

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN  
Y SERVICIO EN SUELOS**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU RELACIÓN CON MARIPOSAS  
DIURNAS EN ZONAS CON EFECTO DE BORDE INMERSAS EN UN  
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRESENTA:**

**Isauro Alfonso Sandoval Pérez**

**DIRECCIÓN DE TESIS:**

**Dra. Rosa María García Núñez (Directora)**

**Dr. Saúl Ugalde Lezama (Co-Director)**



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**



**Junio 2016**

**Chapingo, Estado de México**

**SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU RELACIÓN CON MARIPOSAS DIURNAS  
EN ZONAS CON EFECTO DE BORDE INMERSAS EN UN BOSQUE MESÓFILO  
DE MONTAÑA**

Tesis realizada por **Isauro Alfonso Sandoval Pérez** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

DIRECTOR:   
DRA. ROSA MARÍA GARCÍA NÚÑEZ

CO-DIRECTOR:   
DR. SAÚL UGALDE LEZAMA

ASESOR:   
DR. ALEJANDRO LARA BUENO

ASESOR:   
DRA. ELVIA LÓPEZ PÉREZ

# ÍNDICE

LISTA DE CUADROS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE ANEXOS .....	ix
DEDICATORIA.....	x
AGRADECIMIENTOS .....	xi
DATOS BIOGRÁFICOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. HIPÓTESIS .....	4
4. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1 Agricultura y biodiversidad.....	5
4.2 Sistemas agroforestales .....	6
4.2.1 Sistemas agroforestales cafetaleros .....	7
4.2.2 Milpa.....	7
4.2.3 Traspacios .....	8
4.3 Biodiversidad en sistemas agroforestales.....	8
4.3 Bosque mesófilo de montaña .....	9
4.4 Fragmentación del hábitat y efecto de borde.....	11
4.5 Mariposas diurnas .....	12
4.5.1 Taxonomía .....	12
4.5.2 Historia natural .....	13
4.5.3 Riqueza específica .....	13
4.5.4 Diversidad .....	14
4.6 Uso sostenible de la biodiversidad: mariposas .....	14
4.7 Investigaciones respecto a mariposas en el área de estudio.....	15
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
5.1 Localización del área de estudio.....	17
5.2 Descripción del área de estudio.....	17
5.1.1 Fisiografía .....	17

5.1.2 Temperatura, precipitación y clima.....	17
5.1.3 Geología, edafología e hidrografía .....	17
5.1.4 Vegetación .....	18
5.2 Diseño de muestreo.....	22
5.3 Monitoreo de mariposas diurnas y manejo de muestras .....	22
5.4 Análisis de datos.....	24
5.4.1 Análisis tendencias.....	24
5.4.2 Análisis de riqueza específica .....	25
5.4.3 Análisis de abundancia .....	27
5.4.4 Análisis de diversidad.....	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
6.1 Resultados tendencias.....	33
6.2. Resultados de riqueza específica .....	37
6.3 Resultados de abundancia .....	55
6.4 Resultados de diversidad.....	66
7. CONCLUSIONES.....	73
LITERATURA CITADA.....	74

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Efectos de borde (EB) evaluados, condiciones ecológicas consideradas y puntos de monitoreo establecidos.....	23
Cuadro 2. Tabla de contingencia de los 33 EB evaluados (población) por especies de mariposas diurnas para cada familia y subfamilia registradas EB (caracteres).....	30
Cuadro 3. Número de especies de mariposas diurnas registradas en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	33

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del área de estudio, donde se observa la poligonal con 24 parcelas y el diseño de muestreo establecido.....	18
Figura 2. Número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	33
Figura 3. Número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	34
Figura 4. Número de especies y porcentajes de mariposas diurnas registradas por muestreo en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	34
Figura 5. Número de individuos y porcentajes de mariposas diurnas registradas por muestreo en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	35
Figura 6. Número de especies de mariposas diurnas registrado en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	35
Figura 7. Número de individuos de mariposas diurnas registrados en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	36
Figura 8. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	36
Figura 9. Número de familias observadas vs. número de familias estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	37
Figura 10. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas por familia en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	37
Figura 11. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	38
Figura 12. Número de subfamilias observadas vs. número de subfamilias estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	39
Figura 13. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	40
Figura 14. Número de subfamilias observadas vs. número de subfamilias estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	41
Figura 15. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas registrado por subfamilia en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	42
Figura 16. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por familia en los muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	43
Figura 17. Número de familias observadas vs. número de familias estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	43
Figura 18. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas registrado por familia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	44
Figura 19. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilias en los muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	45
Figura 20. Número de subfamilias observadas vs. número de subfamilias estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	45

Figura 21. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas por familia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	46
Figura 22. Frecuencia de Observación (FO) de las 20 especies de mariposas diurnas con mayores porcentajes de FO (>1%) registradas en los 33 EB considerados durante los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	47
Figura 23. Número de especies observadas vs. número de especies estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	47
Figura 24. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos por especies de mariposas diurnas en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	49
Figura 25. Frecuencia de Observación (FO) de las 20 especies de mariposas diurnas con mayores porcentajes de FO (>1%) registradas durante los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	50
Figura 26. Número de especies observadas vs. número de especies estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	51
Figura 27. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos por especie de mariposas diurnas en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	52
Figura 28. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	55
Figura 29. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.	55
Figura 30. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por familia en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.	57
Figura 31. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilias en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	58
Figura 32. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. ....	58
Figura 33. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por subfamilia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	60
Figura 34. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	61
Figura 35. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	61
Figura 36. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por familia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	62
Figura 37. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	63
Figura 38. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	63
Figura 39. Dendograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por subfamilia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	64

Figura 40. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para familias por EB, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	67
Figura 41. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para subfamilias por EB, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	67
Figura 42. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para individuos por especie por EB, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	68
Figura 43. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para familias por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	69
Figura 44. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para subfamilias por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	70
Figura 45. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para individuos por especie por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.....	70



## LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Valores de georreferenciación, altitud, pendiente y cobertura de dosel de los 44 puntos de monitoreo.....	83
Anexo 2. Listado de especies de mariposas diurnas de Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. (utilizando el arreglo taxonómico considerado por Luis <i>et al.</i> , 2011) .....	84

## **DEDICATORIA**

A mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo.

A la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, del Departamento de Suelos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Al Comité Asesor del presente trabajo: Dra. Rosa María García Núñez, Dr. Saúl Ugalde Lezama, Dr. Alejandro Lara Bueno y Dra. Elvia López Pérez.

A los profesores que compartieron conmigo sus conocimientos durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

Al Sr. Alfonso Pérez Amayo y al Sr. Santos Xochiquiquisqui Xochiquiquisqui, por su invaluable apoyo durante las recolectas.

Al personal administrativo y técnico de la Universidad Autónoma Chapingo que apoyó en la realización de esta tesis.

A mis compañeros y amigos de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**



### **Datos personales**

Nombre: Isauro Alfonso Sandoval Pérez.

Fecha de nacimiento: 18 de Enero de 1984.

Lugar de nacimiento: Zongolica, Veracruz, México.

No. cartilla militar: C-7350280.

CURP: SAPI840118HVZNR505.

Profesión: Biólogo.

Cédula Profesional: 7106903

### **Desarrollo académico**

Bachillerato: Lic. Luis Echeverría Álvarez, Clave 30PBH0142K; Zongolica, Veracruz (1999-2002).

Licenciatura: Licenciatura en Biología, Universidad Veracruzana (2002-2006).

Maestría: Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo (2014-2015).

## RESUMEN

### SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU RELACIÓN CON MARIPOSAS DIURNAS EN ZONAS CON EFECTO DE BORDE INMERSAS EN UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Isauro Alfonso Sandoval-Pérez<sup>1</sup>, Rosa María García-Núñez<sup>2</sup>, Saúl Ugalde-Lezama<sup>3</sup>

Entre junio-octubre de 2015 se realizó el monitoreo de mariposas diurnas con el objeto de establecer la importancia de 33 Efectos de Borde (EB) conformados por tres sistemas agroforestales tradicionales inmersos en un Bosque Mesófilo de Montaña fragmentado en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Veracruz. En cada EB se estableció un diseño de muestreo sistemático a conveniencia. El monitoreo de mariposas se realizó mediante redes entomológicas, aplicando el recuento en puntos con radio fijo. La riqueza específica fue analizada mediante Jackknife1; abundancia con el Índice de Abundancia Relativa; Diversidad de especies utilizando Shannon-Wiener; adicionalmente se utilizaron Frecuencias de Observación (FO), Kruskal-Wallis, Clúster,  $\chi^2$ . Los resultados de FO para riqueza de especies presentó promedios mínimos-máximos de 0.0009% a 48.01%, Jackknife 1 mostró valores mínimos de 4.49 a máximos de 203.27, Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas ( $F=16$ ,  $p=0.7240$ ;  $F=9$ ,  $p=0.4966$ ;  $F=20$ ,  $p=0.6584$ ;  $F=13$ ,  $p=0.5953$ ;  $F=14$ ,  $p=0.1403$ ;  $F=22$ ,  $p=0.8118$ ), los Clúster exhibieron la conformación de 3 a 13 amalgamaciones con distancia mínimas de  $w=0$  y máximas de  $w=34.07885145$ ; para la Abundancia, la FO presentó promedios mínimos-máximos de 0.14% a 57.83%, el índice de Abundancia Relativa presentó valores mínimos-máximos de 0.001 a 0.578, Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas ( $F=26$ ,  $p=0.5642$ ;  $F=20$ ,  $p=0.6271$ ;  $F=22$ ,  $p=0.8414$ ;  $F=30$ ,  $p=0.4376$ ), los Clúster exhibieron la conformación de 3 a 5 amalgamaciones con distancias mínimas de  $w=0.589536436$  a máximas de  $w=8.255686591$ ,  $\chi^2$  manifestó valores de  $p=0.5396$ ,  $p=0.7577$ ,  $p=0.5708$ ,  $p=0.3083$ ; para Diversidad de especies el estimador de Shannon-Wiener presentó un valor mínimo de  $H'=1.24$  a máximo de  $H'=3.97$ , Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas ( $F=24$ ,  $p=0.1290$ ;  $F=3$ ,  $p=0.2839$ ;  $F=3$ ,  $p=0.2839$ ;  $F=4$ ,  $p=0.4060$ ) y no significativas ( $F=5$ ,  $p<0.0003$ ;  $F=11$ ,  $p<0.0015$ ). Se logró estimar-comparar la riqueza, abundancia, y diversidad de especies de mariposas diurnas en los EB considerados; la presente sienta las bases para futuras investigaciones de la Lepidopterofauna de esta zona particular de Veracruz.

**Palabras clave:** Lepidoptera, Biodiversidad, Sierra de Zongolica, Agricultura tradicional, fragmentación del hábitat, monitoreo.

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo

<sup>1</sup>Tesista, <sup>2</sup>Director de Tesis, <sup>3</sup>Co-director.

## ABSTRACT

### AGROFORESTRY SYSTEMS AND THEIR RELATIONSHIP WITH BUTTERFLIES IN AREAS WITH EDGE EFFECTS IMMERSSED IN A CLOUD FOREST

Isauro Alfonso Sandoval-Pérez<sup>1</sup>, Rosa María García-Núñez<sup>2</sup>, Saúl Ugalde-Lezama<sup>3</sup>

From June to October 2015 we monitored butterflies to establish the importance of 33 Edge Effects (EB) formed by three traditional agroforestry systems immersed in a fragmented cloud forest in Xochitla, Mixtla Altamirano, Veracruz. In each EB, a systematic sampling design for convenience was established. The butterfly monitoring was performed using entomological nets, applying counting points with fixed radius. Species richness was analyzed by Jackknife1; abundance by Relative Abundance Index; Species diversity using Shannon-Wiener; Observation Frequencies (FO), Kruskal-Wallis, Cluster, and  $\chi^2$  were used in some cases. Results of FO for species richness presented minimum-maximum means of 0.0009% to 48.01%, Jackknife 1 showed minimum values from 4.49 to maximum of 203.27, Kruskal-Wallis showed significant differences (F=16,  $p=0.7240$ ; F=9,  $p=0.4966$ ; F=20,  $p=0.6584$ ; F=13,  $p=0.5953$ ; F=14,  $p=0.1403$ ; F=22,  $p=0.8118$ ), Cluster exhibited formation of 3 to 13 amalgamations with minimum distances of  $w=0$  and  $w=\text{maximum } 34.07885145$ ; for abundance, FO had minimum-maximum averages of 0.14% to 57.83%, Relative Abundance Index presented minimum-maximum of 0.001 to 0.578, Kruskal-Wallis showed significant differences (F=26,  $p=0.5642$ ; F=20,  $p=0.6271$ ; F=22,  $p=0.8414$ ; F=30,  $p=0.4376$ ), Cluster exhibited formation of 3 to 5 amalgamations with minimum distances of  $w=0.589536436$  at maximum of  $w=8.255686591$ ,  $\chi^2$  stated values of  $p=0.5396$ ,  $p=0.7577$ ,  $p=0.5708$ ,  $p=0.3083$ ; for Diversity of species, Shannon-Wiener estimator introduced a minimum value of  $H'=1.24$  to maximum  $H'=3.97$ , Kruskal-Wallis showed significant differences (F=24,  $p=0.1290$ ; F=3,  $p=0.2839$ ; F=3,  $p=0.2839$ ; F=4,  $p=0.4060$ ) and not significant (F=5,  $p<0.0003$ ; F=11,  $p<0.0015$ ). It was possible to estimate-compare richness, abundance, and diversity of species of butterflies in the EB considered; this lays a framework for future research of Lepidoptero fauna of this particular area of Veracruz.

**Keywords:** Lepidoptera, Biodiversity, Sierra de Zongolica, traditional agriculture, habitat fragmentation, monitoring.

Thesis of Master Science, Program of Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo

<sup>1</sup>Authors, <sup>2,3</sup> Advisors.

# 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura nació hace aproximadamente 10,000 años, y durante la mayor parte de este lapso las labores agrícolas ejercieron bajo impacto sobre la biodiversidad. Sin embargo, a partir del siglo XV, los imperios europeos convirtieron grandes extensiones de hábitat natural en áreas agrícolas, iniciando un proceso de fragmentación y deterioro ambiental (Perfecto y Vandermeer, 2008). Fenómenos socioeconómicos posteriores, como la Revolución Industrial y la Revolución Verde, en combinación con el incremento demográfico, agudizaron la problemática ecológica que hoy enfrenta el planeta (Duun, 2004; Gascon *et al.*, 2004), destacando la pérdida de biodiversidad, de la cual forman parte las mariposas diurnas (Insecta: Lepidoptera).

Entre los ecosistemas más amenazados en México se encuentra el bosque mesófilo de montaña (BMM; CONABIO, 2010). Este tipo de hábitat presenta una distribución restringida a nivel nacional (1%), albergando aproximadamente el 10% de la flora y la fauna del territorio (Gual-Díaz y González-Medrano, 2014; Ochoa-Ochoa y Mejía-Domínguez, 2014), destacando la presencia de 459 taxones de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (Monteagudo *et al.*, 2014).

Un bosque mesófilo de interés ecológico se encuentra en la Sierra de Zongolica, ubicada dentro de la subregión Huautla-Zongolica, misma que abarca los estados de Veracruz, Oaxaca y Puebla; dicha área está catalogada como de prioridad crítica para la conservación, manejo y restauración de tal ecosistema, pues la actividad agrícola y la deforestación han provocado cambios drásticos en los patrones de uso de suelo y biodiversidad, los cuales no han sido evaluados (CONABIO, 2010).

Los lepidópteros, además de jugar un rol preponderante dentro de las cadenas tróficas y la polinización (Munyuli, 2011), pueden utilizarse para el monitoreo del hábitat. Las mariposas diurnas son uno de los grupos biológicos más confiables como bioindicadores, por su sensibilidad a modificaciones ambientales y su facilidad de observación e identificación (Andrade, 1998; Villarreal *et al.*, 2006);

adicionalmente, poseen un uso potencial en programas de educación ambiental y biocomercio (Fagua *et al.*, 2002; Gómez, 2006).

A pesar de su importancia ecológica, económica y social, en el estado de Veracruz dicho grupo de insectos se ha estudiado más desde el punto de vista taxonómico y en hábitats conservados de bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio (Hernández *et al.*, 2010); sin efectuarse investigación dentro de sistemas agroforestales y menos aún en zonas con efecto de borde, siendo la lepidopterofauna de la sierra de Zongolica una de las menos conocidas (UNIBIO, 2013). Lo anterior se debe a la inadecuada instrumentación de la política conservacionista moderna, la cual se ha centrado en la protección de áreas prístinas, ignorando hasta hace poco el potencial de áreas agrícolas, especialmente de los sistemas agroforestales, donde los cultivos se asocian con plantas leñosas, para la conservación de la biodiversidad (Bhagwat *et al.*, 2008; Perfecto y Vandermeer, 2008).

