



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**DIVERSIDAD ALFA Y BETA DE LA FAMILIA
PIERIDAE (PAPILIONOIDEA: LEPIDOPTERA) EN
EL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A
P R E S E N T A:**

**MARITZA MONSERRAT SAN MIGUEL
RODRÍGUEZ**



**DIRECTOR DE TESIS:
M. EN C. MOISÉS ARMANDO LUIS MARTÍNEZ
2015**



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.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

San Miguel
Rodríguez
Maritza Monserrat
57967650
Universidad Nacional Autónoma de
México
Facultad de Ciencias
Biología
307310080

2. Datos del Tutor

M. en C.
Moisés Armando
Luis
Martínez

3. Datos del sinodal 1

Dr.
Ismael Alejandro
Hinojosa
Díaz

4. Datos del sinodal 2

Dr.
José Luis
Salinas
Gutiérrez

5. Datos del sinodal 3

M. en C.
Arturo
García
Gómez

6. Datos del sinodal 4

M. en C.
Enrique
González
Soriano

7. Datos del trabajo escrito

Diversidad alfa y beta de la familia Pieridae (Papilionoidea:
Lepidoptera) en el estado de Michoacán, México.
90 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ
Director General
Dirección General de Administración Escolar
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Diversidad alfa y beta de la familia Pieridae (Papilionoidea: Lepidoptera) en el estado de Michoacán, México.

realizado por **SAN MIGUEL RODRÍGUEZ MARITZA MONSERRAT** con número de cuenta **3-0731008-0** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Ismael Alejandro Hinojosa Díaz

Propietario Dr. José Luis Salinas Gutiérrez

Propietario Tutor M. en C. Moisés Armando Luis Martínez

Suplente M. en C. Arturo García Gómez

Suplente M. en C. Enrique González Soriano

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "
Ciudad Universitaria, D. F., a 21 de abril de 2015
EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

MAG/MGM/mdm *Uau*

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias, UNAM por inculcarme la curiosidad y asombro en la búsqueda de conocimiento a través de una bella Ciencia como lo es Biología.

A mi director de tesis M. en C. Moisés Armando Luis Martínez por guiarme y orientarme íntegramente en la realización de este trabajo, por confiar en mí y brindarme la oportunidad de pertenecer a su grupo laboral, gracias por todo su apoyo y todas las risas que hacen más gratos y divertidos los momentos.

Al Dr. José Luis Salinas por todo el tiempo dedicado a mi formación académica, orientarme y siempre estar dispuesto a ayudar, pero sobre todo por tu valiosísima amistad y esas charlas llenas de aprendizaje que siempre estimulan el pensar y el sentir. Por todo y lo que falta ¡Gracias totales!

Al Dr. Arturo García Gómez por quien descubrí el fantástico mundo de los Insectos, por tu apoyo en mi proceso académico, tu amistad y esa gran actitud tan divertida y aventurera que transmites.

A Dulce Abril Tapia Sedeño por ser mucho más que una guía en este trabajo, por auxiliarme y tener siempre la disposición de orientarme ante tantas dudas, de verdad siempre estaré muy agradecida contigo.

A Jess y Arturín mis compañeros de guerra en la Colección, por permitirme aprender de ustedes, por su empatía y amistad desde el principio, por su compañía y esos divertidos momentos que hacen del trabajo una experiencia llena de risas y carcajadas. Arcade Fire jamás será lo mismo sin ustedes ¡Los aprecio mucho chicos!

A todos mis amig@s, con los que he tenido la dicha de compartir tantas aventuras inolvidables que sería injusto se me olvidara alguien ¡De aquí hasta viejitos mis querid@s amig@s!

A mis padres Silvia y Francisco, y a mis hermanos Ivonne y Josué:

Por su amor y apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme que la fuerza, entrega y valor de una familia unida lo puede todo. Mi admiración hacia ustedes nunca dejará de crecer.

Con especial cariño a mi compañera de vida, quien me demostró que puede encontrarse toda la belleza y lealtad en un ser peludo de cuatro patas...

Lady

¡Hasta siempre pequeña!

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	3
3.1 Conocimiento de Papilionoidea en México.	3
3.2 Estudios Lepidopterológicos en Michoacán.	5
3.3 Familia Pieridae	8
3.4 Biodiversidad y riqueza de especies	11
3.4.1 Métodos paramétricos.	12
3.4.2 Métodos no paramétricos.	13
3.5 Componente Beta de la Diversidad.	15
4. OBJETIVOS	17
5. ÁREA DE ESTUDIO	18
5.1 Localización Geográfica.	18
5.2 Geología.	18
5.3 Fisiografía.	19
5.4 Edafología	19
5.5 Hidrología.	20
5.6 Clima.	20
5.7 Vegetación.	21
6. MÉTODO	23
6.1 Revisión de la literatura.	23
6.2 Inventario faunístico.	23
6.3 Diversidad Alfa.	24
6.3.1 Estimación de riqueza por localidad y comparación entre diferentes estimadores.	24
6.3.1.1 Métodos paramétricos.	26
6.3.1.2 Métodos no paramétricos.	27
6.4 Diversidad Beta.	27
6.4.1 Componente beta entre provincias biogeográficas.	28
6.4.2 Componente beta entre estados.	28
6.4.3 Componente beta entre localidades.	29

7. RESULTADOS	30
7.1 Inventario faunístico.	30
7.2 Diversidad Alfa.	33
7.2.1 Estimación de riqueza por localidad y comparación entre diferentes estimadores.	36
7.2.1.1 Métodos paramétricos.	36
7.2.1.2 Métodos no paramétricos.	37
7.3 Diversidad Beta.	52
7.3.1 Componente beta entre provincias biogeográficas.	52
7.3.2 Componente beta entre estados.	55
7.3.3 Componente beta entre localidades	56
8. DISCUSIÓN	60
8.1 Inventario faunístico.	60
8.2 Diversidad Alfa.	62
8.2.1 Estimación de riqueza por localidad y comparación entre diferentes estimadores.	64
8.2.1.1 Métodos paramétricos.	64
8.2.1.2 Métodos no paramétricos.	67
8.3 Diversidad Beta.	69
8.3.1 Componente beta entre provincias biogeográficas.	69
8.3.2 Componente beta entre estados.	72
8.3.3 Componente beta entre localidades.	74
9. CONCLUSIONES	77
10. LITERATURA CITADA	79
11. APÉNDICE 1. PIERIDAE DE MICHOACÁN	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del estado de Michoacán.	18
Figura 2. Provincias fisiográficas de Michoacán.	19
Figura 3. Climas de Michoacán.	21
Figura 4. Vegetación del estado de Michoacán.	22
Figura 5. Mapa de localidades de recolecta en Michoacán registradas en la Megabase MARIPOSA.	25
Figura 6. Provincias biogeográficas en Michoacán.	28
Figura 7. Localidades utilizadas en el análisis del componente beta.	29
Figura 8. Estados con mayor número de localidades con muestreos de Pieridae.	35
Figura 9. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Rancho El Zorrillo.	40
Figura 10. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Rancho Nuevo.	40
Figura 11. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Santa Rosa.	41
Figura 12. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Cupatitzio P.H..	41
Figura 13. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Chiquihuitillo.	42
Figura 14. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Arteaga.	42
Figura 15. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Chorros del Varal.	44
Figura 16. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad El Huarachito.	44
Figura 17. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Zumpimito P.H.	45
Figura 18. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Barranca de Cobano.	45
Figura 19. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Toscano.	46

Figura 20. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Presa Jicalán.	46
Figura 21. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Rancho La Alberca.	48
Figura 22. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad La Nuez.	48
Figura 23. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Baden de Neixpa.	49
Figura 24. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Cañada La Culebra.	49
Figura 25. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Cerro de la Cruz.	50
Figura 26. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Matangarán.	50
Figura 27. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad La Estanzuela.	51
Figura 28. Número de especies por Provincia Biogeográfica.	52
Figura 29. Fenograma de similitud entre las provincias biogeográficas.	53
Figura 30. Especies compartidas entre provincias biogeográficas.	54
Figura 31. Fenograma de similitud entre Michoacán y estados colindantes.	56
Figura 32. Fenograma de similitud entre localidades de Michoacán.	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diversidad de Pieridae en México.	5
Cuadro 2. Características de las subfamilias de Pieridae.	10
Cuadro 3. Calendario de 19 localidades con mayor esfuerzo de recolecta en Michoacán.	24
Cuadro 4. Localidades de recolecta con sus características.	26
Cuadro 5. Lista de especies de la Familia Pieridae.	30
Cuadro 6. Especies y subespecies de Pieridae por subfamilias en México y Michoacán.	31
Cuadro 7. Riqueza y endemismo de subespecies-especies de Pieridae en México.	32
Cuadro 8. Localidades con mayor riqueza de Pieridae en México.	33
Cuadro 9. Localidades con mayor riqueza de Pieridae en Michoacán.	35
Cuadro 10. Estimación de la riqueza de Pieridae mediante el estimador paramétrico: Modelo de Clench.	37
Cuadro 11. Estimación de la riqueza de Pieridae mediante estimadores no paramétricos.	38
Cuadro 12. Matriz de similitud entre provincias biogeográficas.	53
Cuadro 13. Matriz del número de especies compartidas entre las provincias biogeográficas.	54
Cuadro 14. Especies distribuidas en una sola provincia biogeográfica.	55
Cuadro 15. Similitud en la composición de especies entre Michoacán y sus estados colindantes.	55
Cuadro 16. Diversidad y días de colecta de Pieridae en 19 localidades de Michoacán.	57
Cuadro 17. Matriz de similitud de Jaccard para Pieridae entre las 19 localidades de Michoacán.	59

1. RESUMEN

Michoacán es uno de los diez estados con mayor riqueza de especies de Papilionoidea en México, por su heterogeneidad ecológica e histórica resulta ser un área de gran interés para estudiar la distribución y diversidad biológica. Este trabajo tiene como objetivo conocer la diversidad de la familia Pieridae en el estado, se analiza el componente alfa con base en una lista de especies y se describe la diversidad beta a partir de la similitud faunística entre diferentes escalas; provincias biogeográficas, estados y localidades.

La lista faunística se obtuvo al integrar información de la literatura con registros de la Megabase de datos MARIPOSA, con un total de 43 especies pertenecientes a 28 géneros y tres subfamilias. A nivel nacional, el endemismo está mejor representado en los estados de la vertiente del pacífico que en los del golfo, así mismo, Michoacán presenta 9 taxones endémicos.

La diversidad alfa se determinó con base al estimador paramétrico del modelo de Clench y también con los estimadores no paramétricos basados en abundancia (ACE y Chao1) e incidencia (ICE y Chao2). El mayor número de localidades con el 100% de especies estimadas se obtuvieron con Chao2.

Con respecto al análisis de la diversidad beta, se encontró una similitud faunística de más del 60% entre las cuatro provincias que conforman al estado, son Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico las más semejantes, mientras que Costa del Pacífico fue la de mayor diferencia.

En cuanto a la similitud entre estados colindantes, existe una mayor similitud entre los estados pertenecientes a la vertiente del pacífico (entre ellos Michoacán) que con los que forman parte de las zonas centrales del país. Jalisco es el que más especies comparte con Michoacán, en contraste, Querétaro es el de menor parecido.

Respecto a la similitud entre las localidades, el fenograma formó dos grupos que se caracterizan por sus diferencias altitudinales; uno con la mayoría de localidades por debajo de 1 500 m de altitud y el otro con localidades mayores a los 1 500 m s.n.m. Entre pares de localidades la mayor similitud se da principalmente entre las más cercanas geográficamente.

A pesar de que Michoacán se caracteriza por contar con el mayor número de registros de mariposas a nivel nacional, presenta un sesgo considerable ya que las colectas se han concentrado principalmente en áreas del centro y suroeste del estado, así como en altitudes entre los 270 y 1700 m s.n.m. De esta forma,

especies que aún no se han registrado podrían encontrarse tanto en áreas de la región centro-sureste del estado, como en altitudes mayores a los 1800 m s.n.m. y menores a 400 m s.n.m. donde las condiciones ambientales son distintas.

2. INTRODUCCIÓN

México es uno de los siete países con mayor biodiversidad a nivel mundial (Soberón y Llorente, 1993) por su heterogeneidad orográfica y climática, pero sobre todo por localizarse en una zona de convergencia tectónica que conjuga el solapamiento de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical (Luis *et al.*, 2000).

El término Biodiversidad se acuñó a finales de los 80 y el concepto abarca tres niveles de expresión de diversidad biológica: ecosistemas, especies y genes e incluye todo lo referente a sus componentes y características. Existen diferentes interpretaciones para describir la diversidad, unas de ellas son la diversidad taxonómica, la filogenética y la diversidad Gamma (Whittaker, 1972), esta última es integrada por dos componentes: Diversidad alfa (diversidad local) y Diversidad beta (recambio de especies entre sitios o hábitats). La heterogeneidad ambiental y los factores históricos contribuyen al aumento del recambio de especies, así, la megadiversidad de México es más resultado de este recambio de especies entre sitios que de una riqueza particular de alguna localidad (Halffter y Moreno, 2005).

La base para el análisis de la biodiversidad se establece a través de estudios faunísticos, ya que éstos proveen la información indispensable para las investigaciones que involucran la localización espacial y temporal de los organismos (Ávalos, 2005). La faunística, además de ser una disciplina descriptiva también es predictiva y favorece la estimación de riqueza de especies mediante modelos estadísticos que permiten: a) encontrar patrones de diversidad, b) reducir recursos para su estudio y c) comparar la riqueza de especies entre dos regiones (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Ávalos, 2005).

Al analizar la diversidad de una región es casi imposible contar todas las especies de ésta, por lo que se recurre a grupos biológicos indicadores que permiten las comparaciones entre sitios y tiempos (Álvarez *et al.*, 2006). Un grupo indicador se define como conjuntos de organismos taxonómica y funcionalmente afines que deben tener una función ecológica bien definida, ser abundantes, poseer una taxonomía bien conocida y ser fáciles de registrar en campo (Halffter y Moreno, 2005). Las mariposas diurnas son indicadores ideales al evaluar la biodiversidad debido al buen reconocimiento de su taxonomía, a sus requerimientos ecológicos, a sus respuestas a la perturbación y cambios ambientales (Tyler *et al.*, 1994 *apud* Oñate-Ocaña y Llorente-Bousquets, 2010) así como a la estrecha relación que mantienen con sus plantas de alimentación.

Se destaca que Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera y Coleoptera son los cuatro órdenes de la clase Insecta más diversos (Llorente-Bousquets *et al.*, 2013). Los lepidópteros se componen de dos subórdenes: Heterocera que reconoce a mariposas nocturnas o “polillas” y Rhopalocera que representa a las mariposas diurnas, estas últimas se dividen en dos superfamilias: Hesperioidea y Papilionoidea. La segunda, está compuesta de las familias Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae y Riodinidae (Lamas, 2008)

Se estima que en el mundo hay 255 000 especies de Lepidoptera y se han descrito aproximadamente 155 000 (Llorente-Bousquets *et al.*, 2013). En México se han descrito 14 500 especies y se estiman 23 750 lo que significa que actualmente se contiene cerca del 10% de las especies en todo el mundo, la superfamilia Papilionoidea (*s. lat.*) representa cerca del 13% del total de Lepidoptera mundial y en México el 14% es endémica; 235 endémicas de un total de 1 683 especies (Llorente-Bousquets *et al.*, 2013). Esta gran riqueza se debe principalmente a la Zona de Transición Mexicana donde la convergencia entre la región Neártica y Neotropical representa el 40% del total mundial de Lepidoptera y, a la situación intertropical (zona que se ubica entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio) y extratropical (que no comprende el área entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio) del país que genera una gran variedad de ambientes (Luis *et al.*, 2000).

El estado de Michoacán de Ocampo ocupa el quinto lugar en biodiversidad del país (Huacuz y Ponce, 2005). Tal riqueza se genera por la complejidad de climas, altitudes y vegetación, además que ocupa parte del Eje Neovolcánico Transversal; una de las provincias más ricas del país y de mayor recambio de acuerdo con los datos de Halffter y Moreno (2005).

El presente trabajo tiene como propósito describir la riqueza local y estatal de la familia Pieridae en el estado de Michoacán, con base en la distribución geográfica a diferentes escalas (*v. gr.* local, estatal y por provincias biogeográficas).

3. ANTECEDENTES

3.1 Conocimiento de Papilionoidea en México.

El interés por las mariposas mexicanas proviene desde las antiguas culturas prehispánicas, de los registros de hallazgos arqueológicos de objetos de uso cotidiano y ceremoniales, así como de los códices que han revelado la importante representatividad que tienen estos insectos en el simbolismo religioso, mitológico y ritual en el pensamiento de los pueblos del México antiguo (De la Maza, 1987). En ciertas culturas surgieron las diosas

Xochiquetzal e Itzpapalotl; siendo la primera el símbolo de la belleza, las flores, la vegetación y el amor, mientras que la segunda se asocia a los sacrificios humanos y a la guerra (Beutelspacher, 1984).

México atrae la atención de numerosos investigadores y estudiosos de la biodiversidad que incrementan los conocimientos en nuestro país y enriquecen el acervo de los estudios científicos (Michán *et al.*, 2004). Sin embargo, el interés científico por las mariposas no fue hasta fines de la dominación española cuando se realizan las Reales Expediciones Científicas a la Nueva España en donde los naturalistas europeos recolectaron ejemplares y comenzaron a describirlos, principalmente en los estados de Veracruz y Guerrero (Lamas, 1986; Luis *et al.*, 2000). La primer obra que se realiza y registra puntos específicos de la regionalización de la fauna es *Biología Centrali-Americana* de Godman y Salvin (1878-1901) en la que se cita más del 60% de las especies de papilionidas y píeridas conocidas para México y de las que 48 especies son píeridos (Oñate-Ocaña y Llorente-Bousquets, 2010). Junto a la obra *The Macrolepidoptera of the World* de Adalbert Seitz (1906-1924) son las que inician el trabajo formal sobre los lepidópteros mexicanos (Castillo, 2008) y muchas de las localidades que se citan en estas obras continúan con trabajo de muestreo.

A principios del siglo XX, se formó en Veracruz la primera colección científica de mariposas a cargo del naturalista alemán Roberto Müller con ejemplares recolectados del centro y sureste de México (Oñate-Ocaña y Llorente-Bousquets, 2010), la que más tarde se empleó para el trabajo de Carlos Christian Hoffmann quien estudió este taxón de 1910 a 1942, periodo muy importante para el estudio de lepidópteros mexicanos que con apoyo de la colección del Instituto de Biología y de colecciones de aficionados generó el Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros Mexicanos (Hoffmann, 1940), el cual registró un total de 782 especies de Papilionoidea, 67 pertenecen a la familia Pieridae (Cuadro 1). Este catálogo es por más de 70 años una de las principales referencias sobre el conocimiento sistemático y la distribución geográfica de los Papilionoidea (Oñate-Ocaña y Llorente-Bousquets, 2010).

La década de 1970 fue de gran importancia al surgir instituciones de investigación y docencia, se incrementó el número de colecciones y especialistas de lepidópteros en México (Michán *et al.*, 2004). La importancia de las colecciones reside en que son una herramienta fundamental, objeto de estudio y a la vez un producto final de la investigación taxonómica de cualquier grupo biológico (Llorente *et al.*, 1993).

En los últimos 50 años el conocimiento de los Rhopalocera en México se ha dado a través de monografías, revisiones, artículos y libros, gracias a diversas instituciones e investigadores nacionales y extranjeros como el Instituto de Biología, UNAM; la Sociedad Mexicana de Lepidopterología; el Museo de Zoología, Facultad de Ciencias y más de una veintena de instituciones extranjeras dentro de las que se

destacan: Smithsonian Institution (Washington, D. C.), Museo Nacional de Historia Natural (San Diego, California), Carnegie Museum of Natural History (Pittsburgh Pennsylvania) y Museo de Historia Natural en Londres Inglaterra, etc. (Llorente *et al.*, 1993).

De la Maza *et al.* (1989) en su trabajo “La fauna de mariposas de México. Parte I. Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera)” genera la segunda lista de los Papilionoidea de México (después de Hoffmann, 1940) donde cita 973 especies, actualiza taxones que fueron registrados por Hoffmann (1940) y adiciona nuevos registros. La familia Pieridae representó 75 especies (Cuadro 1).

Llorente-Bousquets *et al.* (2006a) presentan una lista actual para México, con un total de 960 especies (1 190 incluyendo subespecies) de las cuales 77 pertenecen a la familia Pieridae, con 109 subespecies (Cuadro 1) y un anexo de especies por estado y Provincia Biogeográfica.

Cuadro 1. Diversidad de Pieridae en México.

Trabajos	Hoffmann (1940)		De la Maza <i>et al.</i> (1989)		Llorente-Bousquets <i>et al.</i> (2006a)	
	Spp.	Sspp.	Spp.	Sspp.	Spp.	Sspp.
Dismorphiinae	10	10	12	21	12	34
Coliadinae	26	28	29	28	31	21
Pierinae	31	31	34	43	34	54
	67	69	75	92	77	109

Las listas de Hoffmann y De la Maza fueron actualizadas de acuerdo en el trabajo de Llorente-Bousquets *et al.* (2006a).

Gutiérrez (1999) en Luis *et al.* (2000), cita que México tiene aproximadamente 2 300 trabajos sobre Papilionoidea y que este número podría llegar a los 3 000. El fruto de estos estudios permite que se reconozcan alrededor de 1 900 taxones de ropalóceros mexicanos, ubicados en seis familias, 20 subfamilias, 50 tribus y casi 500 géneros (Llorente-Bousquets *et al.*, 2013). Además, trabajos sobre descripciones morfológicas, hábitos, distribución geográfica, etología y ecología de las mariposas diurnas de México (Luis *et al.*, 2000).

3.2 Estudios Lepidopterológicos en Michoacán.

En la segunda mitad del siglo XIX Otto T. Baron fue uno de los primeros que recolectó en el estado de Michoacán, recorrió varios estados de la Costa del Pacífico e inició el conocimiento lepidopterológico en esta región (De la Maza, 1987). En gran parte del siglo XX, las recolectas se realizaron principalmente en la región

sureste y sur del Golfo de México, por investigadores, aficionados y comerciantes debido a su interés por la gran riqueza de especies que habitan en zonas húmedas, las cuales se caracterizan por sus bosques tropicales perennifolios y subperennifolios dejando de lado las partes áridas y desérticas del norte y occidente del país.

De 1906 a 1940 se realizaron diversas recolectas en los estados de Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Coahuila, Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo, Morelos, Yucatán, etc., y se registró cerca de 51 especies de piéridos (Oñate-Ocaña y Llorente-Bousquets, 2010). En 1940, Hoffmann en su Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros Mexicanos cita 67 especies de piéridos, cuatro incluidos para Michoacán. Sin embargo, la distribución geográfica de las especies se estableció con base a diferentes criterios sobre las áreas de ocupación de éstas, en las que incluyen o derivan su distribución geográfica en Michoacán como: Costa del Pacífico (dos especies), Costa del Golfo y Pacífico (cinco especies), Costa del Pacífico hasta Sonora (seis especies), Costa del pacífico a Nayarit (una especie) y todo el país (16 especies), por lo que se infiere un total de 34 especies para Michoacán.

Jurado y Ponce (1991), citan a Frederick Martin Brown como uno de los primeros investigadores que publicó trabajos sobre la fauna de mariposas diurnas en México en general y en Michoacán en particular (de 1943 a 1945), registró un total de 60 especies para el estado agrupadas en cinco familias: Papilionidae, Pieridae, Danaidae, Nymphalidae y Satyridae gracias a material colectado por Hoogstraal en 1939.

Roberto De la Maza Ramírez en 1987, publica su obra *Mariposas Mexicanas* en la que aborda la diversidad y el estudio de las mariposas diurnas en el país a través de una selección de 651 especies, pertenecientes a 17 familias, las cuales provienen principalmente del sur y sureste de México. Para la familia Pieridae citó 50 especies pero ninguna incluye dentro de su distribución al estado de Michoacán, sólo menciona a *Kricogonia lyside* por ser una especie migratoria que puede encontrarse en todo el país. En general, lista 14 especies de otras familias cuya distribución si incluye localidades para el estado.

Con apoyo de la CONABIO en la década de 1990 se llevó a cabo el Proyecto Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) del estado de Michoacán que se desarrolló en tres fases (1994-2001) fungiendo como responsable el M. en C. Armando Luis Martínez y personal asociado al Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de Ciencias (Luis, 1997; 2001). El objetivo de ese proyecto fue el reconocimiento de la distribución geográfica y estacional de los Rhopalocera a través de recolectas sistemáticas principalmente en los municipios de Arteaga, Uruapan y Coalcomán.

Es en esta década cuando el personal de la Colección del Laboratorio de Entomología “Sócrates Cisneros Paz” de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH),

iniciaron el reconocimiento de la distribución geográfica de este taxón a través de trabajos faunísticos en los que describieron la riqueza de diferentes localidades michoacanas a través de tesis y artículos - el arreglo taxonómico utilizado en la mayoría de estos trabajos no está actualizado, por lo que esta tesis se basa en la nomenclatura propuesta por Llorente-Bousquets *et al.* (2006a) - dentro de estos trabajos destacan:

Acuña (1990), realizó un estudio en la localidad de “El Jagüey” ubicado en el Municipio de Gabriel Zamora en donde reportó 157 especies de Papilionoidea (61 especies) y Hesperioidea (96 especies); de las que cita 21 para Pieridae, pero de acuerdo con Llorente-Bousquets *et al.* (2006a) la lista incluye solo a 17 especies (Apéndice 1).

Jurado (1990), reportó para el Vivero Forestal “Lázaro Cárdenas” del municipio de Morelia, 61 especies pertenecientes a 45 géneros y seis familias, comparó la lepidopterofauna de tres localidades de México, y es Pieridae la tercera familia en riqueza con 11 especies y la predominante en cuanto a su abundancia relativa. Mientras que Jurado y Ponce (1991) reportaron 305 especies de Papilionoidea y Hesperioidea en 137 géneros y seis familias, de las cuales 12 especies son piéridos (Ponce *et al.*, 1996).

Balcázar (1993) citó 6 familias de Papilionoidea y Hesperioidea, un total de 205 especies de las cuales el 11% pertenece a la familia Pieridae, 21 especies. Villaseñor (1995) en su tesis sobre las mariposas del sureste de la Ciudad de Morelia registró 84 especies, 62 géneros y seis familias, 16 especies son de la familia Pieridae.

Ponce *et al.* (1996), elaboraron un listado de lepidópteros del Parque Nacional “Eduardo Ruíz” de Uruapan, Michoacán, reportaron 71 especies, 52 géneros y seis familias; de las que 18 especies pertenecen a la familia Pieridae. Citan dos sinónimos y reducen el número a 16 especies y ocho géneros, son la segunda familia con más riqueza en el estado (después de Nymphalidae). Este estudio es el segundo análisis comparativo de lepidopterofauna entre localidades michoacanas (Ponce *et al.*, 1996).

Rosas (1998) realizó un estudio comparativo entre las localidades El Ranchito y El Cóbano del municipio de Gabriel Zamora y, El Limoncito y La Tortuga del municipio de Tzitzio. Obtuvieron 196 especies, 130 géneros y seis familias; cinco de Papilionoidea y una de Hesperioidea. 20 especies y 11 géneros son para la familia Pieridae. Maya (1999), trabajó en los municipios de Huetamo, Tacámbaro y Parácuaro, en donde identificó seis familias, 104 géneros y 152 especies, de las cuales 25 pertenecen a Pieridae, es la segunda familia más rica.

De acuerdo con lo anterior, en la última década del siglo XX, Michoacán fue el estado en donde se realizó el mayor número de trabajos lepidopterofaunísticos en México, cuyo objetivo principal era reconocer la distribución geográfica y fenología de las mariposas diurnas.

Quiroz (2008) en su análisis de la diversidad y abundancia de lepidópteros diurnos en la Cuenca de Cuitzeo, reportó 45 especies de las que 18 pertenecen a la familia Pieridae. En este mismo año, Castillo (2008) realizó una síntesis de los trabajos que se han realizado sobre las mariposas diurnas en el estado de Michoacán, citando un total de 426 especies de Papilionoidea, 43 pertenecen a la familia Pieridae incluidas en 29 géneros la cual se actualizó a partir de la lista de Llorente-Bousquets *et al.* (2006a).

Llorente *et al.* (1996) reportan 39 especies de mariposas de la familia Pieridae para el estado de Michoacán. Mientras que Llorente *et al.* (1997) registran 76 especies de piéridos a nivel nacional, 50% (38 especies) de las cuales habitan en Michoacán con distribución en 77 localidades. En otro trabajo, Llorente-Bousquets *et al.* (2006a) citan 44 especies, 28 géneros y tres subfamilias de la familia Pieridae en Michoacán.

A su vez, Llorente-Bousquets *et al.* (2013), realizaron una síntesis sobre la riqueza mundial de Lepidoptera y en particular hacen un análisis de Papilionoidea, su endemismo y riqueza en México. Se reporta un total de 952 especies de Papilionoidea (excluyendo HesperIIDae) para el país; 415 en Michoacán lo que representa el 43.6% de la riqueza nacional por lo que es el octavo estado con mayor riqueza, Chiapas ocupa el primer lugar con 776 especies seguido de Veracruz con 722. Pieridae con 75 especies representa el 7.9% de Papilionoidea a nivel nacional, de las cuales 44 se distribuyen en Michoacán (57.3%) siendo tres endémicas.

De acuerdo con Michán *et al.* (2005), Michoacán ocupa el sexto lugar en el país en cuanto a número de localidades con trabajo de recolecta (más de 300) y 177 000 registros, lo que representa el 33.7% de los registros que se reportan por Luis *et al.* (2006).

3.3 Familia Pieridae

Mariposas conocidas como blancas, sulfurosas y de puntas naranjas (De la Maza, 1987). En general, son verdes, amarillas y naranjas, de tamaño pequeño o mediano (2 a 10 cm de envergadura alar). En el mundo se calculan aproximadamente 1 200 especies (Scoble, 1992), tienen una distribución cosmopolita ya que se encuentran en todos los hábitats terrestres desde el nivel del mar hasta el límite de las montañas (Llorente-Bousquets *et al.*, 2006b), los machos tienden a congregarse en arena húmeda, charcos lodosos o excremento de mamíferos y aves (De la Maza, 1987). Suelen presentar dimorfismo sexual generalmente a favor de la hembra, los machos por lo general presentan androconias en el margen costal del ala posterior que cumplen

con función sexual, reflejan rayos ultravioleta (al igual que las escamas de las alas) y pueden ser importantes para la comunicación (Llorente, 1984a). Los imagos tienen envergadura alar de entre dos y cerca de diez centímetros, vuelo ágil y se alimentan principalmente del néctar de inflorescencias pertenecientes a Asteraceae y Leguminosae (Llorente-Bousquets *et al.*, 2006b), pero también de especies de las familias Cruciferae o Lorantaceae entre otras (De la Maza, 1987).

Las especies de esta familia tienen las patas delanteras bien desarrolladas al igual que Papilionidae su grupo hermano (Godman y Salvin, 1878-1901), las alas tienen una venación con célula discal cerrada, el abdomen y tórax son de tamaño similar en las diferentes subfamilias con excepción de Dismorphiinae que presenta el abdomen alargado. De acuerdo a Llorente-Bousquets *et al.* (2006b) las características diagnósticas de Pieridae son:

- Las placas laterales de la parte media del pronoto no están fusionadas, en las demás mariposas sí están fusionadas. Kristensen (1976) lo describió como “presencia de una hendidura mesoposterior membranosa en el pronoto”.
- Los tarsos anteriores presentan uñas bífidas con endodiente y diente exterior casi de la misma longitud.
- Presencia de pigmentos llamados pterinas en las escamas alares.

Los huevos son de forma ovalada alargada y acanalados con pequeñas barras transversales, generalmente son depositados en grupo en el haz de las hojas. Las larvas son cilíndricas, lisas y crípticas con coloraciones que van del gris, amarillo, violeta, verde o rojo. Las pupas son alargadas y puntiagudas en ambos extremos y cuelgan del cremáster. Las venas anales están en las alas posteriores y son los únicos que no presentan la barra preespiracular (Llorente-Bousquets *et al.*, 2006b).

La familia Pieridae en México está integrada por tres subfamilias: Dismorphiinae, Coliadinae y Pierinae que en el país, representan un total de 36 géneros y 78 especies (Llorente-Bousquets *et al.*, 2006b). Las características distintivas de las subfamilias de Pieridae se presentan en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de las subfamilias de Pieridae.

