Anartia jatrophae luteipicta* Fruhstorfer, 1907

Género *Junonia* Hübner, [1819]

261. *Junonia coenia* Hübner, [1822]

262. *Junonia evarete nigrosuffusa* Barnes & McDunnough, 1916

263. *Junonia evarete* ssp. nov.

Género *Siproeta* Hübner, [1823]

264. *Siproeta epaphus epaphus* (Latreille, [1813])

265. *Siproeta stelenes biplagiata* (Fruhstorfer, 1907)

266. *Siproeta superba superba* (H.W. Bates, 1864)

Tribu Melitaeini Herrich-Schäffer, 1843

Género *Chlosyne* A. Butler, 1870

267. *Chlosyne cyneas* (Godman & Salvin, 1878)
268. *Chlosyne cynisca* (Godman & Salvin, 1882)⁶
269. *Chlosyne definitiva definitiva* (Aaron, [1885])
270. *Chlosyne ehrenbergii* (Geyer, [1833])^{4,5,6}
271. *Chlosyne endeis endeis* (Godman & Salvin, 1894)^{3,6}
272. *Chlosyne erodyle erodyle* (H.W. Bates, 1864)
273. *Chlosyne eumeda* (Godman & Salvin, 1894)^{4,5}
274. *Chlosyne hippodrome hippodrome* (Geyer, 1837)
275. *Chlosyne janais janais* (Drury, 1782)
276. *Chlosyne lacinia lacinia* (Geyer, 1837)
277. *Chlosyne marina marina* (Geyer, 1837)^{3,6}
278. *Chlosyne rosita riobalsensis* Bauer, 1961⁶
279. *Chlosyne theona theona* (Ménétriés, 1855)

Género *Microtia* H. W. Bates, 1864

280. *Microtia elva elva* H.W. Bates, 1864
281. *Microtia elva horni* Rebel, 1906

Género *Texola* Higgins, 1959

- 282. *Texola anomalus anomalus* (Godman & Salvin, 1897)^{3,6}**
283. *Texola elada elada* (Hewitson, 1868)⁶
284. *Texola elada ulrica* (W.H. Edwards, 1877)

Género *Anthanassa* Scudder, 1875

- 285. *Anthanassa ardys ardys* (Hewitson, 1864)⁶**
286. *Anthanassa argentea* (Godman & Salvin, 1882)
287. *Anthanassa atronia* (H.W. Bates, 1866)
288. *Anthanassa drusilla lelex* (H.W. Bates, 1864)
289. *Anthanassa frisia tulcis* (H.W. Bates, 1864)
290. *Anthanassa nebulosa alexon* (Godman & Salvin, 1889)⁶
291. *Anthanassa ptolyca amator* (A. Hall, 1929)^{3,6}
292. *Anthanassa ptolyca ptolyca* (H.W. Bates, 1864)
293. *Anthanassa sitalces cortés* (A. Hall, 1917)^{3,6}
294. *Anthanassa texana texana* (W.H. Edwards, 1863)

Género *Castilia* Higgins, 1981

295. *Castilia eranites* (Hewitson, 1857)
296. *Castilia myia* (Hewitson, [1864])

Género *Eresia* Boisduval, 1836

297. *Eresia phillyra phillyra* Hewitson, 1852

Género *Phyciodes* Hübner, [1819]

298. *Phyciodes graphica graphica* (R. Felder, 1869)
299. *Phyciodes mylitta thebais* Godman & Salvin, 1878
300. *Phyciodes pallescens* (R. Felder, 1869)^{4,5,6}
301. *Phyciodes phaon phaon* (W.H. Edwards, 1864)
302. *Phyciodes tharos tharos* (Drury, 1773)

Género *Tegosa* Higgins, 1981

303. *Tegosa anieta luka* Higgins, 1981
304. *Tegosa guatemalena* (Bates, 1864)

Subfamilia Heliconiinae Swainson, 1822

Tribu Argynnini Swainson, 1833

Género *Euptoieta* Doubleday, 1848

305. *Euptoieta claudia daunius* (Herbst, 1798)
306. *Euptoieta hegesia meridiania* Stichel, 1938

Tribu Acraeini Boisduval, 1833

Género *Altinote* Potts, 1943

307. *Altinote ozomene nox* (H.W. Bates, 1864)

Tribu Heliconiini Swainson, 1822

Género *Agraulis* Boisduval & Le Conte, [1835]

308. *Agraulis vanillae incarnata* (Riley, 1926)

Género *Dione* Hübner, [1819]

309. *Dione junio huascuma* (Reakirt, 1866)
310. *Dione moneta poeyii* Butler, 1873

Género *Dryadula* Michener, 1942

311. *Dryadula phaetusa* (Linnaeus, 1758)

Género *Dryas* Hübner, [1807]

312. *Dryas iulia moderata* (Riley, 1926)

Género *Eueides* Hübner, 1816

313. *Eueides aliphara gracilis* Stichel, 1903
314. *Eueides isabella eva* (Fabricius, 1793)

Género *Heliconius* Kluk, 1780

315. *Heliconius charithonia vazquezae* W.P. Comstock & F.M. Brown, 1950

- 316. *Heliconius erato cruentus* Lamas, 1998⁶**
317. *Heliconius erato petiverana* Doubleday, 1847
318. *Heliconius hortense* Guérin-Ménéville, [1844]
319. *Heliconius ismenius telchinia* Doubleday, 1847