Dependiendo de su grado de complejidad estructural, dichos sistemas productivos pueden sostener mayor biodiversidad que los monocultivos, además de otros servicios ambientales (e. g.: la captura de carbono), contribuyendo para la conservación y aprovechamiento sustentable de mariposas en paisajes agrícolas fragmentados, y coadyuvando en el desarrollo de las comunidades rurales (Fagua *et al.*, 2002; Gómez, 2006; McNeely y Schroth, 2006; Jose, 2009; Francesconi *et al.*, 2013). Por lo tanto, en la presente investigación se evaluó el efecto de borde en tres sistemas agroforestales tradicionales (café, maíz, trapatio) y su potencial relación en el mantenimiento de la diversidad de mariposas diurnas en un Bosque Mesófilo de Montaña fragmentado en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Establecer la importancia del efecto de borde en tres sistemas agroforestales tradicionales y su relación con el mantenimiento de la diversidad de mariposas diurnas en un Bosque Mesófilo de Montaña fragmentado en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Estimar y comparar la riqueza de mariposas diurnas en los efectos de borde considerados.
2. Determinar y contrastar la abundancia de mariposas diurnas en los efectos de borde considerados.
3. Inferir y confrontar la diversidad de mariposas diurnas en los efectos de borde considerados.

### **3. HIPÓTESIS**

1. La riqueza de especies de mariposas diurnas no difiere en los efectos de borde considerados.
2. La abundancia de mariposas diurnas es similar en los efectos de borde bajo estudio.
3. La diversidad de especies de mariposas diurnas no exhibe diferencias drásticas en los efectos de borde contemplados.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Agricultura y biodiversidad

El término biodiversidad se refiere a todas las formas en que la vida se manifiesta en la Tierra (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). La intensificación agrícola, junto a la conversión extensiva de áreas con vegetación nativa, son las principales causas de pérdida de biodiversidad y cambio de uso de suelo (Bhagwat *et al.*, 2008), motivadas en la actualidad por el crecimiento demográfico humano. Es probable que la demanda mundial de alimentos se duplique hacia el año 2050, y la demanda de cultivos bioenergéticos está en aumento (Koh, 2008; Clough *et al.*, 2011).

Los pueblos originarios de nuestro país han interactuado por miles de años con la diversidad biológica, manejando alrededor de 5500 especies de plantas útiles (Moreno-Calles *et al.*, 2013), pero la valoración de la diversidad biológica es un tema reciente en México: *e. g.*, entre 1972 y 1982, auspiciado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería, existió el Programa Nacional de Desmonte (Pronade), cuyo objetivo fue el desmonte de tierras ociosas para su aprovechamiento en la agricultura y ganadería (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). Como resultado, los habitantes de las regiones donde tuvo efecto dicho programa disminuyeron sus posibilidades de obtener productos y beneficios de bosques y selvas.

No obstante la presión ejercida por las actividades agrícolas sobre la biodiversidad, ciertos tipos de agricultura poseen el potencial para proporcionar hábitat y recursos a gran variedad de plantas y animales (Harvey y González, 2007). Tal es el caso de los sistemas agroforestales, que a diferencia de los monocultivos presentan una estructura compleja, manteniendo elevados rendimientos de cosecha y altos índices de biodiversidad (Clough *et al.*, 2011).

## 4.2 Sistemas agroforestales

La permanencia y/ o inclusión de árboles en el paisaje agrícola ha estado presente desde los orígenes de la agricultura (McNeely y Schroth, 2006), debido a que la mayoría de las especies leñosas proporcionan bienes y servicios como sombra, refugio, energía, alimento, forraje, etc.

Los sistemas de uso del suelo y las tecnologías donde las especies leñosas perennes se utilizan deliberadamente en las mismas unidades de manejo de la tierra, siguiendo un arreglo espacial y/o cronológico, donde se desarrollan interacciones ecológicas y económicas simultáneas entre sus componentes, reciben en conjunto el nombre de agroforestería (Lundgren y Raintree, 1983).

Los sistemas agroforestales (SAF) son sistemas de producción agrícola en los cuales los árboles y arbustos se utilizan en asociación con cultivos y/o animales (SAGARPA *et al.*, 2007). El objetivo de estos sistemas es diversificar y optimizar la producción, mediante un uso más eficiente de la tierra, basado en el desarrollo sostenible.

Una de sus variantes de los sistemas agroforestales tradicionales son formas de uso del suelo desarrolladas por los pueblos originarios, cuyo origen histórico se remonta a 9000 años de la época actual (Scales y Marsden, 2008), y a la época precolombina en el caso de México. Estos sistemas se caracterizan por la preservación selectiva de componentes forestales silvestres (principalmente leñosos y perennes), el manejo de plantas perennes o anuales, cultivadas y con niveles avanzados de domesticación, el manejo (ocasional) de fauna silvestre, y el manejo de los componentes del sistema dentro de un contexto ecológico, cultural y económico particular, maximizando las interacciones ecológicas y económicas entre elementos forestales y agrícolas (Moreno-Calles *et al.*, 2013). A continuación se mencionan las características generales de los sistemas agroforestales tradicionales identificados en el área de estudio.

#### **4.2.1 Sistemas agroforestales cafetaleros**

En la mayor parte de Latinoamérica, desde su introducción en el siglo XVI hasta 1970, el café se cultivó en sistemas agroforestales, intercalando los cafetos en selvas o bosques modificados (Moguel y Toledo, 2004), pero a partir de la última década mencionada, el monocultivo cafetalero se extendió en la región.

Tomando como base el nivel de manejo y la estructura de la vegetación, Moguel y Toledo (1999), propusieron una clasificación de los sistemas de producción de café en México, sugiriendo cinco categorías: rústico y policultivo tradicional (tradicionales), policultivo comercial (modalidad intermedia), monocultivo con sombra y monocultivo sin sombra (especializados o modernos).

En México, a diferencia de Brasil, Colombia y Costa Rica, los sistemas de producción tradicionales rústico y de policultivo, con vegetación arbórea original y sombra diversificada, continúan siendo el pilar de la caficultura, contribuyendo con el 55-65% de la producción nacional (Moguel y Toledo, 2004). Los cafetales bajo sombra, además de proporcionar beneficios ambientales, contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Escamilla-Prado *et al.*, 2012). En el área de estudio, considerando la presencia de gran cantidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas asociadas al cultivo del café (introducidas y silvestres), los sistemas agroforestales cafetaleros presentes se clasifican dentro de la categoría policultivo tradicional (Moguel y Toledo, 1999).

#### **4.2.2 Milpa**

La milpa, definida por la Real Academia Española (2015) como “terreno dedicado al cultivo del maíz y a veces de otras semillas”, es un tipo de agroecosistema mexicano que data de tiempos prehispánicos y se mantiene vigente hasta la actualidad. La asociación del cultivo de maíz con diversas especies de frijol, calabaza y arvenses permite obtener productos a lo largo de casi todo el año, sean o no cultivados, utilizando de forma eficiente la luz, agua y nutrientes del suelo debido a su estructura multiestratos, y fomentando las interacciones

simbióticas entre plantas a través de la diversidad de especies, razas y variedades (Kato *et al.*, 2009).

Con respecto al sistema agroforestal tradicional milpa en la Sierra de Zongolica, Vázquez (1977), menciona que en un área que será cultivada, la tala de árboles y arbustos no es indiscriminada: se dejan algunos componentes espaciados de dichos estratos, para la regeneración de las comunidades vegetales; la madera se ocupa para horcones, vigas, postes, carbón, etc., dando prioridad a la leña. El manejo de la tierra en el sistema agroforestal milpa en el área de estudio se clasifica dentro de la categoría Uso agrícola, con labranza manual, de temporal y recurrente (Dzib, 1994).

#### **4.2.3 Traspacios**

El traspacio, patio, huerto o solar es un sistema agroforestal cuya característica principal es su ubicación al lado de las habitaciones humanas; en estos sistemas se manejan diversas especies vegetales perennes y anuales, y en algunas ocasiones animales (Moreno-Calles *et al.*, 2013). Su estructura y composición es compleja, abarcando varios estratos horizontales y verticales, donde las perennes son dominantes o están ubicadas de manera intersticial, o puede existir predominio de especies arbustivas y herbáceas (Montagnini, 2006).

#### **4.3 Biodiversidad en sistemas agroforestales**

Los sistemas agroforestales ofrecen parte de la solución para atenuar el desequilibrio ecológico causado por la agricultura, especialmente cuando se trata de cultivos que requieren la presencia de un estrato arbóreo o arbustivo para su óptimo desarrollo. El grado de complejidad estructural que presenta un sistema agroforestal determina la riqueza de especies que pueden prosperar en este hábitat: a mayor complejidad se presenta mayor diversidad; asimismo, la presencia de áreas con vegetación original cercanas influye positivamente en la biodiversidad que contiene el sistema (Pérez, 2008).

Los sistemas agroforestales no pueden remplazar a los hábitats naturales: su papel en la conservación de especies depende de la presencia de áreas naturales protegidas, aumentando la presencia de especies propias de bosques e incrementando la movilidad de especies entre fragmentos de vegetación nativa (Francesconi *et al.*, 2013). Los ensambles animales en los sistemas agroforestales difieren de aquellos presentes en bosques, por lo que el mantenimiento de áreas con vegetación nativa dentro del paisaje agrícola es crítico para la conservación intacta del total de los ensambles a nivel de paisaje (Harvey y González, 2007).

### **4.3 Bosque mesófilo de montaña**

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), también llamado bosque de niebla, es un tipo de ecosistema que se caracteriza por la presencia de árboles en varios estratos, la abundancia de helechos y epífitas, y la humedad atmosférica alta durante todo el año, debido a lluvias frecuentes, nubosidad y neblina (Williams-Linera, 2012).

El término engloba a un grupo de comunidades complejas en cuanto a origen, estructura, afinidad florística y composición (CONABIO, 2010). A nivel mundial, los bosques mesófilos representan solo el 0.26 % de la superficie terrestre (380,000 km<sup>2</sup>), pero juegan un papel importante en la regulación del ciclo del agua, estabilizando su calidad y manteniendo los patrones naturales de flujo, siendo además sitios con alta concentración de biodiversidad y endemismos (Bubb *et al.*, 2004).

Rzedowski (2006), reconoce al BMM como uno de los diez principales tipos de vegetación de México; si se toma en cuenta la vegetación secundaria derivada de este tipo de ecosistema, el BMM ocupa el 1% de la superficie nacional, o el 0.4%, si se considera solo vegetación primaria (Gual-Díaz y González-Medrano, 2014). Su distribución abarca desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca, a lo largo de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental, incluyendo

porciones de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz. En la vertiente pacífica se presenta desde el norte de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán, pero solo en Guerrero y Oaxaca existen áreas continuas. También se presenta de forma aislada en el suroeste y centro-norte de Tamaulipas, en el este de Nuevo León, en los macizos montañosos de Chiapas y en el Eje Neovolcánico Transversal (Rzedowski, 2006; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014).

En México, el BMM se desarrolla de los 280 a 2,700 msnm; la precipitación media anual oscila entre 1,000 y 3,000 mm, y el número de meses secos varía entre 0 y 4 (Rzedowski, 2006; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014). La temperatura media anual se ubica entre 12 y 23 °C, y el clima característico es templado húmedo con lluvias todo el año (Rzedowski, 2006). Este tipo de vegetación se presenta en regiones de relieve accidentado, frecuentemente en laderas de pendiente pronunciada, sobre calizas, lutitas, andesitas y/o basaltos, en suelos de tipo Acrisol órtico, Andosol, Cambisol, Regosol y Litosol, con texturas que varían de migajón-arenosa a arenoso-arcillosa, de colores amarillo pardo a rojizos, con abundante materia orgánica y pH ácido (Rzedowski, 2006; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014).

En cuanto a biodiversidad, para el BMM en México se han registrado 2,500 especies de plantas que crecen preferente o exclusivamente en este ecosistema (Williams-Linera, 2012). En su dosel predominan árboles caducifolios de clima templado y afinidad holártica de los géneros *Liquidambar*, *Quercus*, *Fagus* y *Pinus*; el sotobosque está conformado principalmente por especies tropicales perennifolias de afinidad neotropical: arbustos de las familias Acanthaceae, Rubiaceae y Myrsinaceae; y en las copas de los árboles abundan epífitas de las familias Orchidaceae, Bromeliaceae, Piperaceae y Araceae (CONABIO, 2010).

Para el estado de Veracruz, Ellis *et al.* (2010), mencionan la presencia de bosque mesófilo en seis áreas prioritarias para la conservación de biodiversidad: la Sierra Madre Oriental, la región Tlacolulan-Misantla, el Cofre de Perote, la región de las Grandes Montañas (de la cual forma parte la Sierra de Zongolica), Chiconquiaco y la región de Xalapa.



La presencia de BMM en la Sierra de Zongolica fue corroborada recientemente por Castillo (2013), quien evaluó la diversidad florística de un Área Privada de Conservación donde prospera este tipo de ecosistema, en el municipio de Zongolica, Ver. (colinda con Mixtla de Altamirano), inventariando 392 especies vegetales, destacando en riqueza específica las familias Orchidaceae, Asteraceae y Fabaceae.

#### **4.4 Fragmentación del hábitat y efecto de borde**

Entre las principales amenazas que enfrentan los ecosistemas tropicales como el BMM, destacan la fragmentación del hábitat, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de recursos naturales, y la alteración de los ciclos biogeoquímicos a nivel global (Gascon *et al.*, 2004).

La fragmentación de los bosques tiene lugar cuando superficie con vegetación nativa es subdividida y reducida en tamaño (Laurance y Vasconcelos, 2004), alterando las interacciones naturales, el funcionamiento del paisaje, el comportamiento y la dinámica de las poblaciones biológicas (Gascon *et al.* 2004).

De acuerdo con su tipología, los efectos de la fragmentación del hábitat en zonas tropicales sobre las especies y ecosistemas pueden clasificarse de la siguiente manera (Laurance y Vasconcelos, 2004):

- a) efectos de área: los fragmentos de hábitat grandes generalmente presentan mayor riqueza específica.
- b) efectos de distancia: la distancia entre fragmentos afecta el movimiento de la fauna y la propagación de la flora.
- c) efectos de borde: la fragmentación produce cambios ecológicos en los límites del bosque original y los hábitats modificados.

d) efectos de matriz: el mosaico antropogénico que rodea los fragmentos influye sobre la conectividad del hábitat.

e) efectos sinérgicos: a las perturbaciones anteriores se suman la tala, la caza y los incendios.

La zona de transición entre hábitats adyacentes se denomina borde (López-Barrera, 2004). Donde originalmente existía un ecosistema continuo, la fragmentación del hábitat crea bordes abruptos y artificiales, que producen cambios físicos y biológicos a lo largo de los márgenes entre el ecosistema natural y las áreas intervenidas, los cuales se definen como efecto de borde (EB; Laurance y Vasconcelos, 2004; Nava-Cruz *et al.*, 2007).

En México, la fragmentación del BMM es causada principalmente por la utilización de las áreas boscosas para actividades agrícolas (cultivo de café, maíz, frijol y caña de azúcar), como agostaderos, y para la extracción de productos forestales maderables y no maderables (Gual-Díaz y González-Medrano, 2014). En la zona centro de Veracruz, las áreas con BMM se presentan como fragmentos inmersos en un paisaje agrícola, rodeados por potreros, cafetales y asentamientos humanos (García *et al.*, 2008).

La pérdida de hábitat (incluyendo fragmentación, deforestación y conversión de áreas con vegetación nativa a zonas agrícolas), junto con el cambio climático y la introducción de especies exóticas, son las principales amenazas que enfrentan las mariposas diurnas (Bonebrake *et al.*, 2010).

## **4.5 Mariposas diurnas**

### **4.5.1 Taxonomía**

Las mariposas son organismos pertenecientes al orden Lepidoptera, dentro de la clase Insecta del Phylum Arthropoda (De la Maza, 1993). De acuerdo al periodo en que se encuentran activas, las mariposas se han dividido tradicionalmente en

dos subórdenes: diurnas (Rhopalocera) y nocturnas (Heterocera); aunque el uso de esta clasificación se ha generalizado, no posee validez taxonómica (Murillo-Hiller, 2008). Actualmente, siguiendo una clasificación cladística, el orden Lepidótera se divide en cuatro subórdenes: Zeugloptera, Aglossata, Heterobathmiina y Glossata, las primeras tres incluyen solo especies nocturnas de superfamilias primitivas, y la última comprende al resto del orden (Heppner, 2008). Se considera como mariposas diurnas solo a las especies de las superfamilias Papilionoidea y Hesperioidea, las cuales son caracterizadas por la presencia de antenas con extremidad en forma de maza (Luis *et al.*, 2011). En Papilionoidea, la maza de la antena es recta y el cuerpo es delgado en proporción a las alas; y en Hesperioidea la maza es curvada en su ápice, a menudo formando un pequeño gancho distal, y el tórax siempre es ancho en proporción con las alas (*op. cit.*).

#### **4.5.2 Historia natural**

Las mariposas, tanto diurnas como nocturnas, presentan alas y cuerpos cubiertos por pequeñas escamas. Su ciclo de vida abarca cuatro estadios: las hembras depositan huevecillos sobre plantas hospederas, de los que emergen larvas u orugas, que experimentan un proceso de ecdisis o muda periódica, para convertirse en pupas o crisálidas, de las que surgen los adultos (Beutelspacher, 1983; Heppner, 2008). El cuerpo de los adultos se divide en cabeza, tórax y abdomen; en la cabeza se presentan un par de antenas y partes bucales pares, en el tórax y poseen tres pares de patas y dos pares de alas membranosas. Las larvas se alimentan generalmente de follaje de plantas; los adultos consumen principalmente néctar, frutas y polen, utilizando también minerales presentes en suelos húmedos, estiércol o carroña (De la Maza, 1993; Bonebrake *et al.*, 2010).