Dismorphiinae	<p>La maza antenal es trisulcada. Cada anterómero no escamado tiene tres hendiduras sensoriales o sulci en lugar de una posición central como el resto de los Pieridae. Otros caracteres incluyen: palpos cortos y delgados que no sobresalen por encima de la cabeza. Su venación radial se caracteriza por poseer las cinco ramas. Las larvas y crisálidas son similares a las demás Pieridae (Llorente-Bousquets <i>et al.</i>, 2006b). Los huevecillos son de 2.5 a 5 veces más largos que anchos y son de gran valor para diagnosticar especies (Llorente y Castro, en prep.). De acuerdo con Llorente-Bousquets <i>et al.</i> (2006b) es la subfamilia menos derivada de Pieridae. Los adultos tienen cinco venas R en la alas anteriores, la base de la M2 proviene de la M3 y las alas son más estrechas en los machos que en las hembras (Maya, 1999). Pueden mimetizarse con otras mariposas. No son migrantes y tienen las alas anteriores reducidas y el abdomen alargado (De la Maza, 1987).</p>
Coliadae	<p>Con alrededor de 300 especies, son cosmopolitas. Su coloración es amarillenta o anaranjada (Maya, 1999). Según Llorente-Bousquets <i>et al.</i> (2006b) los caracteres considerados como dudosos incluyen la reducción o ausencia de la vena humeral en el ala posterior, reducción del tercer segmento del palpus, "línea sobresaliente" en el ala anterior (Klots, 1933) y pérdida de VT3 (=V3) en la cabeza del primer estadio larval. Pueden reconocerse por la misma combinación de características como Pierinae, excepto por el esclerosamiento fuerte de la patagia. Se considera que los Coliadae son un grupo parafilético.</p>
Pierinae	<p>Son alrededor de 700 especies y sus integrantes son de color blanco (Maya, 1999). Pueden identificarse por la combinación de uñas pretarsales bífidas, antena unisulcada, patagia membranosa, patas delanteras que carecen de la epífisis tibial y la tibia posterior con espolón. Aunque son cosmopolitas, son más diversas en los trópicos. Los Pierinae como actualmente se definen, podrían constituir un grupo parafilético o polifilético. La vena humeral es larga en las alas posteriores. Algunos adquieren metabolitos secundarios de sus plantas de alimentación que al ser ingeridos se transforman en sustancias tóxicas para sus depredadores. No son migratorios pero su vuelo es firme y rápido (Maya, 1999).</p>

3.4 Biodiversidad y riqueza de especies

La biodiversidad puede definirse como: *“La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la variación dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas”* (Krieger y Samper, 2000). Su concepto incluye diferentes escalas biológicas: desde la variabilidad a nivel genes de los individuos y poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Watson *et. al*, 1995).

La biodiversidad es el resultado de eventos geológicos, históricos y biológicos como respuesta de los organismos hacia los cambios ambientales y a sus interacciones ecológicas, lo cual genera que la distribución de la biodiversidad siga patrones tanto temporales como espaciales (Salinas, 2003).

La riqueza de especies es un parámetro usado para estudiar la biodiversidad y sus comunidades ya que sus procesos evolutivos al tener una estructura y funcionamiento característicos, hacen que la riqueza de especies sea una realidad histórica tanto del área de estudio como de la biota que ocupan y sus interacciones (Halffter y Moreno, 2005). Así mismo, el análisis, medición y comprensión de los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje (área terrestre heterogénea integrada por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar) es de gran utilidad para tomar decisiones acerca de la conservación de ciertos taxones o áreas amenazadas y para monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente al reconocer especies que son más sensibles a éstas (Magurran, 1988).

La forma más directa para conocer la biodiversidad y riqueza de un lugar son los inventarios faunísticos (Noss, 2002) que son útiles en el reconocimiento, catalogación, cuantificación y mapeo de entidades naturales como las especies (Watson *et. al*, 1995), además de que permiten definir rangos de distribución geográfica, reconocer cambios en la distribución de los organismos (incluyendo su relación con el impacto generado por la actividad humana) y la estimación de la proporción de la riqueza que falta por registrar (Álvarez *et al.*, 2006). Un aspecto importante sobre los inventarios faunísticos, es que el método de muestreo debe suministrar información representativa de la medición por lo que requiere de un esfuerzo de muestreo suficiente que abarque la heterogeneidad de hábitats del área de estudio.

Es casi imposible conocer el número total de especies de un lugar a pesar del esfuerzo de recolecta, por lo cual se recurre a estimadores de riqueza específica que se obtienen a partir de una o varias muestras y que son realmente útiles en el análisis de la riqueza con diferente tamaño de muestra pues extrapolan los datos de riqueza y generan predicciones altamente confiables en los estudios de la biodiversidad (Soberón y

Llorente, 1993; Moreno, 2001). Los índices no son más que herramientas matemáticas para describir y comparar la diversidad de especies, su interpretación biológica debe ser cautelosa y objetiva para que no carezca de precisión, por esto, es muy importante seleccionar adecuadamente los índices que ayuden a responder de mejor forma la pregunta biológica a tratar (Halffter y Moreno, 2005). Dentro de los métodos de estimación de riqueza más usados se encuentran los métodos paramétricos y los métodos no paramétricos (Moreno, 2001).

3.4.1 Métodos paramétricos.

Las curvas de acumulación de especies son un método paramétrico para estimar la riqueza de especies; presentan el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo que se empleó (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) lo cual se entiende como la probabilidad de añadir una especie nueva a una lista en un intervalo de tiempo determinado (Ávalos, 2005). En estas curvas, se relaciona la incorporación de nuevas especies al inventario con el esfuerzo de muestreo, entre mayor sea dicho esfuerzo, mayor es la cantidad de especies recolectadas. La curva comienza con una pendiente elevada ya que la adición de especies se produce rápidamente, conforme prosigue el muestreo la pendiente de la curva decae debido a las especies raras e individuos de especies provenientes de otros lugares (Moreno, 2001). Cuando la pendiente es prácticamente cero se entiende que es el número total de especies que se pueden encontrar en el área de estudio. Un buen estimador debe ser insensible al orden de muestreo, a la distribución espacial de las especies y al tamaño de muestra por lo que la curva debe tener una tasa de crecimiento inicial alta hasta llegar a su riqueza máxima y a la asíntota (Gotelli y Colwell, 2001) además; debe ser preciso, con poco sesgo y valor de estimación cercano al valor de la riqueza verdadera (Palmer, 1990).

La relevancia de las curvas de acumulación reside en que formalizan los inventarios biológicos y facilitan su comparación, permiten que tras estimar el esfuerzo se planee mejor el trabajo de recolecta y extrapolan la cantidad de especies observadas para estimar el total en una zona (Gotelli y Colwell, 2001; Moreno, 2001).

Soberón y Llorente (1993) describen tres modelos básicos para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo y el valor de la riqueza que es la asíntota de la curva. Estos modelos son el modelo logarítmico, el exponencial y la Ecuación de Clench. Se puede considerar que una desventaja al utilizar estos modelos es que requieren datos de comunidades bien muestreadas para la predicción del valor asíntótico (López-Gómez y Williams-Linera, 2006). De éstos modelos, la Ecuación de Clench es el más utilizado pues ha demostrado un buen ajuste en la mayoría de taxones y situaciones bajo estudio (Halffter y Moreno,

2005). Se basa en que la probabilidad de encontrar una nueva especie aumentará hasta un máximo conforme más tiempo se estudie en campo, es decir, entre más experiencia se tiene en el método de muestreo (y conocimiento del grupo taxonómico) en campo, mayor es la probabilidad de que se añadan nuevas especies al inventario (Soberón y Llorente, 1993). Se recomienda utilizarlo en sitios de área extensa cuando la intensidad de los muestreos cambia en el tiempo y deseamos conocer el esfuerzo, en tiempo mínimo y que necesitamos para obtener un número aceptable de especies (Moreno, 2001). Su expresión matemática es:

$$S_n = a * n / (1 + b * n)$$

Donde:

n= Número acumulativo de muestras (esfuerzo de recolecta).

S_n= Número de especies estimado.

a= Ordenada al origen (intercepción con el eje y)= tasa de incremento de nuevas especies al inicio del inventario.

b= Pendiente de la curva.

En el modelo de Clench la asíntota se calcula como a/b, lo que indica la riqueza total de un área como el valor del número de especies al cual una curva de acumulación alcanza la asíntota (Soberón y Llorente, 1993).

3.4.2 Métodos no paramétricos.

Se emplean cuando no se tienen datos del número de individuos o no se tienen muestreos completos y estadísticamente no se asume un tipo de distribución conocida ya que no se puede saber el comportamiento de la distribución de individuos por especie, además de que no se ajusta a algún otro modelo (Álvarez *et al.*, 2006). Se basan a partir de muestras y técnicas de captura-recaptura (Colwell y Coddington, 1994), aunque su probabilidad de captura se asume como constante durante todos los muestreos, puede ser diferente de una especie a otra pues presentan heterogeneidad espacial y temporal (Ávalos, 2005). Consideran que entre más especies raras haya en las muestras mayor va a ser el número de especies por encontrar (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

Dentro de las ventajas de los métodos no paramétricos, es que necesitan menos datos y tienen menor sesgo en la extrapolación a comparación de las curvas de acumulación de especies de los métodos paramétricos (Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001) debido a su simplicidad, son altamente utilizados. Algunos de los estimadores no paramétricos desarrollados son:

Chao₁: Emplea proporciones de especies raras y toma en cuenta la abundancia de las especies. Calcula el número de especies en conjuntos. Considera a las especies representadas sólo por un individuo en la muestras (singletons) y las especies representadas por exactamente dos individuos (doubletons) (Salinas, 2003) además de las especies observadas.

$$\text{Chao1} = \text{Sobs} + A^2/2B$$

Donde:

S_{obs} = Número de especies observadas en la muestra.

A = Número de especies que están representadas por solo un individuo en la muestra (singletons).

B = Número de especies que están representadas por solo dos individuos en la muestra (doubletons).

ACE: Estimador de cobertura con base en la abundancia. Se basa en el número de especies raras representadas por 10 o menos individuos. No está definido para las especies raras que tienen un solo individuo (Colwell y Coddington, 1994).

$$\text{ACE} = S_{\text{com}} + (S_{\text{rar}}/C_{\text{ace}}) + (F_1/C_{\text{ace}}) * \gamma^2_{\text{ace}}$$

Donde:

S_{com} = Número de especies comunes, esto es más de 10 individuos cuando todas las muestras se agrupan.

S_{rar} = Número de especies raras, esto es 10 o menos individuos cuando todas las muestras se agrupan.

C_{ace} = Estimador de cobertura de abundancia de muestra.

F₁ = "Singletons", número de especies representadas por solo un individuo.

F₂ = "Doubletons", número de especies representadas por solo 2 individuos.

γ²_{ace} = Coeficiente estimado de variación de la F₁ de especies raras.

Chao₂: Estimador de cobertura basado en incidencias. Considera la relación entre el número de especies que sólo aparecen en una muestra (uniques) y el número de especies compartidas en dos muestras (duplicates) (Álvarez *et al.*, 2006) independientemente del número de individuos que presenten en cada una de ellas para estimar el número total (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

$$\text{Chao2} = \text{Sobs} + (L^2/2M)$$

Donde:

Sobs = Número de especies observadas en la muestra.

L = Número de especies que se presentan en una sola muestra (uniques).

M = Número de especies que se presentan en exactamente dos muestras (duplicates).

ICE: Es un estimador de cobertura con base en la incidencia. Requiere del número de especies no frecuentes, encontradas en menos de 10 unidades de muestreo. Se considera poco sensible a la agregación y tamaño de la muestra (Chazdon *et al.*, 1998).

$$ICE = S_{\text{freq}} + (S_{\text{inf}} / C_{\text{ice}}) + (Q_1 / C_{\text{ice}}) * \gamma^2_{\text{ice}}$$

Donde:

S_{freq} = Número de especies frecuente, encontradas 10 o más muestras.

S_{inf} = Número de especies infrecuentes, encontradas en 10 o menos muestras.

C_{ice} = Estimador de cobertura de incidencia de muestra.

Q_1 = “Uniques”, número de especies presentes en solo una muestra.

Q_2 = “Duplicates”, número de especies presentes en solo dos muestras.

γ^2_{ice} = Coeficiente estimado de variación de las especies poco frecuentes.

Estos métodos se basan en el supuesto de que los individuos no existen solos en la naturaleza, sino que conforman poblaciones, por lo tanto; cuando en un muestreo se tienen muchos singletons o uniques, significa que no ha habido el suficiente muestreo del número de individuos o no se han realizado suficientes repeticiones (Álvarez *et al.*, 2006).

3.5 Componente Beta de la Diversidad.

La biodiversidad se puede considerar y separar a diferentes niveles (Álvarez *et al.*, 2006). La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad determinada que se considera homogénea por lo que es a un nivel local. La diversidad beta es la medición del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en una región y refleja como las especies responden ante la heterogeneidad espacial, se propone que se obtenga a partir de comparaciones entre pares de unidades en una región. La diversidad gamma es la riqueza total de especies del conjunto de comunidades que integran una región resultado tanto de la diversidad alfa como de la diversidad beta (Whittaker, 1972) y refleja los procesos históricos que han actuado a un nivel geográfico mayor.

El término de “diversidad beta” tiene una amplia variedad de conceptos sobre los fenómenos biológicos que se estudian, por lo que se complica dar una generalización con métodos particulares. En 1956 Robert H. Whittaker hace referencia a la diversidad β y en 1960 le asigna específicamente el término de diversidad beta. Al clasificar los diferentes tipos de diversidad, Whittaker (1977) determina que la diversidad alfa y gamma son diversidades de inventarios, en cambio la diversidad beta es una diversidad de diferenciación, pues explica que es “la magnitud de cambio en la composición de las especies a lo largo de un

gradiente ambiental o entre diferentes comunidades en un paisaje”. Propuso dos conceptos que son vigentes en la actualidad: el decaimiento de la similitud con la distancia (*distance decay in similarity*) y el recambio de especies (*species turnover*) (Calderón-Patrón *et al.*, 2012). El decaimiento de la similitud con la distancia es cuando la similitud en la composición de especies entre dos sitios decrece conforme aumenta la distancia entre ellos (Nekola y White, 1999) éste fenómeno se relaciona de manera que si la similitud disminuye con la distancia, el recambio de especies aumenta con la distancia. Ahora, el recambio se define como la tasa o magnitud de cambio en la composición de las especies a lo largo de gradientes ambientales o espaciales predefinidos, esto implica que hay alguna estructura en el paisaje que modela la variación en la composición de especies entre los sitios muestreados (Vellend, 2001; Calderón-Patrón *et al.*, 2012). Lo anterior puede llegarse a confundir al momento de analizar el componente beta de la diversidad; sin embargo, es necesario tener en cuenta la diferencia para no generar interpretaciones erróneas (Tapia, 2013).

La diversidad beta en general, se puede interpretar como el reemplazo espacial a través de gradientes, recambio espacial, distancia ecológica, diferenciación entre muestras, función del cambio de hábitat, grado de sobreposición de la distribución de las especies y complementariedad en la composición (Koleff, 2005). Como ya se mencionó, hay diversas formas de interpretar la diversidad beta, por ejemplo Koleff *et al.* (2003) la miden como “*spatial turnover*” en términos de ganancia o pérdida de especies, resaltando la influencia de la escala espacial en las relaciones entre el “*turnover*” (diversidad β), la diversidad α y la diversidad γ (Calderón-Patrón *et al.*, 2012).

En general, la diversidad beta se encuentra ligada a factores como la distancia tanto en espacio; cuando las mediciones se hacen en diferentes sitios en un mismo tiempo, como en tiempo; cuando las mediciones se llevan a cabo en el mismo lugar pero en tiempos distintos. Ambas son relaciones entre los muestreos y heterogeneidad ambiental (Halffter y Moreno, 2005; Calderón-Patrón *et al.*, 2012).

El concepto de diversidad beta tiene un papel importante dentro de la Ecología y Biogeografía pues ayuda a comprender, cuantificar y valorar la diversidad biológica, además, permite comprender el funcionamiento de los ecosistemas para la conservación de la biodiversidad y manejo de los ecosistemas (Legendre *et al.*, 2005; Calderón-Patrón *et al.*, 2012). Sin embargo, aún falta esclarecer sus fundamentos ya que es el componente menos comprendido dentro de la diversidad de especies (Tapia, 2013).

Para evaluar la diversidad beta existen múltiples índices y el uso de estos depende del conocimiento de los supuestos en los que están enmarcados y la naturaleza de los datos a estudiar para interpretar correctamente su comportamiento (Álvarez *et al.*, 2006).

4. OBJETIVOS

General

- Describir la diversidad alfa y beta de la familia Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) del estado de Michoacán.

Particulares

- Elaborar la lista faunística de la familia Pieridae.
- Estimar la riqueza de especies de algunas localidades de Michoacán mediante curvas de acumulación de especies a partir de modelos paramétricos y no paramétricos.
- Conocer el endemismo de la familia Pieridae en Michoacán.
- Comparar la riqueza de la familia Pieridae del estado con las demás entidades de la República Mexicana.
- Comparar las localidades de mayor riqueza del país con las de Michoacán.
- Describir las localidades de mayor riqueza de Pieridae en Michoacán.
- Calcular el componente beta para la familia Pieridae entre diferentes escalas espaciales: provincias biogeográficas, estados y localidades.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Localización Geográfica.

El estado de Michoacán constituye parte de la región Pacífico-Oeste. Limita al norte con los estados Jalisco, Guanajuato y Querétaro, al sur con Guerrero y el Océano pacífico, al este con Querétaro, Estado de México y Guerrero y al Oeste con Jalisco y Colima. Sus coordenadas geográficas extremas son al norte 20°24', al sur 17°55', al este 100°04' y al oeste 103°44'. El estado representa el 3% de la superficie nacional con una superficie aproximada de 59 864 km² (INEGI, 2001; Figura 1).

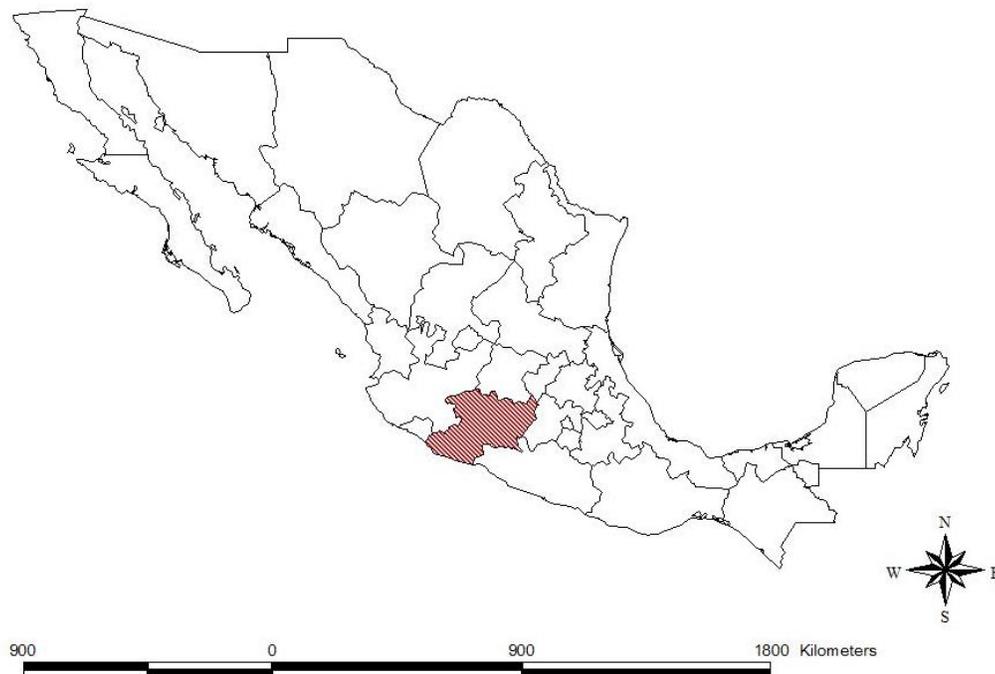


Figura 1. Localización geográfica del estado de Michoacán.

5.2 Geología.

La morfología de Michoacán está ampliamente ligada a aspectos litológicos, a la tectónica de placas y a factores climáticos de forma que su composición geológica juega un papel fundamental en los diferentes relieves que presenta, éstos se pueden separar en: a) El ligado a la Sierra Madre del Sur; b) El labrado en las costas del Pacífico y c) El relacionado con el Cinturón Volcánico Transmexicano. A su vez, dentro de estos se pueden separar a diferentes provincias fisiográficas que han permitido el desarrollo de vegetación, suelos y fauna particulares. Un ejemplo es la depresión de Tepalcatepec y estructura de Tzitzio en Sierra Madre del Sur que presentan flora y fauna características.

5.3 Fisiografía.

El estado comprende dos provincias fisiográficas; Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur; la primera se ubica al norte de la entidad y es de gran importancia por los endemismos que presenta y por sus grandes cuencas hidrológicas; la segunda ocupa la región sur del estado y es reconocida como una de las de mayor riqueza biológica del planeta (Salinas, 2003). A su vez, estas provincias se dividen en 13 subprovincias (INEGI, 2001). Aún no se establece un principio uniforme para la división fisiográfica del estado, pero con base a tipos de suelo, vegetación y fauna particulares, Antaramián y Correa (2003) proponen una división en cinco subprovincias: Planicie Costera del Pacífico, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Cinturón Volcánico Transversal y Altiplano (Figura 2)

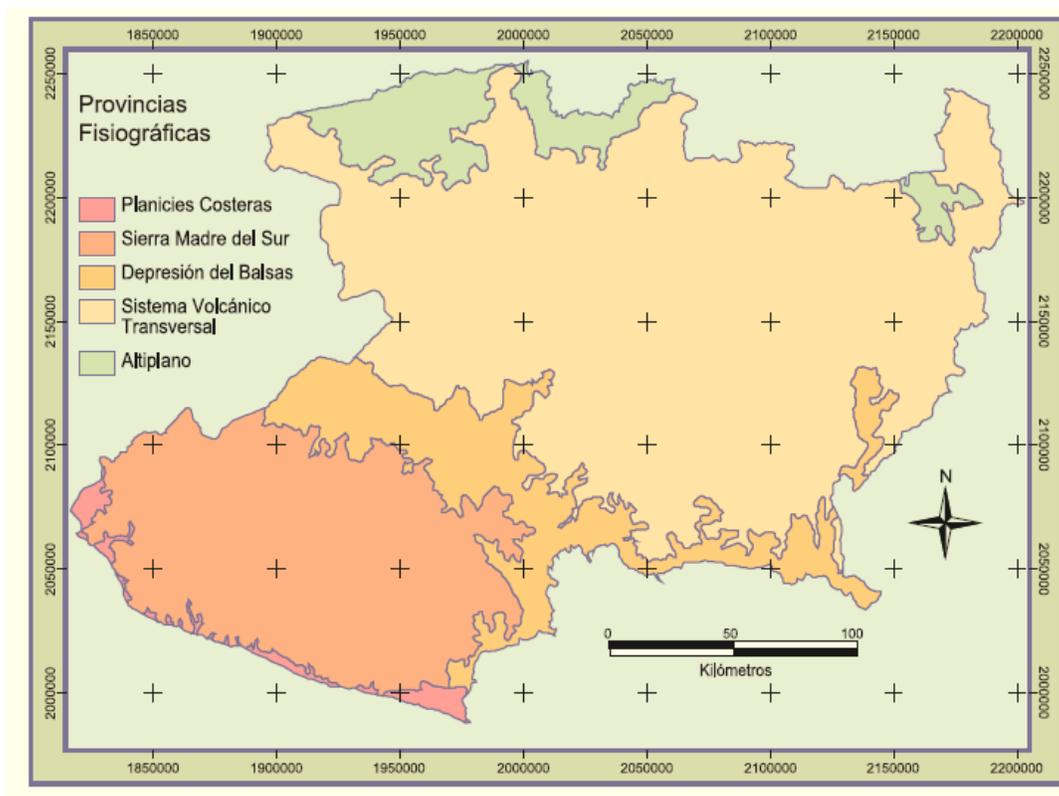


Figura 2. Provincias fisiográficas de Michoacán (Antaramián y Correa, 2003).

5.4 Edafología

Los principales tipos de suelo en cuanto a su proporción de superficie en el estado son los vertisoles 18.5%, luvisoles 15.7%, litosoles 14.6%, andosoles 13.7%, regosoles 13.6%, feozem 12.2%, acrisol 6.2%, cambrisoles 2.3% y rendzinas 1.4%, los demás como planosol, fluvisol, histosol, ranker, solonchak, casteñozem, gleysol y xerosol representan en su totalidad el 1.5%.

5.5 Hidrología.

En Michoacán se encuentran dos de las tres cuencas hidrológicas más importantes de México; el sistema fluvial Lerma-Chapala-Santiago y el río Balsas. La Zona norte del estado permite de manera natural el mantenimiento de ríos y lagos debido al clima favorable y a la interacción que mantienen sus fosas tectónicas de la región con los volcanes del Cinturón Volcánico Mexicano. Los ríos Lerma y Balsas son dos de las 310 cuencas hidrológicas del país y están asociados a la mayoría de cuerpos de agua del estado. Para el estudio de los cuerpos de agua del estado se dividen en los siguientes grupos (Israde, 2003; Villaseñor *et al.*, 2005): 1) lagos tectónicos; 2) lagos vulcanotectónicos; 3) lagos cratéricos; 4) ríos y 5) cuerpos de agua artificiales.

5.6 Clima.

La variedad de climas es resultado de diferentes factores como la gran variación altitudinal, desde el nivel del mar hasta el punto más alto del volcán de Tancítaro (3 840 m) además de su localización en la zona tropical del hemisferio norte y su accidentada topografía (Antamiarán, 2005). De acuerdo a la clasificación de Köppen, los climas de Michoacán son (Figura 3):

- Aw (tropical lluvioso, con lluvias predominantes en verano) en el suroeste.
- BS (seco estepario) en la depresión del río Tepalcatepec.
- Cw (templado con lluvias en verano) en el norte del estado.
- Cf (templado con lluvias todo el año) en las partes más altas del Sistema Volcánico Transversal.

Todos son climas de tipo Ganges “g”, es decir, que la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano, temperatura se alcanza en el mes de mayo.

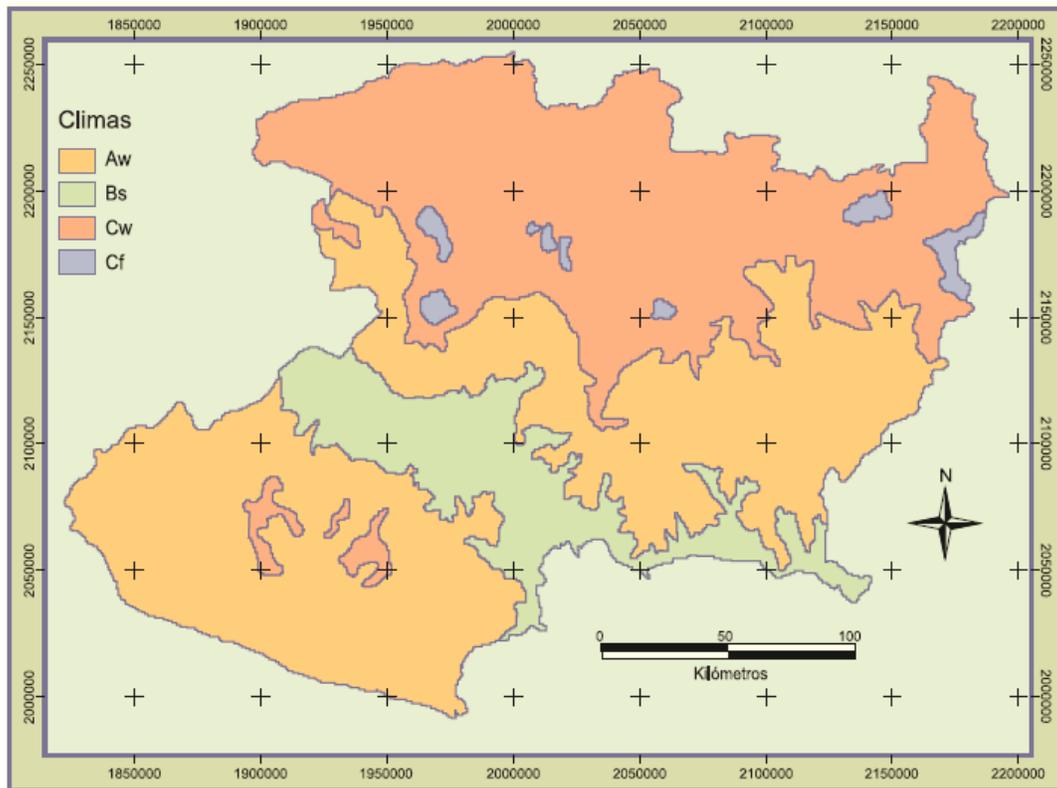


Figura 3. Climas de Michoacán (Villaseñor *et al.*, 2005).

5.7 Vegetación.

Michoacán está cubierto por una gran variedad de tipos de vegetación, pero destacan las formas arbóreas que en ciertos casos caracterizan la fisonomía del lugar. No se tienen muchos trabajos detallados con enfoque específico de las plantas del estado y aunque se manejan diferentes nomenclaturas, todas agrupan la cubierta vegetal de forma similar (Villaseñor *et al.*, 2005; Figura 4):

- Bosque de coníferas: principalmente bosque de pino, oyamel y cedro blanco que se localizan en las porciones altas y templadas del estado.
- Bosque de encino: predominan los *Quercus spp.* las comunidades que conforman son densas y relativamente abiertas, alcanzan alturas de 5 a 30 metros.
- Bosque mesófilo de montaña: contiene la mayoría de riqueza de flora en la entidad con una gran cantidad de plantas epífitas y trepadoras. Regularmente se encuentran en pequeños manchones con condiciones microclimáticas y físico-ambientales características.
- Bosque tropical caducifolio: en su mayoría contiene especies caducifolias que generan un contraste en la fisonomía del estado a lo largo del año.

- Bosque tropical subcaducifolio: comunidad densa de árboles que alcanzan de 15 a 30 metros de altura. La mayoría se queda sin hojas en temporadas secas.
- Bosque espinoso: es similar al bosque tropical caducifolio, pero con árboles de menor altura (4 a 7 metros) y en lugares más secos.
- Matorral subtropical: en su mayoría pierden las hojas durante la época seca del año. Se da en climas templados, semicálidos y cálidos, se distribuye en la parte del centro-norte del estado. Sus árboles alcanzan estaturas de 5 a 12 metros.
- Vegetación acuática y cuerpos de agua: comunidades en presencia de cuerpos agua con gran variación de acuerdo al lugar en que se encuentran.

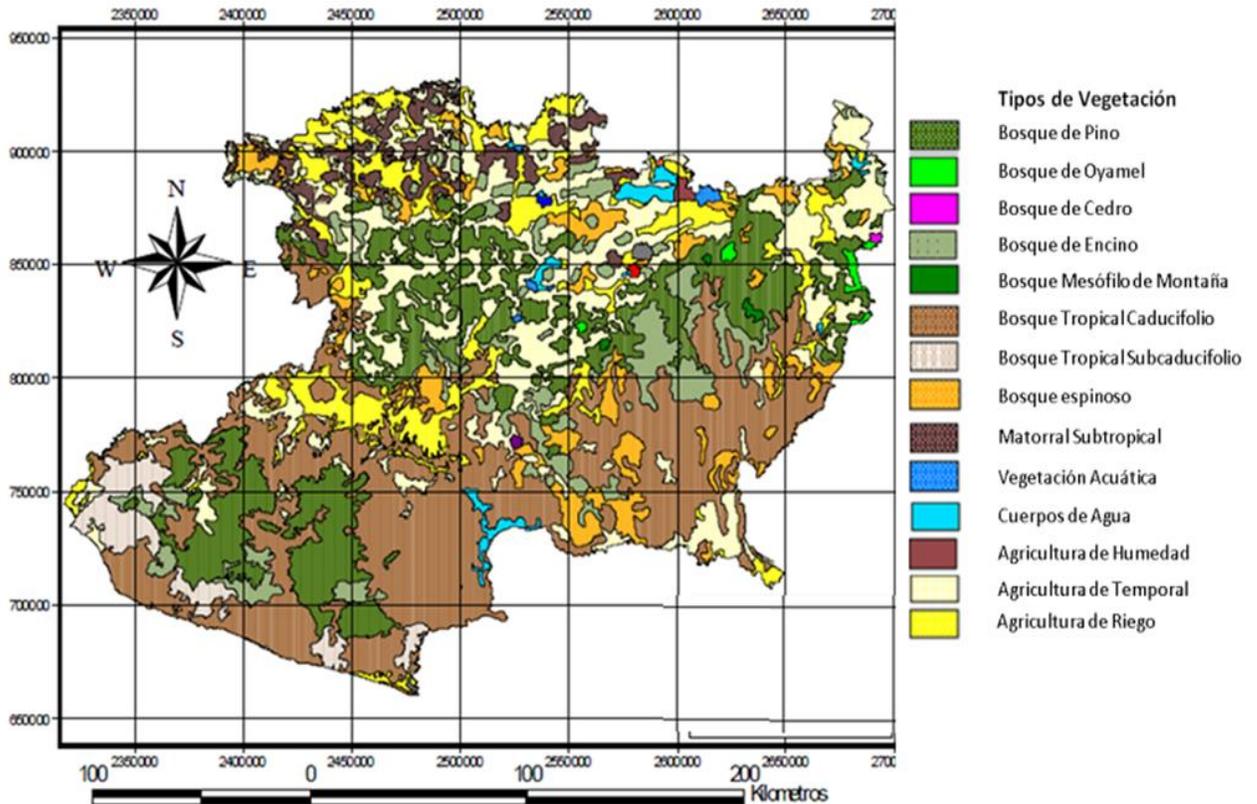


Figura 4. Vegetación del estado de Michoacán (Modificado de CONABIO, 2006).