#### **4.5.3 Riqueza específica**

De las 255,000 especies de Lepidoptera calculadas a nivel mundial (Heppner, 2008), hasta el año 2002 se tenían registradas en México 14,507 especies, de

23,742 estimadas (Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Las mariposas diurnas representan el 13% del orden Lepidoptera, y para este grupo biológico en México se estima la presencia de 2,049 taxones a nivel especie-subespecie; Chiapas, Oaxaca y Veracruz (con 1312, 1209 y 1173 especies-subespecies, respectivamente) son los estados con mayor riqueza específica de mariposas diurnas (Hernández *et al.*, 2010; Luis *et al.*, 2011).

#### **4.5.4 Diversidad**

La alta diversidad de mariposas diurnas en México se debe a que en nuestro país confluyen las regiones biogeográficas neártica y neotropical (que en conjunto albergan el 40% del total mundial de lepidópteros), además de la presencia de gran cantidad de formaciones orográficas de distintas edades (Hernández *et al.*, 2010).

Para el estado de Veracruz, Hernández y Iglesias (2001) consideran que la alta riqueza lepidopterológica es producto de la heterogeneidad espacial, climatológica y vegetacional, aunada al flujo intermitente de especies neárticas y neotropicales.

Asimismo, el tamaño, la forma, la complejidad estructural y la conectividad del hábitat, así como la altitud, son factores que determinan la variación en cuanto a especies presentes en un ecosistema (Carrero *et al.*, 2013). Por otra parte, la urbanización es un factor que afecta negativamente la riqueza específica de mariposas (Ramírez, 2010).

#### **4.6 Uso sostenible de la biodiversidad: mariposas**

La biodiversidad como fuente sostenible de recursos ha sido un tema poco investigado. Con respecto a la fauna silvestre, en algunas regiones de México aún persiste su uso tradicional, principalmente en comunidades indígenas, e. g.: el aprovechamiento de insectos comestibles en zonas cafetaleras del centro del estado de Veracruz (Escamilla-Prado *et al.*, 2012). Es importante destacar que dos especies utilizadas en la Sierra de Zongolica y consideradas en dicha

investigación, gusano del jonote (*Arsenura armida*) y gusanillo (*Phasus triangularis*), son larvas de lepidópteros nocturnos asociadas a *Heliocarpus* sp. y *Lippia myriocephala*, árboles usados como sombra en agroecosistemas cafetaleros de Veracruz.

Por otra parte, la recolecta y cría de mariposas en cautiverio y su venta pueden constituir una fuente de ingresos para población rural que habita en regiones tropicales, así como para las comunidades que cultivan café (Fagua *et al.*, 2002; Gil-Palacio *et al.*, 2000). A nivel internacional, la demanda de ejemplares de mariposas es generada por seis sectores: 1) coleccionistas, 2) artesanías e industrias de adornos, 3) museos, 4) compra de escamas para la fabricación de chips y pantallas de computadores, 5) exhibición en mariposarios, y 6) liberación en eventos festivos (Gómez, 2006).

Con respecto a su explotación, la colecta de ejemplares en vida silvestre ha repercutido negativamente solo en poblaciones de algunas especies de Papilionidae (e. g.: el género *Ornithoptera*, de Nueva Guinea y Australia), pero en la mayoría de las mariposas tropicales la cosecha probablemente no tiene un efecto significativo, si se compara con amenazas como la pérdida de hábitat (Bonebrake *et al.*, 2010).

#### **4.7 Investigaciones respecto a mariposas en el área de estudio**

La investigación realizada en torno a la lepidopterofauna de la Sierra de Zongolica es reducida. Con respecto a mariposas diurnas, Oñate-Ocaña y Llorente-Bousquets (2010) mencionan que entre 1896 y 1899, W. Schaus recolectó ejemplares de Papilionidae y Pieridae en once localidades con bosque mesófilo y bosque tropical subperennifolio del estado de Veracruz, Zongolica entre ellas; asimismo, de 1906 a 1910 se obtuvieron muestras de papiliónidas y piéridas en 19 localidades en Veracruz, siendo la Selva alta perennifolia próxima a Zongolica uno de los sitios de colecta.

Otra referencia para visualizar la poca cantidad de información biológica de la Sierra de Zongolica es que de 69,689 ejemplares de Lepidoptera registrados en

la base de datos de la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología de la UNAM, únicamente 55 especímenes fueron colectados en la región de Zongolica, entre 1961 y 1974; estos pertenecen a tres familias: Nymphalidae, Pieridae (diurnas) y Saturniidae (nocturnas), con 24, 10 y 2 especies respectivamente, lo que equivale al 0.078% del total de ejemplares resguardados (UNIBIO, 2013).

Estudios entomológicos recientes efectuados en la región de Zongolica son igualmente escasos, destacando el de Tuxtla (2013), quien realizó una investigación etnoentomológica del “gusanillo” (*Phassus triangularis*) en cinco municipios productores de café en Veracruz, dos de ellos ubicados en la Sierra de Zongolica: Tequila y Zongolica.

Por otra parte, Montañez (2014) estudió la diversidad de “polillas-avispa” (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae) en tres localidades con BMM del municipio de Zongolica, Veracruz, durante la temporada verano-otoño, reportando 22 especies, distribuidas en 17 géneros y dos subtribus (Ctenuchina y Euchromiina).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Localización del área de estudio**

El área de estudio se ubica en la localidad de Xochitla, municipio de Mixtla de Altamirano, Veracruz, entre los paralelos 18°36.757' y 18°37.097' de latitud norte y los meridianos 96°57.635' y 96°57.989' de longitud oeste, en un rango altitudinal de 1154-1505 msnm (INEGI, 2009). Mixtla de Altamirano forma parte de la Sierra de Zongolica, integrada a la región Sierra Norte de Oaxaca y la subregión Huautla-Zongolica, la cual es una de las 15 zonas de prioridad crítica para la conservación y manejo de BMM en el país (CONABIO, 2010). La poligonal del área de estudio cuenta con una superficie de 21.7 ha (Figura 1).

### **5.2 Descripción del área de estudio**

#### **5.1.1 Fisiografía**

El área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, y a la subprovincia Sierras Orientales (INEGI, 2009).

#### **5.1.2 Temperatura, precipitación y clima**

La temperatura oscila entre 14 y 24°C; la precipitación media es de 2,400-2,600 mm. El clima presente es de tipo A(C) f (m): semicálido húmedo con lluvias todo el año (INEGI, 2009).

#### **5.1.3 Geología, edafología e hidrografía**

La geología del área se originó en los periodos Cretácico y Jurásico, y presenta rocas sedimentarias de tipo caliza, lutita-arenisca y lutita; el suelo presente es de tipo Luvisol (INEGI, 2009). Dentro del área de estudio no se presentan corrientes de agua perennes.

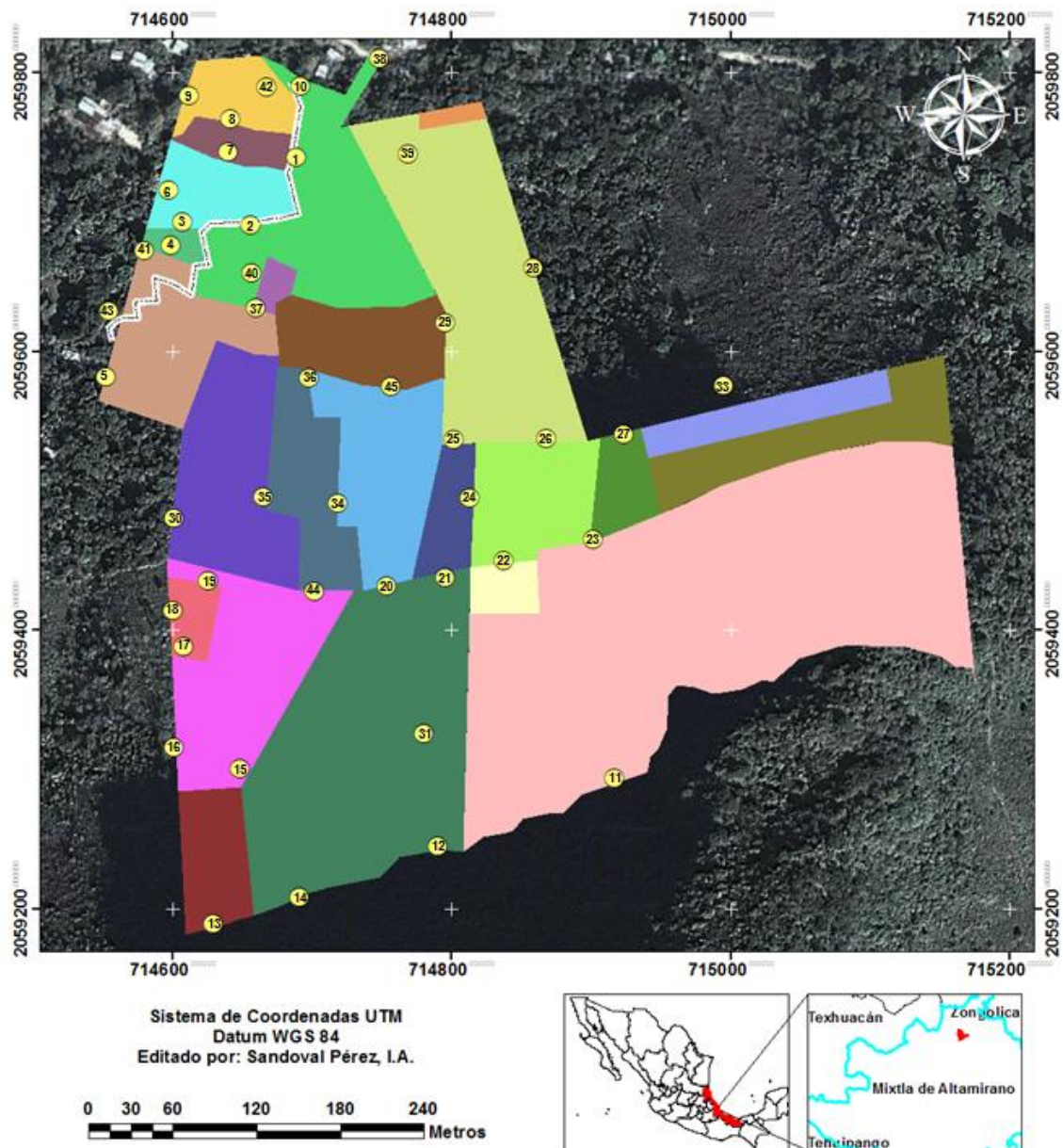


Figura 1. Localización del área de estudio, donde se observa la poligonal con 24 parcelas y el diseño de muestreo establecido (fuente: elaboración propia; INEGI, 2009).

#### 5.1.4 Vegetación

El tipo de vegetación original de la zona de estudio corresponde a Bosque Mesófilo de Montaña (INEGI, 2009), altamente fragmentado por las actividades agrícolas. En el área de estudio se desarrollan, al menos, tres prácticas agroforestales típicas (cafecultura, cultivo de maíz, y actividades de traspatio),



las cuales se incluyeron como categorías dentro de una escala subjetiva de manejo de la vegetación, siguiendo un gradiente de menor a mayor impacto antropogénico: 1) Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), 2) vegetación secundaria, 3) reforestación, 4) cafetal, 5) milpa, y 6) traspatio. En ellas, se presentaron 15 condiciones ecológicas con distintas tipologías estructurales en la vegetación, cuyas principales características se mencionan a continuación; las especies arbóreas y arbustivas se identificaron en campo utilizando las obras de Niembro *et al.* (2010), y Pennington y Sarukhán (2005):

1.- Bosque Mesófilo de Montaña conservado (BMMC): área históricamente no cultivada por su aguda pendiente (mayor a 45°), con vegetación original bien conservada; se observó la presencia de especies como: pipitzo (*Saurauia* sp.), pino (*Pinus* sp.), encino (*Quercus* sp.), timbre (*Acacia angustissima*), y laurel (*Litsea glaucescens*).

2.-Bosque Mesófilo de Montaña semiconservado (BMMS): área no cultivada en los últimos 25-50 años; el estrato arbóreo se encuentra totalmente desarrollado, con presencia de pipitzo (*Saurauia* spp.), jonote (*Heliocarpus* spp.), zapotillo (*Hedyosmum mexicanum*).

3.-Vegetación secundaria con predominio de arbóreas (VSA): acahual de más de 10 años de edad; el estrato arbóreo se encuentra desarrollado, con presencia de ilite (*Alnus acuminata*), jonote (*Heliocarpus* spp.), sangregado (*Croton draco*), popotoca (*Lippia myriocephala*), macuilisbatl (*Oreopanax* sp.), entre otras especies.

4.-Vegetación secundaria con predominio de arbustivas (VSa): acahual de 6-10 años de edad; con abundantes elementos de porte arbustivo: jonote (*Heliocarpus* sp.), popotoca (*Lippia myriocephala*), iscouite (*Diphysa* sp.).

5.-Vegetación secundaria con predominio de herbáceas (VSH): acahual de 1-5 años de edad; con presencia de pastos de porte bajo, compuestas (*Bidens* sp.), enredaderas (*Ipomoea* sp.).

6.-Reforestación con *Cupressus benthamii* (RCB): plantación forestal de tlasca (*Cupressus benthamii*) establecida en 2011 con apoyo del programa PROÁRBOL de la CONAFOR. Se observó la presencia aislada de especies como: aguacate (*Persea schiedeana*), jonote (*Heliocarpus* spp.), y equimite (*Erythrina* sp.).

7.-Reforestación con *Pinus patula* (RPP): plantación forestal de ocote (*Pinus patula*) establecida en 2011 con apoyo del programa PROÁRBOL de la CONAFOR.

8.-Cafetal bajo sombra (CBS): cultivo de café (*Coffea arabica*), correspondiente al tipo policultivo tradicional (Moguel y Toledo, 1999), con gran variedad de especies utilizadas como sombra: vainillo (*Inga* spp.), ilite (*Alnus acuminata*), aguacate (*Persea schiedeana*), chinene (*Persea americana*), nogal (*Juglans pyriformis*), álamo (*Platanus mexicana*), cucharillo (*Clethra* sp.), cincouitl (*Cupania glabra*), pocouitl (*Vismia* sp.), naranjo (*Citrus sinensis*), zapote negro (*Diospyros digyna*).

9.-Cafetal con sombra degradada (CSD): cultivo de café (*Coffea arabica*) donde la mayor parte de las especies arbóreas de sombra fueron taladas en 2010, afectando negativamente el desarrollo de los cafetos y disminuyendo la producción por exceso de insolación; entre los elementos arbóreos y arbustivos destacan las especies: xochicouitl (*Cordia alliodora*), ilite (*Alnus acuminata*), vainillo (*Inga* spp.), ilite (*Alnus acuminata*), guarumbo (*Cecropia obtusifolia*), además de frutales como plátano (*Musa paradisiaca*) y naranjo (*Citrus sinensis*).

10.-Milpa dentro de reforestación con *Cupressus benthamii* (MRCB): cultivo de maíz (*Zea mays*) ubicado dentro de plantación forestal de tlasca (*Cupressus benthamii*) establecida en 2011 con apoyo del programa PROÁRBOL de la CONAFOR.

11.-Milpa dentro de cafetal con sombra degradada (MCSD): cultivo de maíz (*Zea mays*) ubicado dentro de un cafetal (*Coffea arabica*) degradado; con pocos

árboles dispersos entre los que figuran guayabo (*Psidium guajava*), fresno (*Fraxinus uhdei*), y cincouitl (*Cupania glabra*).

12.-Milpa sola (MS): superficie donde se cultiva maíz (*Zea mays*), asociado con frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita* spp.), y chile (*Capsicum annuum*); con presencia de elementos arbóreos y arbustivo de usos múltiples: popotoca (*Lippia myriocephala*), jonote (*Heliocarpus* spp.), iscouite (*Diphysa* sp.), ilite (*Alnus acuminata*), entre otros.

13.-Traspatio-huerto casero (THC): área adyacente a viviendas, donde se cría ganado (gallinas, pavos, y cerdos) y se cultivan especies herbáceas, arbustivas y arbóreas con uso ornamental, comestible y medicinal. Entre las ornamentales destacan: rosa (*Rosa* sp.), bugambilia (*Bougainvillea glabra*), nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*), ilang-ilang (*Cananga odorata*), tulipán africano (*Spathodea campanulata*); en frutales: naranjo (*Citrus sinensis*), plátano (*Musa paradisiaca*), guaje (*Leucaena* sp.), durazno (*Prunus persica*), limón (*Citrus limon*); se observó también la presencia árboles de usos múltiples como iscouite (*Diphysa* sp.).

14.-Traspatio-pastura con árboles (TPA): superficie utilizada para el pastoreo de ganado caprino y ovino; con presencia de árboles nativos: ixpepe (*Trema micrantha*), encino (*Quercus insignis*), xochicouitl (*Cordia alliodora*), iscouite (*Diphysa* sp.), e introducidos: macadamia (*Macadamia* sp., ejemplares sembrados en 2012). Utilizada en 2013 para el cultivo de maíz, motivo por el cual la gramínea sembrada como forraje (*Cynodon* sp.) se encuentra degradada.

15.-Traspatio-pastura sola (TPS): área sembrada con zacate estrella (*Cynodon* sp.), para alimentación de ganado caprino y ovino; con presencia árboles dispersos de ilite (*Alnus acuminata*), iscouite (*Diphysa* sp.), guayabo (*Psidium guajava*), y encino (*Quercus insignis*).

## **5.2 Diseño de muestreo**

Se efectuaron tres visitas de prospección a la zona de estudio (febrero-abril de 2015). Dicha área se georreferenció empleando un GPS marca Garmin modelo eTrex 10, delimitándose un polígono compuesto por 24 parcelas con las 15 condiciones previamente descritas. Utilizando el criterio de efecto de borde como confluencia entre cada una de ellas (EB), se seleccionaron 44 puntos de monitoreo, implementando un diseño de muestreo sistemático a conveniencia, determinándose un total de 33 tipos de EB: 25 asociados con sistemas agroforestales tradicionales (café, maíz, traspatio) y ocho con áreas reforestadas, vegetación secundaria y vegetación primaria. La ubicación de cada punto de monitoreo se estableció considerando al menos 20 m de equidistancia entre uno y otro; georreferenciándolos y marcándolos con estacas de madera rotuladas (Cuadro 1, Figura 1).

## **5.3 Monitoreo de mariposas diurnas y manejo de muestras**

Entre junio y octubre de 2015 se efectuaron cinco recolectas (muestreos) de mariposas diurnas (una por mes, con duración de 4-5 días cada una) en el área de estudio en días despejados (sin lluvia), en un horario de 08:00 am a 17:00 pm; en cada punto de monitoreo se emplearon 20 minutos de recolecta, con un total de 73.3 horas de esfuerzo de muestreo efectivo. A lo largo del estudio se rotó el horario visita a los puntos de monitoreo considerados. En cada EB se implementó, como base, el método de recuento en puntos con radio fijo propuesto por Ralph *et al.*, 1996, sin embargo fue modificado utilizando el centro como punto de monitoreo y se colectaron los ejemplares alrededor del mismo dentro de un radio de 15-20 m.

Cuadro 1. Efectos de borde (EB) evaluados, condiciones ecológicas consideradas y puntos de monitoreo establecidos.

CLAVE <sup>z</sup>	EB	Condiciones ecológicas		Puntos de monitoreo por EB <sup>y</sup>	
		1	2	Cantidad	Número
EB 1	THC + THC	THC	THC	1	9
EB 2	THC + TPS	THC	TPS	1	8
EB 3	THC + CSD	THC	CSD	3	10, 38, 42
EB 4	THC + CBS	THC	CBS	2	5, 39
EB 5	TPS + TPA	TPS	TPA	1	7
EB 6	TPS + CSD	TPS	CSD	1	1
EB 7	TPA + CSD	TPA	CSD	1	2
EB 8	TPA + CBS	TPA	CBS	1	6
EB 9	TPA + VSA	TPA	VSA	1	3
EB 10	MRCB + MS	MRCB	MS	1	18
EB 11	MRCB + RCB	MRCB	RCB	1	17
EB 12	MRCB + VSH	MRCB	VSH	1	19
EB 13	MCSD + CSD	MCSD	CSD	1	40
EB 14	MCSD + CBS	MCSD	CBS	1	37
EB 15	MS + CBS	MS	CBS	1	26
EB 16	MS + VSH	MS	VSH	2	22, 35
EB 17	MS + VSa	MS	VSa	2	34, 36
EB 18	MS + VSA	MS	VSA	1	24
EB 19	MS + BMMS	MS	BMMS	2	13, 44
EB 20	MS + BMMC	MS	BMMC	1	23
EB 21	CBS + CBS	CBS	CBS	2	28, 43
EB 22	CBS + RCB	CBS	RCB	1	16
EB 23	CBS + VSH	CBS	VSH	1	30
EB 24	CBS + VSa	CBS	VSa	2	27, 45
EB 25	CBS + VSA	CBS	VSA	4	4, 25, 41, 29
EB 26	RPP + VSH	RPP	VSH	1	33
EB 27	RCB + BMMS	RCB	BMMS	1	15
EB 28	VSA + VSa	VSa	VSa	1	14
EB 29	BMMS + VSa	BMMS	VSa	1	20
EB 30	BMMS + VSA	BMMS	VSA	1	21
EB 31	BMMS + BMMS	BMMS	BMMS	1	12
EB 32	BMMC + BMMS	BMMC	BMMS	1	31
EB33	BMMC + BMMC	BMMC	BMMC	1	11

<sup>z</sup> THC: Traspatio huerto casero, TPS: Traspatio pastura sola, TPA: Traspatio pastura con árboles, MRCB: Milpa dentro de reforestación con *Cupressus benthamii*, MCSD: Milpa dentro de cafetal con sombra degradada, MS: Milpa sola, CBS: Cafetal bajo sombra, RPP: Reforestación con *Pinus patula*, RCB: Reforestación con *Cupressus benthamii*, VSA: Vegetación secundaria con predominio de arbustivas, BMMS: Bosque Mesófilo de Montaña semiconservado, BMMC: Bosque Mesófilo de Montaña conservado CSD: Cafetal con sombra degradada VSA: Vegetación secundaria con predominio de arbóreas, VSH: Vegetación secundaria con predominio de herbáceas. <sup>y</sup> Los datos de georreferenciación, altitud, pendiente y cobertura de dosel de los puntos de monitoreo se especifican en el Anexo 1.

Siguiendo la metodología propuesta por Beutelspacher (1983), para la captura de adultos (imago) se utilizaron redes entomológicas aéreas; los ejemplares atrapados fueron inmovilizados ejerciendo presión sobre su tórax, introduciéndolos posteriormente a un frasco letal con acetato de etilo; los organismos sacrificados se colocaron en sobres de papel y/o celofán debidamente rotulado, y fueron puestos a secar a temperatura ambiente para su posterior identificación. El estudio de las muestras se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo, utilizando el procedimiento sugerido por Andrade. *et al.* (2013) para el humedecimiento de ejemplares, sin embargo, el montaje se efectuó siguiendo la metodología propuesta por De la Maza (1993). Los organismos montados fueron puestos a secar a temperatura ambiente por un periodo de dos semanas, y al término de éste se procedió a su determinación taxonómica utilizando como referencia las obras de De la Maza (1993), Garwood y Lehman (2005), Glassberg (2007) y Hernández *et al.* (2010), así como listas virtuales ilustradas (Warren *et al.*, 2016), y Garwood (2016).

#### **5.4 Análisis de datos**

Una vez realizada la identificación de los ejemplares, se realizó el análisis estadístico.

##### **5.4.1 Análisis tendenciales**

El número de especies de mariposas diurnas por familia y subfamilia registradas durante las cinco colectas se ordenaron en tablas de frecuencia, y se sometieron a un análisis gráfico tendencial de histogramas: gráficas de barras verticales en las cuales el eje horizontal representó las clases (familias y/o géneros) y el eje vertical el número de observaciones (especies) de cada clase (Infante y Zárate, 1990). Dichos análisis se desarrollaron mediante el software Excel 2013 (Microsoft Corporation, 2013).

#### 5.4.2 Análisis de riqueza específica

Con el objeto de determinar numéricamente la ocurrencia de especies de mariposas diurnas, se analizaron los datos del número de especies por familias y subfamilias registradas para cada EB y muestreo mediante un análisis de Frecuencia de Observación (FO; Curts, 1993; modificado para el presente estudio); los cálculos de dicho estimador se realizaron con el software Excel 2013 (Microsoft Corporation, 2013); las fórmulas utilizadas fueron:

$$FO = \frac{\text{Número de especies de la familia } i \text{ registradas en un EB}}{\text{Número total de especies registradas en un EB}} * 100$$

$$FO = \frac{\text{Número de especies de la subfamilia } i \text{ registradas en un EB}}{\text{Número total de especies registradas en un EB}} * 100$$

$$FO = \frac{\text{Número de especies de la familia } i \text{ registradas en un muestreo}}{\text{Número total de especies registradas en un muestreo}} * 100$$

$$FO = \frac{\text{Número de especies de la subfamilia } i \text{ registradas en un muestreo}}{\text{Número total de especies registradas en un muestreo}} * 100$$

Para evaluar la riqueza de especies de mariposas diurnas en cada EB y muestreo, se emplearon los datos del número de especies por familias y subfamilias, los cuales fueron analizados con el estimador no paramétrico Jackknife de primer orden (Jackknife1), el cual se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra ( $L$ ); dicho estimador es utilizado para reducir la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra (Moreno, 2001; Magurran, 2004). La ecuación que lo describe es:

$$Jackknife1 = S + L \frac{m - 1}{m}$$

Donde:

*Jackknife1* = estimador no paramétrico Jackknife1

$S$  = número total de especies

$L$  = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)

$m$  = número de muestras

En dicho análisis se consideró el Indicador de Cobertura basado en Frecuencia (ICF; Brose y Martínez, 2004; Bojorges et al., 2006), con un intervalo de confianza del 95% y un  $\alpha = 0.05$ . Los cálculos de tal estimador se efectuaron utilizando el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

Para determinar posibles diferencias significativas entre la riqueza específica de los EB considerado y los muestreos efectuados, se utilizaron los datos del número de especies por familia y subfamilia de mariposas diurnas registradas para cada EB y muestreo, mismos que se analizaron mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Blake, 1992; Zar, 1999; McDonald, 2014), debido a que no se cumplieron los supuestos de los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas. Dicha prueba no asume que los datos se distribuyan normalmente y considera el supuesto de homocedasticidad (McDonald, 2014); su fórmula se representa como sigue (Pohlert, 2016):

$$\hat{H} = \left[ \frac{12}{n(n+1)} \right] \left[ \sum_{i=0}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1)$$

Donde:

$\hat{H}$  = prueba de Kruskal-Wallis

$n = \sum_i^k n_i$  = tamaño total de la muestra

$n_i$  = número de datos del  $i$ -ésimo grupo

$R_i^2$  = suma de rangos al cuadrado del  $i$ -ésimo grupo



En todos los casos, se consideraron como coeficientes estadísticamente significativos aquellos en los que  $\alpha = 0.05$ , bajo la hipótesis de que  $H_0: \mu = \mu_n$  en oposición a  $H_a: \mu \neq \mu_0$ . Dichos análisis se desarrollaron en el software JMP versión 12.2.0 (SAS Institute Inc., 2015).

Para evidenciar gráficamente las posibles diferencias en la riqueza de especies, se utilizaron los datos del número de especies de mariposas diurnas por familias y subfamilias registradas para cada EB y muestreo, mismos que fueron examinados mediante un análisis de conglomerados o análisis clúster, el cual busca reorganizar un conjunto de datos de una muestra en grupos relativamente homogéneos (conglomerados o clústers), uniendo en cada paso del análisis los dos grupos con menor incremento en la suma de cuadrados de las desviaciones obtenidas (Universidad de Valencia, 2010; De la Fuente, 2011). Para desarrollar dicho análisis se aplicó el Método de Ward para procedimientos jerárquicos de clúster, considerando la distancia de Ward, calculada como la suma total de cuadrados de las desviaciones entre cada punto (grupo) y la media del clúster en el que se integra dicho grupo (Universidad de Valencia, 2016). Dichos análisis se efectuaron mediante el software estadístico JMP versión 12.2.0 (SAS Institute Inc., 2015), considerando como coeficientes estadísticamente significativos aquellos en los que  $\alpha = 0.05$ .

A nivel de especie, considerando las frecuencias registradas para cada una de las especies determinadas en la zona de estudio por EB y por muestreo, se realizaron de igual forma los análisis previamente mencionados.

#### **5.4.3 Análisis de abundancia**

Con el objeto de determinar el número de individuos de mariposas diurnas registradas en cada EB y muestreo, se analizó el número de individuos (frecuencias) de las especies que conforman cada una de las familias y subfamilias (registradas en cada uno de ellos) mediante un índice de FO, como se describió previamente; las fórmulas utilizadas fueron:

$$FO = \frac{\text{Número de individuos de la familia } i \text{ registrados en un EB}}{\text{Número total de individuos registrados en un EB}} * 100$$

$$FO = \frac{\text{Número de individuos de la subfamilia } i \text{ registrados en un EB}}{\text{Número total de individuos registrados en un EB}} * 100$$

$$FO = \frac{\text{Número de individuos de la familia } i \text{ registrados en un muestreo}}{\text{Número total de individuos registrados en un muestreo}} * 100$$

$$FO = \frac{\text{Número de individuos de la subfamilia } i \text{ registrados en un muestreo}}{\text{Número total de individuos registrados en un muestreo}} * 100$$

Para determinar la abundancia relativa de mariposas diurnas registradas en cada EB y muestreo, se analizó el número de individuos (frecuencias) de las especies que conforman cada una de las familias y subfamilias (registrados en cada uno de ellos) mediante el Índice de abundancia relativa, el cual se obtuvo de dividir el número de individuos de la especie *i* entre el número total de individuos en la muestra; la ecuación empleada fue la propuesta por Moreno (2001):

$$pi = ni/N$$

Donde:

*pi* = abundancia proporcional de la especie *i*

*ni* = número de individuos de la especie *i*

*N* = número total de individuos

Dicho análisis se desarrollaron en el software Excel 2013 (Microsoft Corporation, 2013).

Para determinar posibles diferencias significativas entre la abundancia de los EB considerados y los muestreos efectuados, se utilizaron los datos de número de individuos por especie (frecuencia; para familias y subfamilias) de mariposas

diurnas registradas en cada EB y muestreo, mismos que se analizaron mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, tal como se describió con anterioridad, al no cumplirse los supuestos de la estadística paramétrica.

Para evidenciar gráficamente las posibles diferencias en la abundancia de especies, se utilizaron los datos del número de individuos por especie (frecuencias; para familias y subfamilias) de mariposas diurnas registradas para cada EB y muestreo, mismos que fueron examinados mediante un análisis de conglomerados o análisis clúster, siguiendo la metodología antes descrita.

Para determinar si la proporción de individuos por especie para cada familia y subfamilia fue la misma entre los EB considerados y los muestreos efectuados, se utilizó una prueba de homogeneidad de  $\chi^2$  para tablas de contingencia (Krebs, 1978; Infante, 1980) para dos o más muestras independientes; este tipo de tablas permite conocer si existe homogeneidad entre poblaciones (Molinero, 2003a). Dicha tabla contiene poblaciones de las cuales se toma una muestra aleatoria de cada población;  $n_1$  observaciones en la primera,  $n_2$  en la segunda, ...,  $n_k$  de la  $k$ -ésima. Cada observación en una muestra dada puede clasificarse en una de  $G$  categorías mutuamente excluyentes, estos datos son organizados en una tabla de contingencia  $k \times c$  (Infante, 1980) como se muestra en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Tabla de contingencia de  $\chi^2$  para los 33 EB evaluados (población) por especies de mariposas diurnas para cada familia y subfamilia registradas EB (caracteres).

POBLACIÓN	CLASE				$\Sigma$
	1	2	.....	G	
1	$O_{11}$	$O_{12}$	.....	$O_{1c}$	$N_1$
2	$O_{21}$	$O_{22}$	.....	$O_{2c}$	$N_2$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.....	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
K	$O_{K1}$	$O_{K2}$		$O_{Kc}$	$n_k$
$\Sigma$	$C_1$	$C_2$		$O_{2c}$	$N$

El razonamiento de la prueba consiste en calcular cuáles serían los valores de frecuencia esperados para cada una de las celdas (en el caso de que efectivamente las distribuciones de frecuencias de las categorías de las distintas poblaciones fueran iguales) y compararlos con los valores observados (Molinero, 2003a). El número de individuos esperados (por especie para cada familia y/o subfamilia de mariposas diurnas registradas en los EB) en la celda  $(i, j)$  fue calculado mediante la ecuación:

$$E_{ij} = n_i c_j / N$$

Donde:

$E_{ij}$  = número de individuos esperados por especie en la celda  $ij$

$n_i$  = número total de individuos observados de la especie  $i$  (en los EB considerados)

$c_j$  = número total de individuos observados en la zona  $j$  (todas las especies)

$N$  = número total de individuos observados (todas las especies en todos los EB)

El contraste estadístico utilizado para evaluar si las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas son atribuidas al azar, bajo la hipótesis de independencia, es el denominado "Chi cuadrada de Pearson", con una significancia de  $\alpha=0.05$ ; la ecuación que lo describe es (Molinero, 2003b):

$$\chi^2 = \sum \sum (F_{ij} - f_{ij})^2 / F_{ij}$$

Donde:

$\chi^2$  = Chi cuadrada de Pearson

$F_{ij}$  = frecuencia esperada para la celda situada en la fila  $i$  columna  $j$

$f_{ij}$  = frecuencia observada para esa celda

En dicha hipótesis, este estadístico se distribuye de manera aproximada según una Chi cuadrada con grados de libertad  $(I-1)(J-1)$ , siendo  $I$  el número de filas y  $J$  el número de columnas (Molinero, 2003b). Este análisis se llevó a cabo empleando el software JMP versión 12.2.0 (SAS Institute Inc., 2015).

#### 5.4.4 Análisis de diversidad

Con la finalidad de calcular la diversidad, se utilizaron los datos del número de individuos por especie para cada familia y subfamilia de mariposas diurnas registradas en los EB considerados y muestreos efectuados, los cuales se analizaron mediante el índice de Shannon-Wiener, el cual asume que los individuos son muestreados aleatoriamente a partir de una comunidad infinitamente grande, y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 2004). La fórmula utilizada para calcular este índice fue:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$  (número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra)

$\ln$  = logaritmo natural

Este cálculo se efectuó utilizando el software EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013).