6. MÉTODO

6.1 Revisión de la literatura.

Se revisaron los trabajos sobre la lepidopterofauna de Michoacán, tanto tesis como artículos con la finalidad de obtener los inventarios faunísticos realizados para el estado. Para la descripción del área de estudio, se consultó la obra: La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado (Villaseñor *et al.*, 2005) obteniendo los datos fisiográficos, edafológicos, hidrológicos, climáticos y de vegetación del estado. Además, se consultaron diversas fuentes para obtener información sobre las características de la familia Pieridae como el trabajo Patrones de distribución de la familia Pieridae (Lepidoptera) de Llorente-Bousquets *et al.* (2006b); así como de los métodos para estimar la diversidad alfa y beta de Moreno (2001) entre otros.

6.2 Inventario faunístico.

Con la finalidad de obtener los datos de la lista taxonómica de la familia Pieridae de Michoacán y realizar los análisis sobre su distribución geográfica y diversidad, se revisaron trabajos sobre la lepidopterofauna del estado, tesis y artículos (Acuña, 1990; Jurado y Ponce, 1991; Balcázar 1993; Villaseñor, 1995; Ponce *et al.*, 1996; Rosas, 1998; Maya, 1999; Llorente-Bousquets *et al.*, 2006a; Castillo, 2008; Quiroz, 2008). Para actualizar las sinonimias se utilizó la nomenclatura de Llorente-Bousquets *et al.* (2006a).

Además, se utilizaron los registros de la base de datos MARIPOSA del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM (Luis *et al.*, 2005); cada registro incluye el nombre de la especie, localidad de recolecta, municipio, latitud, longitud, altitud, fecha (día, mes y año) y la clave del proyecto. Este subconjunto de datos es de 45 772 registros con un total de 117 localidades que al juntar con los datos de la literatura, se obtuvo un total de 188 localidades para el estado.

De acuerdo con los registros de la megabase de datos MARIPOSA, durante el periodo del año 1990 al 2000 se registraron 3 149 días de recolecta. Las recolectas incluyen todos los meses del año, lo que resulta importante para reconocer la riqueza respecto a la composición faunística estacional (fenología). En el Cuadro 3 se presenta el calendario de muestreo de las 19 localidades con mayor esfuerzo de recolecta, esto es; las localidades donde se invirtieron más días de trabajo en campo de un total de 2 467 días. Para contar con un muestreo sistemático en las diferentes localidades; durante cada día de trabajo las recolectas se realizaron de las 8:00 a las 16:00 h aproximadamente, participando cuatro personas en promedio.

Se utilizaron dos técnicas de recolecta directa; redes entomológicas aéreas y trampas tipo Van Someren-Rydon, aunque las recolectas no siguieron un calendario específico predeterminado la mayoría de las localidades abarcaron todos los meses por lo que se abarcaron las cuatro estaciones del año, esto es importante al analizar la riqueza de las áreas ya que esta puede variar dependiendo la época.

Cuadro 3. Calendario de 19 localidades con mayor esfuerzo de recolecta en Michoacán.

Localidad	Meses												Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Rancho El Zorrillo	20	35	18	25	14	41	55	63	61	68	76	50	526
Rancho Nuevo	22	29	34	19	38	33	43	20	8	32	54	31	363
Santa Rosa	9	10	21	16	6	34	48	52	37	49	44	17	343
La Nuez	19	5	3	3	5	8	4	22	17	28	17	9	140
Presa Jicalán	20	17	3	3	4	0	3	9	14	18	19	27	137
Arteaga	10	5	0	3	14	19	24	18	16	1	4	19	133
Cupatitzio P.H.	7	7	6	10	7	9	11	22	9	12	8	7	115
El Huarachito	3	1	5	1	3	13	25	17	0	9	18	0	95
Zumpimito P.H.	2	1	2	3	7	5	10	9	7	12	22	3	83
Matangarán	7	6	8	4	6	1	5	5	7	5	11	7	72
La Estanzuela	0	0	0	1	1	2	19	21	16	0	0	0	60
Chiquihuitillo	6	5	1	0	1	0	1	14	3	10	9	6	56
Chorros del Varal	4	7	2	6	4	5	5	3	4	4	6	4	54
Cañada La Culebra	3	9	8	11	3	3	5	2	0	0	7	3	54
Rancho La Alberca	4	8	4	10	6	5	0	3	0	5	6	2	53
Barranca de Cobano	3	1	1	0	3	2	7	10	4	11	5	5	52
Toscano	6	1	1	6	2	3	19	0	4	0	3	3	48
Cerro de la Cruz	2	4	5	2	3	3	10	7	1	3	5	3	48
Baden de Neixpa	0	4	0	3	8	7	5	2	2	0	0	4	35
													2 467

6.3 Diversidad Alfa.

Con base en las listas faunísticas por localidad, se describió la distribución geográfica y se analizó la riqueza de especies por localidades de muestreo (literatura y megabase MARIPOSA). Se realizó una comparación de la riqueza entre las entidades de la República mexicana, así como de las localidades con mayor riqueza de México respecto a las localidades de Michoacán.

6.3.1 Estimación de riqueza por localidad y comparación entre diferentes estimadores.

Con el objetivo de describir la diversidad de Pieridae en Michoacán, las curvas de acumulación de especies fueron útiles para conocer la representatividad del muestreo y la riqueza de especies por localidad, a su vez,

para poder realizar comparaciones entre las riquezas a partir de los estimadores paramétricos y no paramétricos.

De las 188 localidades con registros de piéridos para el estado, 71 son referidas exclusivamente en la literatura y no cuentan con los datos disponibles para realizar un análisis sobre su esfuerzo de recolecta. Los trabajos se basaron principalmente en la obtención de la lista de especies por localidad, por esta razón, solo se utilizaron los datos de la megabase MARIPOSA por localidad, que son el resultado de un muestreo sistemático. En la Figura 5 se muestra la ubicación espacial de 117 localidades obtenidas de MARIPOSA.

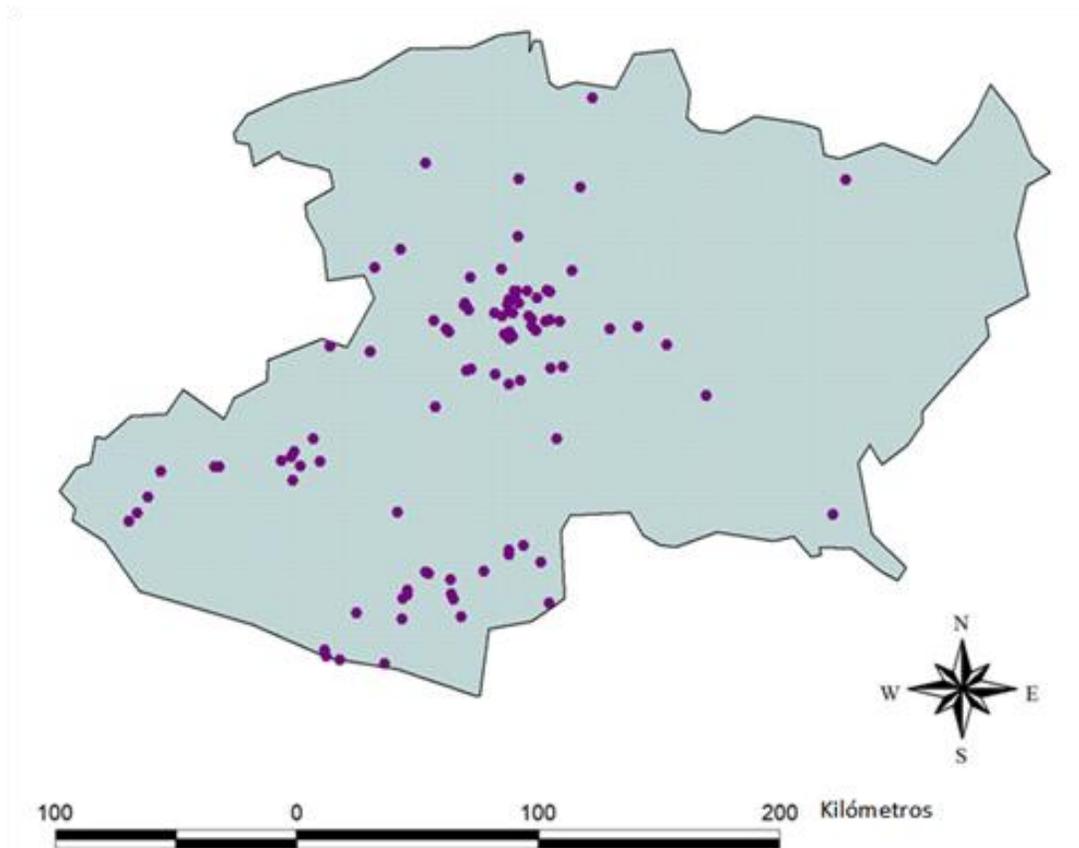


Figura 5. Mapa de localidades de recolecta en Michoacán registradas en la Megabase MARIPOSA.

De las 117 localidades, se eligieron las que contaran con una riqueza igual o mayor a las 21 especies ya que representan más de la mitad del total de especies registradas en el estado y coinciden con ser las que mayor esfuerzo de recolecta presentan (días), esto último bajo el supuesto de que entre más esfuerzo de recolecta se realice mayor será el número de especies colectadas y por lo tanto, se aumenta la probabilidad de encontrar el total de especies en estas localidades. En el Cuadro 4 se presentan las localidades y sus diferencias en cuanto a las características de su medio físico, *v. gr.* altitud, clima y vegetación.

Cuadro 4. Localidades de recolecta con sus características.

Localidad	Spp.	Días	Siglas	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m.)	Clima	Vegetación
Rancho Nuevo	30	363	RN	18°28'04"	-102°04'15"	491	Aw1 y Aw0	Btc
Rancho El Zorrillo	30	526	RZ	18°16'56"	-102°16'35"	749	Awo	Bce
Santa Rosa	29	343	SR	19°23'21"	-102°02'01"	1601	(A)C(W2)	Bce
Cupatitzio P.H.	28	115	CU	19°16'06"	-102°04'39"	1010	Aw1	Btc:Bce
Chiquihuitillo	27	56	CH	19°00'03"	-102°20'39"	273	BS1(h')w	Be
El Huarachito	26	95	EH	18°26'58"	-102°4'18"	570	Aw1	Btc
Arteaga	26	133	AR	18°21'27"	-102°17'21"	839	Aw0	Bce
Chorros del Varal	26	54	CV	19°31'12"	-102°34'13"	1013	Awo	Btc
Zumpimito P.H.	26	83	ZU	19°21'27"	-102°04'14"	1500	(A)C(w1)	Bce
Toscano	25	48	TO	18°23'09"	-102°22'48"	702	Aw1	Bce
Barranca de Cobano	25	52	BC	19°08'16"	-102°13'47"	563	Awo	Btc
Rancho La Alberca	24	53	RA	19°25'57"	-102°00'11"	1642	(A)C(m)	Bce
Presa Jicalán	24	137	PJ	19°22'60"	-102°04'36"	1604	(A)C(w1)	Bce
La Nuez	23	140	LN	18°39'56"	-103°24'57"	1202	(A)C(w1)	Bce: Bts
Baden de Neixpa	22	35	BN	18°05'25"	-102°46'52"	11	Awo	Bts: Btc
Matangarán	21	72	MA	19°20'22"	-102°05'47"	1532	Aw1	Bce
La Estanzuela	21	60	LE	18°36'21"	-103°27'15"	524	Aw1	Bts
Cañada La Culebra	21	54	CL	19°22'48"	-102°14'03"	2272	C(m)	Bce
Cerro de la Cruz	21	48	CC	19°25'59"	-102°02'30"	1713	C(m)	Bce

Claves de tipo de vegetación: Bce=Bosque de coníferas y encinos; Bts= Bosque Tropical Subcaducifolio; Btc= Bosque Tropical Caducifolio; Be= Bosque Espinoso.

Para estimar de manera más precisa la riqueza de especies de las 19 localidades seleccionadas, se comparó la riqueza de cada una con los valores de riqueza obtenidos mediante los métodos paramétricos y no paramétricos.

6.3.1.1 Métodos paramétricos.

La curva para las 19 localidades seleccionadas se hizo al graficar el número de especies contra el esfuerzo de muestreo, para esto se elaboró una curva por localidad que se ajustó al modelo de Clench y así evaluar el muestreo por medio de la asíntota y pendiente de la curva. Al construir una curva de acumulación de especies se requiere cuantificar el esfuerzo de recolecta por lo que es preferible expresarlo en unidades de muestreo (Moreno y Halffter, 2001), de este modo, se utilizaron los días de recolecta como unidades de muestreo; un día representa una unidad de muestreo. Para generar una muestra sin sesgo en los datos, éstos se aleatorizaron 100 veces con el programa EstimateS 9.0 (Colwell, 2013) ya que entre más aleatorizaciones se realicen, menor es el sesgo por agregación de la información. Para evaluar el ajuste de las curvas se utilizó el

coeficiente de variación R^2 que toma valores de 0 a 1, entre más se acerca a 1 mejor es el ajuste (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Ávalos, 2005).

6.3.1.2 Métodos no paramétricos.

Para realizar las curvas de los métodos no paramétricos se utilizaron los estimadores Chao1, Chao2, ACE e ICE y se compararon con las curvas de cada localidad. En cada curva se graficó el incremento de las especies al inventario faunístico y los valores a partir de los estimadores (con base en abundancia e incidencia). Los valores de los estimadores no paramétricos fueron aleatorizados 100 veces y calculados con el programa Estimates 9.0 (Colwell, 2013). Además, para evaluar el esfuerzo de muestreo se agregaron datos de “Singletons” y “Doubletons”, “Uniques” y “Duplicates” a las gráficas donde la variable dependiente (X) representa el esfuerzo de muestreo y la variable independiente (Y) el número de especies acumuladas.

6.4 Diversidad Beta.

Con la finalidad de reconocer la Diversidad Beta, se realizó su estimación a diferentes escalas espaciales: a) provincias biogeográficas, b) estados y c) localidades, con el fin de efectuar una interpretación más amplia del análisis del componente beta de la diversidad de Michoacán. Dicho componente se evaluó en términos de similitud de especies y el recambio de éstas, para lo cual se utilizó el índice de Jaccard que relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas:

$$J = \frac{c}{a + b - c}$$

Dónde:

a= Número de especies presentes en el sitio A

b= Número de especies presentes en el sitio B

c= Número de especies presentes en ambos sitios A y B

Se utilizó este índice, porque expresa el grado de semejanza entre hábitats al dar igual peso a todas las especies sin considerar su abundancia, lo que permite explicar los patrones que presentan ya que la distinción entre cada especie está determinada por la presencia o ausencia de las mismas, de modo que da importancia incluso a las especies raras y poco comunes (Moreno, 2001; Álvarez *et al.*, 2006).

6.4.1 Componente beta entre provincias biogeográficas.

De acuerdo a la estructura e historia geológica del área, se reconocen cuatro provincias para Michoacán: Costa del Pacífico, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico, con ellas se realizó una agrupación de todas las localidades de acuerdo con las Provincias Biogeográficas (Figura 6).

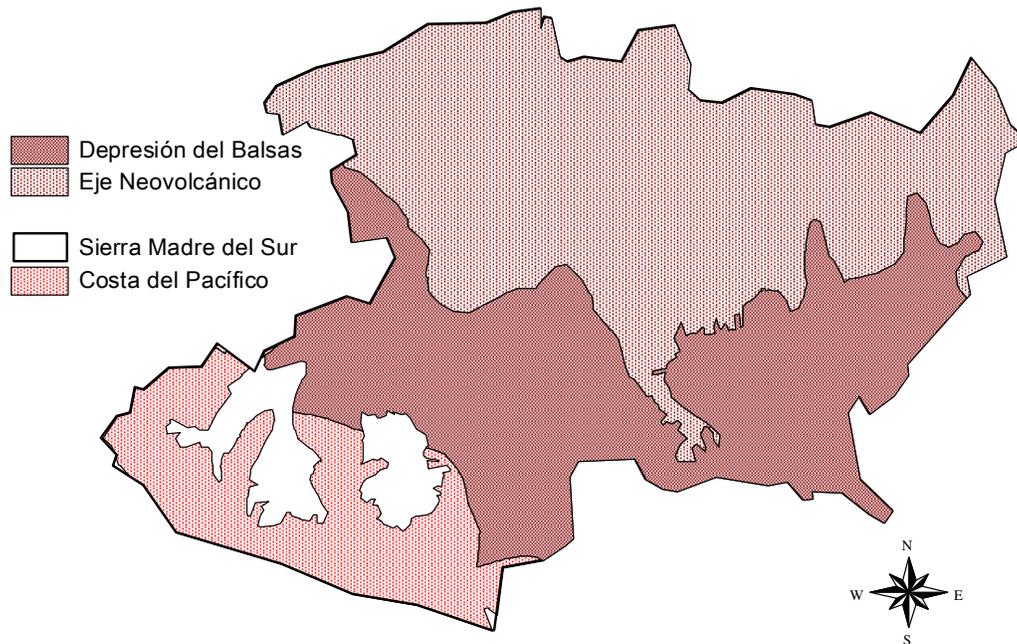


Figura 6. Provincias biogeográficas en Michoacán.

La similitud faunística entre las cuatro provincias, se determinó con base en una matriz de presencia-ausencia de especies a partir de la información contenida en la literatura, megabase MARIPOSA y la consulta de Llorente-Bousquets *et al.*, 2006a.

El Índice de Jaccard se calculó con el software PAST (Hammer *et al.*, 2001). Los valores que se obtienen presentan un intervalo de 0 a 1, el cero indica que no hay especies compartidas entre dos sitios y 1 que existe similitud total, por lo que obtener un valor igual a 1 indica que dos provincias tienen la misma composición de especies. Además, se graficó la cantidad de especies presentes en cada provincia biogeográfica, así como las especies compartidas entre ellas.

6.4.2 Componente beta entre estados.

Por medio del Índice de Jaccard se comparó la lepidopterofauna de Michoacán y los estados colindantes; Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Estado de México y Guerrero indicando el número de especies totales por entidad federativa. El dendograma de similitud se realizó mediante el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted pair group method using arithmetic averages; Crisci y López, 1983). La importancia de realizar el

componente beta entre estados radica en conocer la similitud faunística entre ellos y a su vez, saber si existen diferencias entre los estados que pertenecen a la Vertiente del pacífico respecto a los estados pertenecientes a la zona centro del país.

6.4.3 Componente beta entre localidades.

Una vez que se evaluó la proporción de especies recolectadas con la riqueza teórica esperada de las localidades elegidas (Figura 7) y que se corroboró que los análisis demuestran una representación de la fauna lo suficientemente fiable, esto es; que la mayoría de estimaciones por medio de los métodos paramétricos y no paramétricos dieron como resultado proporciones mayores a 90% de representación de la riqueza en cada localidad. Se procedió a calcular la similitud entre pares de localidades mediante el Índice de Jaccard. Para calcular la matriz de similitud se utilizó el software PAST (Hammer *et al.*, 2001) y para realizar los agrupamientos de localidades el método UPGMA.

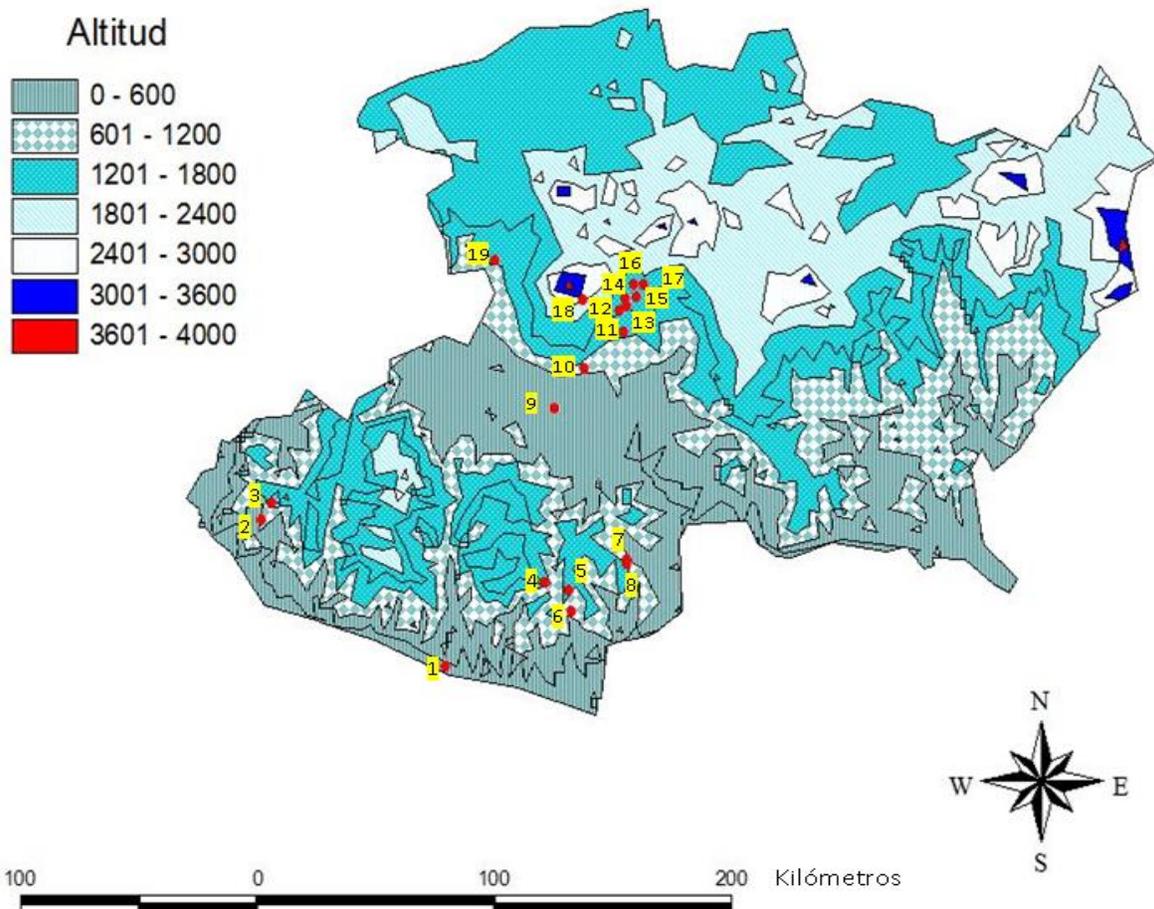


Figura 7. Localidades utilizadas en el análisis del componente beta. 1. Baden de Neixpa; 2.La Estanzuela; 3.La Nuez; 4.Toscano; 5.Arteaga; 6.Rancho El Zorrillo; 7.Rancho Nuevo; 8.El Huarachito; 9.Chiquihuitillo; 10.Barranca de Cobano; 11.Cupatitzio P.H.; 12. Matangarán; 13.Zumpimito P.H.; 14. Presa Jicalán; 15.Santa Rosa; 16.Cerro de la Cruz; 17. Rancho La Alberca; 18. Cañada La Culebra y 19.Chorros del Varal.

7. RESULTADOS

7.1 Inventario faunístico.

Con base en los registros obtenidos de la familia Pieridae para Michoacán (megabase MARIPOSA y la literatura), se obtuvieron un total de 43 especies, 28 géneros y tres subfamilias. En el Cuadro 5 se presenta la lista de las especies conforme a Llorente-Bousquets *et al.* (2006a).

Cuadro 5. Lista de especies de la Familia Pieridae.

Dismorphiinae

1. *Dismorphia amphione lupita* Lamas, 1979*
2. *Enantia mazai diazi* Llorente, 1984*
3. *Lieinix nemesis nayaritensis* Llorente, 1984*

Coliadinae

4. *Colias eurytheme* Boisduval, 1852
5. *Zerene cesonia cesonia* (Stoll, 1790)
6. *Anteos clorinde* (Godart, 1824)
7. *Anteos maerula* (Fabricius, 1775)
8. *Phoebis agarithe agarithe* (Boisduval, 1836)
9. *Phoebis argante* ssp. n.
10. *Phoebis neocypris virgo* (Butler, 1870)
11. *Phoebis philea philea* (Linnaeus, 1763)
12. *Phoebis sennae marcellina* (Cramer, 1777)
13. ***Prestonia clarki* Schaus, 1920***
14. *Rhabdodryas trite* ssp. n.
15. *Aphrissa statira statira* (Cramer, 1777)
16. *Abaeis nicippe* (Cramer, 1779)
17. *Pyrisitia dina westwoodi* (Boisduval, 1836)
18. *Pyrisitia lisa centralis* (Herrich-Schäffer, 1865)
19. *Pyrisitia nise nelphe* (R. Felder, 1869)
20. *Pyrisitia proterpia* (Fabricius, 1775)
21. *Eurema albula celata* (R. Felder, 1869)
22. *Eurema arbela boisduvaliana* (C. Felder & R. Felder, 1865)
23. *Eurema दौरा sidonia* (R. Felder, 1869)
24. *Eurema mexicana mexicana* (Boisduval, 1836)
25. *Eurema salome jamapa* (Reakirt, 1866)
26. *Nathalis iole* Boisduval, 1836
27. *Kricogonia lyside* (Godart, 1819)

Pierinae

28. *Hesperocharis costaricensis pasion* (Reakirt, [1867])
29. *Hesperocharis crocea jaliscana* Schaus, 1898*

30. *Hesperocharis graphites avivolans* (Butler, 1865)*
31. *Eucheira socialis socialis* Westwood, 1834*
32. *Neophasia terlooii* Behr, 1869
33. *Catantacta nimbice nimbice* (Boisduval, 1836)*
34. *Catantacta teutila teutila* (Doubleday, 1847)*
35. *Melete lycimnia isandra* (Boisduval, 1836)
36. *Glutophrissa drusilla tenuis* (Lamas, 1981)
37. *Pieris rapae rapae* (Linnaeus, 1758)
38. *Pontia protodice* (Boisduval & Leconte, 1830)
39. *Leptophobia aripa elodia* (Boisduval, 1836)
40. *Itaballia demophile centralis* Joicey & Talbot, 1928
41. *Pieriballia viardi viardi* (Boisduval, 1836)
42. *Ascia monuste monuste* (Linnaeus, 1764)
43. *Ganyra josephina josepha* (Salvin & Godman, 1868)

Taxones endémicos: *

Con base en el trabajo de Llorente-Bousquets *et al.* (2006a), la subfamilia que mayor riqueza presenta a nivel nacional es Pierinae con 54 especies-subespecies, le sigue Coliadinae con 34 y Dismorphiinae con 21. De acuerdo a los resultados obtenidos, la mejor representada fue Coliadinae que cuenta con el 70.6% de las especies-subespecies; 24 distribuidas en México, le sigue Pierinae (16) con 29.6% y Dismorphiinae (3) con el 14.3%.

Al comparar el número de especies y subespecies endémicas que se distribuyen en Michoacán con respecto a México, se tiene el 100% a nivel específico al presentar la única especie endémica en el país (*Prestonia clarki*) y a nivel infraespecífico el 28.6% con ocho subespecies (Cuadro 6).

Cuadro 6. Especies y subespecies de Pieridae por subfamilias en México y Michoacán.

Subfamilia	México (Luis-Martínez <i>et al.</i> , 2003 y Llorente-Bousquets <i>et al.</i> , 2006a)				Michoacán							
	Spp.	Spp. endémicas	Sspp.	Sspp. endémicas	Spp.	%	Spp. endémicas	%	Sspp.	%	Sspp. endémicas	%
Dismorphiinae	12	2	19	10	0	0	0	0	3	15.79	3	30
Coliadinae	31	1	22	2	8	25.81	1	100	16	72.73	0	0
Pierinae	34	5	47	16	3	8.82	0	0	13	27.66	5	31.25
	77	8	88	28	11	14.29	1	12.5	32	36.36	8	28.57

Luis-Martínez *et al.* (2003) señalan que el estado de Michoacán es uno de los estados con mayor riqueza de Papilionoidea y Hesperioidea del país. De acuerdo con el trabajo de Llorente-Bousquets *et al.* (2013), Michoacán se ubica en el noveno lugar en riqueza de Pieridae, con un total de 44 especies lo que representa 57.1% de la riqueza nacional y 75.9% de la riqueza con respecto al estado más diverso (Chiapas). En este trabajo se registran 43 especies, lo que representa más del 50% de la riqueza del país y casi el 75% con respecto a Chiapas, ya que no se considera a *Catasticta flisa flisa* como un elemento de la fauna al no corroborarse registros para el estado (Cuadro 7).

Cuadro 7. Riqueza y endemismo de subespecies-especies de Pieridae en México (Tomado y corregido de Luis-Martínez *et al.*, 2003 y Llorente-Bousquets *et al.*, 2013).

	Estado	Especies	Especies endémicas	Subespecies	Subespecies endémicas
1	Chiapas	58	1	67	10
2	Oaxaca	58	4	64	15
3	Veracruz	58	3	60	11
4	Puebla	49	2	49	7
5	Hidalgo	46	3	46	7
6	San Luis Potosí	46	3	46	7
7	Guerrero	45	3	46	11
8	Jalisco	44	3	44	10
9	Michoacán	43	1	43	8
10	Sonora	42	5	45	7
11	Tabasco	41	0	41	2
12	Tamaulipas	39	1	39	3
13	Colima	37	1	37	6
14	Morelos	37	2	37	5
15	Nayarit	37	1	37	4
16	Sinaloa	36	4	36	7
17	Estado de México	34	3	34	6
18	Quintana Roo	34	1	34	4
19	Nuevo León	31	0	31	1
20	Distrito Federal	30	2	30	5
21	Baja California	29	1	30	4
22	Baja California Sur	29	1	30	4
23	Durango	29	3	29	4
24	Chihuahua	28	1	28	2
25	Yucatán	28	0	28	0
26	Campeche	27	0	27	0
27	Guanajuato	26	1	26	3
28	Querétaro	26	0	26	0
29	Aguascalientes	20	0	20	1

30	Coahuila	19	1	19	1
31	Zacatecas	17	0	17	1
32	Tlaxcala	16	0	16	1

7.2 Diversidad Alfa.

La base de datos MARIPOSA registra 7 402 localidades en el país, de las que el 48.6% (3 601 localidades) citan ejemplares de la familia Pieridae. En el Cuadro 8, se presentan las 45 localidades con mayor riqueza de Pieridae en México. Se encuentran repartidas en 12 estados; de los que seis pertenecen a la vertiente del Pacífico, cuatro a la del Golfo y dos que se caracterizan por tener condiciones de ambas vertientes (Oaxaca-Chiapas) tanto ecológicas como biogeográficas. El 46.7% de las localidades se registran en la vertiente del Golfo en donde Veracruz es el estado con mayor número de localidades (16) y contiene las cuatro localidades con mayor diversidad (Presidio con 49 especies, Catemaco y Cerro El Vigía con 47 y Xalapa con 44), le sigue Puebla con tres, San Luis Potosí y Tamaulipas presentan una localidad.

En la vertiente del Pacífico se registra el 35.6% de estas localidades; seis en Michoacán, cuatro en Guerrero, dos en Morelos y Jalisco y una en Colima y Nayarit. Acahuizotla, Guerrero, ocupa el décimo puesto al ser la localidad más rica de la vertiente del pacífico con 38 especies; sin embargo, ésta representa un conjunto de localidades, con vegetaciones y altitudes diferentes en donde la mayoría de los ejemplares solo son reconocidos en su etiqueta como *Acahuizotla*. En la base de datos MARIPOSA, el registro más antiguo para esta localidad proviene de 1932 y contiene datos obtenidos en más de 59 años con más de 4 000 registros más los que se encuentran citados en la literatura, de esta forma, debe ser considerada como un complejo de localidades más que por una sola localidad de acuerdo a como menciona Tapia (2013) y en la cual nunca se ha realizado un trabajo faunístico.

Cuadro 8. Localidades con mayor riqueza de Pieridae en México.

	Localidad	Estado	Riqueza
1	Presidio	Veracruz	49
2	Catemaco	Veracruz	47
3	Cerro El Vigía	Veracruz	47
4	Xalapa	Veracruz	44
5	Tequezquitla	Puebla	41
6	Barranca de Patla	Puebla	41
7	La Ceiba	Puebla	40
8	Santa Rosa	Chiapas	40
9	Córdoba	Veracruz	38
10	Acahuizotla	Guerrero	38

Continuación Cuadro 8

11	Metates	Oaxaca	37
12	Candelaria Loxicha	Oaxaca	36
13	Coatepec	Veracruz	36
14	Fortín de las Flores	Veracruz	36
15	San José Chiltepec	Oaxaca	35
16	San Jerónimo, Tacaná	Chiapas	34
17	Teocelo	Veracruz	34
18	Barranca de Cayoapa, Tejería	Veracruz	34
19	San Antonio Buenavista	Chiapas	33
20	Dos Amates, Catemaco	Veracruz	33
21	Santa Rosa, camino a Teocelo	Veracruz	33
22	La Calera 10 mi S de la Cumbre de Autlán	Jalisco	33
23	Tapalapan	Veracruz	31
24	Parque Francisco Javier Clavijero	Veracruz	31
25	Tepoztlán	Morelos	31
26	Platanarillo	Colima	30
27	Soyolapan El Bajo	Oaxaca	30
28	Rancho El Zorrillo	Michoacán	30
29	Rancho Nuevo	Michoacán	30
30	Gómez Farías	Tamaulipas	29
31	Santa Rosa	Michoacán	29
32	Cuernavaca	Morelos	29
33	El Faisanal	Guerrero	28
34	Puerto los Mazos, 9 mi de SW Autlán	Jalisco	28
35	Tamazunchale	San Luis Potosí	28
36	Orizaba	Veracruz	28
37	Cupatitzio P.H.	Michoacán	28
38	Acapulco	Guerrero	27
39	4 km W de Río Santiago	Guerrero	27
40	Chiquihuitillo	Michoacán	27
41	La Soledad	Oaxaca	27
42	Cuetzalapan	Veracruz	27
43	El Puente Texolo, Teocelo-San Marcos	Veracruz	27
44	Arteaga	Michoacán	26
45	Compostela	Nayarit	26

De las 45 localidades con mayor riqueza, Michoacán es el segundo estado con mayor número de localidades (seis), sólo superado por Veracruz que presenta 16 (Figura 8). Rancho El Zorrillo y Rancho Nuevo son las localidades más ricas del estado y coinciden con ser las de mayor cantidad de registros y esfuerzo de recolecta.