Para determinar posibles diferencias significativas entre la diversidad de los EB considerados y los muestreos efectuados, se utilizaron los valores obtenidos mediante el índice de Shannon-Wiener para el número de especies por familia y subfamilia registradas en los EB considerados y los muestreos efectuado, mismos que se analizaron mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, tal como se describió con anterioridad, al no cumplirse los supuestos de la estadística paramétrica.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Resultados tendenciales

Se registraron 1064 individuos de 148 especies de mariposas diurnas, pertenecientes a dos superfamilias y seis familias, incluyendo los 33 EB considerados (Cuadro 3, Anexo 2).

Cuadro 3. Número de especies de mariposas diurnas registradas en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Superfamilias	Familias	Subfamilias	Géneros	Especies
Hesperioidea	Hesperiidae	3	22	31
Papilionoidea	Lycaenidae	2	16	20
	Nymphalidae	7	39	60
	Papilionidae	1	5	8
	Pieridae	3	12	21
	Riodinidae	2	7	8
Total		18	101	148

En cuanto a número de especies registradas por familia, la mejor representada fue Nymphalidae (60 especies, 40.54%); las menos representadas fueron Papilionidae y Riodinidae (ambas con 8 especies, 5.40%; Figura 2).

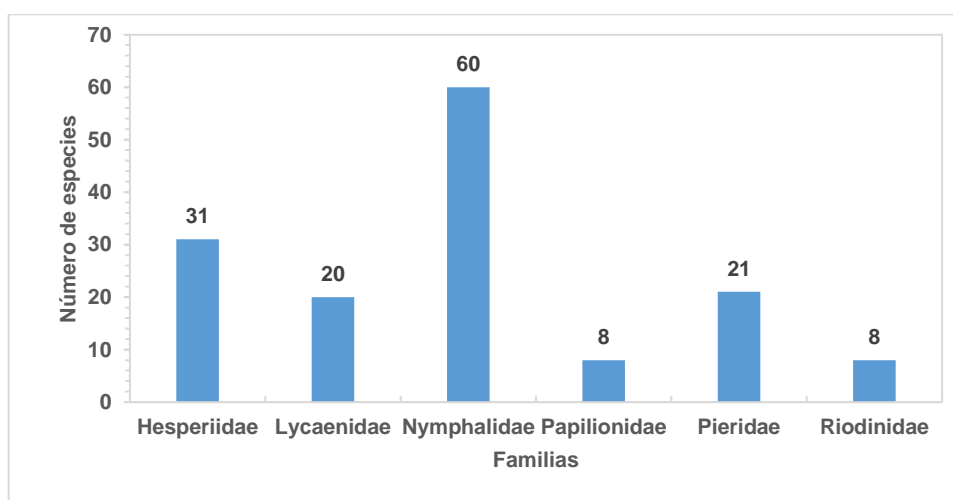


Figura 2. Número de especies y porcentajes de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Las frecuencias (número de individuos) de mariposas diurnas registradas por familia sugieren que la más representativa fue Nymphalidae (611 individuos, 57.42%); la menos representada fue Papilionidae (14 individuos, 1.31%; Figura 3).

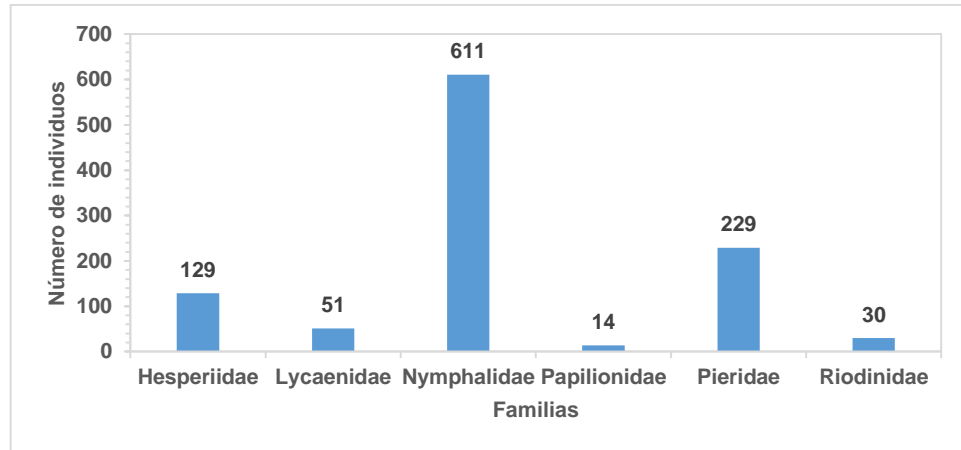


Figura 3. Número de individuos y porcentajes de mariposas diurnas registrados por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

En cuanto a número de especies registradas por subfamilia, la mejor representada fue Nymphalinae (24 especies, 16.21%); las menos representativas fueron Morphinae y Euselasiinae (ambas con una especie, y 0.67%; Figura 4).

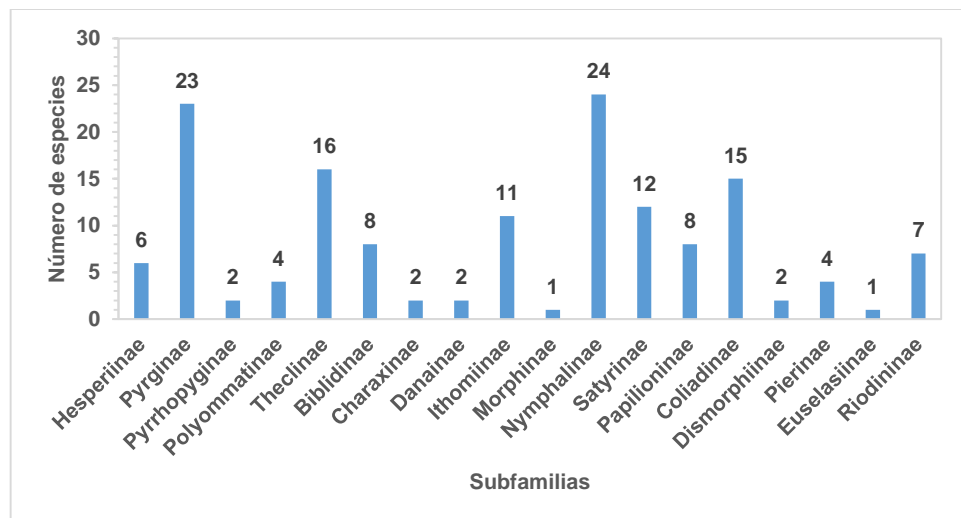


Figura 4. Número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.



Las frecuencias (número de individuos) de mariposas diurnas registradas por subfamilia sugieren que la más representativa fue Ithomiinae (202 individuos, 18.98%); la menos representativa fue Euselasiinae (un individuo, 0.09%; Figura 5).

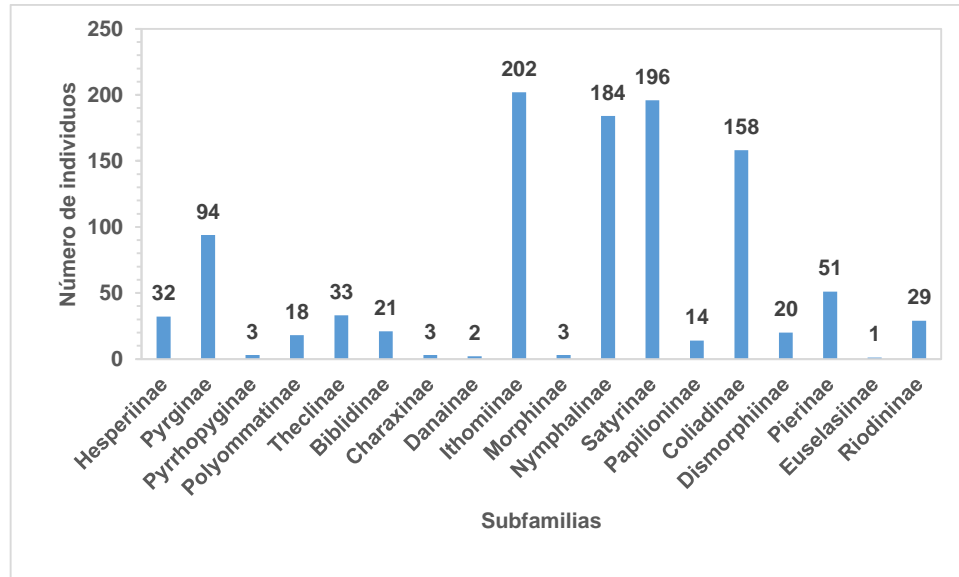


Figura 5. Número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

La mayor cantidad de especies de mariposas diurnas registrada por muestreo se presentó en julio (M2: 84 especies, 26.16%); la menor frecuencia se registró en junio (M1: 48 especies, 14.95%; Figura 6).

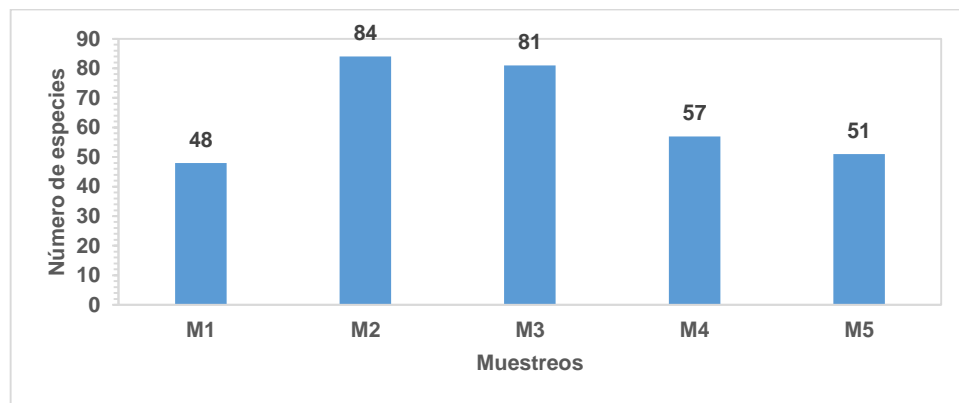


Figura 6. Número de especies y porcentajes de mariposas diurnas registradas por muestreo en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

La mayor cantidad de individuos de mariposas diurnas registrada por muestreo se presentó en julio (M2: 288 individuos, 27.06%); la menor frecuencia se registró en octubre (M5: 145 individuos, 13.62%; Figura 7).

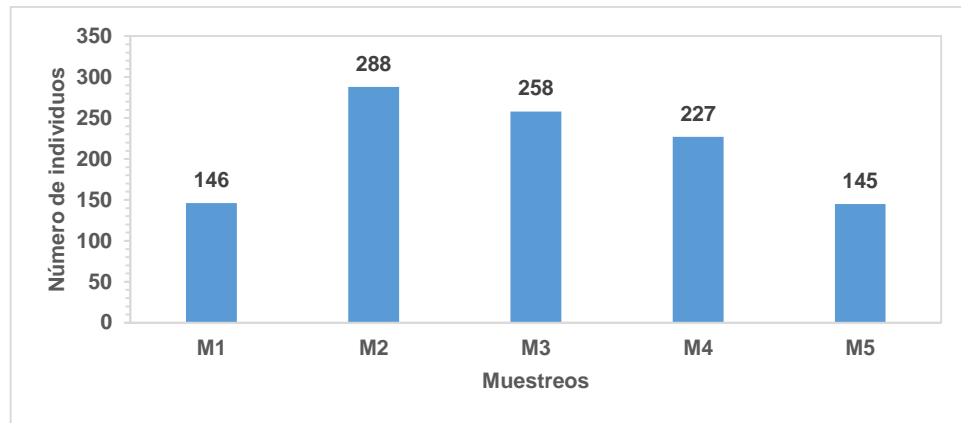


Figura 7. Número de individuos y porcentajes de mariposas diurnas registradas por muestreo en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de especies de mariposas diurnas registrado en los distintos EB sugiere que el más representativo fue EB 3 (THC + CSD, 45 especies); el menor número de especies se registró en EB 14 y EB 33 (MCSD + CBS, y BMMC + BMMC, ambos con 9 especies; Figura 8; ver nomenclatura de los diferentes EB en el Cuadro 1).

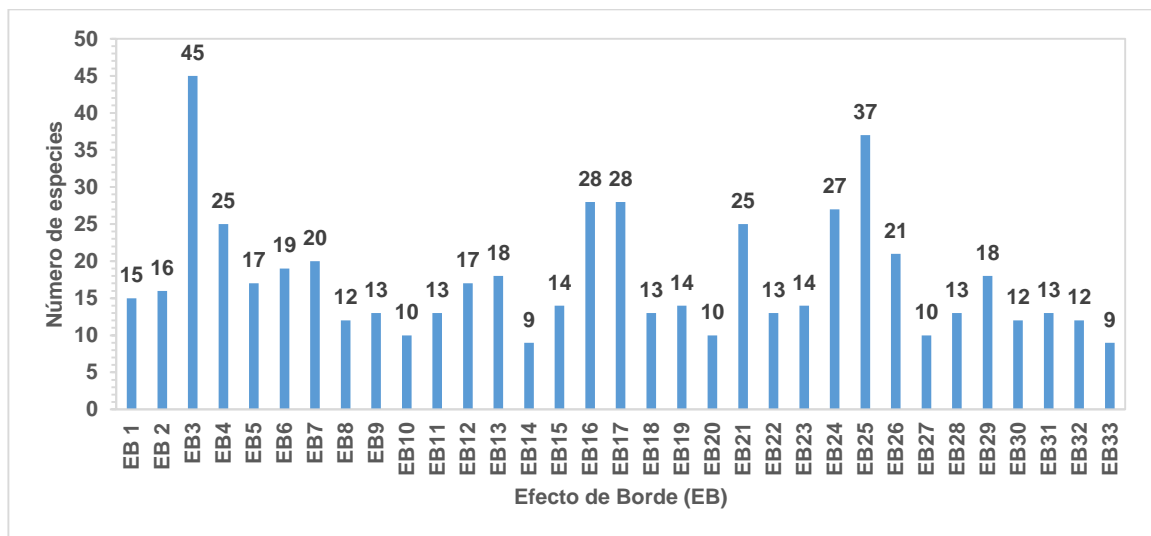


Figura 8. Número de especies de mariposas diurnas registrado en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Las mayores frecuencias en el número de individuos de mariposas diurnas registrado por tipo de EB se presentaron en EB 25 (CBS + VSA, 100 individuos); los menores valores se presentaron en EB 10 y EB 33 (MRCB + MS, y BMMC + BMMC, ambos con 12 individuos; Figura 9).

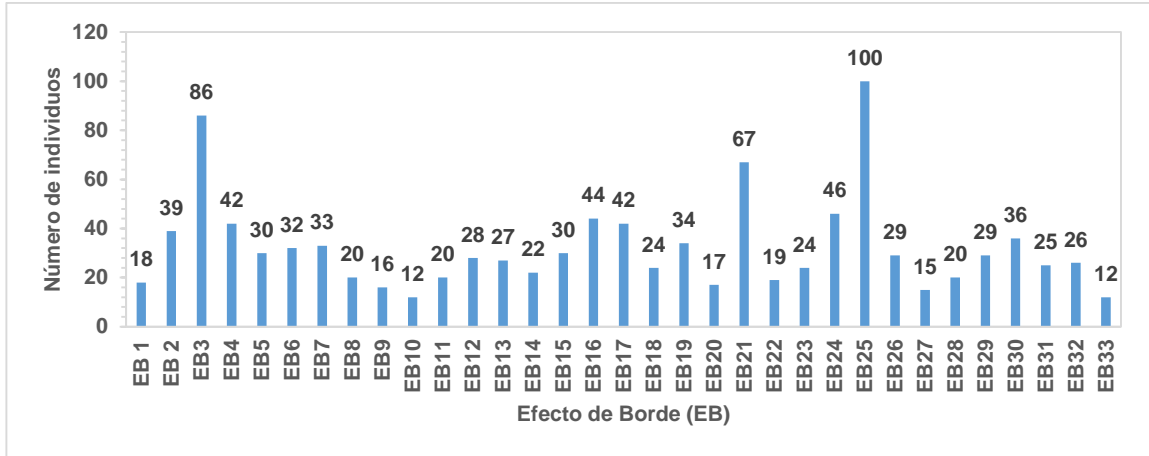


Figura 9. Número de individuos de mariposas diurnas registrados en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

## 6.2. Resultados de riqueza específica

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de especies por familia registrado en los EB considerados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 10):

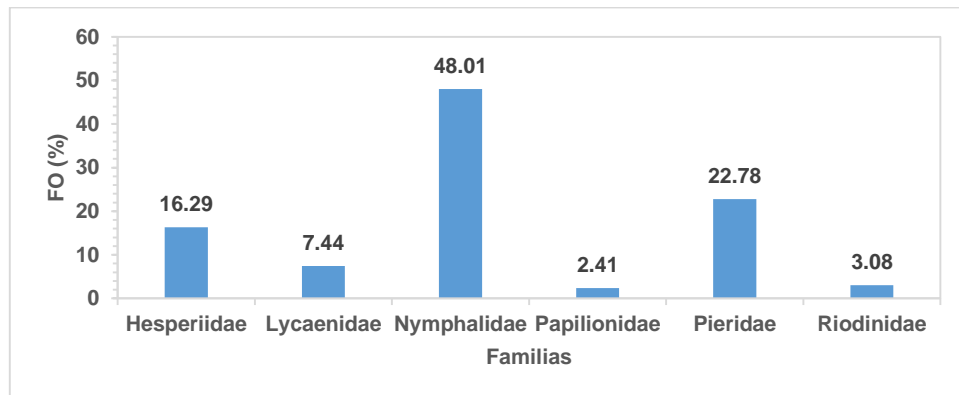


Figura 10. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de familias predicho mediante el estimador Jackknife1 para los 33 EB considerados (utilizando los datos de número de especies por familia registrado para cada uno de ellos) osciló entre 4.49 y 6.43, para los EB 1 y 3, respectivamente; con el esfuerzo de muestreo aplicado a los mismos se logró detectar en promedio el 70.62% (4.24) de las familias teóricamente presentes en el área de estudio (Figura 11).

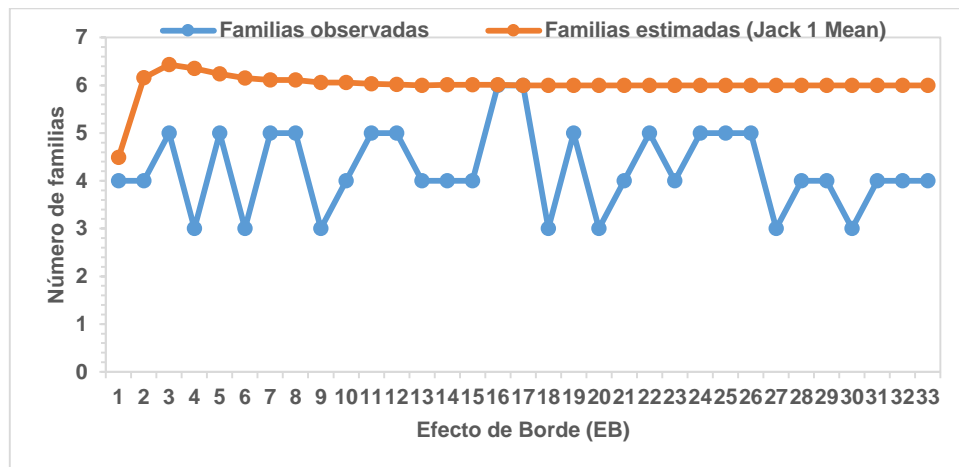


Figura 11. Número de familias observadas vs. número de familias estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies por familia registrado por EB, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F = 16, p = 0.7240$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de especies de mariposas diurnas por familia registrado en los diferentes EB considerados, mostraron una tendencia en la conformación grafica de cuatro grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w = 0.531493203$  entre EB 18-EB 27, y máximas de  $w = 6.881862418$  entre EB 1-EB 3, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una

tendencia gráfica diferencial en el registro del número de especies por familia en los EB bajo estudio (Figura 12).

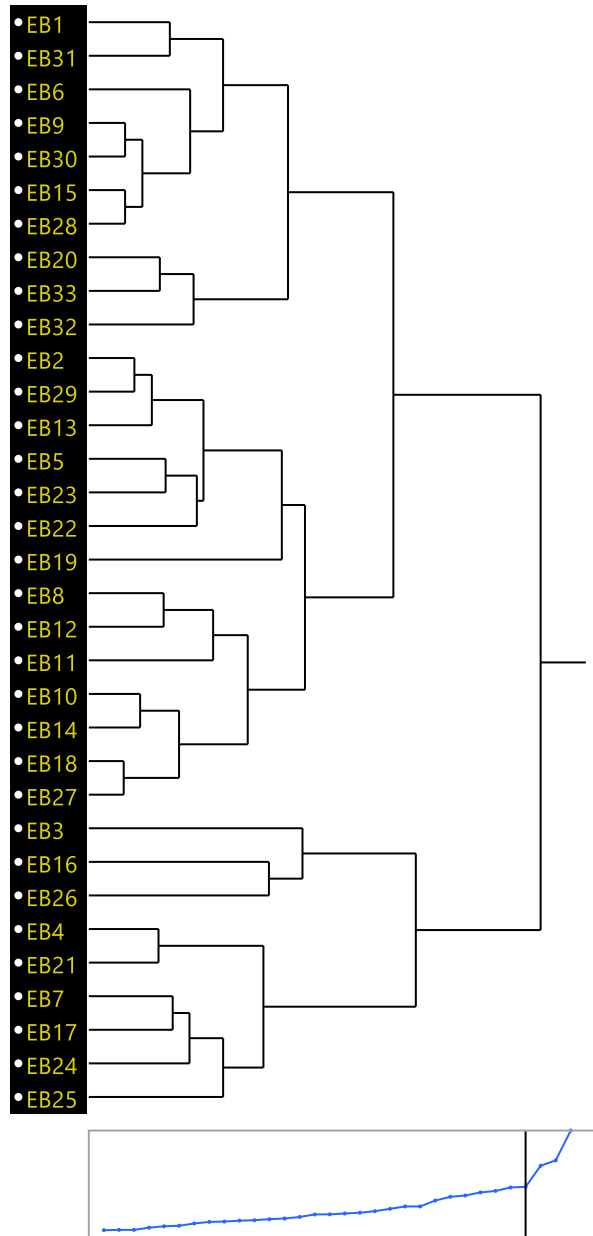


Figura 12. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas por familia en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de especies por subfamilia registrado en los 33 EB considerados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 13):

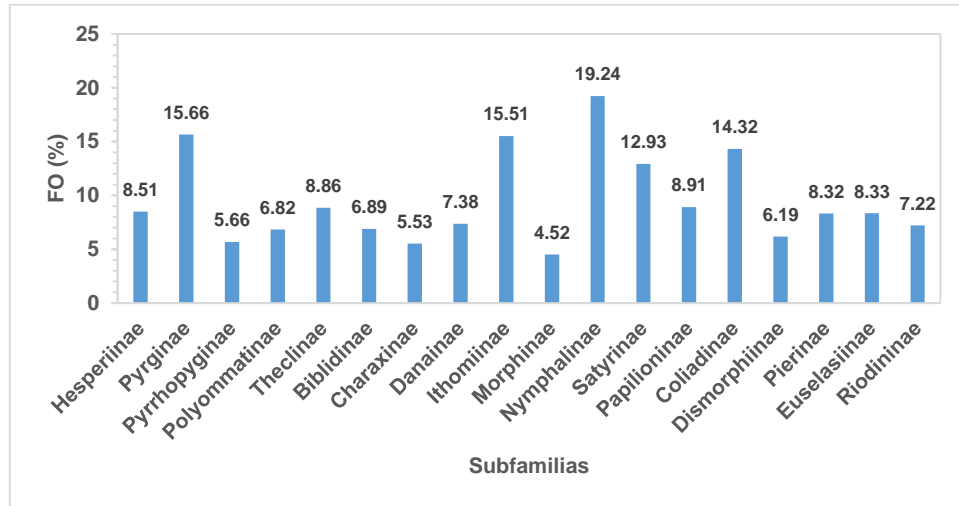


Figura 13. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de subfamilias predicho mediante el estimador Jackknife1 para los 33 EB considerados (utilizando los datos de número de especies por subfamilia registrado para cada uno de ellos) osciló entre 8.83 y 19.23, para los EB 1 y 21, respectivamente; con el esfuerzo de muestreo aplicado a los mismos se logró detectar en promedio el 47.60% (8.57) de las subfamilias teóricamente presentes en el área de estudio (Figura 14).

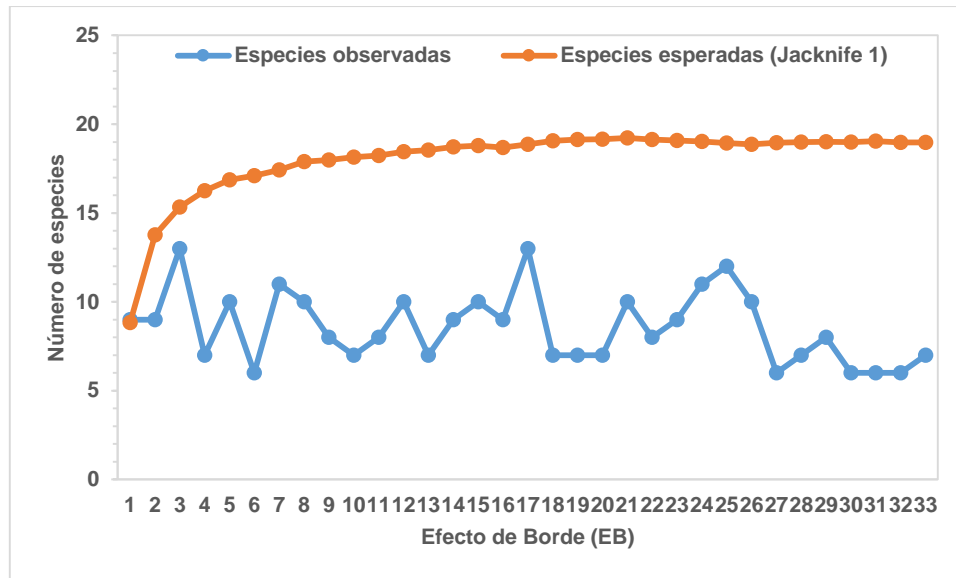


Figura 14. Número de subfamilias observadas vs. número de subfamilias estimadas (mediante el Estimador Jacknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies por subfamilia registrado en los diferentes EB considerados, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 9$ ,  $p=0.4966$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de especies de mariposas diurnas por subfamilia registrado en los diferentes EB considerados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de cinco grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 1.613327627$  entre EB 10-EB 14, y máximas de  $w= 8.404473055$  entre EB 1-EB 3, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de especies por subfamilia en los EB bajo estudio (Figura 15).

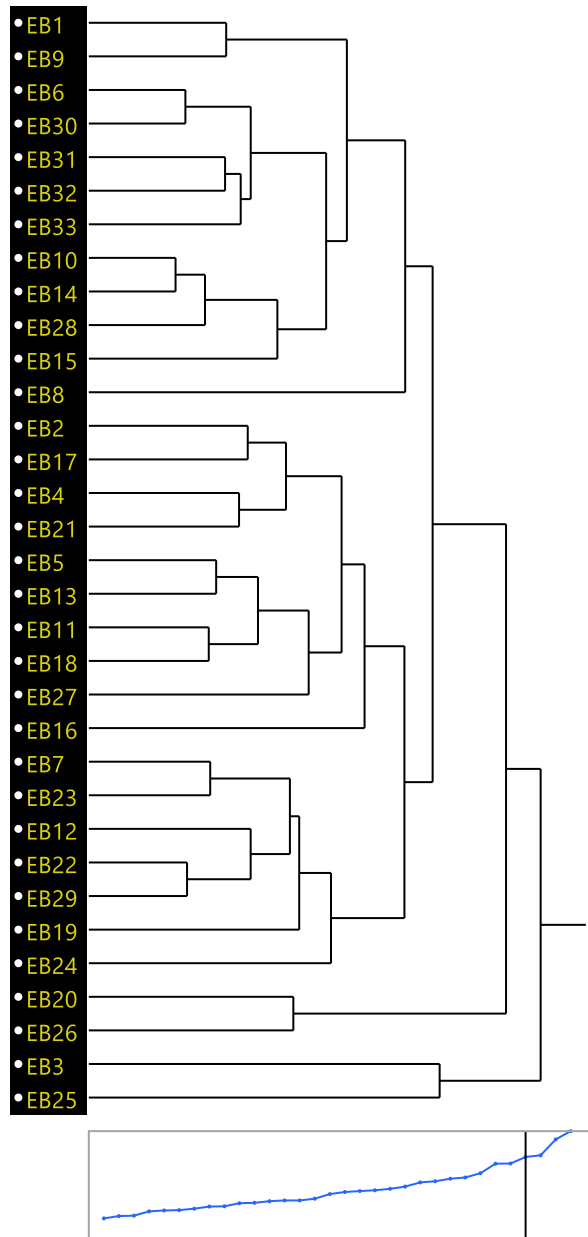


Figura 15. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas registrado por subfamilia en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de especies registrado por familia durante los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 16):



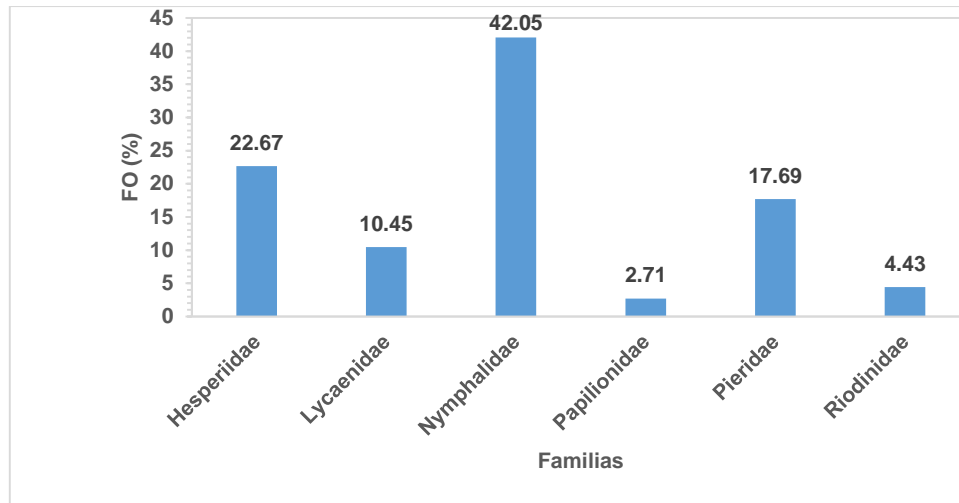


Figura 16. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por familia en los muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de familias predicho mediante el estimador Jackknife1 para cada uno de los cinco muestreos efectuados (utilizando los datos de número de especies por familia registrado por muestreo) osciló entre 5.78 y 6.22, para los muestreos 1 y 2, respectivamente; con el esfuerzo de muestreo aplicado a los mismos se logró detectar en promedio el 96.66% (5.8) de las familias teóricamente presentes durante los muestreos (Figura 17).

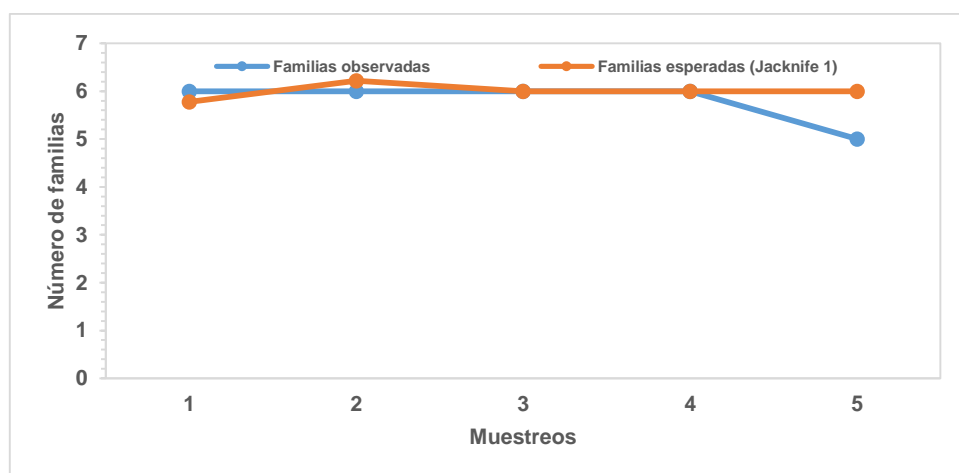


Figura 17. Número de familias observadas vs. número de familias estimadas (mediante el Estimador Jacknife 1) por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies por familia registrado por muestreo, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 20$ ,  $p=0.6584$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de especies de mariposas diurnas por familia registrado en los diferentes muestreos efectuados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de tres grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 1.335894975$  entre M2-M3, y máximas de  $w= 3.931650475$  entre M1-M2, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de especies por familia en los muestreos efectuados (Figura 18).