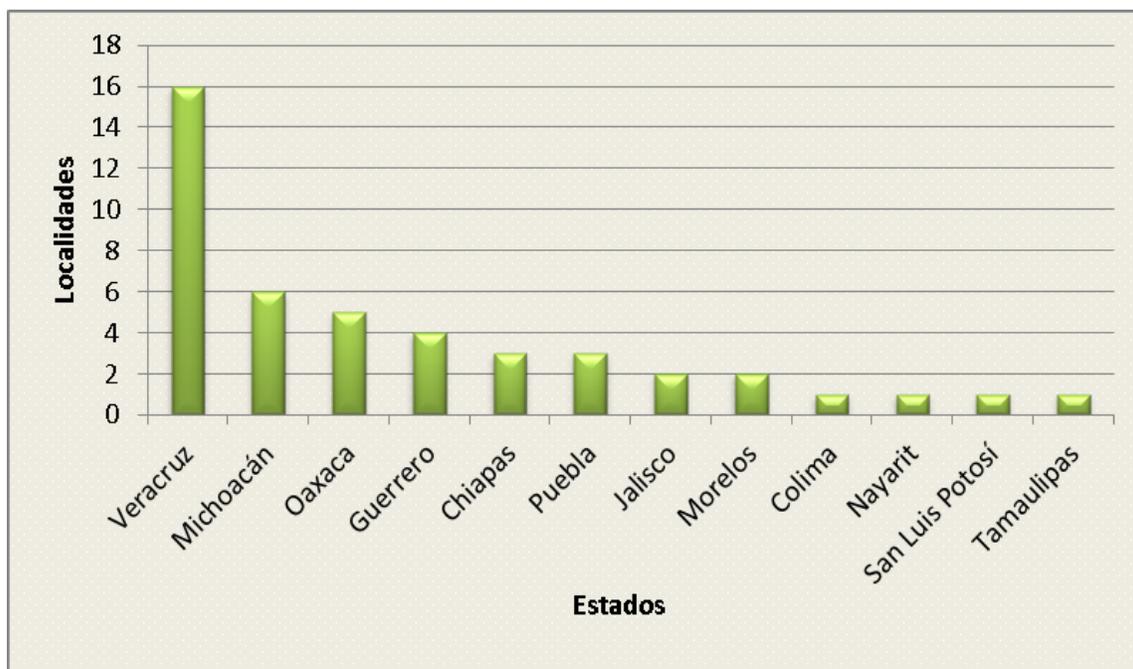


Figura 8. Estados con mayor número de localidades con muestreos de Pieridae.

De acuerdo con la megabase MARIPOSA, en Michoacán se registraron 117 localidades con registros de píeridos de las 3 601 que se tienen para México; 66.7% registran 10 especies o menos y sólo el 20.5% de las localidades tienen 20 o más especies. Las 30 localidades con mayor riqueza se muestran en el Cuadro 9, se reparten en sólo 13 de los 113 municipios que conforman al estado (11.5%), se agrega la localidad de Pedernales (Balcázar, 1993) que no está registrada en la Megabase pero es la localidad con mayor riqueza de especies citada en la literatura. El municipio con mayor número de localidades es Arteaga con siete, seguido de Uruapan con seis y Chinicuila con cuatro; esto es evidencia de que el muestreo se ha concentrado en ciertas áreas generando un sesgo en el conocimiento faunístico del estado y que se puede visualizar en la Figura 5.

Cuadro 9. Localidades con mayor riqueza de Pieridae en Michoacán.

Posición	Localidad	Municipio	Riqueza
1	Rancho Nuevo	Irimbo	30
2	Rancho El Zorrillo	Arteaga	30
3	Santa Rosa	Uruapan	29
4	Cupatitzio, P.H.	Gabriel Zamora	28
5	Chiquihuitillo	Apatzingan	27
9	Arteaga	Arteaga	26
6	Chorros del Varal	Los Reyes	26

Continuación Cuadro 9

7	Zumpimito P.H.	Uruapan	26
8	El Huarachito	Arteaga	26
10	Toscano	Arteaga	25
11	Barranca de Cobano	Tepalcatepec	25
12	Rancho La Alberca	Uruapan	24
13	Presa Jicalán	Uruapan	24
14	La Nuez	Chinicuila	23
15	Baden de Neixpa	Lázaro Cárdenas	22
16	Matangarán	Uruapan	21
17	Cañada La Culebra	Nuevo Parangaricutiro	21
18	Cerro de la Cruz	Turicato	21
19	La Estanzuela	Chinicuila	21
20	Las Juntas	Arteaga	21
21	Villa Victoria	Chinicuila	21
22	El Higueral	Arteaga	21
23	Pedernales	Tacámbaro	21
24	Rancho "San Jorge"	Uruapan	20
25	Cañada Obscura	Turicato	20
26	Zirimícuaro	Ziracuaretiro	19
27	El Tejón	Chinicuila	19
28	Caracha	Ziracuaretiro	19
29	Chuta	Lázaro Cárdenas	18
30	La Lagunita	Arteaga	18

7.2.1 Estimación de riqueza por localidad y comparación entre diferentes estimadores.

7.2.1.1 Métodos paramétricos.

En el Cuadro 10 se muestran los valores de riqueza obtenidos con la ecuación de Clench para las 19 localidades donde se efectuó un esfuerzo de recolecta sistemático (Cuadro 4). De acuerdo al valor de ajuste R^2 los datos se ajustaron al modelo en un rango de 0.882 (Rancho Nuevo) a 0.999 (Chorros del Varal). Con base al valor de la asíntota (a/b), se tiene que para localidades analizadas, el porcentaje de las especies registradas va del 84.6% al 107%. Del conjunto, cuatro localidades dieron una estimación del 100% de la riqueza y 13 el 90% o más, por lo que se considera una representación suficientemente confiable de la lepidopterofauna en cada sitio evaluado. Sin embargo, para la localidad de Rancho Nuevo (107%) este método sobrestimó la riqueza. Con respecto a Baden de Neixpa dio como resultado una estimación del 84.6% que puede atribuirse al menor esfuerzo de recolecta efectuado (número de días) (Cuadro 4).

Cuadro 10. Estimación de la riqueza de Pieridae mediante el estimador paramétrico: Modelo de Clench.

Localidad	R2	Spp. registradas	Spp. estimadas	% spp.
Rancho El Zorrillo	0.944	30	30	100
Rancho Nuevo	0.882	30	28	107
Santa Rosa	0.991	29	29	100
Cupatitzio P.H.	0.984	28	29	96.55
Chiquihuitillo	0.997	27	30	90
Arteaga	0.979	26	26	100
Chorros del Varal	0.999	26	27	96.3
El Huarachito	0.964	26	28	92.85
Zumpimito P.H.	0.977	26	27	96.3
Barranca de Cobano	0.962	25	26	96.15
Toscano	0.998	25	27	92.59
Presa Jicalán	0.983	24	26	92.31
Rancho La Alberca	0.978	24	26	92.31
La Nuez	0.992	23	25	92
Baden de Neixpa	0.994	22	26	84.62
Cañada La Culebra	0.998	21	23	91.3
Cerro de la Cruz	0.986	21	23	91.3
Matanguarán	0.987	21	21	100
La Estanzuela	0.993	21	22	95.45

7.2.1.2 Métodos no paramétricos.

En el Cuadro 11, se muestran los valores obtenidos mediante los estimadores no paramétricos. La riqueza estimada presenta un amplio rango de variación que va de 62.5% a 100% en comparación con lo obtenido mediante la ecuación de Clench (84.6% a 107%). Del total de localidades, cinco cuentan con el 100% de especies calculadas por los cuatro estimadores (ACE, Chao1, ICE y Chao2), en contraste, sólo tres presentan menos del 80% de la riqueza estimada en al menos un estimador, *v. gr.*, con dos estimadores el Rancho La Alberca con el 77.4% con base a lo estimado por Chao 1 y ACE, y El Huarachito con 65% calculado por Chao2 y 78.79% por ICE, con un solo estimador Rancho Nuevo con el 62.5% por ICE.

En general, cada localidad presenta variaciones en los valores obtenidos por los diferentes estimadores, la mayor la presenta Rancho Nuevo con una diferencia de 18 especies ya que ICE estima 48 y las obtenidas es de 30. En contraposición, para esta localidad la ecuación de Clench dio un valor de 28 especies por lo que la riqueza registrada en campo sobrepasa la riqueza estimada.

Cuadro 11. Estimación de la riqueza de Pieridae mediante estimadores no paramétricos.

Localidad	Esp. Obs.	Chao 1	% Obs.	ACE	% Obs.	Chao2	% Obs.	ICE	% Obs.
Rancho El Zorrillo	30	30	100	30	100	30	100	31	96.77
Rancho Nuevo	30	32	93.75	36	83.33	34	88.24	48	62.50
Santa Rosa	29	29	100	29	100	29	100	29	100
Cupatitzio P.H.	28	28	100	28	100	28	100	30	93.33
Chiquihuitillo	27	27	100	27	100	27	100	27	100
Arteaga	26	27	96.3	29	89.66	26	100	28	92.86
Chorros del Varal	26	26	100	26	100	26	100	26	100
El Huarachito	26	31	83.87	32	81.25	40	65	33	78.79
Zumpimito P.H.	26	31	83.87	28	92.86	31	83.87	28	92.86
Barranca de Cobano	25	26	96.15	27	92.59	26	96.15	28	89.29
Toscano	25	26	96.15	26	96.15	25	100	26	96.15
Presa Jicalán	24	24	100	24	100	24	100	24	100
Rancho La Alberca	24	31	77.42	31	77.42	27	88.89	30	80
La Nuez	23	27	85.19	26	88.46	26	88.46	26	88.46
Baden de Neixpa	22	23	95.65	25	88	23	95.65	23	95.65
Cañada La Culebra	21	21	100	21	100	21	100	21	100
Cerro de la Cruz	21	22	95.45	25	84	23	91.30	26	80.77
Matanguarán	21	22	95.45	21	100	23	91.30	22	95.45
La Estanzuela	21	22	95.45	22	95.45	21	100	22	95.45

Con base al Cuadro 11, se describe la riqueza estimada para cada localidad y las curvas de acumulación obtenidas a partir del número de especies registradas contra el esfuerzo de recolecta. Rancho El Zorrillo y Rancho Nuevo, son las localidades de mayor riqueza con 30 especies, para la primera los valores de los estimadores no paramétricos son los que presentan menor variación ya que sólo ICE arrojó una especie más de lo registrado, los otros tres estimadores registraron el 100% al igual que la ecuación de Clench. Esta localidad presenta el mayor esfuerzo de recolecta con 526 días (Cuadro 4). La Figura 9 muestra que después de 400 días de recolecta se alcanza la asíntota.

Rancho Nuevo es la segunda localidad con mayor esfuerzo de recolecta con 363 días, de acuerdo a los estimadores no paramétricos se tiene una representación de la riqueza que va del 62.5% al 93.75% (Chao 1= 32 especies, ACE=36 especies, Chao2=34 especies, ICE=48 especies), es un rango de variación más amplio ya que ICE estima 18 especies más de lo registrado. En la Figura 10, se observa que las curvas de acumulación para los estimadores de ACE e ICE tienen un comportamiento diferente, después de 250 días muestran un elevado incremento, que en el caso de ACE después de 350 días comienza a descender, sin embargo, para ICE se mantiene.

Santa Rosa, es la localidad que ocupa el tercer lugar tanto en riqueza con 29 especies como en esfuerzo de recolecta con 343 días. Es un área con buen muestreo al representar el 100% de las especies estimadas por los métodos no paramétricos y la ecuación de Clench. En la Figura 11, se observa que la asíntota se alcanza cerca de los 200 días.

Cupatitzio P.H., con 28 especies es la cuarta más rica del estado con 115 días de colecta. Los estimadores basados en abundancia señalan el 100% de representatividad de las especies esperadas, al igual que el estimador basado en incidencia Chao 2; sin embargo, para ICE y la ecuación de Clench representan el 93% y 97% respectivamente. Se considera una localidad bien muestreada, en la Figura 12 se observa que la curva alcanza la asíntota después de los 100 días.

Chiquihuitillo, posee una riqueza de 27 especies y 56 días de recolecta. Los estimadores no paramétricos registran el 100% de las especies esperadas. Los valores de la ecuación de Clench indican una representatividad del 90%, con una diferencia de tres especies. En la Figura 13 se muestra el comportamiento poco uniforme de las curvas de acumulación que alcanzan la asíntota cerca de los 50 días.

Arteaga, registra una riqueza de 26 especies y un esfuerzo de recolecta de 133 días. Los estimadores no paramétricos registran entre el 89.66% y 100% de las especies, con una diferencia máxima de tres especies de acuerdo a lo estimado por ACE y mínima de una especie por Chao 1. La ecuación de Clench registra el 100% de las especies estimadas. En la Figura 14, se observa que la curva aún no llega a la asíntota, pero si presenta tendencia asíntótica.

Chorros del Varal, El Huarachito y Zumpimito P.H., cuentan con una riqueza de 26 especies y un esfuerzo de recolecta de 54, 95 y 83 días respectivamente. Chorros del Varal presenta el 100% de las especies estimadas con los métodos no paramétricos y el 96.3% con lo obtenido de la ecuación de Clench (Figura 15).

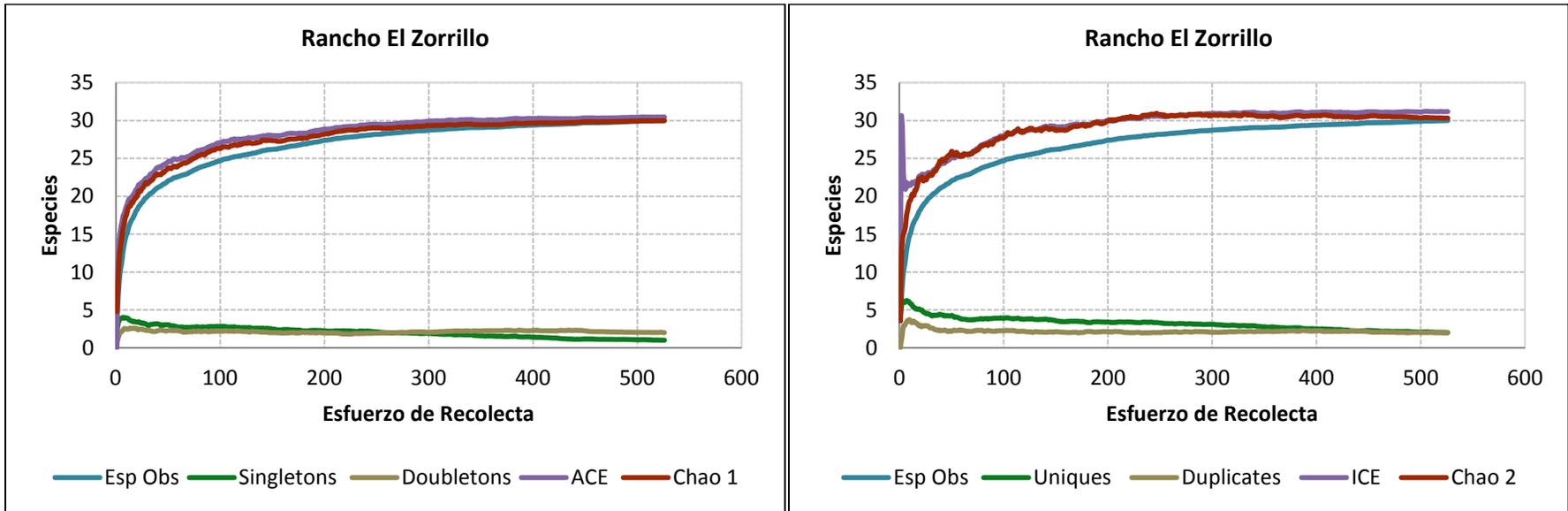


Figura 9. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Rancho El Zorrillo.

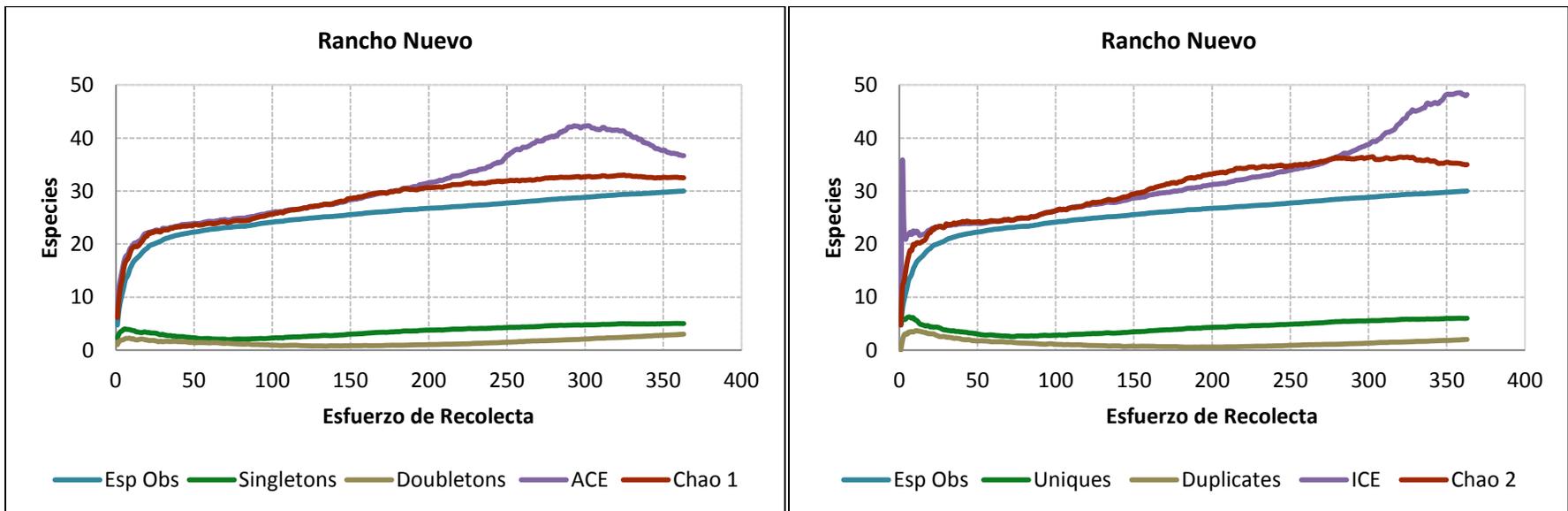


Figura 10. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Rancho Nuevo.

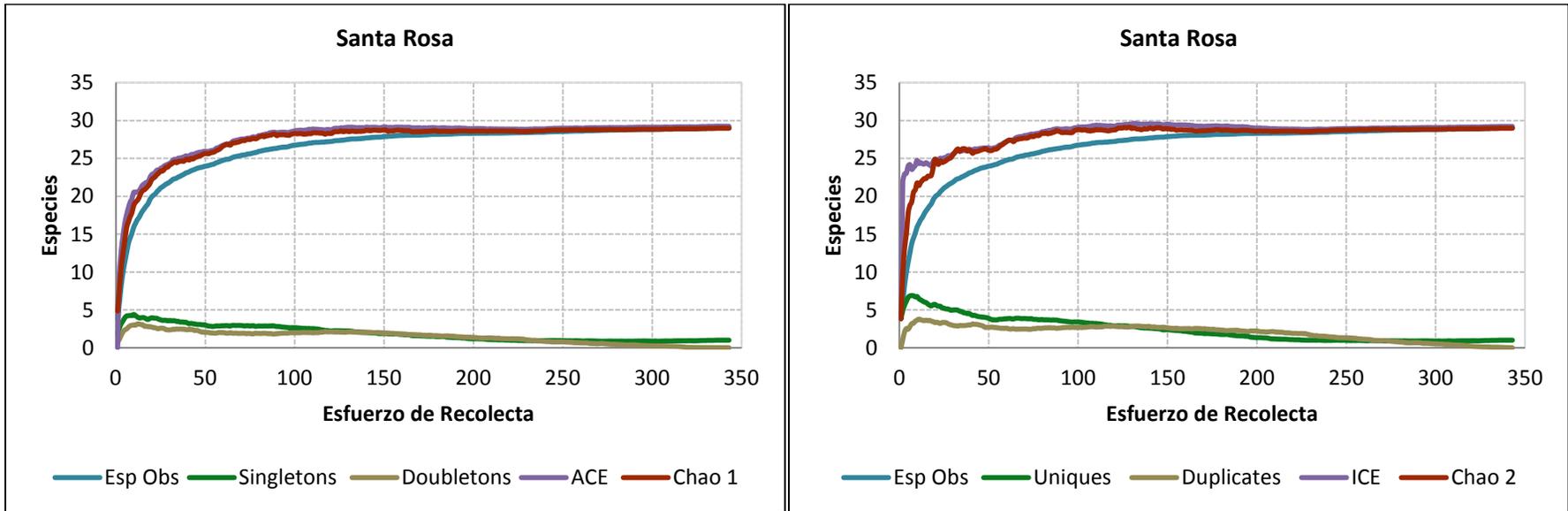


Figura 11. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Santa Rosa.

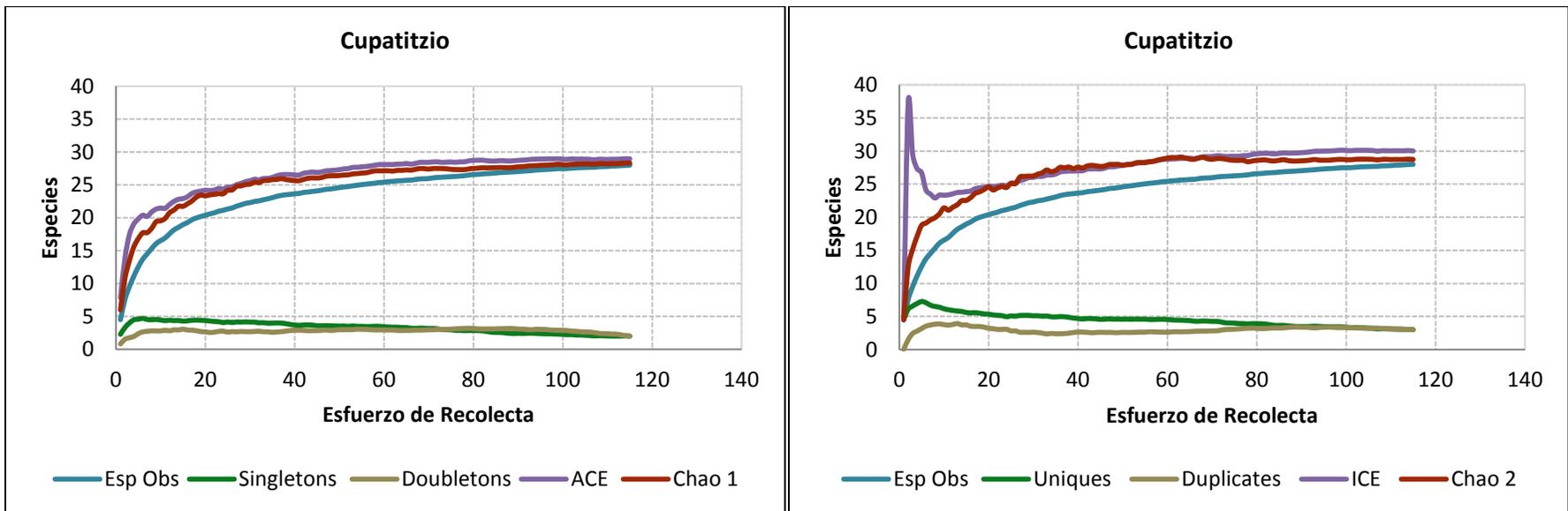


Figura 12. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Cupatitzio P.H..

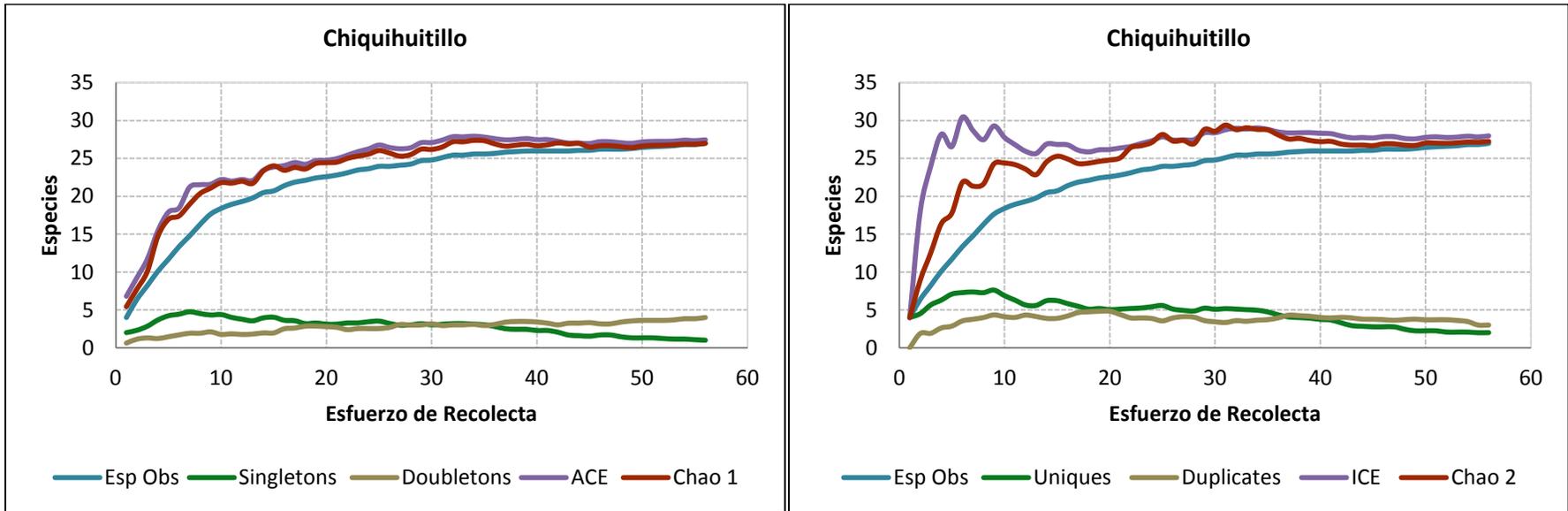


Figura 13. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Chiquihuitillo.

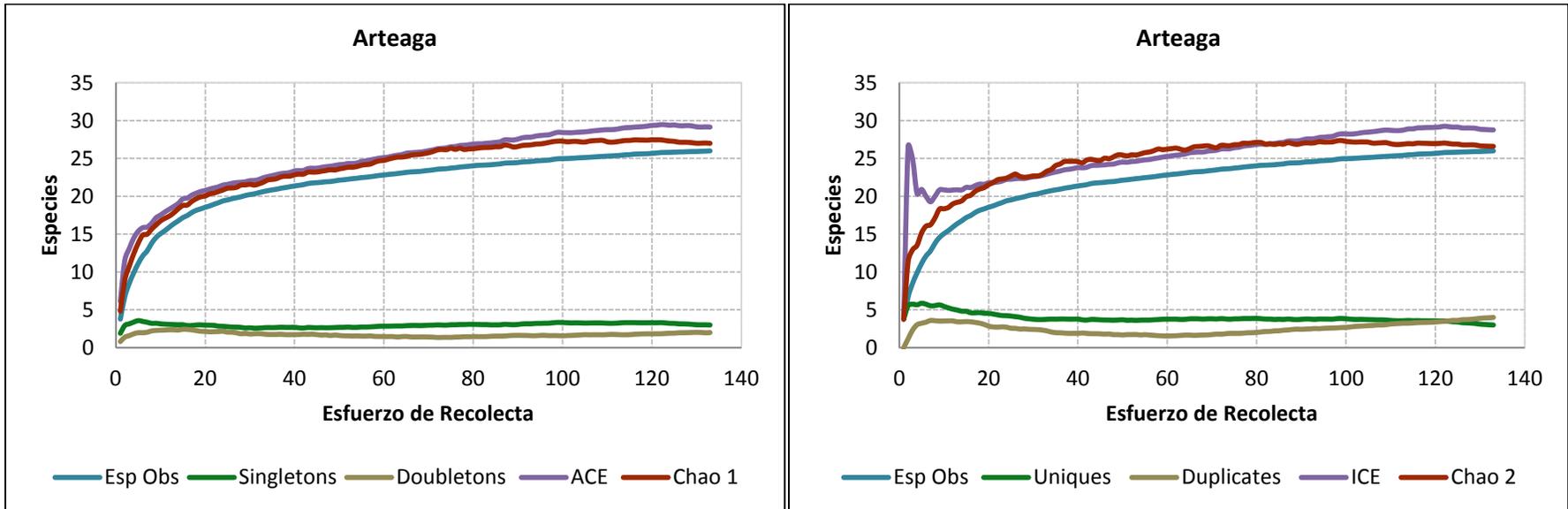


Figura 14. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Arteaga.

Para la localidad de El Huarachito (Figura 16), no se llega a una asíntota por lo que haría falta mayor esfuerzo de recolecta, ya que los estimadores no paramétricos registran una representatividad del 65% al 83.87%. Chao2 sobreestimó la información, por lo que faltan 14 especies por registrar. La ecuación de Clench estima 28 especies.

Zumpimito P.H., cuenta con una representatividad del 83.87% de acuerdo a los estimadores Chao1 y Chao2, en contraste, los estimadores ACE e ICE registran el 92.86% de especies estimadas. Los cuatro estimadores anteriores arrojan valores por encima de las 27 especies predichas por el modelo de Clench. En la Figura 17 se puede observar que la curva no ha alcanzado la asíntota y que las curvas de Chao1 y Chao2 tienen un incremento elevado cerca de los 80 días.

Barranca de Cobano y Toscano cuentan con una riqueza de 25 especies. Para la primera, los estimadores no paramétricos calculan 26 especies (Chao 1 y Chao 2) al igual que Clench, 27 ACE y 28 ICE. En la Figura 18, se observa una tendencia asintótica de la curva pero aún sin alcanzarla. Para el caso de Toscano, la asíntota se alcanza cerca de los 35 días (Figura 19), ICE representa el 100% y los otros tres estimadores no paramétricos 96.15% (faltando solo una especie), la ecuación de Clench estimó dos especies más de las registradas.

Presa Jicalán, con 137 días de colecta registró 24 especies y de acuerdo a los estimadores no paramétricos se alcanzó el 100% de las especies y el 92.31% con base a la ecuación de Clench. En la Figura 20, se observa que las curvas de acumulación alcanzan la asíntota a partir de los 120 días aproximadamente. La localidad de Rancho La Alberca, también presenta 24 especies y una representatividad del 77.42% de acuerdo a los estimadores basados en abundancia y del 80% al 88.89% con los estimadores basados en incidencia, en estas curvas no se nota una asíntota marcada (Figura 21), por lo que es necesario un mayor esfuerzo de recolecta para acercarse al total de especies estimadas. La ecuación de Clench indica una representatividad del 92.31% de las especies.

La Nuez tiene una riqueza de 23 especies, con base a los estimadores no paramétricos se estima el 88.46%, con excepción de Chao1 que muestra una diferencia de cuatro especies lo que representa el 85.19%. En la Figura 22, se observa que las curvas de acumulación presentan un comportamiento poco uniforme y aunque no se haya alcanzado la asíntota si se observa una tendencia hacia ella. El valor de la ecuación de Clench indica que se cuenta con el 92% haciendo falta solo dos especies por registrar.

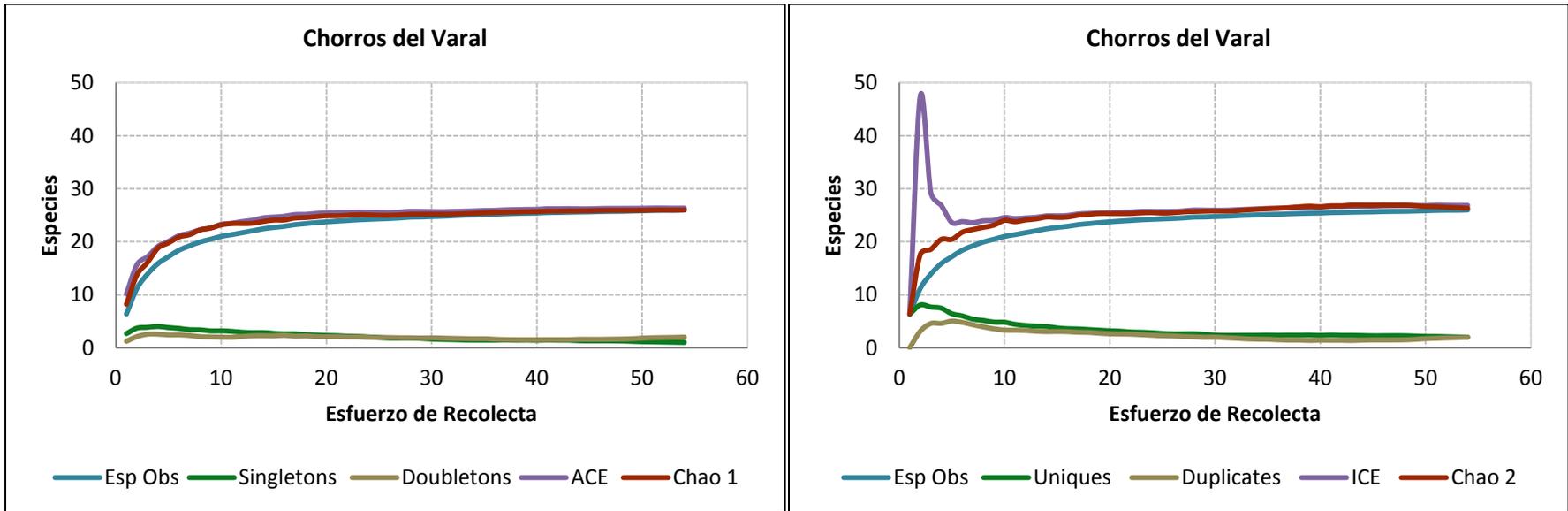


Figura 15. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Chorros del Varal.

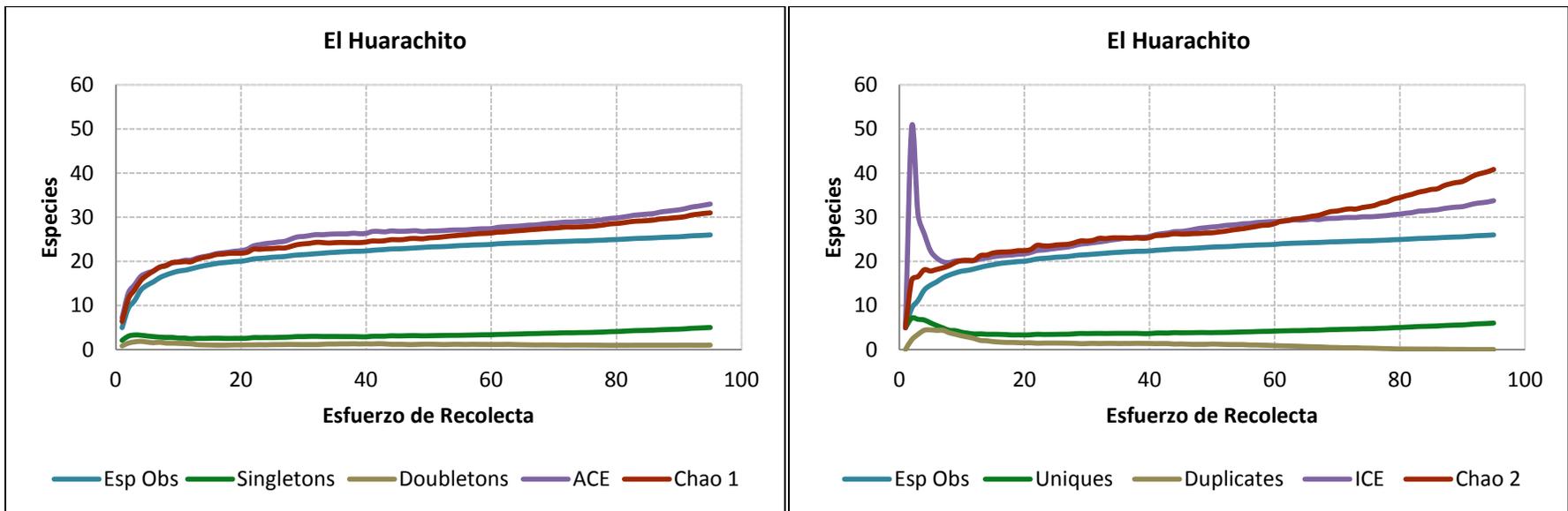


Figura 16. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad El Huarachito.

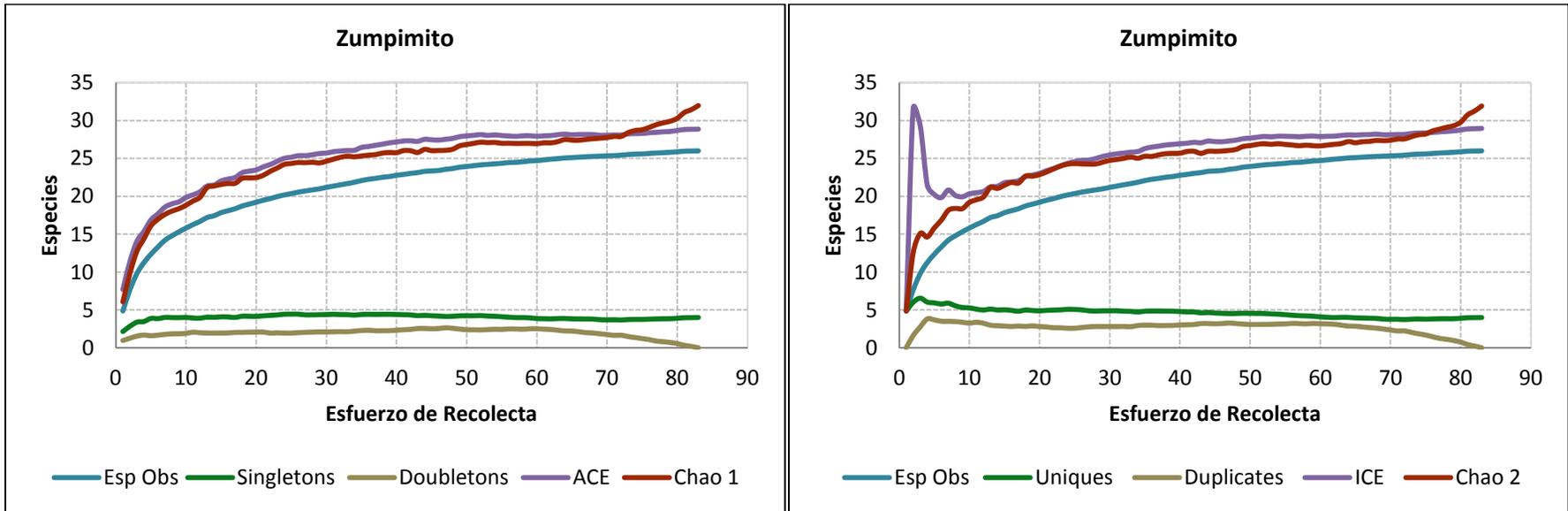


Figura 17. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Zumpimito P.H.

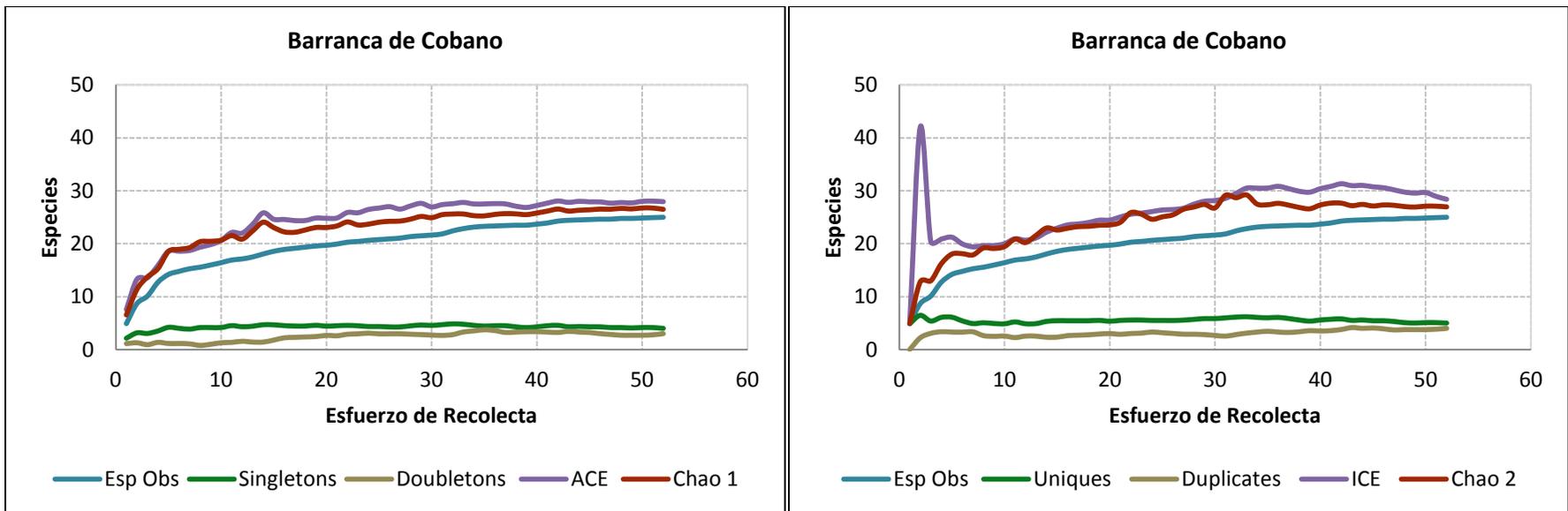


Figura 18. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Barranca de Cobano.

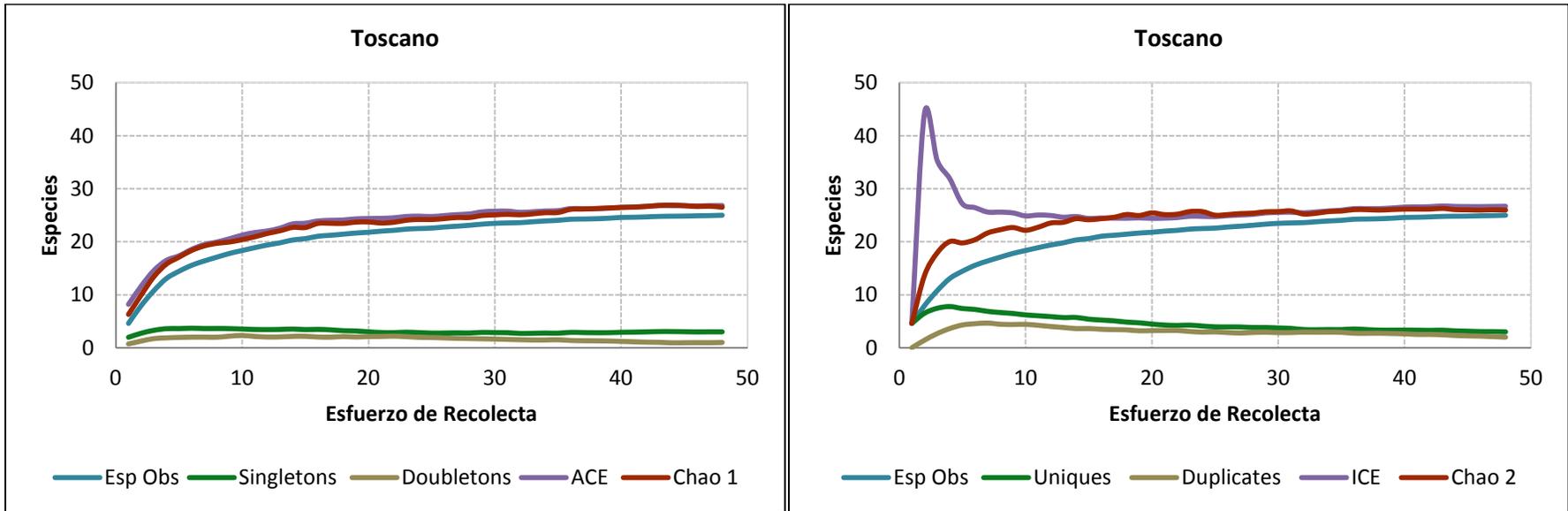


Figura 19. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Toscano.

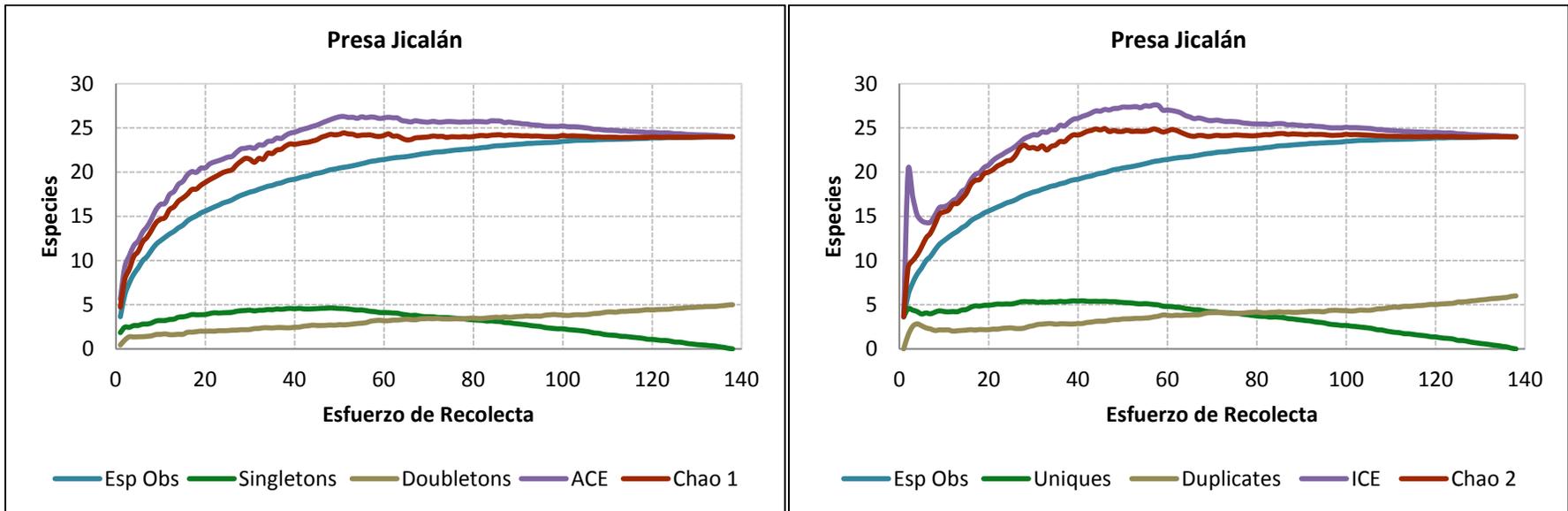


Figura 20. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Presa Jicalán.

Baden de Neixpa ocupa el lugar número 15 en cuanto a riqueza con 22 especies, de acuerdo a los estimadores no paramétricos la representatividad va de 23 a 26 especies. Los estimadores de incidencia junto con Chao1 indican el 96% de las especies, en cambio, ACE y la ecuación de Clench representan menos del 90%. En la Figura 23 se observa que las curvas de acumulación aún no han llegado a la asíntota.

Las localidades de Cañada La Culebra (54 días), Cerro de la Cruz (48 días), Matanguarán (72 días) y La Estanzuela (60 días), cuentan con una riqueza de 21 especies. De acuerdo a los estimadores no paramétricos sólo Cañada La Culebra cuenta con el 100% de las especies y el 91.3% con la ecuación de Clench. En la Figura 24 se observa claramente que las curvas de acumulación de especies alcanzan asíntotas definidas cerca de los 50 días.

Cerro de la Cruz con base a los estimadores no paramétricos cuenta con una representatividad de la riqueza del 80.77% al 95.45% (Chao 1= 22 especies, ACE=25 especies, Chao 2=23 especies, ICE=26 especies). La ecuación de Clench muestra un resultado similar, con una representatividad de 92.3%. En la Figura 25 se observa que las curvas de acumulación aún no han alcanzado una asíntota definida.

Matanguarán cuenta con un rango de representatividad del 91.3% al 100% con base a los estimadores no paramétricos (Chao1= 22 especies, ACE=21, Chao2=23 e ICE=22). La ecuación de Clench estima el 100%. En la Figura 26, se observa que después de los 30 días la agregación de especies nuevas disminuye considerablemente, por lo que se considera una localidad con buen nivel de muestreo.

Finalmente, para La Estanzuela sólo el estimador de abundancia Chao 2 presenta el 100% de los registros, los otros tres estimadores no paramétricos y la ecuación de Clench indican un 95.45% de la representatividad de especies. Las curvas de acumulación de la Figura 27 muestran que casi se llega a la asíntota pues a partir de los 40 días disminuyó la probabilidad de agregar más especies nuevas al inventario.

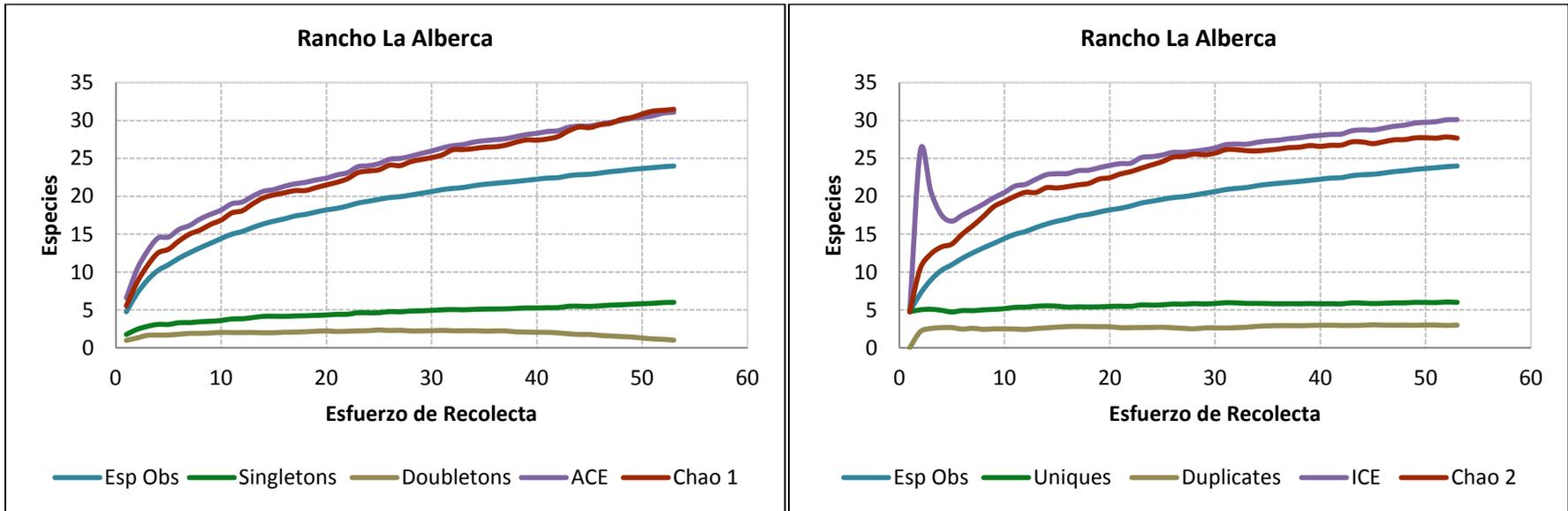


Figura 21. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Rancho La Alberca.

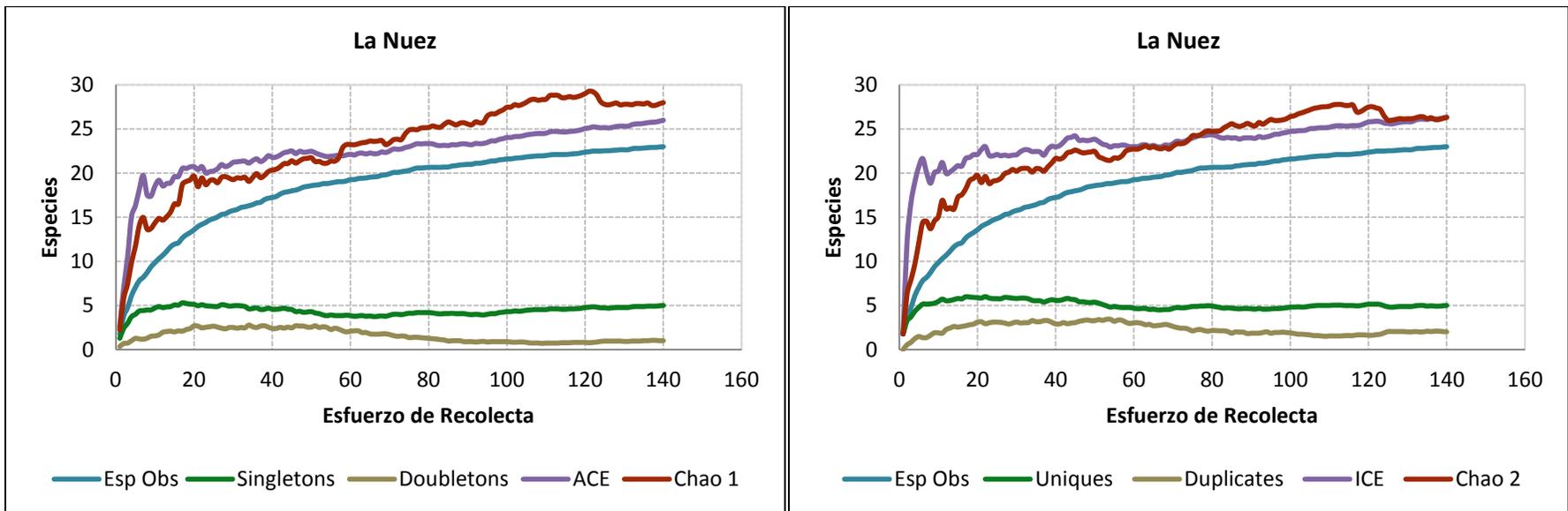


Figura 22. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad La Nuez.

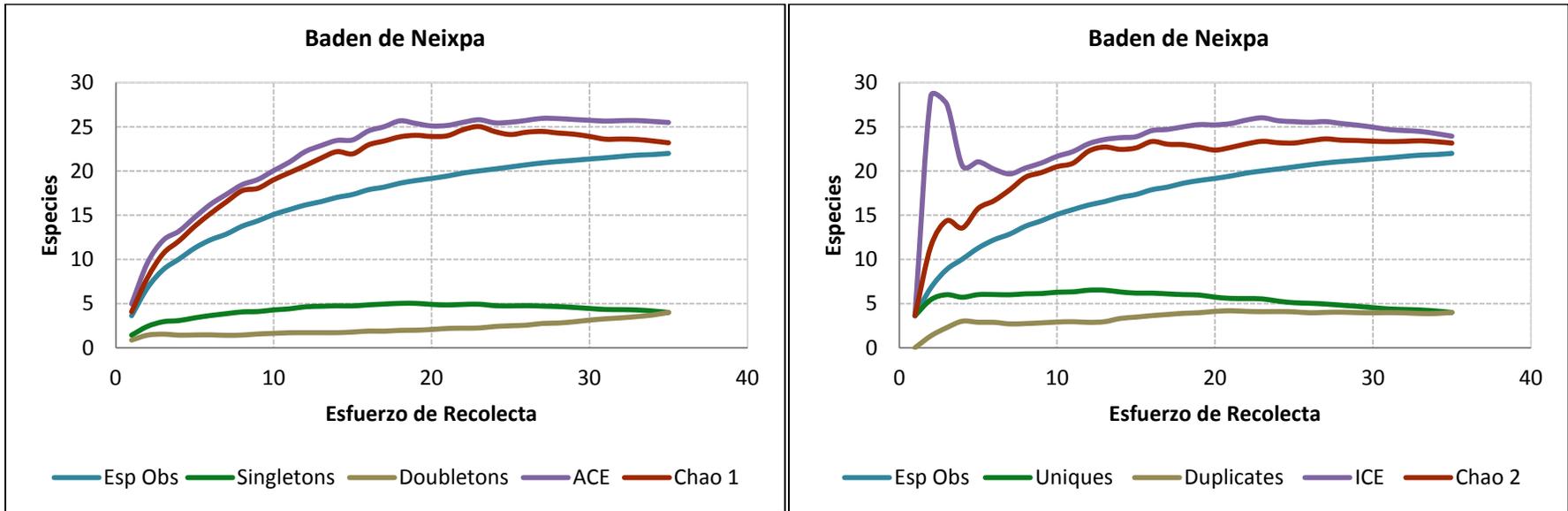


Figura 23. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Baden de Neixpa.

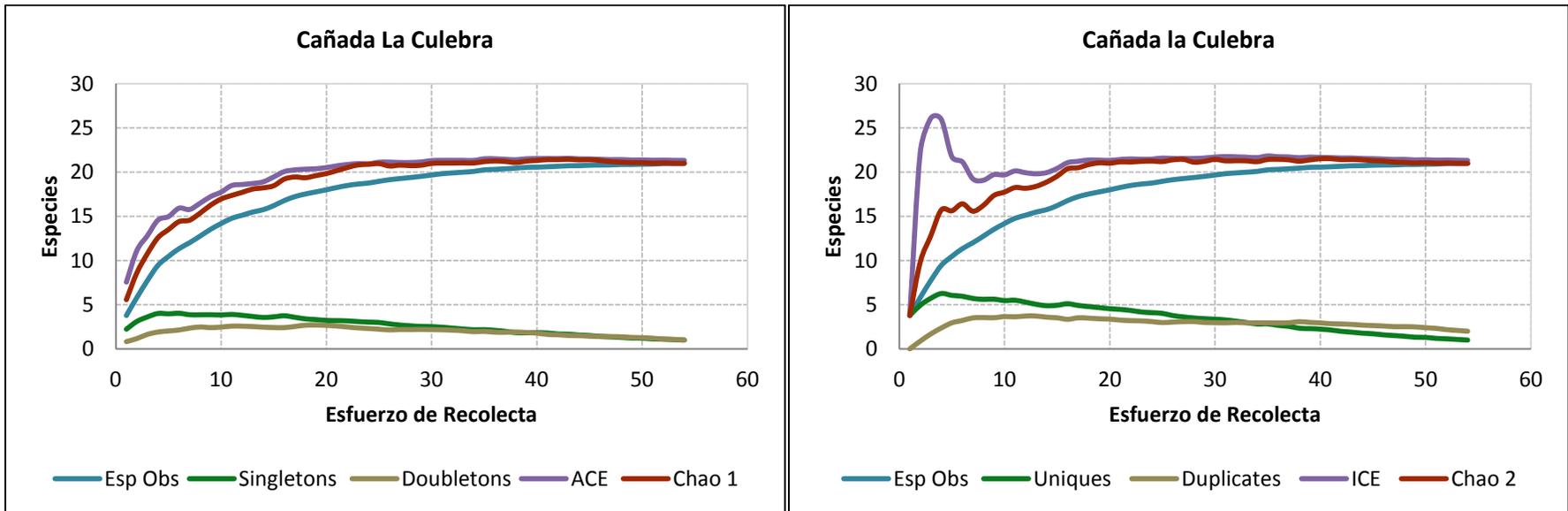


Figura 24. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Cañada La Culebra.

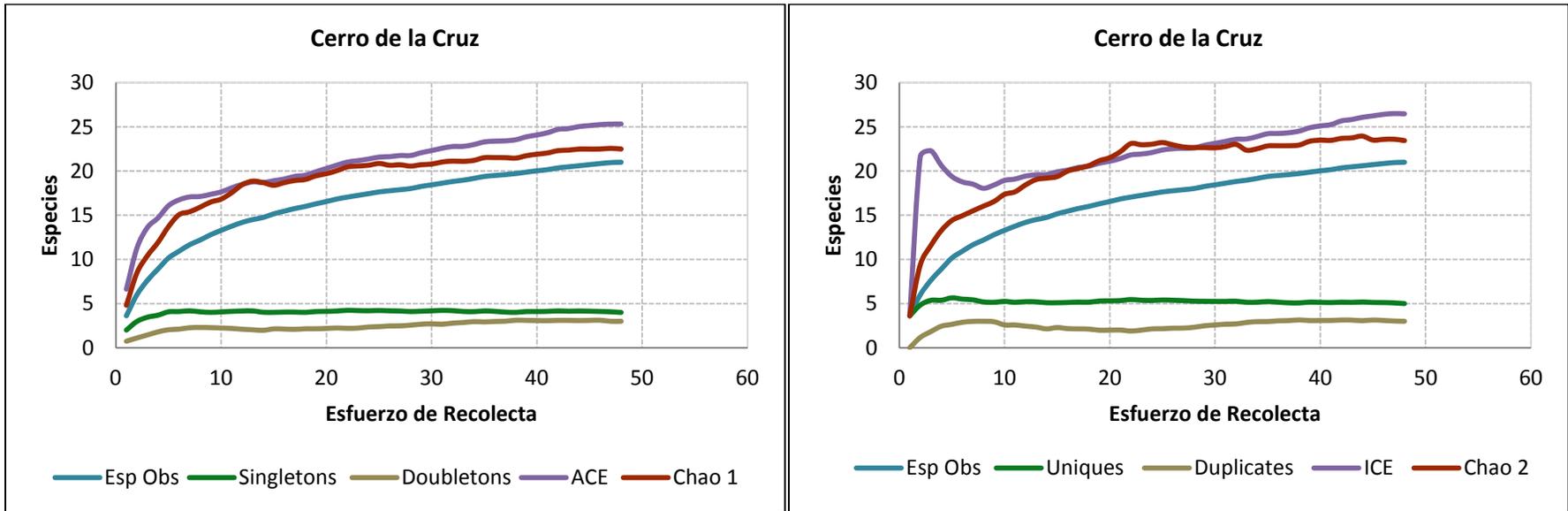


Figura 25. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Cerro de la Cruz.

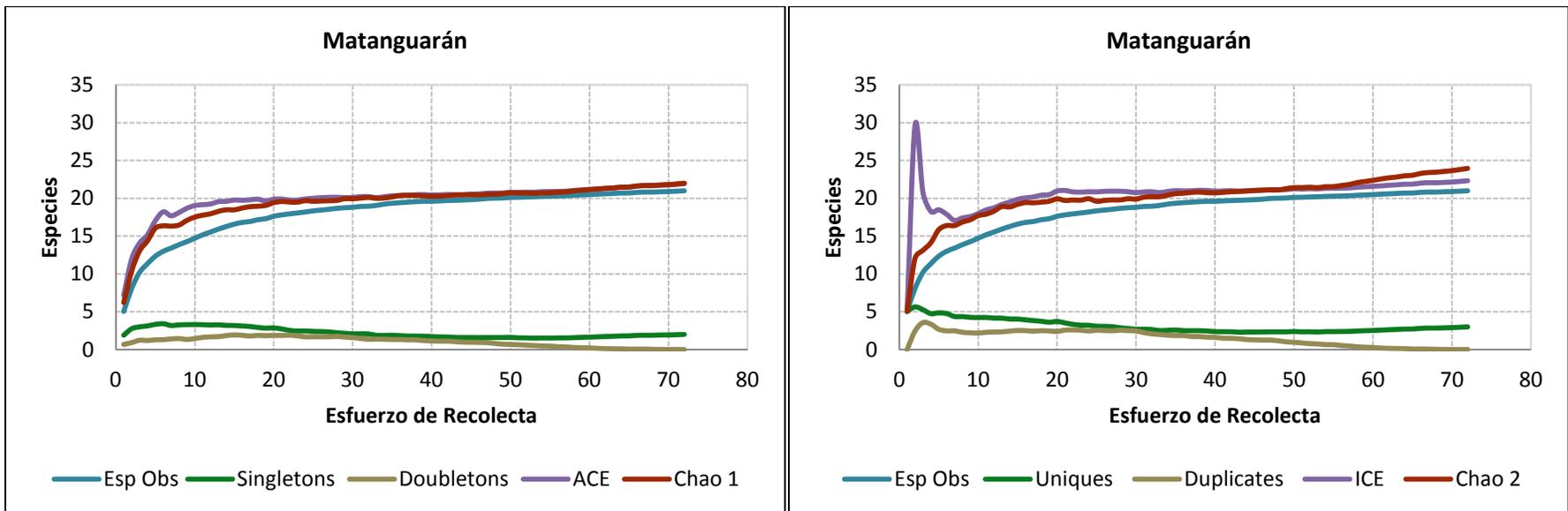


Figura 26. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad Matangarán.