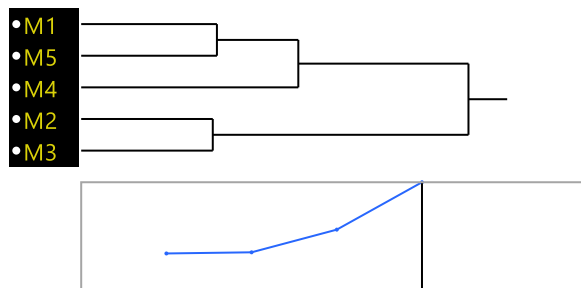


Figura 18. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas registrado por familia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de especies registrado por subfamilias durante los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 19):

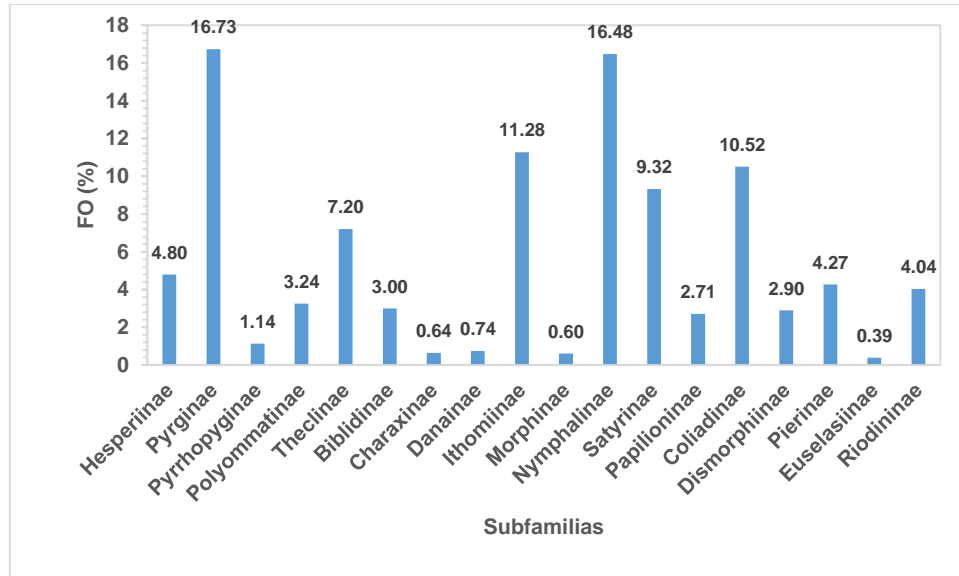


Figura 19. Frecuencia de Observación (FO) de número de especies de mariposas diurnas registradas por subfamilias en los muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de subfamilias predicho mediante el estimador Jackknife1 para cada uno de los cinco muestreos efectuados (utilizando los datos de número de especies por subfamilia registrado por muestreo) osciló entre 14.04 y 19.48, para los muestreos 1 y 4, respectivamente; con el esfuerzo de muestreo aplicado a los mismos se logró detectar en promedio el 80.27% (14.4) de las subfamilias teóricamente presentes durante los muestreos (Figura 20).

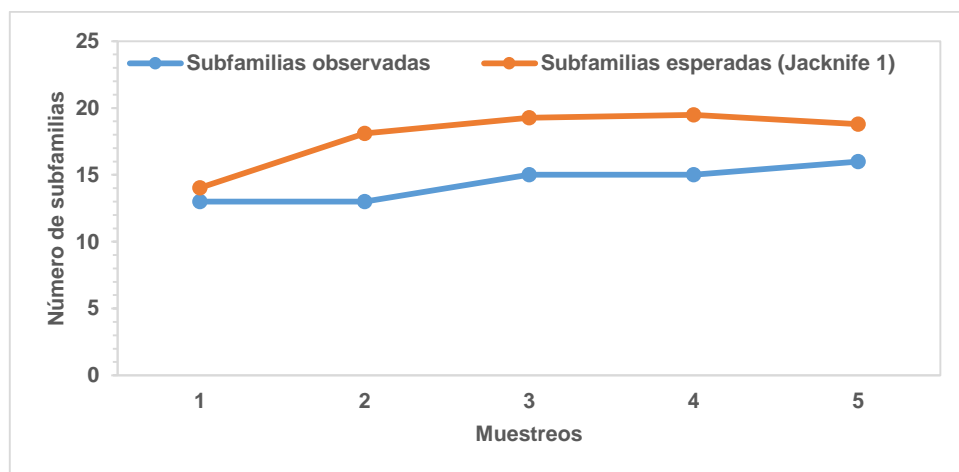


Figura 20. Número de subfamilias observadas vs. número de subfamilias estimadas (mediante el Estimador Jacknife 1) por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies por subfamilia registrado por muestreo, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 13$ ,  $p=0.5953$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de especies de mariposas diurnas por subfamilia registrado en los diferentes muestreos efectuados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de tres grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 3.103681322$  entre M2-M3, y máximas de  $w= 5.442939697$  entre M1-M4, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de especies por subfamilia en los muestreos efectuados (Figura 21).

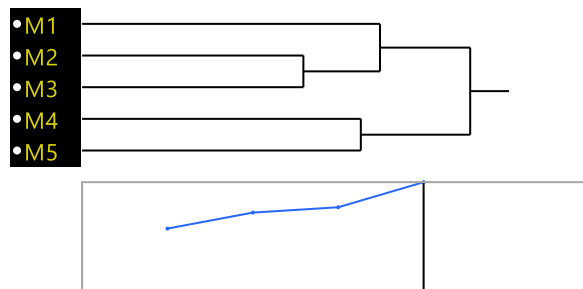


Figura 21. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de especies de mariposas diurnas por familia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

La Frecuencia de Observación (FO) de especies de mariposas diurnas registradas en los 33 EB considerados osciló entre 0.09398% y 11.56015%. Las 20 especies que presentaron los mayores porcentajes de FO ( $>1\%$ ; Figura 22) fueron:

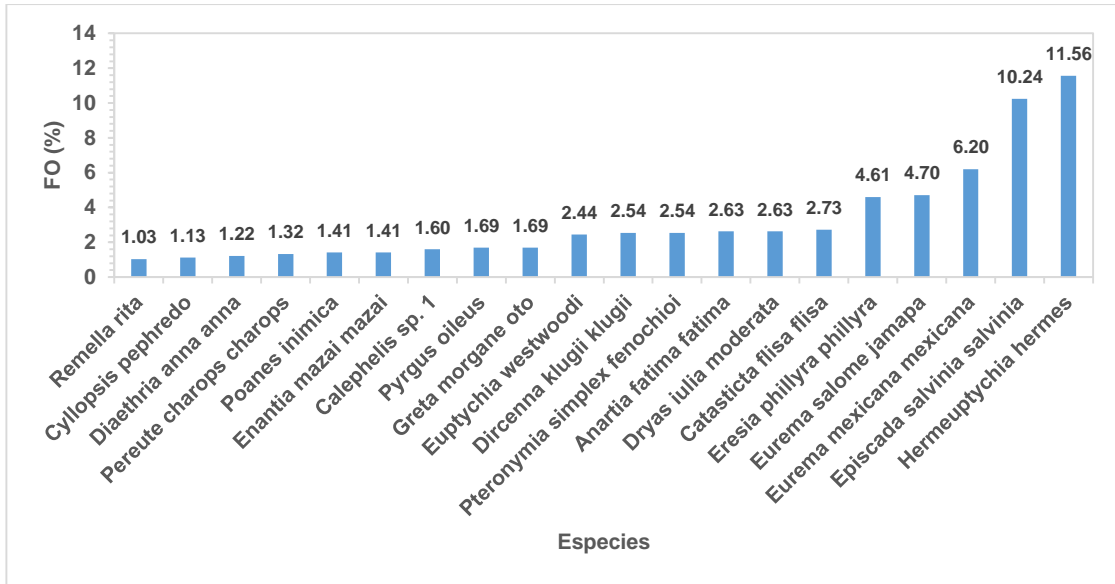


Figura 22. Frecuencia de Observación (FO) de las 20 especies de mariposas diurnas con mayores porcentajes de FO (>1%) registradas en los 33 EB considerados durante los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de especies predicho mediante el estimador Jackknife1 para los 33 EB considerados (utilizando los datos de número de especies) osciló entre 21.6 y 203.27, para los EB 1 y 33, respectivamente; por lo que con el esfuerzo de muestreo aplicado a los mismos se logró detectar el 72.8% (148 especies) de las especies teóricamente presentes en el área de estudio (Figura 23).

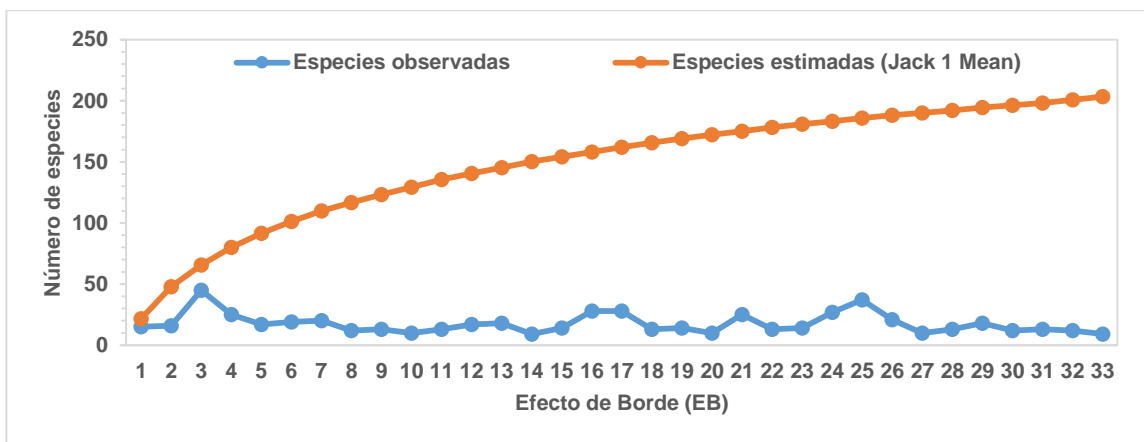


Figura 23. Número de especies observadas vs. número de especies estimadas (mediante el Estimador Jackknife 1) en los 33 EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies registrado en los 33 EB considerados, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 14$ ,  $p=0.1403$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de individuos por especie de mariposas diurnas registrado en los diferentes EB considerados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de 13 grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 0$  entre 56 especies, y máximas de  $w= 34.07885145$  entre *Callimormus radiola radiola* y *Dircenna klugii klugii* (Calrad y Dirclu), entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de individuos por especies en los EB bajo estudio (Figura 24).

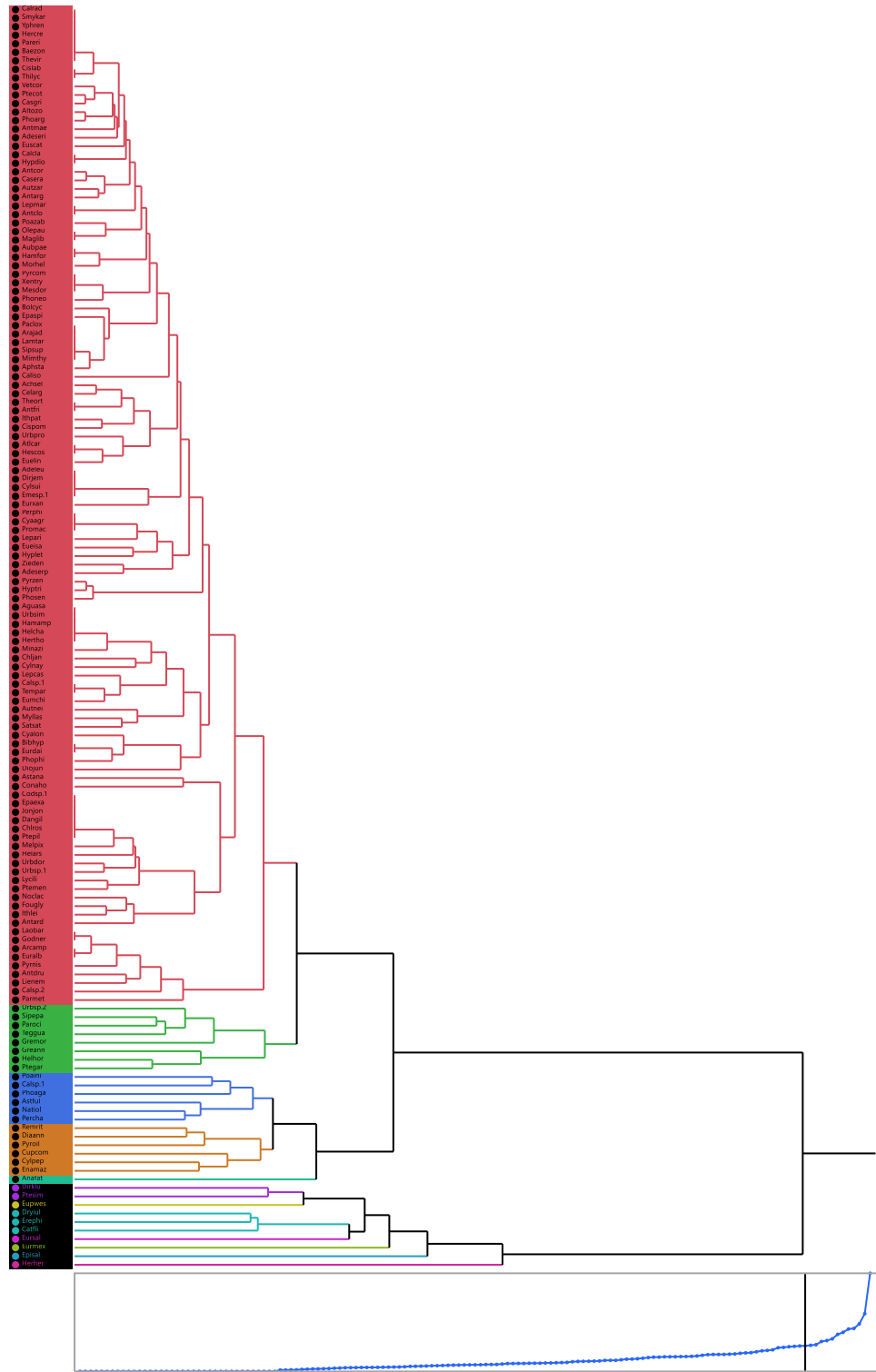


Figura 24. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos por especies de mariposas diurnas en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de individuos por especie registrado en los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 25):

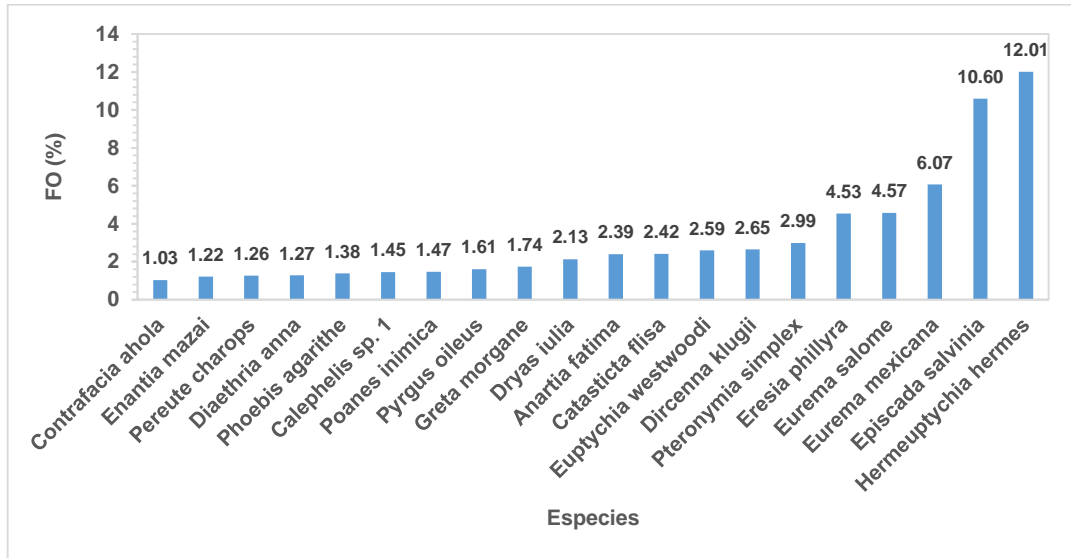


Figura 25. Frecuencia de Observación (FO) de las 20 especies de mariposas diurnas con mayores porcentajes de FO (>1%) registradas durante los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El número de especies predicho mediante el estimador Jackknife1 para cada uno de los muestreos efectuados (utilizando los datos de número de especies registrado por muestreo) osciló entre 72.38 y 196.8, para los muestreo 1 y 5, respectivamente; por lo que con el esfuerzo de muestreo aplicado a los mismos se logró detectar en promedio el 48% (64.2) de las especies teóricamente presentes por muestreo (Figura 26).



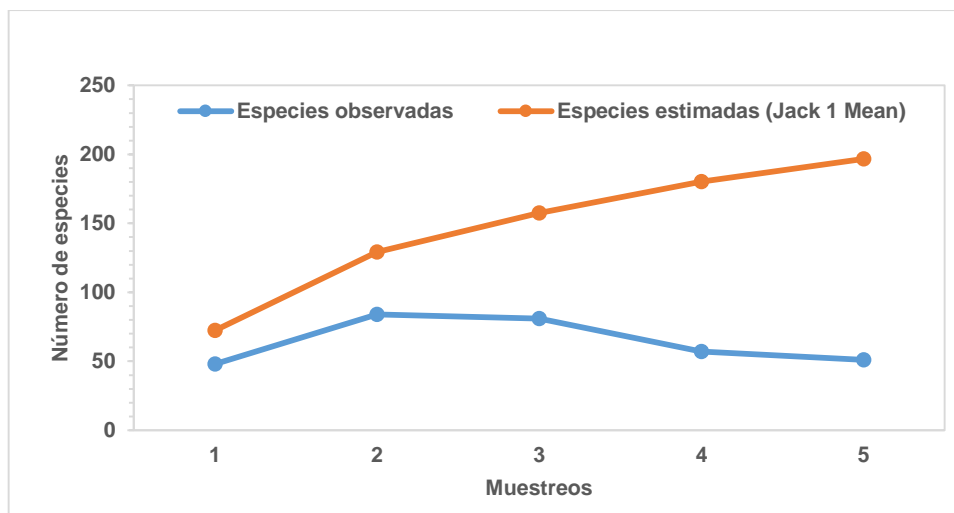


Figura 26. Número de especies observadas vs. número de especies estimadas (mediante el Estimador Jacknife 1) por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies registrado en los cinco muestreos efectuados, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 22$ ,  $p=0.8118$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de individuos por especie de mariposas diurnas registrado en los diferentes muestreos efectuados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de 13 grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 0$  entre 83 especies, y máximas de  $w= 18.86183911$  entre *Callimormus radiola radiola* y *Dircenna klugii klugii* (Calrad y Dirclu), entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de individuos por especies en los muestreos efectuados (Figura 27).