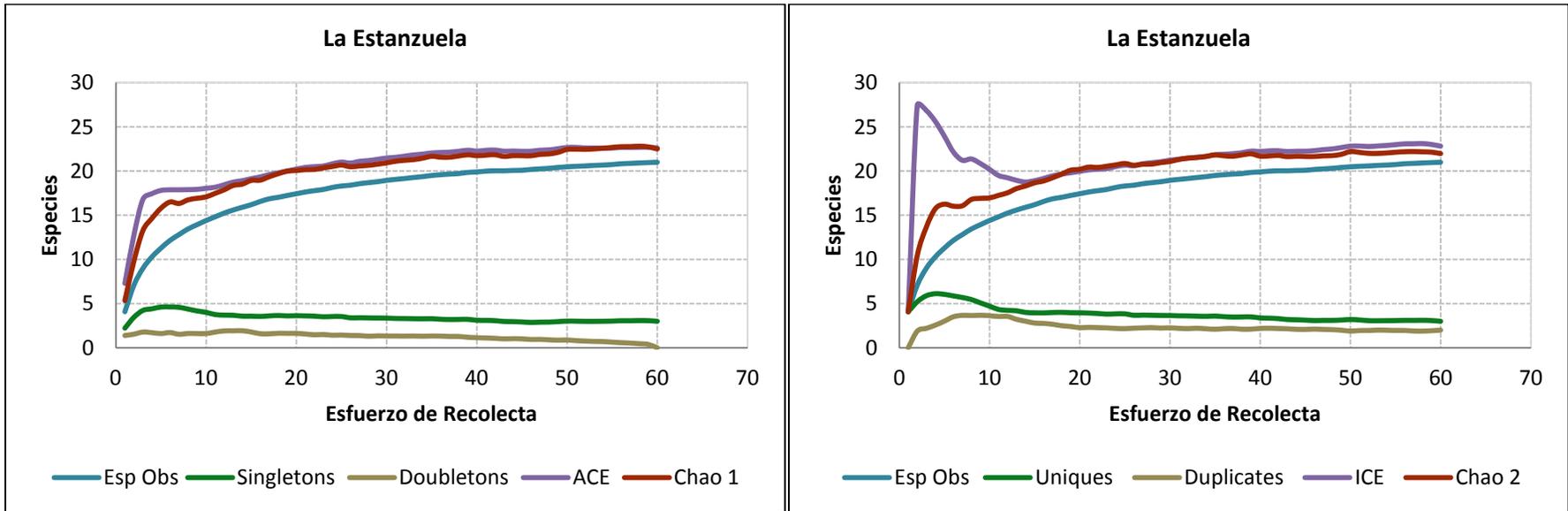


Figura 27. Curvas de acumulación de especies con estimadores de Abundancia (izq.) e Incidencia (der.) para Pieridae de la localidad La Estanzuela.

7.3 Diversidad Beta.

A continuación se muestran los valores de la similitud faunística a diferentes escalas espaciales: provincias biogeográficas, estados y localidades.

7.3.1 Componente beta entre provincias biogeográficas.

Para llevar a cabo el análisis de diversidad beta se tomó en cuenta la riqueza de cada una de las cuatro provincias biogeográficas. Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico con 35 especies cada una, presentan la mayor cantidad de especies, representando el 81.4% del total de especies registradas en Michoacán. En contraste, la que menos presenta es Sierra Madre del Sur con 31 lo que equivale al 72.1% (Figura 28).

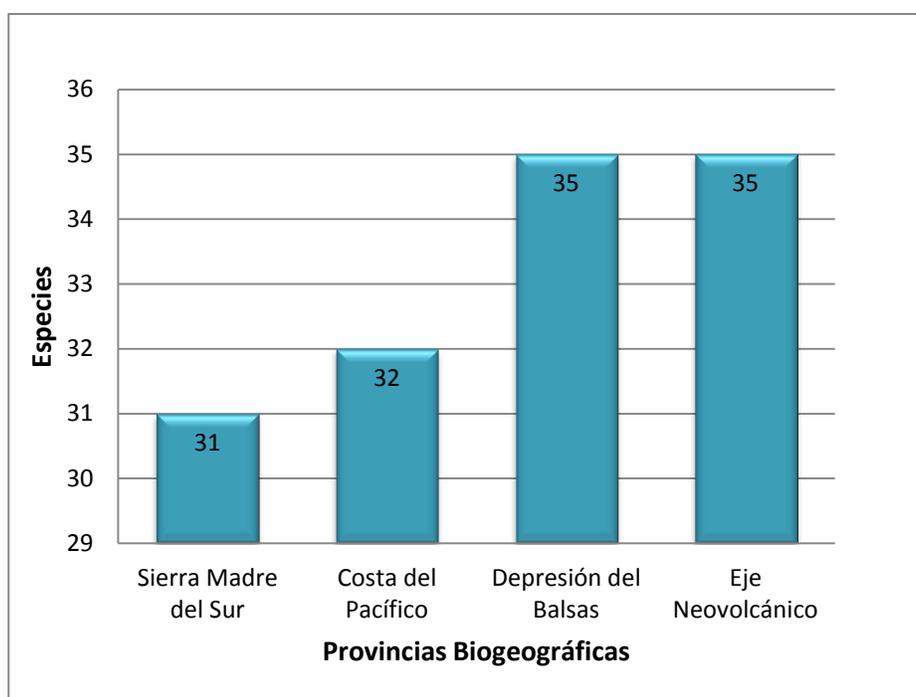


Figura 28. Número de especies por Provincia Biogeográfica.

En el Cuadro 12, se muestra la matriz de similitud obtenida por medio del índice de Jaccard, los valores obtenidos van de 0.722222 a 0.842105, lo cual indica que la composición de especies entre las cuatro provincias es muy parecida al compartir del 72% al 84% de la fauna presente en el estado. En el fenograma de similitud de la Figura 29, se observa que Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico son las más similares con el 84.2% de especies compartidas (32), en contraste, Costa del Pacífico y Sierra Madre del Sur son las de menor similitud compartiendo 26 especies lo que equivale al 72.2% (Cuadro 13).

Cuadro 12. Matriz de similitud entre provincias biogeográficas.

	Sierra Madre del Sur	Costa del Pacífico	Depresión del Balsas	Eje Neovolcánico
Sierra Madre del Sur	*	0.722222	0.783784	0.783784
Costa del Pacífico		*	0.783784	0.736842
Depresión del Balsas			*	0.842105
Eje Neovolcánico				*

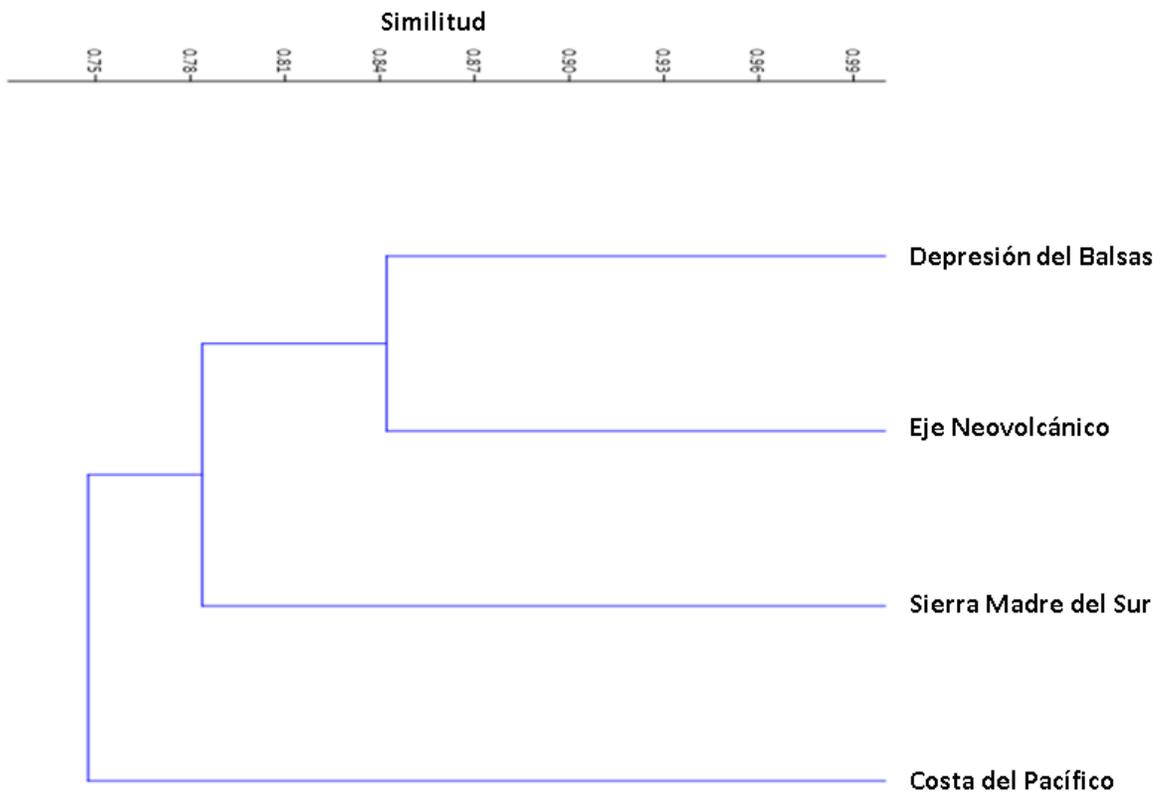


Figura 29. Fenograma de similitud entre las provincias biogeográficas.

De acuerdo al Cuadro 13, las provincias VOL-BAL comparten 32 especies, y aunque SMS-BAL, SMS-VOL y BAL-CPA comparten 29 especies, las que más se diferencian de acuerdo al Fenograma (Figura 29) son BAL-CPA.

Cuadro 13. Matriz del número de especies compartidas entre las provincias biogeográficas.

	Costa del Pacífico	Depresión del Balsas	Eje Neovolcánico	Sierra Madre del Sur
Costa del Pacífico	*			
Depresión del Balsas	29	*		
Eje Neovolcánico	28	32	*	
Sierra Madre del Sur	26	29	29	*

En la Figura 30 se observa que 26 especies se localizan en las cuatro provincias biogeográficas, lo que representa el 60.5% del total de especies en el estado (43). Seis se distribuyen en tres provincias, lo equivalente al 13.95% del total para el estado; la combinación que más especies presenta es Costa del Pacífico, Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico. A su vez, las especies distribuidas en dos provincias representan el 11.6%, siendo la combinación Depresión del Balsas-Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur-Eje Neovolcánico las que cuentan con dos especies cada una, esta última (SMS-VOL) presenta dos taxones endémicos de México; *Catasticta t. teutila* y *Hesperocharis graphites avivolans*.

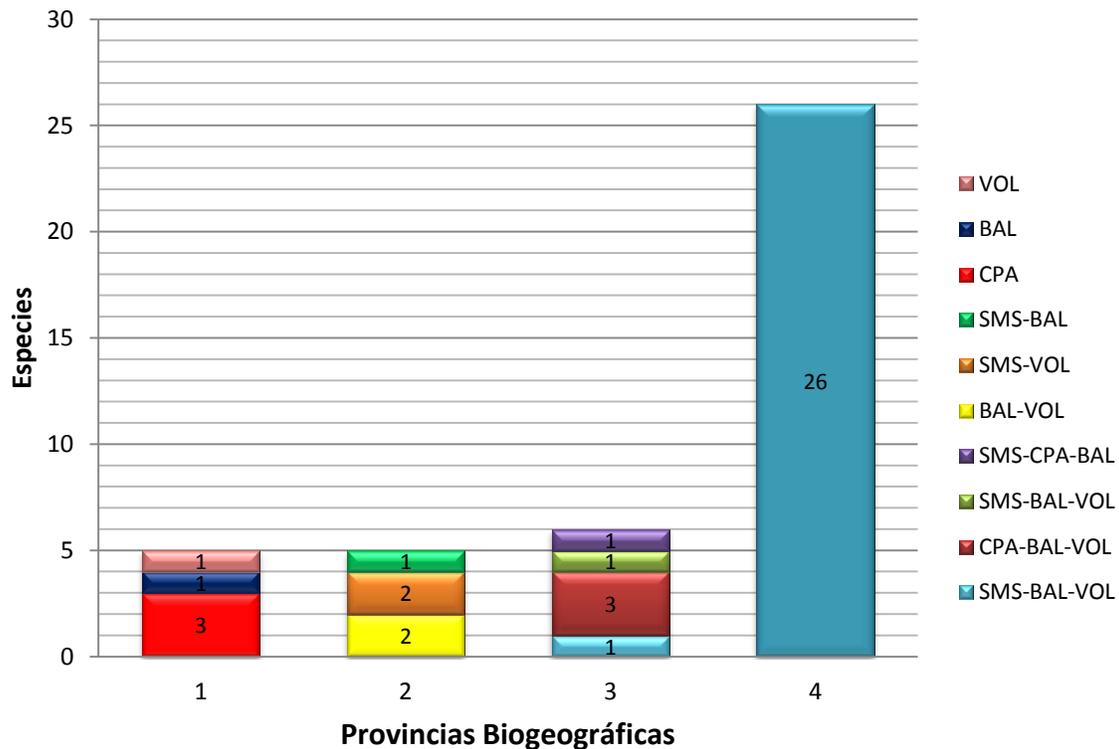


Figura 30. Especies compartidas entre provincias biogeográficas. Claves de Provincias biogeográficas: VOL= Eje Neovolcánico; BAL= Depresión del Balsas; CPA= Costa del Pacífico; SMS= Sierra Madre del Sur.

Como se observa en el Cuadro 14, cinco especies son exclusivas de una sola provincia. Costa del Pacífico es la que más presenta con tres; *Dismorphia amphione lupita* (endémica), *Eurema albula celata* e *Itaballia demophile centralis*, a su vez, en Depresión del Balsas; *Eucheira s. socialis* y en Eje Neovolcánico; *Lieinix nemesis nayaritensis*, estas dos últimas son taxones endémicos de México.

Cuadro 14. Especies distribuidas en una sola provincia biogeográfica.

Espece	Provincia Biogeográfica
<i>Dismorphia amphione lupita</i>	Costa del Pacífico
<i>Eurema albula celata</i>	Costa del Pacífico
<i>Itaballia demophile centralis</i>	Costa del Pacífico
<i>Eucheira socialis socialis</i>	Depresión del Balsas
<i>Lieinix nemesis nayaritensis</i>	Eje Neovolcánico

7.3.2 Componente beta entre estados.

En el Cuadro 15, se observa el número total de especies por estado; así como, la similitud faunística que hay entre Michoacán y sus estados colindantes (Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Estado de México y Guerrero). Con base en el índice de Jaccard, Jalisco resulta ser el estado más semejante a Michoacán con un valor de 0.953488, en contraste, Guanajuato es el de menor similitud, con 0.604651.

En la Figura 31, se presenta el número de especies que comparten los diferentes agrupamientos, en donde se observa que Guanajuato se separa inicialmente por compartir 19 especies. En segundo término los estados de Querétaro y Estado de México, se separan del grupo que está unido por 34 especies, en donde se muestra que Michoacán y Jalisco comparten 41 especies. Los estados con mayor afinidad presentan más de 30 especies y pertenecen a la vertiente del Pacífico con un IS mayor a 0.8 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Similitud en la composición de especies entre Michoacán y sus estados colindantes.

Estado	Total de especies	Especies compartidas	I.S. Jaccard
Jalisco	44	41	0.953488
Guerrero	46	39	0.906977
Colima	37	35	0.813953
Estado de México	34	33	0.767442
Querétaro	34	31	0.72093
Guanajuato	26	26	0.604651

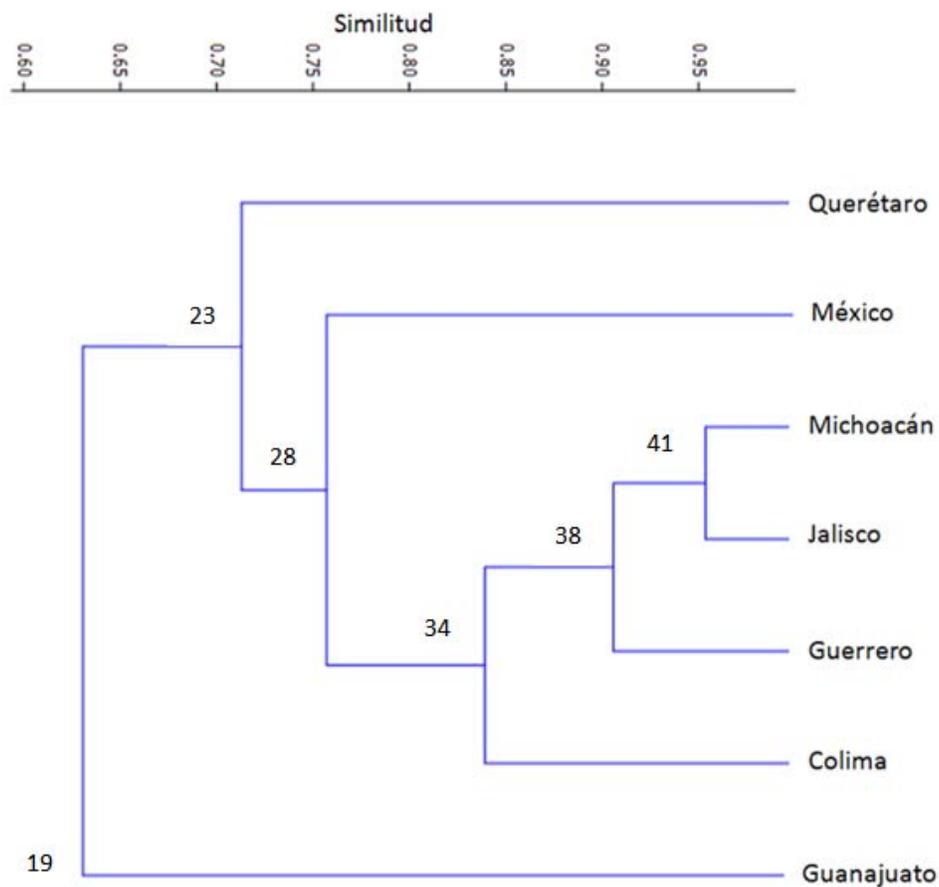


Figura 31. Fenograma de similitud entre Michoacán y estados colindantes. Se muestran los números de especies compartidas entre los diferentes agrupamientos de estados.

7.3.3 Componente beta entre localidades

Después de evaluar que las localidades elegidas muestran una representación suficientemente confiable de acuerdo a los estimadores, en el Cuadro 16, se muestran los 19 sitios de estudio utilizados para realizar el análisis del componente Beta entre localidades. Se distribuyen en 11 municipios del estado, Uruapan es el que representa más sitios (5), seguido de Arteaga con cuatro. El esfuerzo de recolecta va de 35 días en Baden de Neixpa a 526 en Rancho El Zorrillo.

Cuadro 16. Diversidad y días de colecta de Pieridae en 19 localidades de Michoacán.

Localidades	Municipio	Siglas	Ejemplares	Días de colecta	Géneros	Especies
Rancho El Zorrillo	Arteaga	RZ	6425	526	19	30
Rancho Nuevo	Irimbo	RN	5444	363	19	30
Santa Rosa	Uruapan	SR	4228	343	18	29
Cupatitzio P.H.	Gabriel Zamora	CU	2114	115	18	28
Chiquihuitillo	Apatzingan	CH	1290	56	17	27
Arteaga	Arteaga	AR	1791	133	15	26
Chorros del Varal	Los Reyes	CV	1220	54	17	26
El Huarachito	Arteaga	EH	2899	95	16	26
Zumpimito P.H.	Uruapan	ZU	1198	83	17	26
Barranca de Cobano	Tepalcatepec	BC	996	52	15	25
Toscano	Arteaga	TO	1627	48	14	25
Presa Jicalán	Uruapan	PJ	1518	137	16	24
Rancho La Alberca	Uruapan	RA	892	53	15	24
La Nuez	Chinicuila	LN	499	140	13	23
Baden de Neixpa	Lázaro Cárdenas	BN	538	35	14	22
Cañada La Culebra	Nuevo Parangaricutiro	CL	387	54	12	21
Cerro de la Cruz	Turicato	CC	533	48	13	21
Matanguarán	Uruapan	MA	1645	72	14	21
La Estanzuela	Chinicuila	LE	1009	60	12	21

Al aplicar el índice de Jaccard y construir el fenograma de similitud por medio del método de UPGMA (Figura 32) se reconocen dos grandes grupos. El grupo A, está compuesto por 13 localidades que se ubican entre los 11 y 1601 m s.n.m., en este conjunto se muestra que Baden de Neixpa (BN) se separa del resto inmediatamente. Esta localidad se ubica a los 11 m s.n.m. con un tipo de vegetación de Bts: Btc, es el sitio de recolecta de menos esfuerzo de recolecta y menor altitud por lo que la composición de fauna se diferencia de la de alta y mediana altitud. El grupo compuesto por el resto de las localidades, se ubica entre los 273 y 1601 m s.n.m. y está dado por las localidades de mayor similitud Cupatitzio P.H. (CU) y Barranca de Cobano (BC) a las cuales se une Rancho El Zorrillo y Arteaga con altitud de 749 y 839 m respectivamente y vegetación Bce en ambas. A su vez, las localidades menos similares son La Nuez (1202 m) junto con La Estanzuela (524 m) que presentan un tipo de vegetación diferente a las del resto del grupo A; Bce: Bts y Bts respectivamente.

El grupo B, está formado por seis localidades con vegetación Bce y una altitud que va de los 1500 a 2272 m s.n.m. Las localidades más parecidas son Zumpimito P.H. (1500 m) y Rancho La Alberca (1642 m), la más diferente es Matanguarán (1479 m) que presenta menos del 65% de la similitud faunística con las demás.

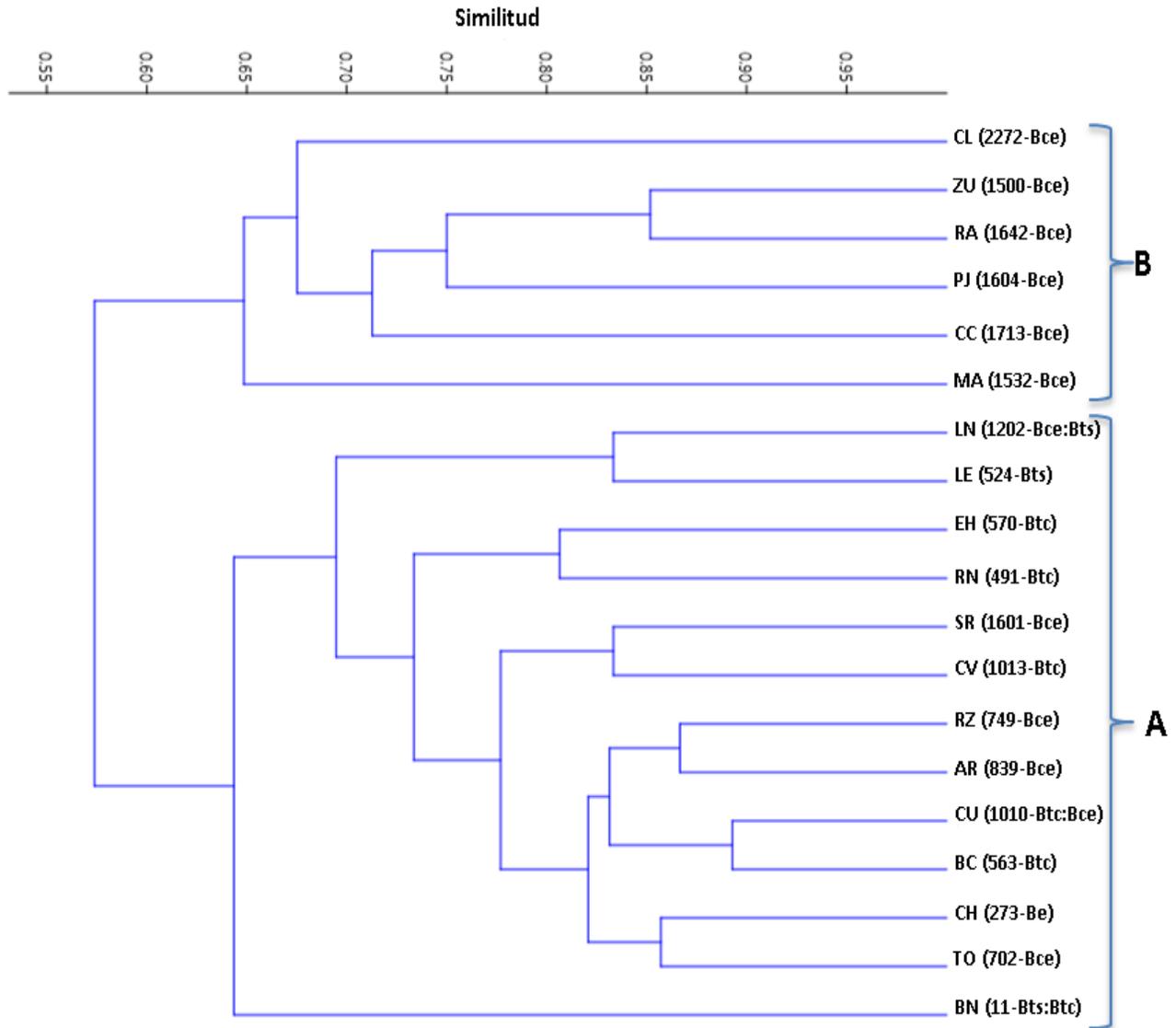


Figura 32. Fenograma de similitud entre localidades de Michoacán. Entre paréntesis: la altitud en metros y tipo de vegetación.

En el Cuadro 17, se presentan los valores de similitud obtenidos mediante el índice de Jaccard, estos valores van de 0.303 a 0.893. La menor similitud la presenta Baden de Neixpa (BN) con Cerro de la Cruz (CC) (0.303) y con Cañada La Culebra (CL) con un valor de 0.387. A su vez, el par de localidades con mayor similitud son Cupatitzio P.H. (CU) y Barranca de Cobano (BC) con un valor de 0.893 seguido de Rancho Nuevo (RN) y Cupatitzio P.H. con 0.871.

Cuadro 17. Matriz de similitud de Jaccard para Pieridae entre las 19 localidades de Michoacán.

	RN	RZ	SR	CU	AR	CH	CV	EH	ZU	BC	TO	PJ	RA	LN	BN	CL	CC	MA	LE
RN	*	0.818	0.735	0.871	0.806	0.781	0.697	0.806	0.647	0.774	0.774	0.588	0.588	0.710	0.677	0.545	0.500	0.545	0.645
RZ		*	0.788	0.871	0.867	0.839	0.806	0.697	0.697	0.833	0.833	0.636	0.636	0.710	0.677	0.500	0.545	0.545	0.645
SR			*	0.781	0.774	0.750	0.833	0.618	0.833	0.742	0.742	0.828	0.767	0.677	0.545	0.613	0.724	0.724	0.667
CU				*	0.800	0.833	0.800	0.800	0.742	0.893	0.828	0.625	0.677	0.700	0.667	0.581	0.531	0.633	0.633
AR					*	0.767	0.793	0.625	0.625	0.821	0.821	0.613	0.613	0.815	0.655	0.469	0.516	0.516	0.741
CH						*	0.767	0.656	0.656	0.793	0.857	0.594	0.645	0.852	0.690	0.548	0.500	0.600	0.778
CV							*	0.625	0.733	0.821	0.759	0.667	0.724	0.690	0.600	0.567	0.567	0.679	0.621
EH								*	0.625	0.759	0.700	0.471	0.563	0.531	0.655	0.567	0.424	0.516	0.516
ZU									*	0.645	0.645	0.786	0.852	0.531	0.455	0.679	0.741	0.679	0.516
BC										*	0.852	0.581	0.633	0.714	0.679	0.533	0.484	0.586	0.704
TO											*	0.581	0.581	0.778	0.679	0.484	0.484	0.533	0.769
PJ												*	0.714	0.516	0.438	0.607	0.731	0.667	0.552
RA													*	0.567	0.438	0.800	0.667	0.667	0.552
LN														*	0.607	0.467	0.467	0.571	0.833
BN															*	0.387	0.303	0.483	0.593
CL																*	0.615	0.615	0.500
CC																	*	0.615	0.448
MA																		*	0.556
LE																			*

8. DISCUSIÓN

8.1 Inventario faunístico.

La familia Pieridae está representada por tres subfamilias en México. En Dismorphiinae, la mayoría de sus especies presentan una distribución archipelágica en las diferentes cadenas montañosas principalmente asociados a los bosques húmedos (bosque mesófilo de montaña) de mediana montaña, que ha permitido reconocerlos como sitios de alto endemismo a nivel subespecífico y específico para los ropalóceros mexicanos (Luis *et al.*, 2000). La mayoría de las especies se encuentran distribuidas principalmente en la vertiente del Golfo y los altos de Chiapas. El estado de Michoacán está representado por tres taxones (*Dismorphia amphione lupita*, *Enantia mazai diazi* y *Lieinix nemesis nayaritensis*) de los cinco que habitan en la vertiente del pacífico (Sonora-Guerrero). Por otra parte, Coliadinae y Pierinae están constituidas por especies de amplia distribución en México (Llorente *et al.*, 1997; Llorente-Bousquets *et al.*, 2006a).

En Michoacán hay 43 especies (Cuadro 5) que representan el 56% de las especies registradas en México por lo que ocupa el noveno lugar en riqueza de Pieridae en el país, esta riqueza es resultado tanto de factores geológicos como ecológicos que se presentan en el estado. Con respecto a los geológicos, Michoacán posee una historia compleja y diversa al formar parte de la Zona de Transición Mexicana. De acuerdo con Morrone (2004, 2005) los componentes bióticos de una región rara vez tienen un origen “único” por lo que son un conjunto de elementos con diferentes afinidades que se integran en el transcurso de su evolución biótica, si esto se extrapola a Michoacán, tenemos que al formar parte de la zona de transición presenta una intensa hibridación biótica promovida por cambios ecológicos que permiten la mezcla e interacción entre elementos de diferentes orígenes (Halffter, 2003) lo cual es causado principalmente por la superposición de las cuatro provincias biogeográficas que lo conforman: Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas y Costa del Pacífico. Así mismo, los factores ecológicos que influyen en la biodiversidad de Michoacán son resultado de una historia en común que favorece el desarrollo de suelos, vegetación, climas y fauna particulares (Garduño, 2005) que a su vez permiten que la riqueza de especies en el estado aumente debido a la convergencia de diferentes historias y que la distribución de cada especie sea determinada por su adaptación al medio.

En la vertiente del Pacífico se presenta un gran número de taxones endémicos que son de gran importancia para indicarnos procesos históricos como resultado de la evolución conjunta de varios linajes afectados por los mismos eventos de fragmentación (Humphries y Parenti, 1999; Espinosa y Ocegueda, 2008).

Los taxones endémicos, al compartir una historia en común no se distribuyen aleatoriamente u homogéneamente en un territorio sino que son resultado del aislamiento que abarca una gran diversidad climática, edafológica, ecológica e histórica (Alcántara *et al.*, 2002). Espinosa y Ocegueda (2008) mencionan que en una alta proporción el endemismo está correlacionado con la edad de aislamiento del área y con la diversificación de los hábitats.

Michoacán solo presenta una especie endémica, pero ocupa el sexto lugar en subespecies endémicas después de Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Jalisco y Chiapas (Cuadro 7). Estos estados, se destacan por sus áreas tropicales húmedas y subhúmedas del sur de México. En general, cinco de los 10 estados con mayor endemismos a nivel específico y siete a nivel subespecífico de Pieridae en el país se ubican en la vertiente del Pacífico, este patrón coincide con los detectados por Luis *et al.* (2000) quienes asocian la mayor concentración de endemismos a las zonas áridas del norte y a los bosques húmedos de montaña (bosque mesófilo de montaña principalmente). El 14.8% de las mariposas mexicanas son endémicas y cerca del 60% de estas se encuentran distribuidas en la región del pacífico mexicano (Luis-Martínez *et al.*, 2003), por lo que de acuerdo a Llorente-Bousquets *et al.* (2013) se demuestra que el endemismo está mejor representado en los estados de la vertiente del Pacífico que en los estados de la vertiente del Atlántico. La representación del endemismo no depende de la riqueza, por ejemplo; el orden de riqueza en cuanto a estados es Chiapas, Oaxaca y Veracruz, mientras que el de endemismo es Oaxaca, Chiapas y Veracruz (Llorente-Bousquets *et al.* 2013) por lo tanto, riqueza y endemismo guardan un orden de relación diferente entre sí, tal es el caso de Michoacán que ocupa el noveno lugar en riqueza pero el sexto en endemismos a nivel subespecífico. El reconocimiento de las especies endémicas, como de sus áreas de distribución es de gran importancia para posibles estrategias de conservación (Arita y Rodríguez, 2001).

Michoacán al ser el estado con mayor trabajo faunístico registrado en el país se considera con un nivel aceptable o completo en cuanto al conocimiento taxonómico y faunístico de Papilionoidea en general y de Pieridae en particular. De acuerdo con Llorente *et al.* (1997) a partir de la década de 1970, solo se han descrito dos especies, 23 subespecies y faltan por describir una especie y cinco subespecies de Pieridae en México, por lo que se estima que se conoce el 97% o más de las especies que presenta el País. Para el estado, se estima que se tiene una representación cercana al 100%, sin descartar posibles registros provenientes de eventos aleatorios debido al movimiento de algunas especies tanto por la deforestación y cambio del uso del suelo, como por lo que provoca el cambio climático y donde las mariposas son frecuentemente utilizadas para ver estas alteraciones. Debido a que son organismos poiquilotermos y estenómicos tienen una dependencia hacia ciertos umbrales climáticos por lo que son sensibles a sus cambios.

De acuerdo a Sinervo *et al.* (2010) las especies tienen dos formas de responder al cambio climático; expandiendo y/o contrayendo sus distribuciones, tal es el caso de algunas mariposas europeas que como respuesta a las variaciones en sus condiciones ambientales han alterado su distribución latitudinal hacia el norte y altitudinal hacia lugares más elevados (Root *et al.*, 2003; Fera *et al.*, 2011). En cuanto al continente americano, existen registros que muestran el desplazamiento de algunas especies de mariposas tropicales hacia el norte del continente, por ejemplo, se ha reportado que *Pieriballia v. viardi* e *Itaballia demophile centralis* (pertenecientes a la subfamilia Pierinae) con límites de distribución en el sur de Tamaulipas se han encontrado a varios kilómetros de distancia de sus distribuciones originales en el Valle del Río Grande de Texas (Llorente *et al.*, 1997; Fera *et al.*, 2011). Un estudio realizado por Fera *et al.* (2011) describe que *Pieriballia v. viardi* posiblemente tenga una tendencia a expandir su distribución hacia el norte sin que esto afecte su distribución original en Centroamérica, sin embargo, para *Itaballia demophile centralis* sus poblaciones en el sur podrían perderse (en la península de Yucatán principalmente) sin que puedan expandirse hacia el norte del continente. Así mismo, aunado a los efectos del cambio climático, las regiones que han sido alteradas y fragmentadas por el gran desarrollo urbano/rural y las prácticas agrícolas no sustentables como en Michoacán presentan un reto para la conservación de sus hábitats naturales (Banda, 2004; Fera *et al.*, 2011).

8.2 Diversidad Alfa.

Chiapas, Oaxaca y Veracruz son de los estados con mayor riqueza (85 especies-subespecies) y número de localidades de recolecta (268, 408 y 421 respectivamente) en la república, lo cual se atribuye al interés por conocer una zona que es resultado de una larga y compleja historia geológica/biológica como lo es el sur de México (Barrera, 1995) y por lo cual, son los estados más visitados desde finales del siglo XIX a través de más de una veintena de localidades que se han descrito como clásicas y que han sido visitadas a lo largo del siglo pasado. En general, la diversidad en México es determinada por su patrón geográfico de heterogeneidad ambiental, de modo que la mayor concentración de especies se presenta hacia las áreas de mayor complejidad geológica y biológica. Esto es acorde al patrón de distribución presentado por la familia Pieridae, en donde los estados de las penínsulas mexicanas son los que menor riqueza presentan debido a su naturaleza relativamente seca; en el caso de la Península de Baja California (35 sp-sspp), sus condiciones ambientales están influenciadas por la corriente fría de California, lo cual genera una mayor aridez. En el caso de la Península de Yucatán (31 sp-sspp), los vientos alisios que circulan contienen una gran cantidad de humedad pero debido a su ubicación y la altitud media que presenta, este aire no produce nubes ni precipitación en la misma proporción, lo cual genera un clima que va del semiárido al tropical subhúmedo.

Después de las penínsulas, los estados que se ubican en el Altiplano central tampoco presentan gran riqueza (50 sp-sspp) ya que la cobertura vegetal es limitada debido a las precipitaciones irregulares que presenta, el Altiplano se ha reconocido como un área donde habitan especies propias del medio árido (Villaseñor *et al.*, 2005; Espinosa y Ocegueda, 2008) y por lo tanto la diversidad en estas zonas es reducida.

La riqueza tiene una tendencia a incrementarse de norte a sur del territorio mexicano donde convergen la mayor diversidad de tipos de vegetación y de especies (Villaseñor *et al.*, 2005; Espinosa y Ocegueda, 2008), son Oaxaca y Chiapas (81 sp-sspp) donde se alcanza el valor máximo, lo cual es consecuencia de un complejo geológico que permite que ambos estados se favorezcan de las condiciones climático-ecológicas de las dos vertientes (Pacífico y Golfo) a las que pertenecen. En cuanto a las vertientes costeras; la vertiente del Golfo de México debido a su alto nivel de humedad (90% de esta área recibe más de 1 000 mm de lluvia anual y más de la mitad 2 000) y a sus selvas altas y medianas perennifolias (57%) es la región de mayor riqueza faunística en el país, pero para el caso específico de Pieridae lo es más en la vertiente del Pacífico Sur donde predominan los ambientes tropical subhúmedos y semiáridos con vegetación entre bosques de coníferas-encinos y selvas bajas caducifolias.

En el Cuadro 8 se muestran las 45 localidades con mayor riqueza del país, las cuales se ubican en 12 estados, Veracruz con 16 localidades es el que presenta mayor número. En la Vertiente del Golfo (Veracruz-Tamaulipas) se registran 21 localidades, 16 en la Vertiente del Pacífico (Guerrero-Sonora) y ocho para los estados de Oaxaca-Chiapas que presentan la influencia de ambas vertientes. En la vertiente del Pacífico, Michoacán es el estado mejor muestreado con 6 localidades (Cuadro 8) que cuentan con más de la mitad de especies presentes en "Presidio" Veracruz; localidad más rica de la república (49 especies). De esta forma, puede considerarse que Michoacán cuenta con una gran representación de la fauna en cuanto a localidades del país, sin embargo, con respecto a la riqueza total nacional solo presentan del 34% al 39% de las especies.

De acuerdo con la megabase MARIPOSA, al analizar el esfuerzo de recolecta efectuado en todo el estado se observa que más del 60% de las localidades registran 10 especies o menos, lo cual deriva del poco esfuerzo realizado ya que la mayoría de estas localidades (92%) presenta menos de 10 días de recolecta, incluso muchas presentan solo un día. De esta forma, es necesario realizar muestreos formales en grandes áreas de Michoacán donde se conozca de antemano las características ambientales como altitud, vegetación, temperatura, etc. del área y así poder proceder a las colectas sistemáticas.

En contraste, sólo 24 localidades (20.5%) tienen 20 o más especies que coinciden con ser donde se ha invertido el mayor esfuerzo de recolecta, si bien es posible que un alto número de especies se registre con

poco esfuerzo, al analizar los registros en particular para este trabajo si se observa una relación entre el esfuerzo con la obtención de especies ya que al aumentar las unidades de muestreo (días) se fueron agregando más especies al inventario.

En el Cuadro 9 se observa que las 30 localidades con mayor riqueza en Michoacán pertenecen a sólo 13 municipios de los 113 que lo conforman (11.5%), concentrándose la mayor cantidad en Arteaga con siete, seguido de Uruapan con seis y Chinicuila con cuatro. Lo anterior representa un aspecto importante sobre el conocimiento de la distribución geográfica de esta familia en el estado, ya que la mayoría de registros corresponden a la región centro-sur (que se visualiza en la Figura 5), de modo que podría estarse subestimando la riqueza de otras áreas, además de que las localidades con poca riqueza no necesariamente lo son por ser pobres en cuanto a su diversidad o porque las especies no se distribuyan en ellas, sino al esfuerzo de recolecta o al sesgo en el muestreo, lo que está omitiendo la riqueza real en zonas donde habitan especies estenoecas y/o con baja densidad poblacional.

8.2.1 Estimación de riqueza por localidad y comparación entre diferentes estimadores.

Después de años de acumular datos faunísticos y taxonómicos realizados por los dedicados al estudio de la Biodiversidad y su distribución, aún no existe ninguna localidad en el mundo que cuente con el inventario completo de los organismos que habitan en ella (Hortal y Lobo, 2002), sin embargo, pueden hacerse estimaciones que permiten dar un valor aproximado. De esta forma, la mayoría de los trabajos consultados para obtener el inventario de los píeridos de Michoacán tienen registros de menos de 25 especies y su estudio está enfocado a localidades muy específicas de Michoacán por lo que a pesar de ser uno de los estados con más localidades de recolecta (Michán *et al.*, 2005) el muestreo tiene sesgos, ya que se concentra principalmente del centro al suroeste del estado.

8.2.1.1 Métodos paramétricos.

En el Cuadro 10, se observan los valores de la Ecuación de Clench que mostraron altos porcentajes de representatividad, cuatro de 19 localidades presentaron el 100% de las especies estimadas que coinciden con ser de las diez localidades con mayor esfuerzo de recolecta (Cuadro 3), esto deja claro la relación que existe entre el esfuerzo de muestreo y la incorporación de especies al inventario; cuanto mayor es este esfuerzo, mayor es el número de especies colectadas (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). De este Cuadro, 18 localidades alcanzaron una representatividad mayor del 90%, una de las cuales sobrestimó el número de especies registradas (Rancho Nuevo), debido a lo cual se considera una buena representación de la riqueza para estas áreas, producto del esfuerzo de recolecta realizado en cada una de ellas.

Además de lo anterior, casi todas las localidades presentaron un buen ajuste al modelo ya que el coeficiente de determinación (R^2) obtuvo valores altos, mayores a 0.944 con excepción de Rancho Nuevo que presentó la única sobrestimación, esto tiene sentido ya que su valor de $R^2 = 0.882$ fue el más bajo en comparación con las demás localidades, lo cual refleja que no hay un buen ajuste para el modelo de Clench y por lo tanto sus valores no son suficientemente confiables para describir la representación de la riqueza en esta localidad.

En general, con base en el modelo se puede considerar que las localidades bajo análisis están bien representadas, lo cual se atribuye a que Michoacán presenta un esfuerzo de muestreo superior a lo registrado en otros trabajos sobre la riqueza de Papilionoidea en México (Tapia, 2013). La estimación más alta es de cuatro especies que faltan por registrar para la localidad de Baden de Neixpa, precisamente es el número de especies que faltan para tener completo el inventario registrado de todo el estado, pero esto no necesariamente implica que deban encontrarse en este sitio, sino que podrían estar repartidas entre las demás localidades, además de considerar que se trata de una familia que presenta especies con una gran vagilidad principalmente en el pacífico mexicano.

Aunque se cuente con un muestreo fiable de las localidades, el intervalo de variación en la representatividad de la fauna dado por el modelo no toma en cuenta algunas consideraciones sobre la eficiencia del esfuerzo de recolecta que podrían estar influyendo para no obtener el 100% de la fauna, dentro de estas se encuentran la experiencia de los colectores ya que podrían no haber colectado especies difíciles de detectar, o haberse enfocado en capturar ciertas especies de interés, además de que las técnicas de muestreo empleadas llegan a provocar que ciertas especies sean más propicias a ser capturadas que otras. A su vez, los colectores raramente muestrean individuos aleatoriamente sino que generalmente sitúan unidades de muestreo al azar lo cual genera que todos los individuos capturados se consideren una muestra causando que la probabilidad de captura de las especies difiera entre ellas (Gotelli y Colwell, 2001; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

Por otro lado, al momento de planear la colecta debe tomarse en cuenta que el área de muestreo puede diferir mucho en tamaño de una a otra localidad, sin embargo, éste es uno de los factores que generalmente no se consideran al escoger el punto de muestreo. Se considera que en un conjunto de localidades, las que presenten las mayores áreas pueden tener mayor número de especies, por lo que al disminuir el área de las mismas también lo hace la riqueza (Wright *et al.*, 1998; Calderón-Patrón *et al.*, 2012). La mayoría de localidades que fueron estudiadas se ubican entre los 270 y 1800 m s.n.m., por lo que zonas más bajas o más altas se dejaron de lado, probablemente por la inaccesibilidad, por los recursos económicos

que se requieren para llegar a ellas o porque como suele suceder en la mayoría de trabajos faunísticos estos están enfocados a áreas de gran diversidad lo cual no sucede a grandes altitudes.

Otro factor que puede afectar el análisis de la composición de especies en un lugar es la perturbación antrópica que tiene efectos relacionados con el nivel de escala (en espacio y en tiempo) en que sucede, afectando los mecanismos de homeostasis de las comunidades y así mismo su riqueza (Halffter y Moreno, 2005). Un análisis realizado por Mas *et al.* (2002) en Michoacán, demostró que en las últimas décadas ha habido una reducción importante de la superficie forestal y cambio de uso de suelo ya que presenta tasas de deforestación elevadas en comparación con otras entidades del país. Además, se ha presentado un aumento de la contaminación ambiental originada por una planificación inadecuada de la actividad económica y procesos agrícolas o industriales deficientes que vierten residuos que modifican las condiciones y composición natural de la región. La industria que es fuente de afectación al ambiente es la que se desarrolla principalmente en Morelia, Lázaro Cárdenas, Uruapan, Zacapu, Zamora y Zitácuaro (Buenrostro y Aguilera, 2005), zonas donde se realizaron colectas, Uruapan es la de mayor número de localidades. Con base en lo anterior, la transformación de las áreas naturales de Michoacán podría provocar que sitios que presentan ambientes adecuados para las especies no se encuentren disponibles lo cual afecta negativamente a las especies que se distribuyen en ellas, principalmente a aquellas que para establecer sus poblaciones requieren de hábitats no perturbados (Soulé y Sanjayan, 1998) a través de sus plantas de alimentación larval principalmente, por ejemplo, plantas pertenecientes a la familia de las fabáceas o leguminosas, así como algunas especies de crucíferas.

Existen ciertos elementos que influyen en la riqueza de un lugar que no necesariamente involucran cambios en las condiciones ambientales, tal es el caso de las especies raras y las errantes como resultado de la interacción entre extinciones locales y eventos de colonización-recolonización (Roslin y Koivunen, 2001; Halffter y Moreno, 2005). Por ejemplo, los individuos errantes no se consideran habitantes estrictos del lugar muestreado pero si son elementos importantes de su biodiversidad ya que pueden representar la capacidad de afrontar cambios (resiliencia) del ecosistema como respuesta a la variación en las condiciones ambientales (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Aunque es probable que ningún modelo asuma como tal estas condiciones, utilizar otros estimadores si puede aportar para tener una visión más amplia sobre la riqueza en una región, por lo que en este trabajo también se utilizaron los métodos no paramétricos. De tal forma, es necesario considerar que tenemos el 100% de la lista para Michoacán y para algunas de sus localidades, sin embargo, este número podría cambiar debido principalmente a las especies errantes y no necesariamente a las especies

“raras”, estas últimas son difíciles de considerar en esta familia debido a que las especies que la componen se caracterizan (en su mayoría) por su gran vagilidad y porque no son muy restringidas a ciertas condiciones.

8.2.1.2 Métodos no paramétricos.

Cuando se utilizan estimadores no paramétricos se debe evaluar su comportamiento debido a que su eficacia puede variar con base a la complejidad del sistema, proporción del área muestreada y método de muestreo (López-Gómez y Williams-Linera, 2006). La riqueza obtenida por estos estimadores (Cuadro 11) muestran valores que van del 62.5% al 100% de la representatividad faunística dependiendo el estimador, el valor más bajo dado con 62.5% para la localidad de Baden de Neixpa es todavía menor al dado por la ecuación de Clench (84.6%) (Cuadro 10), pero es consistente con las localidades de Rancho El Zorrillo, Santa Rosa, Arteaga y Matangarán que dieron como resultado el 100% para la mayoría de los estimadores no paramétricos; así como los paramétricos.

Para evaluar la eficacia de un estimador se han propuesto varios criterios, entre ellos, que deben ser insensibles al orden de muestreo, a la distribución espacial de las especies y al tamaño de la muestra, esto es, que su curva de acumulación debe tener una tasa de crecimiento inicial alta hasta llegar a la asíntota (Chazdon *et al.*, 1998; Gotelli y Colwell, 2001; López-Gómez y Williams-Linera, 2006). En las figuras 9, 11, 12, 13, 15, 19, 20 y 24, se observa que las curvas de acumulación de las localidades analizadas si alcanzaron una asíntota bien definida y en las Figuras 10, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 25, 26 y 27 no la alcanzaron, sin embargo, la mayoría mostró una clara tendencia asíntótica por lo que se considera que se tiene una representación de la fauna satisfactoria. De acuerdo a Chazdon *et al.* (1998), quienes evaluaron la riqueza de plántulas de plantas leñosas en diferentes sitios de selva, encontraron que ICE y Chao2 fueron los mejores estimadores al alcanzar una asíntota definida. En este trabajo, la mayoría de las curvas alcanzaron o tuvieron tendencia asíntótica por lo que de acuerdo con lo anterior, tanto el esfuerzo de recolecta empleado, como el taxón empleado, cumplen con los requisitos para poder ser evaluados por estos métodos.

Palmer y White (1994) mencionan que la distribución espacial de las especies tiene importantes consecuencias para la estimación de la riqueza, de forma que si las especies están distribuidas aleatoriamente, las curvas de acumulación serán diferentes (por ejemplo la tasa inicial será más alta) a las de las especies con una distribución agregada. Con lo anterior se puede explicar por qué las curvas de algunas localidades como Rancho Nuevo (Figura 10), Chiquihuitillo (Figura 13), El Huarachito (Figura 16), Zumpimito P.H. (Figura 17), Barranca de Cobano (Figura 18), La Nuez (Figura 22) y Baden de Neixpa (23) mostraron un patrón poco uniforme, posiblemente porque la distribución no azarosa de las especies en estas localidades está influyendo en el comportamiento de los estimadores, lo cuales también dependen de su sensibilidad a la

distribución agregada o aleatoria, por ejemplo; ACE y Chao 1 son más sensibles a la agregación que Chao2 e ICE (López-Gómez y Williams-Linera, 2006). En general, las curvas más estables fueron las del estimador basado en incidencia Chao2 que además presentó el mayor número de localidades (10) con el 100% de las especies estimadas (Cuadro 11).

Existen otros factores de trasfondo que pueden estar influyendo en el comportamiento de los estimadores no paramétricos, tales como la naturaleza de los datos y la metodología de colecta empleada, por ejemplo, al analizar los meses de muestreo en el estado (Cuadro 3) se observa un mayor esfuerzo de recolecta en la segunda mitad del año principalmente en los meses de julio, agosto, octubre y noviembre (299, 299, 267 y 314 días respectivamente), este periodo concuerda con ser la época húmeda del año donde se ha visto que la riqueza y abundancia es mayor en comparación con la época seca; la presencia de lluvias determina la abundancia y riqueza de los insectos debido a que influye directamente con su reproducción, desarrollo, actividad, disponibilidad y calidad de alimento (Tanaka y Tanaka, 1982; Vargas *et al.*, 1999). Vargas *et al.* (1999) mencionan que la familia Pieridae alcanza su mayor riqueza en septiembre, noviembre y diciembre, aunque es una familia en que la mayoría de sus especies presentan poca especialización respecto a sus requerimientos a las plantas de alimentación larval y que su presencia depende de estas a lo largo del año (Scott, 1986).

Como suele suceder en la mayoría de trabajos faunísticos, en Michoacán el mayor esfuerzo de recolecta es en la época húmeda que es la de gran diversidad, por lo que la presencia y abundancia de las especies influye en el comportamiento de los estimadores los cuales asumen que la probabilidad de captura de especies debe ser constante durante todo el estudio (Burnham y Overton, 1979; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), aunque puede diferir entre ellas. En inventarios de larga duración como el de Michoacán que presenta un área heterogénea y extensa, así como por la dinámica temporal y espacial de las especies, esta asunción raramente es aplicable (Petersen y Meier, 2003; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

En cuanto a las curvas de singletons/dobletons y uniques/duplicates se tiene el supuesto de que en un área bien muestreada las curvas tienen un ascenso al inicio para luego descender hasta llegar casi a cero, por el contrario, los sitios submuestreados presentan curvas que no decrecen ni se sobreponen. En las Figuras 9, 11, 12, 13, 15, 20, 23 y 24 se observan que las curvas de nueve localidades se cruzaron y después de un ligero incremento descendieron, de esta forma, tener una disminución de singletons/dobletons y uniques/duplicates en el muestreo indica que se han realizado suficientes repeticiones o que se ha censado el suficiente número de individuos y especies en estas localidades (Álvarez *et al.*, 2006), por el contrario, en las localidades con curvas que no descendieron ni se sobrepusieron debe tenerse en cuenta que a pesar del

muestreo exhaustivo que presentan, siempre existe la posibilidad de encontrar especies restringidas a ciertas características ambientales que no han sido registradas (Vargas *et al.*, 1999; Gotelli y Colwell, 2001).

Desde otro punto de vista, el comportamiento en estas curvas no necesariamente significa que aún faltan especies raras por registrar sino que el esfuerzo de recolecta no fue uniforme a lo largo del estudio. Lo anterior se sustenta ya que al revisar los ejemplares registrados por especie (en la megabase de datos), se notó que en general hay localidades que aunque presentan varias unidades de muestreo (días) la captura de organismos en las muestras es de un número muy reducido, en contraste, hay colectas de muchas especies y varios individuos encontrados en solo una muestra, por lo que la ausencia de una especie en una muestra puede significar que la especie no está presente en el ensamblaje (ausencia verdadera) o que la especie está presente, pero no fue detectada en la muestra (falsa ausencia) (Gotelli y Colwell, 2001).

De acuerdo a Jiménez-Valverde y Hortal (2003) no existen criterios objetivos para considerar a un inventario lo suficientemente completo, pero a partir de proporciones mayores a 70% las estimaciones asintóticas se hacen estables. En general, tanto para los estimadores paramétricos como no paramétricos, la mayoría de las localidades mostraron una representatividad confiable. Con Chao2, 10 localidades dieron como resultado el 100%, con ACE y Chao 1, 8 y 7 respectivamente y el menor número localidades en que se dio el 100% fue con ICE. Tomando como base 90% o más, se tuvo para 54 de las 76 posibilidades utilizando los cuatro métodos no paramétricos, por lo que con base a estos datos pueden hacerse otro tipo de evaluaciones como la similitud faunística o componente beta entre las localidades.

8.3 Diversidad Beta.

8.3.1 Componente beta entre provincias biogeográficas.

Los resultados del índice de similitud de Jaccard (Cuadro 12) mostraron que las provincias biogeográficas con mayor similitud son Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico al compartir el 81.4% de especies. Salinas-Gutiérrez (2003), al analizar la diversidad beta de los Hesperioidea en Michoacán con base en dos algoritmos: similitud y parsimonia, encontró que las provincias más parecidas son Costa del Pacífico y Depresión del Balsas, además, al realizar el dendograma para las especies de las familias Nymphalidae y HesperIIDae (juntas) también resultó que Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico son las más similares, seguidos de Depresión del Balsas y Sierra Madre del Sur. Una segunda interpretación la da Tapia (2013), quien realiza un estudio similar con Nymphalidae (también en Michoacán), en donde obtuvo que las provincias más parecidas son Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico, resultado que concuerda con este trabajo. Sin embargo, los resultados de Salinas (2003) que no concuerdan con los obtenidos en este trabajo, se pueden entender debido a que la

riqueza, tolerancia al medio y capacidad de dispersión de las especies difiere entre las diferentes familias, por ejemplo; los hespéridos se distribuyen más ampliamente que los ninfálidos (Salinas, 2003) al presentar requerimientos ecológicos de gran amplitud y ser consecuentemente más generalistas. Así, a pesar de que en su mayoría los píeridos se distribuyen ampliamente, estos siguen un patrón de distribución más semejante al de los ninfálidos que al de los hespéridos, lo cual es reflejo de que por lo menos en cada provincia se presenta del 72% al 84% de la fauna que habita en todo el estado, es decir, la variación en las características particulares de cada provincia (v. gr. altitud y vegetación) no afectó la distribución de la mayoría de píeridos provocando una gran similitud entre las cuatro provincias que conforman al estado.

El resultado de este estudio integra a Depresión del Balsas y Eje Neovolcánico como las más similares (Cuadro 12), además, en la Figura 28 se observa que son las que presentan mayor riqueza con 35 especies cada una (81.3% del total de especies en el estado) diferenciándose por seis taxones; *Eurema arbela boisduvaliana*, *Pieris r. rapae*, *Rhabdodryas trite ssp. n.*, *Eucheira s. socialis*, *Lieinix nemesis nayaritensis* y *Prestonia clarki*. Ambas son provincias contiguas geográficamente y con altitudes opuestas; Depresión del Balsas es una región de zonas bajas donde la altitud media promedio es de 1,000 m s.n.m. y en su parte central las altitudes inferiores oscilan entre los 200 y 500 m. (Fernández *et al.*, 1998), además, ha sido considerada una unidad natural con variables ambientales que permiten que sea un centro de diversificación y endemismo (Castro-Torreblanca *et al.*, 2014). Por su parte, Eje Neovolcánico presenta las mayores elevaciones en todo el relieve mexicano (Espinosa y Ocegueda, 2008), de forma que esta similitud está dada por faunas que se distribuyen en zonas altas y bajas por lo que puede inferirse que son especies eurideas que se han adaptado a diferentes ambientes y que toleran variaciones en el medio. Los taxones que marcan las principales diferencias entre estas dos provincias, se caracterizan por estar restringidas a condiciones ecológicas puntuales, v. gr., *Prestonia Clarki* es una especie asociada a temperaturas altas y por lo tanto solo se ha registrado en la zona más caliente de la vertiente del pacífico del estado de Oaxaca (Istmo de Tehuantepec), en el norte (Sonora-Sinaloa) y en la zona de tierra caliente al sureste de la Cuenca del Balsas en Michoacán (Rancho Nuevo, El Huarachito, Infiernillo y Paso del Chivo) de tal forma asociada a las altas temperaturas y condiciones que no se presentan en las otras tres provincias del estado. *Eucheira s. socialis* tiene una distribución asociada a la Zona de Transición Mexicana de Montaña (excepto en las Sierras de Chiapas) que posee una de las biotas más importantes en especies y endemismos concebida como “bosques mesoamericanos” (Espinosa y Ocegueda, 2008) y en la cual la Cuenca del Balsas tiene una representación importante. A su vez, *Lieinix nemesis nayaritensis* está más asociada a condiciones mesófilas de mayor altitud que se presentan en Eje Neovolcánico.

De acuerdo a Espinosa y Ocegueda (2008) la provincia del Balsas está confinada por el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur que debido a sus elevaciones producen un doble efecto de sombra lluviosa generando diferentes tipos de vegetación que van de los semiáridos y subhúmedos (en dos terceras partes de su área) hasta bosques tropicales. Por su parte, el Eje Neovolcánico es un área muy compleja en origen y medio físico que posee todos los tipos de vegetación, aunque predominan los bosques de coníferas-encinos principalmente en sus partes altas y con vegetación de climas áridos y subhúmedos en sus partes bajas, en consecuencia; la vegetación de las montañas neovolcánicas que convergen con Depresión del Balsas es predominantemente subhúmeda, lo cual provoca que la fauna de ambas provincias converja y compartan más del 80% de las especies, lo que se favorece además por tratarse de un taxón en que la mayoría de sus especies son de amplia distribución. Sumado a que son provincias contiguas geográficamente, este patrón define conjuntos de taxones íntegros espacio-temporalmente debido a una historia común (Morrone, 2005).

Al comparar las agrupaciones obtenidas con el método UPGMA (Figura 29), con los resultados de Morrone *et al.* (1999) quienes realizaron una clasificación preliminar de las provincias biogeográficas de México con base en plantas, insectos y aves, estos resultados no coinciden con este trabajo ya que a pesar de que asociaron a estas cuatro provincias en un mismo grupo, con base al índice de similitud resultó que hay más parecido entre el Eje Neovolcánico y Costa del Pacífico, seguido por la Depresión del Balsas y la Sierra Madre del Sur. No obstante, en una segunda interpretación donde solo tomaron en cuenta a los insectos para generar el dendograma, el resultado si coincide pues agrupa en primer lugar al Eje Neovolcánico con Depresión del Balsas, pero seguido de Costa del Pacífico y Sierra Madre del Sur.

Los resultados de Morrone *et al.* (1999) definen a las provincias biogeográficas con taxones que le dan una identidad (Salinas, 2003) con diferentes tipos de distribución o endemismos; mientras que en este estudio solo se considera a los piéridos, taxón que presenta solo un endemismo a nivel específico y ocho a nivel subespecífico; además de que la mayoría de sus especies presentan una amplia distribución que permite que se compartan 60.5% de las especies (26) entre las cuatro provincias (Figura 30).

Con base al índice de similitud (Cuadro 12), Sierra Madre del Sur y Costa del Pacífico son las provincias con menor parecido faunístico al compartir el 72.2% de su fauna, además, son las que presentan menos especies con 31 (72.1%) y 32 (74.4%) respectivamente (Figura 28). A pesar de que son provincias contiguas geográficamente, la distribución de sus especies está asociada a factores altitudinales ya que Costa del Pacífico es una franja angosta de planicie costera cuyo límite superior promedio se ubica en los 400 m s.n.m. donde predominan los climas cálidos subhúmedos y vegetación típica de selvas caducifolias (60%), mientras que Sierra Madre del Sur presenta una altitud media de 2 000 m s.n.m., con presencia de Bosque de

coníferas, encinos y mesófilos de montaña. Lo anterior es congruente ya que Costa del Pacífico y Eje Neovolcánico son el segundo par de provincias con menor similitud compartiendo el 74% de especies debido a que presentan altitudes opuestas y a que son las más alejadas geográficamente. Sin embargo, esta asunción no se cumple para Eje Neovolcánico y Depresión del Balsas (que también presentan marcadas diferencias altitudinales), por lo que el factor que determina dicha diferencia se atribuye a los taxones presentes exclusivamente en Costa del Pacífico (Cuadro 14) como el caso de *Dismorphia amphione lupita* que presenta requerimientos ecológicos más específicos y distribución más restringida, o el caso de *Eurema albula celata* e *Itaballia demophile centralis* asociadas a las costas en zonas bajas que van desde el nivel del mar a los 800 m s.n.m.

En los trabajos de Salinas (2003), Morrone (2005) y Tapia (2013), la Sierra Madre del Sur es la única provincia con más diferencias al presentar taxones distintos a los que habitan en el resto del estado. Esto se puede entender, debido a que la continuidad en esta provincia se ve interrumpida por valles que alteran la homogeneidad del ambiente (Morrone, 2005), además, Sierra Madre del Sur está constituida por tres componentes, uno de los cuales se ubica en la Sierra de Coalcomán en Michoacán (las otras dos en Guerrero y Oaxaca) que resulta ser relevante en el contexto biogeográfico al considerarse una zona que conserva una fauna particular. Lo anterior es importante, ya que en este estudio dicha provincia no fue la de mayor diferencia respecto a las demás, pero sí fue la de menor riqueza.

Finalmente, a pesar de que existen diferencias entre las cuatro provincias, estas no son considerablemente notables ya que el 74% (32) de las especies se distribuyen en tres o cuatro provincias, y solo cinco (12%) son exclusivas de una sola provincia (Figura 30). Con lo anterior, se demuestra que en general las especies de la familia Pieridae presentan una amplia distribución geográfica y con muy pocas especies raras demográficamente o con distribución restringida, lo cual es muestra de que no necesariamente requieren elementos ecológicos específicos, ni hábitats exclusivos (Rabinowitz *et al.*, 1986; Hernández, 2009).

8.3.2 Componente beta entre estados.

De acuerdo con el Cuadro 14, Jalisco es el estado que presenta mayor similitud faunística con Michoacán y es el segundo en riqueza después de Guerrero. Comparten 41 especies (95.3%), esta similitud se debe a que ambos se encuentran regidos por los mismos factores ecológicos e históricos, al compartir tres provincias biogeográficas: Eje Neovolcánico, Costa del Pacífico y Depresión del Balsas. Las dos primeras, presentan la mayor riqueza, por lo que se considera que existe un proceso de interacción entre las mismas biotas ancestrales (Morrone, 2005); Guerrero es el segundo más parecido, ya que está compuesto también por la

provincia Costa del Pacífico, a que más de la mitad de su territorio comprende la Depresión del Balsas y a que tiene una amplia representación en la Sierra Madre del Sur. Jalisco, Guerrero y Colima presentan una similitud de más del 80% con Michoacán y se encuentran entre los 15 estados con mayor riqueza para esta familia en el país, esta gran similitud entre ellos se debe a que pertenecen a la vertiente del Pacífico donde las áreas presentan una identidad fisiográfica y ecológica característica a diferencia de Guanajuato, Querétaro y Estado de México que forman parte de la región central del país y por lo tanto poseen características diferentes.

El 33% de las especies (14) se comparten entre los siete estados y solo una es específica para un solo estado (Michoacán). *Prestonia clarki* especie endémica a México, que se registra para las áreas muy calientes del norte (Sonora-Sinaloa) y en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. De los siete taxones endémicos en Michoacán la mayoría son compartidos con los estados de la vertiente pacífica mexicana, por lo que esta zona resulta de interés para los estudios de riqueza y de manera incipiente para el tema de la conservación de la biodiversidad.

En la Figura 31, se aprecia que el Estado de México, Querétaro y Guanajuato presentan la mayor diferencia con respecto a la fauna de Michoacán, siendo Querétaro y Guanajuato las que menor similitud presentan (menos del 75%); esto se explica porque su ubicación no comparte las mismas características, principalmente Querétaro que forma parte de la Sierra Madre Oriental y Guanajuato que está comprendido en el Altiplano mexicano; el hecho de ubicarse ya en otras provincias ajenas a las que se presentan en Michoacán, conlleva cambios en los patrones geográficos de la riqueza de especies debido a la heterogeneidad ambiental. La barrera altitudinal de los sistemas montañosos del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur que rodean a Michoacán, generan una disminución en la similitud faunística entre los estados del centro y los del Pacífico (Tapia, 2013). Sin embargo, en estos estados también se posee un grado de desconocimiento faunístico importante al ser de las zonas con menor esfuerzo de recolecta y donde no se han realizado suficientes estudios faunísticos formales como en el caso de Querétaro y el Estado de México donde se han realizado solo muestreos ocasionales (Hernández-Mejía *et al.*, 2008) o en el caso de Guanajuato donde se requiere realizar un mayor esfuerzo de trabajo faunístico para poder establecer comparaciones equiparables en cuanto a su diversidad con otros estados del país.

A pesar del desconocimiento sobre la riqueza de ciertos estados en el país, los estudios del recambio de especies entre diferentes localidades dentro de una región se han desarrollado de manera relativamente pausada en México (en comparación con los enfocados al estudio de la diversidad alfa), sin embargo, se han llevado a cabo una serie de contribuciones recientes sobre el tema (Halffter, 2005; Halffter *et al.*, 2005), lo que muestra la gran importancia de los trabajos sobre el tema de la diversidad a distintas escalas de espacio y

tiempo al incorporar cada vez más el estudio del componente beta (Halffter *et al.*, 2005; Koleff y Soberón, 2008).

8.3.3 Componente beta entre localidades.

La riqueza de especies se ha convertido en un parámetro comúnmente empleado para comparar localidades (Gotelli y Colwell, 2001; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), así, una vez valorada como confiable y comparable la representatividad de la riqueza por localidad mediante los estimadores paramétricos y no paramétricos, se pudo realizar el análisis del componente beta entre ellas, esto con el fin de obtener una visión más amplia y analizar a una escala más fina las características locales que determinan la riqueza y distribución de las especies.

La similitud faunística obtenida a partir del índice de Jaccard mostró que la mayoría (92%) de las comparaciones por pares de localidades presentaron una similitud de más del 50% en su fauna (Cuadro 17). En el fenograma de la Figura 32 se observa que la localidad más diferente a todas es Baden de Neixpa ya que es la que se encuentra a menor altitud (11 m s.n.m.), debido a su cercanía con el mar las especies que ahí se encuentran tienen requerimientos asociados a una vegetación tropical y a un ambiente más de la costa, además, fue en la única localidad donde se encontró la especie *Itaballia demophile centralis* que es asociada a hábitats perturbados incluyendo claros de bosques, riberas, terrenos baldíos, etc., con altitudes entre el nivel del mar y por lo menos 800 m s.n.m. (Hoskins, 2012).

En contraste, la segunda localidad con mayor diferencia es Cañada La Culebra que al ubicarse a 2 272 m s.n.m. (en Eje Neovolcánico) es la localidad más alta con una vegetación compuesta principalmente de Bosque de coníferas y encinos, en esta localidad se encuentran tres taxones endémicos; *Catantixia n. nimbece*, *Catantixia t. teutila* y *Hesperocharis graphites avivolans* asociados a hábitats montanos y en general, a condiciones de elevada altitud donde la temperatura es menor en comparación con las zonas más bajas. De acuerdo con Griffiths (1985) al aumentar la altitud disminuye la presión atmosférica, la densidad del aire y la temperatura, esto influye en la actividad de las mariposas ya que al ser organismos ectotérmicos dependen del ambiente para regular su temperatura corporal, de tal modo, estos tres taxones endémicos podrían compararse con lo que menciona Kearns (1992) de que los organismos que habitan altas elevaciones tienen mayor capacidad para termorregular su temperatura y son menos propensas a perder calor. Cañada la Culebra forma parte del grupo de localidades que presentan menor riqueza y que en mayoría se ubican en altitudes elevadas, por lo que se observa una disminución de la diversidad asociada al aumento de la altitud,

esto concuerda con los patrones encontrados para distintos grupos de artrópodos (abejas, moscas, etc.) donde al aumentar la altitud la diversidad decrece (Janzen *et al.*, 1976).

En México, el 90% de los inventarios faunísticos se han realizado en zonas por debajo de los 1 500 m de altitud, debido a que están enfocados a áreas de gran diversidad lo cual no sucede en regiones con mayor altitud (Vargas *et al.*, 1999). Lo anterior es consistente con este estudio ya que Cañada La Culebra es la única localidad muestreada con una altitud mayor a los 1 800 m.

De acuerdo a Halffter (1976, 1987) en los sistemas orográficos de México, se reconocen tres pisos altitudinales: a) intervalo de 600-1 200 m de altitud, b) 1 200-1 800 y c) 1 800-3 100, lo cual es resultado de los procesos históricos que caracterizan a estas faunas en función de su afinidad biogeográfica (Halffter 1976; Halffter 1987; Llorente 1984b). En general, se ha encontrado que existe fauna típica asociada a estos pisos altitudinales y que la riqueza disminuye conforme se incrementa la altitud (Luis *et al.*, 1991) pero también hay fauna que presenta una amplia distribución y se ubica en todos los pisos altitudinales. El fenograma de similitud (Figura 32) dividió las localidades en dos grandes grupos, si se analizan con base a la distribución altitudinal se tiene que el grupo A se caracteriza por tener localidades ubicadas debajo de los 1 601 m de altitud, lo cual es congruente con lo anterior ya que son las que presentan mayor riqueza. En contraste, el grupo B posee localidades por arriba de los 1 500 m de altitud y son las de menor riqueza.

De las 19 localidades 13 pertenecen al grupo A, sin contar a Baden de Neixpa (11 m), estas se caracterizan porque sus poblaciones se establecen entre los 273 y 1 601 m de altitud (debajo de los 1 800 m). En el fenograma de la Figura 32 se puede ver una subagrupación de seis localidades con mayor parecido, la mayoría están ubicadas por debajo de los 1 000 m de altitud y poseen una vegetación que va de lo más tropical a los bosques de coníferas y encinos, mientras que las demás, a pesar de también presentar esta altitud en su mayoría se encuentran arriba de los 1 000 m s.n.m. con una vegetación predominante de Bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios. Estas últimas localidades al estar en un piso altitudinal intermedio (mayor de 1 000 m y menor a 1 601 m s.n.m.) podrían estar presentando un solapamiento entre especies de alta y baja altitud, lo cual a su vez es muestra de que las colectas han abarcado todos los pisos altitudinales.

En general las localidades de la agrupación A se encuentran en las provincias biogeográficas de Costa del Pacífico y Depresión del Balsas las cuales se caracterizan por alcanzar altitudes bajas y medias, con base en esto, la similitud también obedece a un patrón de distancia geográfica ya que varias localidades se ubican en la zona de contacto entre ambas provincias. Las localidades de mayor similitud son las que más se aproximan

geográficamente lo cual es consecuente con el concepto de “Decaimiento de la similitud con la distancia”, esto significa que la similitud en la composición faunística entre dos sitios disminuye conforme se incrementa la distancia entre ellos (Nekola y White, 1999; Calderón-Patrón *et al.*, 2012) por lo que el recambio de especies es mayor. Esta autocorrelación refleja el grado en que las características en una unidad geográfica son similares a otras unidades geográficas próximas (Goodchild, 1987). Sin embargo, contrario a lo esperado no todas las localidades presentan este fenómeno, ya que en el caso de Chiquihuitillo-Toscano o Santa Rosa-Chorros del Varal a pesar de estar más alejadas geográficamente presentan mayor afinidad que con las localidades contiguas, esto puede deberse a la configuración del ambiente en un contexto espacial y temporal (Nekola y White, 1999; Calderón-Patrón *et al.*, 2012), ya que esta configuración influye en el movimiento y por lo tanto en el patrón de distribución de las especies, en este sentido los sistemas montañosos de Sierra Madre del Sur (en el caso de Chiquihuitillo-Toscano) y el Eje Neovolcánico (para Santa Rosa-Chorros del Varal) funcionan como barrera altitudinal provocando una mayor coincidencia en la composición faunística entre localidades que fueron separadas geográficamente por las mismas barreras altitudinales, lo anterior va de la mano con otro factor que influye en la relación similitud-distancia y es la vagilidad de las especies ya que aun cuando el ambiente no es homogéneo la capacidad de dispersión de muchas especies les permite cruzar dichas barreras. Ahora, en cuanto al grupo B, sin contar a Cañada La Culebra (2272 m), las localidades se ubican por arriba de los 1 200 m de altitud pero sin rebasar los 1 800 (1 500-1 713 m) y la vegetación representativa es de Bosque de coníferas-encinos. La similitud de especies en este grupo también concuerda con la cercanía espacial, de acuerdo a Preston (1960) para explicar este fenómeno se considera que las condiciones ambientales cambian en cuanto aumenta la distancia pues hay una separación de especies con diferentes características fisiológicas, esto implica que su distribución sea predecible respecto al tipo de ambiente.

Algunas de las causas para explicar la diversidad beta son que la composición de especies entre ciertas áreas fluctúa aleatoriamente en una forma autocorrelacionada por la capacidad de dispersión de las especies (Legendre *et al.*, 2005) y por las condiciones ambientales muchas veces determinada por la historia.

En general, se encontraron diferencias en la composición de especies entre las diferentes escalas evaluadas tanto para provincias biogeográficas como entre estados y localidades, sin embargo, estas diferencias no son tan notables ya que en la mayoría de comparaciones la similitud resultó ser alta. Esto demuestra que en general, la familia Pieridae cuenta con una amplia distribución y poca especificidad considerándola un taxón que se ubica en todo lugar pues al presentar especies comunes y abundantes la probabilidad de colonizar diferentes sitios es mayor (Calderón-Patrón *et al.*, 2012), la excepción son algunas

especies de Dismorphiinae que presentan densidades bajas y requerimientos más específicos asociados a ambientes de mediana montaña como los bosques mesófilos.

Es importante señalar que la alta similitud entre las diferentes escalas podría verse afectada si se obtuvieran registros de lugares donde el trabajo de recolecta ha sido escaso o nulo, por ejemplo; sitios localizados por arriba de los 1 800 m de altitud donde las condiciones son ecológicamente distintas.

9. CONCLUSIONES

- Se registraron 43 especies de la familia Pieridae en Michoacán, esto representa el 56%, con respecto a la riqueza total de México.
- Michoacán ocupa el sexto lugar en cuanto a subespecies endémicas. El patrón de endemismo sobresale en los estados de la vertiente del pacífico.
- Del total de localidades muestreadas en el estado, 67% presenta 10 o menos especies y cerca del 21% poseen 20 o más.
- Las 45 localidades más ricas de Michoacán se ubican en 13 de los 113 municipios del estado, lo cual refleja un importante sesgo en el reconocimiento de la distribución geográfica de esta familia.
- Con base en la ecuación de Clench, se tiene del 84% al 100% de la riqueza estimada para las localidades estudiadas.
- La mayoría de estimaciones obtenidas con los métodos no paramétricos (54 de 76), presentaron valores de más del 90% de la riqueza potencial para las localidades analizadas.
- Las localidades con mayor esfuerzo de recolecta efectuado son las de mayor riqueza en Michoacán, por lo que con base a lo estimado por los métodos paramétricos y no paramétricos cuentan con un nivel de muestreo confiable.
- Se realizó el mayor esfuerzo de recolecta durante la segunda mitad del año, debido principalmente a la presencia de ambientes húmedos que favorece la riqueza de las especies.
- Con base al índice de Jaccard, las provincias de Eje Neovolcánico y Depresión del Balsas resultaron ser las de mayor similitud faunística, mientras que Sierra Madre del Sur y Costa del Pacífico son las de menor parecido.

- Más del 60% de las especies (26) se distribuyen en las cuatro provincias biogeográficas y sólo cinco (12%) son exclusivas de una sola provincia, lo que demuestra la amplia distribución geográfica de Pieridae.
- Jalisco, Guerrero y Colima son los estados que comparten más especies con Michoacán al pertenecer a la vertiente del Pacífico, en contraposición con los ubicados en las zonas centrales del país: Estado de México, Querétaro y Guanajuato.
- En cuanto a localidades, la mayoría presentó una similitud mayor al 50% entre ellas. La localidad con mayor diferencia es Baden de Neixpa al ser la única ubicada por debajo de los 20 m s.n.m., en contraste la segunda con menor similitud es Cañada La Culebra ubicada por arriba de los 2 200 m de altitud.
- El fenograma de similitud dividió en dos grupos a las localidades; A) La mayoría con altitudes mayores a los 1 500 m y menor riqueza, y B) por debajo de los 1 500 m de altitud siendo localidades con mayor riqueza.
- La similitud entre la mayoría de localidades se da principalmente entre las más cercanas geográficamente lo cual obedece al concepto de “Decaimiento de la similitud con la distancia”.
- A pesar de encontrar diferencias en la composición de especies a nivel de provincias biogeográficas, estados y localidades estas no son ampliamente notables debido a que la familia Pieridae se distingue porque la mayoría de sus especies son comunes, abundantes y de poca especificidad.
- A pesar del muestreo intenso en Michoacán, aún hace falta explorar zonas lejanas al centro y suroeste del estado que es donde se ha concentrado el mayor esfuerzo de recolecta.
- La mayoría de localidades analizadas abarcan un rango altitudinal entre 270 m a 1 700 m por lo que sería necesario realizar más muestreos en altitudes mayores a los 1 800 m s.n.m. y menores a 600 m s.n.m. que son dos de los tres pisos altitudinales propuestos por Halffter (1976, 1987) donde las condiciones ambientales son distintas.

10. LITERATURA CITADA

- Acuña, L. A. 1990. Mariposas Diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del Rancho El Jagüey, Gabriel Zamora, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 97 p.
- Alcántara, O., I. Luna y A. Velázquez. 2002. Altitudinal distribution patterns of Mexican cloud forests based upon preferential characteristic genera. *Plant Ecology* 161: 167-174.
- Antamiarán, H.A. 2005. Clima. En: La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado, Villaseñor G., L. E. (ed.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. Pp. 25-28.
- Antaramián H., E. y G. Correa P. 2003. Fisiografía. En: Atlas Geográfico de Michoacán. SEP-UMSNH 2003. Secretaría de Educación Pública en Michoacán y Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo. Editora EDDISA. Michoacán, México. 308 pp.
- Arita, T. H. y P. Rodríguez. 2001. Ecología geográfica y Macroecología. En: Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones, Llorente, B. J. y J.J. Morrone (eds.) Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 63-77.
- Ávalos, H. O. 2005. Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de Reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 70 p.
- Balcázar, L. M. 1993. Butterflies of Pedernales, Michoacán, Mexico, with notes on seasonality and faunistic affinities (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Tropical Lepidoptera* 4: 93-105.
- Banda V., A. 2004. Elaboración del proyecto técnico: Restauración de la flora y fauna nativa en terrenos agrícolas con cambio de uso de suelo, para el establecimiento de un corredor biológico costero en Laguna Madre. Pronatura Noreste, A. C. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto No. CJ027. México, D. F. 13 p.
- Barrera, A. 1955. Ensayo sobre el desarrollo histórico de la entomología en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología* 1: 23-38.
- Beutelspacher, R. C. 1984. Mariposas de México I. Introducción y generalidades. Superfamilia Papilionoidea. Familia Papilionidae. *La Prensa Médica Mexicana*. México, D. F. 1: 128.
- Buenrostro, D. O. y M. Aguilera. 2005. Contaminación. En: La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado, Villaseñor G., L. E. (ed.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría

- de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. Pp. 206-209.
- Burnham, K. P. y W. S. Overton, 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology* 60: 927-936.
- Calderón-Patrón, J.M., C. E. Moreno e I. Zuria. 2012. La diversidad Beta: Medio Siglo de Avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 879-891.
- Castillo, V.M.E. 2008. Catálogo de Mariposas Diurnas del Estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 301 p.
- Castro-Torreblanca, M., E. Blancas-Calva, G. M. Rodríguez-Mirón y D. N. Espinosa-Organista. 2014. Patrones espaciales de distribución y diversidad de la avifauna en la provincia del Balsas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 823-830.
- Chazdon, R.L., Colwell, R.K., Denslow, J.S. y Guariguata, M.R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of Northeastern Costa Rica. En: *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: conceptual background and old world case studies*. Dallmeier F. y Comiskey J.A. (eds.). Pp. 285-309.
- Colwell, R. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. User's Guide. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, E.U.A. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>; última consulta: 25.XI.2014.
- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 345: 101-118.
- CONABIO. Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx>; última consulta: 13.XII.2014.
- Crisci, J.V. y M. F. López A. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Departamento de asuntos científicos y tecnológicos de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, serie de Biología. Washington D.C., E.U.A. 132 p.
- De la Maza, R. R. 1987. Mariposas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 302 p.
- De la Maza, R. E., J. De la Maza E. y A. White L. 1989. La fauna de mariposas de México. Parte I. Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera). *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología* 12: 39-98.
- Espinosa, O. D. y S. Ocegueda C. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (comp.) México, D.F. Pp. 33-65.

- Feria, A.T.P., M. Trujano O., A. M. Luis M., J. Llorente B., J.M. Dale y J. Muñoz. 2011. Efecto del cambio climático en la distribución de los lepidópteros mesoamericanos *Itaballia demophile centralis* y *Pieriballia viardi viardi*. En: Cambio Climático: aproximaciones para el estudio de su efecto sobre la biodiversidad, Sánchez, R. G., C. Ballesteros B. y N. P. Pavón. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. Pp. 101-120
- Fernández, N. R., C. Rodríguez J., M.L. Arreguín S. y A. Rodríguez J. 1998. Listado Florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Poliobotánica 9:1-151.
- Garduño, M.V.H. 2005. El Relieve. En: La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado, Villaseñor G., L. E. (ed.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. Pp. 21-24.
- Godman, F.D. y O. Salvin. 1878-1901. Biología Centrali Americana. Insecta, Lepidoptera-Rhopalocera. Dulau y Co. Bernard Quaritch. Londres.
- Goodchild, M.F. 1987. A spatial analytical perspective on geographical information systems. Int. J. Geographical information systems 4: 327-334.
- Gotelli, N.J. y R.K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters 4: 379-391.
- Griffiths F. J. 1985. Climatología aplicada. Publicaciones Cultural. Distrito Federal, México. 154 p.
- Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos en la Zona de Transición Mexicana. Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. Folia Entomológica Mexicana 35: 1-64.
- Halffter, G. 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. Ann. Rev. Entomol. 32: 95-114.
- Halffter, G. 2003. Biogeografía de la entomofauna de montaña de México y América Central. En: Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, Morrone J. J. y J. Llorente-Bousquets (eds.). Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 87-97.
- Halffter, G. 2005. Towards a culture of biodiversity conservation. Acta Zoológica Mexicana 21: 133-153.
- Halffter, G. y C.E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En: Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades alfa, beta y gamma, Halffter G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España. Pp. 5-18.
- Halffter G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. 2005. Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades alfa, beta y gamma. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España. 242 p.

- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm; última consulta: 23.XII.2014.
- Hernández, B. C. 2009. Riqueza, distribución y gremios alimentarios de mariposas diurnas de la familia Hesperiiidae (Lepidoptera: Hesperioidea), en el sur del Estado de México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 107 p.
- Hernández-Mejía, C., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez y J. Llorente-Bousquets. 2008. Distribución de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) del Estado de México, México. *Rev. Biol. Trop* 56 (3): 1309-1341.
- Hoffmann, C. 1940. Catálogo sistemático y zoogeográfico de los lepidópteros mexicanos. Primera parte. Papilionoidea. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 11:639-739.
- Hortal, J. y J. M. Lobo. 2002. Una metodología para predecir la distribución espacial de la diversidad biológica. *Ecología* 16: 405-432.
- Hoskins, A. 2012. Learn About Butterflies: the complete guide to the world of butterflies and moths, <http://www.learnaboutbutterflies.com/>; última consulta: 4.IV.2015
- Huacuz, E. M.C. y J. Ponce S. 2005. Biodiversidad en la Región Norte de la Costa del Estado de Michoacán. 307 p.
- Humphries, C. J. y L. R. Parenti. 1999. Cladistic biogeography: interpreting patterns of plant and animal distributions. Oxford Biogeography series no. 12. Oxford University Press, Oxford. 187 p.
- INEGI. 2001. Sistema para la Consulta del Anuario estadístico del Estado de Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Aee01/nacional/index.htm>; última consulta: 5.IV.2015
- Israde I. A. 2003. Los cuerpos de agua. En: La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado, Villaseñor G., L. E. (ed.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. Pp.32-37
- Janzen, D., M. Ataroff, M. Fariñas, S. Reyes, N. Rincon, A. Soler, P. Soriano y P. Vera. 1976. Changes in the Arthropod Community along an elevational Transect in the Venezuelan Andes. *Biotropica*. 8:193-203
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Iberoamericana de Aracnología*. 8: 151-161.

- Jurado. V.C. 1990. Inventario de lepidópteros diurnos del Vivero Forestal "Lázaro Cárdenas", municipio de Morelia, Michoacán. México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 96 p.
- Jurado, V. C. y J. Ponce S. 1991. Mariposas diurnas del estado de Michoacán. *Revista de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. 2: 37-53.
- Kearns, C. A. 1992. Anthophilous Fly distribution across an elevation gradient. *Am. Midl. Nat.* 127: 172-182.
- Klots, A. B. 1933. A generic revision of the Pieridae (Lepidoptera). *Entomol. Amer.* 12 (3): 139-242.
- Koleff, P., J. J. Lennon y K.J. Gaston. 2003. Are there latitudinal gradients in species turnover? *Global Ecology and Biogeography* 12: 483-498.
- Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. En: *Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades alfa, beta y gamma*, Halffter G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España. Pp.19-40.
- Koleff, P. y J. Soberón. 2008. Patrones de diversidad especial en grupos selectos de especies. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (comp.) México, D.F. Pp. 323-364.
- Krieger, K. y C. Samper. 2000. Convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica y protocolo de Cartagena sobre seguridad en la biotecnología. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 99 p.
- Kristensen, N.P. 1976. Remarks on the family-level phylogeny of the butterflies (Insecta: Lepidoptera Rhopalocera). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 14: 25-33.
- Lamas, G. 1986. Ilustraciones inéditas de lepidópteros mexicanos de la Expedición de Sessé y Moziño (1787-1803). *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología* 10: 27-34.
- Lamas, G. 2008. Systematics of butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea) in the world: current state and future perspectives. En: *Contribuciones taxonómicas en órdenes de insectos hiperdiversos*, Llorente-Bousquets, J. y Lanteri, A. (eds.) Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Pp 57-70.
- Legendre, P., D. Borcard y P. R. Peres-Neto. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs* 75:435-450.
- Llorente, B. J. 1984a. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia del género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México. México D.F. 178 p.

- Llorente, B. J. 1984b. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia del género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Entomológica Mexicana* 58: 1-207.
- Llorente, B. J., A. Luis M., I. Vargas F. y J. Soberón M. 1993. Biodiversidad de las Mariposas: su conocimiento y conservación en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44: 313-324.
- Llorente, B. J., A. Luis M., I. Vargas F. y J. Soberón M. 1996. Papilionoidea: Lepidoptera. En: Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento, J. Llorente, A. García y E. González (eds.) Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 531-548.
- Llorente B. J., L. Oñate-Ocaña, A. Luis-Martínez e I. Vargas F. 1997. Papilionidae y Pieridae de México: distribución geográfica e ilustración. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 235 p.
- Llorente-Bousquets, J., A. Luis-Martínez e I. Vargas F. 2006a. Apéndice general de Papilionoidea: Lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. En: Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana, J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.), vol. II. Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 733-797.
- Llorente-Bousquets, J., M. Trujano-Ortega, A. Luis-Martínez, J. Castro e I. Vargas-Fernández 2006b. Patrones de distribución de la familia Pieridae (Lepidoptera En: Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana, J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.), vol. II. Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 799-855
- Llorente-Bousquets, J., I. Vargas -Fernández, A. Luis-Martínez, M. Trujano-Ortega, B. C. Hernández-Mejía y A. D. Warren. 2013. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 353-371.
- López-Gómez, A. M. y G. Williams-Linera. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 7-15.
- Luis, M. A., I. Vargas F. y J. Llorente B. 1991. Lepidoptera de Oaxaca I: Distribución y Fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez. Publicaciones especiales del Museo de Zoología, Coordinación de Servicios Editoriales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 121 p.
- Luis, M. A., 1997. Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) del estado de Michoacán: Fase I. UNAM, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B150. México D. F. (Edición digital: CONABIO 2006).

- Luis, M. A., J. Llorente B., I. Vargas F. y A. Gutiérrez. 2000. Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. En: Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica, Martín-Piera, F., J.J. Morrone y A. Melic. Monografías Tercer Milenio, vol. I, Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. Pp.275-285.
- Luis, M. A. 2001. Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) del estado de Michoacán: Fase III. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R256. México D.F.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A. D. Warren. 2003. Biodiversity and Biogeography of mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). Proceedings of the Entomological Society of Washington, 105: 209-224.
- Luis, M. A., J. Llorente B. e I. Vargas, F. 2005. Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. En: Regionalización Biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología, Llorente J. y J.J. Morrone. (eds.). Prensas Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 269-294.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 179 p.
- Mas, J. F., A. Velázquez M., J. R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro y T. Fernández. 2002. Monitoreo de los cambios de cobertura en México. CD de las memorias del II seminario Latinoamericano de Geografía Física, Maracaibo, Venezuela.
- Maya, M. A. 1999. Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) de tres localidades de la tierra caliente del estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 122 p.
- Michán, L., J. Llorente B., A. Luis M. y D. J. Castro. 2004. Breve Historia de la taxonomía de Lepidoptera en México durante el siglo XX. En: Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento Vol. IV, Llorente, J., J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Michán, L., J. Llorente, A. Luis M. y D. J. Castro. 2005. Breve Historia de la taxonomía de Lepidoptera en México durante el siglo XX. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. 29: 101-132.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la diversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 83 p.

- Moreno, C. E. y G. Halffter. 2001. On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*. 38: 487-490.
- Morrone, J. J., D. Espinosa O., C. Aguilar Z. y J. Llorente B. 1999. Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: a parsimony analysis of endemism on plant, insect, and bird taxa. *The Southwestern Naturalist*. 44: 507-514.
- Morrone, J. J. 2004. Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomologia* 48: 149-162.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76: 207-252.
- Nekola, J. C. y P. S. White. 1999. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26: 867-878
- Noss, R. F. 2002. Indicators for monitoring biodiversity: a Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- Oñate-Ocaña, L. y J. Llorente-Bousquets. 2010. El uso de bases de datos curatoriales para reconstruir la historia del conocimiento taxonómico: un ejemplo con papilionidas y píeridas mexicanas (Insecta: Lepidóptera). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:343-362.
- Palmer, M. W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology* 71: 1195-1198.
- Palmer M. W. y White P.S. 1994. Scale dependence and the species area relationship. *The American Naturalist* 144:717-740.
- Petersen, F. T. y R. Meier. 2003. Testing species-richness estimation methods on single-sample collection data using the Danish Diptera. *Biodiversity and Conservation* 12: 667-686.
- Ponce, S.B., J. Ponce S. y C. Jurado V. 1996. Lepidópteros diurnos del Parque Nacional "Lic. Eduardo Ruiz" de Uruapan Michoacán. *Revista Ciencias Nicolaita*. 13: 117-127.
- Preston, F.W. 1960. Time and space and the variation of species. *Ecology* 41:611-627.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig y J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421:57-60.
- Quiroz, P. Y. 2008. Diversidad y abundancia de Lepidópteros diurnos en la Cuenca de Cuitzeo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 73 p.
- Rabinowitz, D., S. Cairns y T. Dillon. 1986. Seven kinds of rarity. *Conservation Biology*, 12: 182-204.

- Rosas, E.M.V. 1998. Mariposas de cuatro localidades de la zona de transición a la tierra caliente de Michoacán, México, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 106 p.
- Roslin, T. y A. Koivunen. 2001. Distribution and abundance of dung beetles in fragmentes landscapes. *Oecologia*, 127: 69-77.
- Salinas, G. J. L. 2003. Análisis de la Diversidad y Distribución Geográfica de los Hesperioidea (Lepidoptera: Rhopalocera) en Michoacán, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 77 p.
- Scoble, M. 1992. The Lepidoptera. Form, function and diversity. Museo de Historia Natural y Universidad de Oxford. 416 p.
- Scott, J.A. 1986. The butterflies of North America. A natural History and Field Guide. Uniiversidad de Stanford. E.U.A. 583 p.
- Seitz, A. 1924. The Macrolepidoptera of the World. The American Rhopalocera. Alfred Kernen. Stuttgart, 197 p.
- Sinervo, B., F. Méndez de la Cruz, D. B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagrán-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M. L. Calderón-Espinosa, R. N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L. J. Avila, M. Morando, I. J. De La Riva, P. Victoriano Sepulveda, C. F. Duarte Rocha, N. Ibargüengoytía, C. Aguilar Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, J. Clobert & J. W. Sites, Jr. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science* 328:894-899.
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*. 7: 480-488.
- Soulé, M. E., y M. A. Sanjayan. 1998. Conservation targets: do they help? *Science* 279:2060-2061.
- Tanaka, L.K. y S. K. Tanaka.1982. Rainfall and seasonal changes in arthropod abundance on a tropical oceanic island. *Biotropica* 14:114-123.
- Tapia, S. D. A. 2013. Análisis de los componentes alfa y beta de la Familia Nymphalidae (Papilionoidea: Lepidoptera) en el estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 105 p.
- Vargas, F. I., J. Llorente B. y A. Luis M. 1999. Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra de Manantlán (250-1,650 m) en los estados de Jalisco y Colima. *Publicaciones especiales del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México* 11: 1-153.

- Vellend, M. 2001. Do commonly used indices of β -diversity measure species turnover? *Journal of Vegetation Science* 12:545-552.
- Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A. M. Umaña, y H. Villareal. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 235 p.
- Villaseñor, R. M. A. 1995. Mariposas del sureste de la Ciudad de Morelia, Michoacán, México (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán. México. 82 p.
- Villaseñor, G., L. E. (ed.) 2005. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 266 p.
- Villaseñor, J.L., P. Maeda, J.J. Colín-López y E. Ortiz. 2005. Estimación de la riqueza de especies de Asteraceae mediante extrapolación a partir de datos de presencia-ausencia. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 5-18.
- Watson, R., V. Heywood, I. Baste, B. Dias, T. Gámez, T. Janetos y G. Ruark. 1995. Global biodiversity assessment. Universidad de Cambridge. United Nations Environment programme.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*. 21: 213-251.
- Whittaker, R. H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. En: *Evolutionary biology*, Hecht, M. K, W. C. Steere y B. Wallace (eds.). Plenum 10:1-67.
- Wright, D. H., B. D. Patterson, G. M. Mikkelsen, A. Cutler y W. Atmar. 1998. A comparative analysis of nested subset patterns of species composition. *Oecologia* 113:1-20.

11. APÉNDICE 1. PIERIDAE DE MICHOACÁN

Lista de especies de la familia Pieridae con base en los trabajos faunísticos en el estado de Michoacán, la literatura y de la megabase de datos MARIPOSA de la colección de Lepidoptera del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, UNAM. La lista sigue el arreglo taxonómico de Llorente-Bousquets *et al.* (2006a). A: Acuña (1990); B: Jurado y Ponce (1991); C: Balcázar (1993); D: Villaseñor (1995); E: Ponce *et al.* (1996); F: Rosas (1998); G: Maya (1999); H: Llorente-Bousquets *et al.* (2006a); I: Castillo (2008); J: Quiroz (2008); K: Base de datos MARIPOSA y L: Los resultados de este trabajo.

Especie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Dismorphinae												
<i>Dismorphia amphione lupita</i>								1	1		1	1
<i>Enantia mazai diazi</i>	1						1	1	1		1	1
<i>Lieinix nemesis nayaritensis</i>								1	1		1	1
Total Dismorphinae	1	0	0	0	0	0	1	3	3	0	3	3
Coliadinae												
<i>Colias eurytheme</i>		1		1				1	1	1	1	1
<i>Zerene cesonia cesonia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Anteos clorinde</i>	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Anteos maerula</i>	1		1	1	1			1	1		1	1
<i>Phoebis agarithe agarithe</i>	1		1			1	1	1	1		1	1
<i>Phoebis argante ssp. nov.</i>			1			1	1	1	1		1	1
<i>Phoebis neocypris virgo</i>	1		1		1	1	1	1	1		1	1
<i>Phoebis philea philea</i>	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Phoebis sennae marcellina</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prestonia clarki</i>								1	1		1	1
<i>Rhabdodryas trite ssp. n.</i>								1	1		1	1
<i>Aphrissa statira statira</i>								1	1		1	1
<i>Abaeis nicippe</i>	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
<i>Pyrisitia dina westwoodi</i>			1			1	1	1	1		1	1
<i>Pyrisitia lisa centralis</i>						1	1	1	1	1	1	1
<i>Pyrisitia nisenelphe</i>	1		1			1	1	1	1		1	1
<i>Pyrisitia proterpia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
<i>Eurema albulacelata</i>				1				1	1			1
<i>Eurema arbela boisduvaliana</i>	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1
<i>Eurema दौरa sidonia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eurema mexicana mexicana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eurema salome jamapa</i>			1		1		1	1	1	1	1	1
<i>Nathalis iole</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Kricogonia lyside</i>						1	1	1	1		1	1
Total Coliadinae	13	8	17	12	12	17	18	24	24	11	23	24

Pierinae												
<i>Hesperocharis costaricensis pasion</i>			1	1			1	1	1	1	1	1
<i>Hesperocharis crocea jaliscana</i>								1	1			1
<i>Hesperocharis graphites avivolans</i>								1	1	1	1	1
<i>Eucheira socialis socialis</i>								1	1			1
<i>Neophasia terlooii</i>								1	1			1
<i>Catantixia flisa flisa</i>								1				
<i>Catantixia nimbice nimbice</i>		1		1	1			1	1	1	1	1
<i>Catantixia teutila teutila</i>								1	1		1	1
<i>Melete lycimnia isandra</i>	1						1	1	1		1	1
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i>						1		1	1	1	1	1
<i>Pieris rapae rapae</i>								1	1		1	1
<i>Pontia protodice</i>		1	1	1				1	1	1	1	1
<i>Leptophobia aripa elodia</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
<i>Itaballia demophile centralis</i>		1						1	1		1	1
<i>Pieriballia viardi viardi</i>								1	1		1	1
<i>Ascia monuste monuste</i>	1		1			1	1	1	1		1	1
<i>Ganyra josephina josepha</i>							1	1	1		1	1
Total Pierinae	3	4	4	4	2	2	5	17	16	6	13	16
Totales	17	12	21	16	14	19	24	44	43	17	39	43