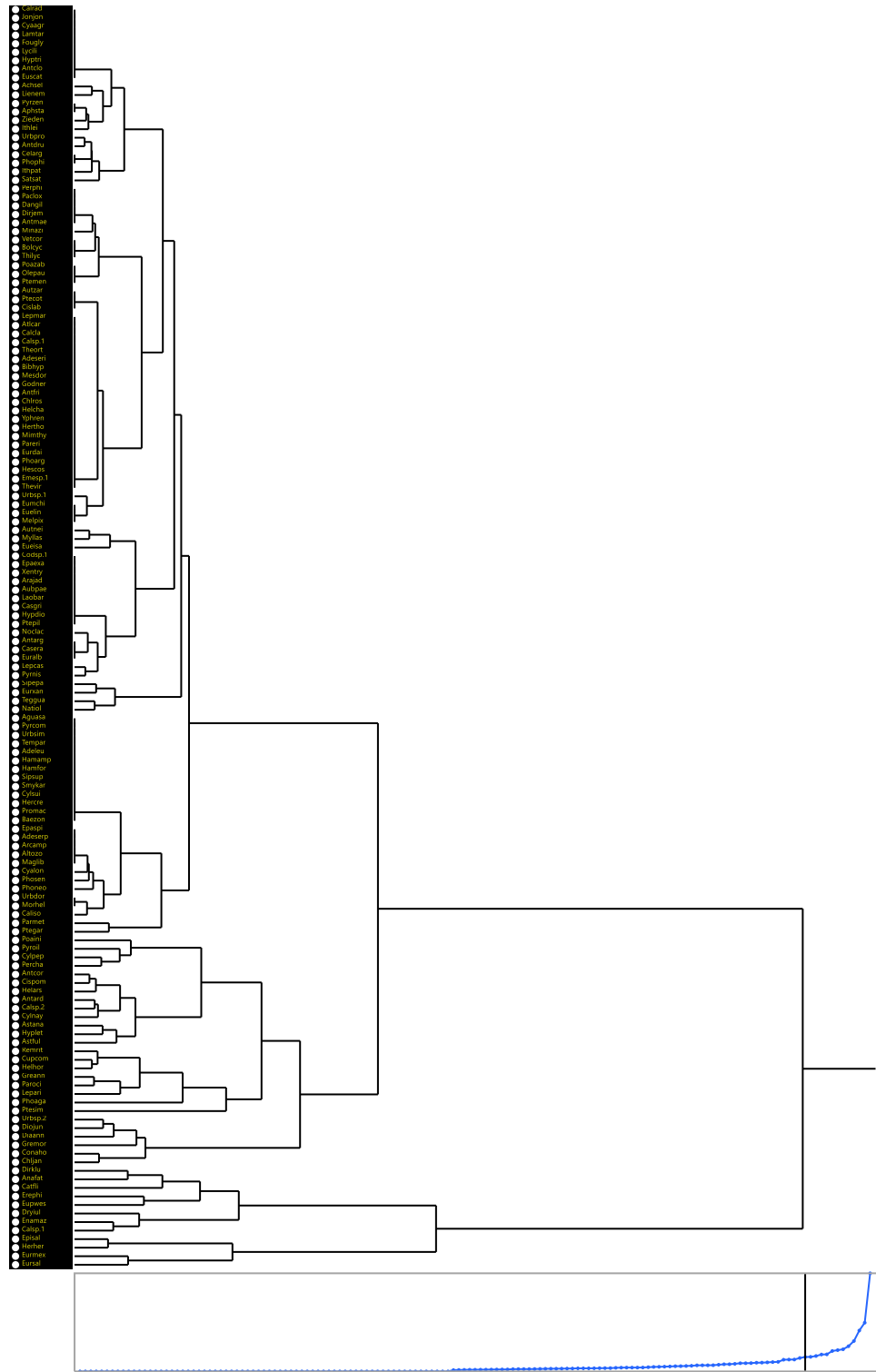


Figura 27. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos por especie de mariposas diurnas en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Las tendencias registradas para riqueza de especies en la presente investigación mostraron valores relativamente altos. La riqueza observado para las familias Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae puede compararse con las cifras señaladas por Monteagudo *et al.* (2014) para BMM en México: coincide con lo reportado por Luis y Llorente (1993) para Omiltemi, Guerrero (89 especies), supera el registro de Barrera y Romero (1986) en la Cascada de los Diamantes, Estado de México (37 especies), pero representa solo el 33.3% de riqueza determinada por Luis *et al.* (1991) para la Sierra de Juárez, Oaxaca (267 especies). Sin embargo, debe reiterarse que el presente estudio se realizó en superficie de 21.7 ha, dentro de un BMM fragmentado, durante un lapso corto (junio-octubre de 2016), muestreándose solo puntos representativos de los EB.

De acuerdo con Kuussaari *et al.* (2007), el tipo y la calidad de hábitat son los factores más influyentes sobre la riqueza de lepidópteros con actividad diurna en paisajes agrícolas; esto coincide parcialmente con las tendencias observadas en la presente investigación, donde se determinaron diferencias significativas para riqueza específica entre los distintos tipos de EB considerados.

Si bien no se observó un patrón definido en cuanto a la riqueza de especies de lepidópteros diurnos registrada, los valores más altos se manifestaron en EB cuya composición presentó al menos un sistema agroforestal tradicional, lo cual reafirma la importancia de estos modelos productivos como refugio de la biodiversidad (Moguel y Toledo, 1999); asimismo, dicha tendencia coincide con los valores de riqueza y abundancia superiores reportados para mariposas diurnas en plantaciones de café contiguas a fragmentos de bosque en Costa Rica (Holner-Devine *et al.*, 2003), y con la alta riqueza de especies frugívoras en sistemas agroforestales y bosque secundario observada en Camerún (Bobo *et al.*, 2005); de igual manera, los registros de riqueza obtenidos son equiparables a los valores identificados para lepidópteros diurnos en bosques talados de Borneo, Indonesia (Cleary, 2004), y para mariposas frugívoras en bosque de montaña perturbado en Indonesia (Fermon *et al.*, 2005).

Los menores valores de riqueza específica de mariposas diurnas se manifestaron en EB cuya composición presentó hábitats con vegetación poco perturbada

(BMMC y BMMS); dicha tendencia se contrapone a estudios que señalan que la riqueza disminuye al incrementar el impacto sobre el hábitat: al intensificarse el manejo del sistema agroforestal cafetalero, en Chiapas, México (Mas y Dietsch, 2003; Perfecto *et al.*, 2003) y en bosque secundario con diferentes etapas de sucesión, en Sulawesi Central, Indonesia (Veddeler *et al.*, 2005).

Otras investigaciones han mostrado resultados neutrales con respecto a riqueza de especies y el grado de manejo del hábitat: Uehara-Prado *et al.* (2007) no encontraron diferencias significativas para la riqueza específica de mariposas frugívoras en bosque continuo y fragmentos de bosque en São Paulo, Brasil; valores similares señalaron Clough *et al.* (2011), al evaluar lepidópteros diurnos en plantaciones de cacao bajo sombra (con diferente grado de manejo) en Sulawesi, Indonesia.

Las tendencias de las investigaciones mencionadas, presuntamente contradictorias, presentan un sesgo que dificulta su comparación: la ubicación de los sitios de estudio difiere en geoposición (latitud y longitud), además de que el esfuerzo y tipo de muestreo aplicado (generalmente enfocado a especies frugívoras, capturadas mediante trampas) fueron distintos en relación con la presente. La respuesta que las mariposas diurnas exhiben ante a la perturbación del hábitat difiere entre los estudios realizados en distintas partes del mundo: Koh (2007) analizó 20 investigaciones sobre tales organismos efectuadas en el sureste de Asia, infiriendo que la disimilitud de resultados se debe a los distintos tipos de muestreo y escala espacial utilizados; por su parte, Bonebrake *et al.* (2010) reportan tendencias similares en regiones neotropicales y afrotropicales. A los sesgos implícitos señalados debe añadirse la escala temporal monitoreada, puesto que la riqueza específica fluctúa en función de la época del año evaluada; así, en la presente investigación los valores máximos de riqueza se registraron en julio (M2), decreciendo en muestreos posteriores, coincidiendo con lo reportado por Llorente *et al.* (1986) para la zona centro del estado de Veracruz. Debe tenerse presente que los sistemas agroforestales no son sustituto de los ecosistemas originales: estudios que han abordado otros grupos faunísticos en ambos hábitats (*v. g.*: quirópteros, en Talamanca, Costa Rica), recalcan la

importancia de conservar áreas con vegetación nativa, pues aunque la riqueza, abundancia y diversidad registradas en plantaciones agroforestales pueden ser similares a las de selva, la composición de los gremios alimenticios difiere (Harvey y González, 2007). En relación con lepidópteros, en Sao Paulo, Brasil, Francesconi *et al.* (2013) determinaron que el sistema agroforestal café bajo sombra tiene mayor potencial que los monocultivos para la conservación de mariposas; sin embargo, los hábitats bosque interior y borde de bosque presentaron mayor riqueza y abundancia.

Recolectas adicionales en el área de estudio abordada por la presente, que abarquen el ciclo anual completo e incorporen el monitoreo del interior de las parcelas que conforman los EB, tenderían a incrementar el número de especies de mariposas diurnas registradas.

### 6.3 Resultados de abundancia

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de individuos por familia registrado en los 33 EB considerados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 28):

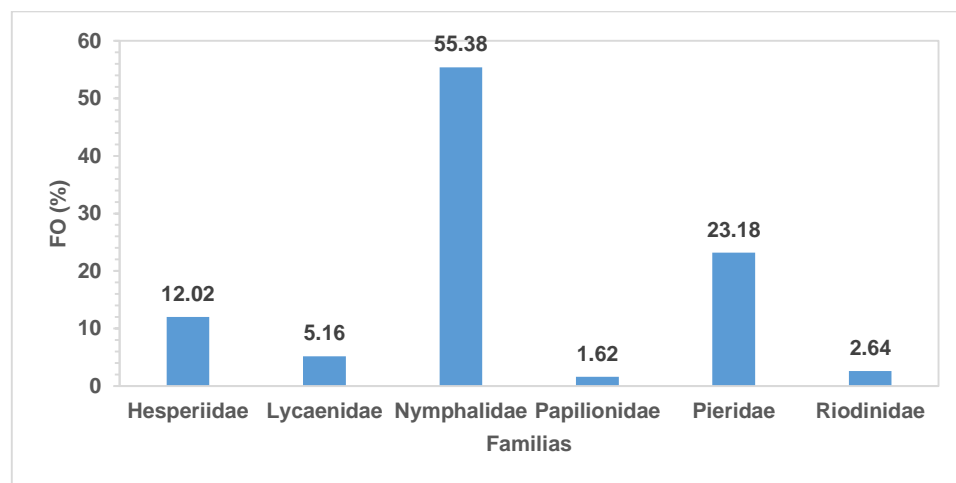


Figura 28. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de Abundancia relativa efectuado con los datos del número de individuos por familia registrado en los 33 EB considerados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 29):

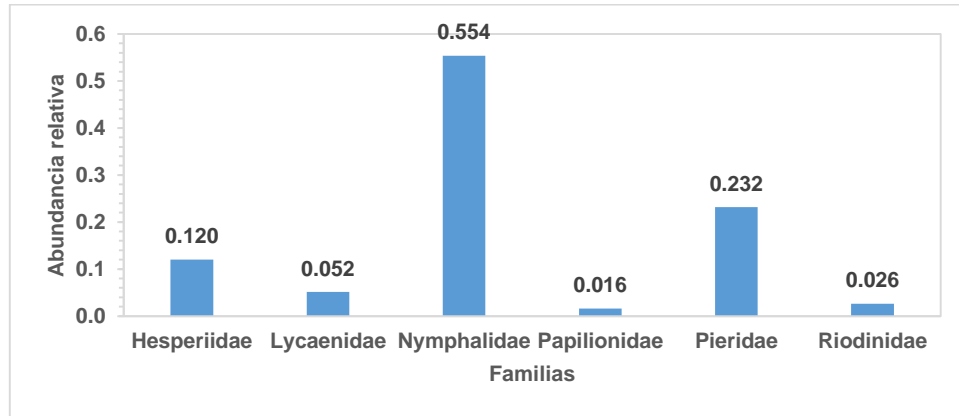


Figura 29. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de individuos por familia registrado por EB, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 26$ ,  $p=0.5642$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de individuos de mariposas diurnas por familia registrado en los diferentes EB considerados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de cinco grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 0.589536436$  entre EB 11-EB 28, y máximas de  $w= 6.726817256$  entre EB 1-EB 3, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de individuos por familia en los EB bajo estudio (Figura 30).

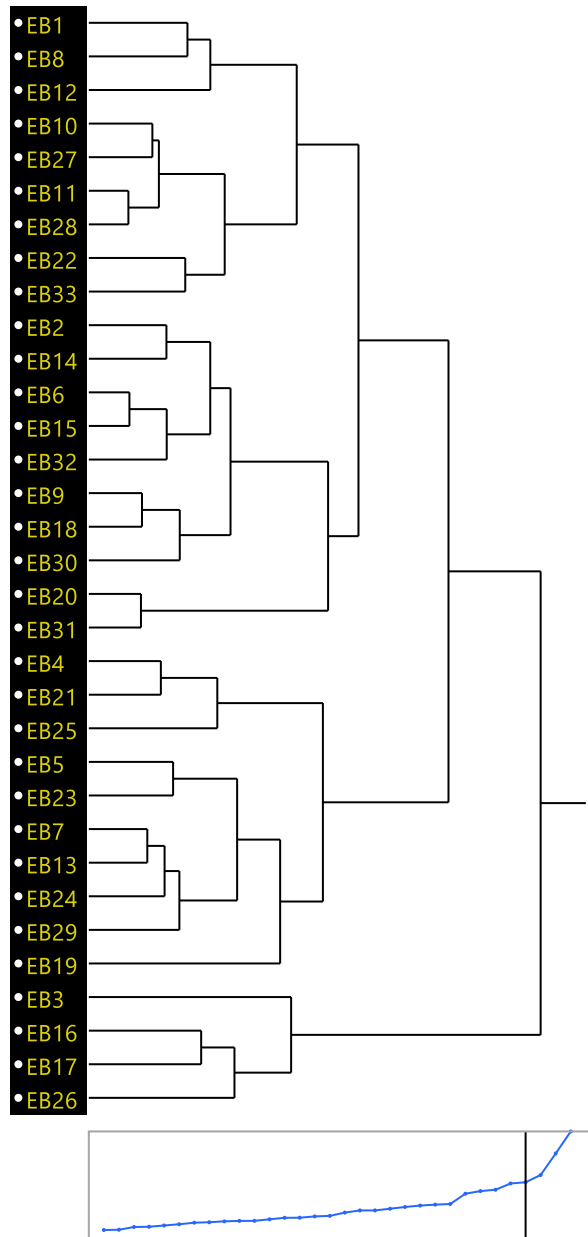


Figura 30. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por familia en los diferentes EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

De acuerdo con el análisis de tablas de contingencia de  $\chi^2$  para los datos del número de individuos por familia registrado para los EB considerados, se demuestra que la proporción de especies por familia en ellos, es estadísticamente diferente ( $P= 0.5396$ ) bajo la  $H_0= P_{i1}=P_{i2}, i=1,2,\dots, k-1, k=\text{no. de individuos por familia por EB}$ ) a un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de individuos por subfamilia registrado en los 33 EB considerados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 31):

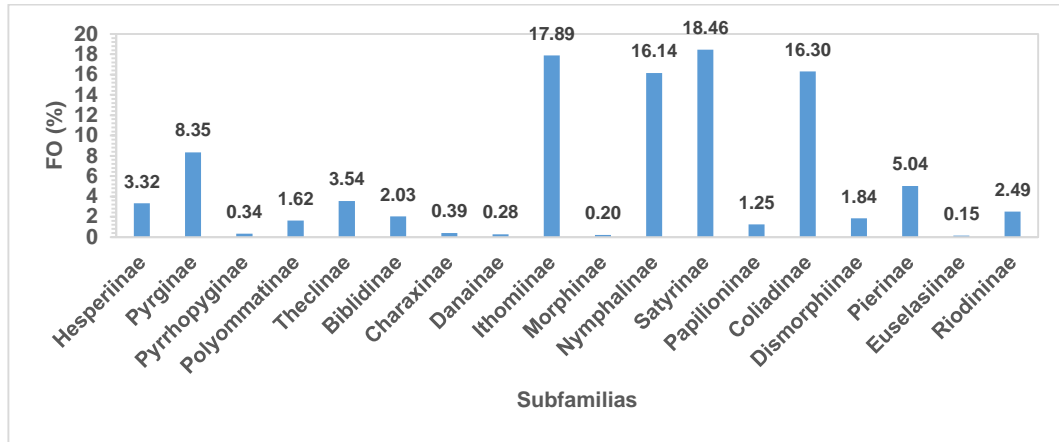


Figura 31. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilias en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de abundancia relativa efectuado con los datos del número de individuos por subfamilia registrado en los 33 EB considerados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 32):

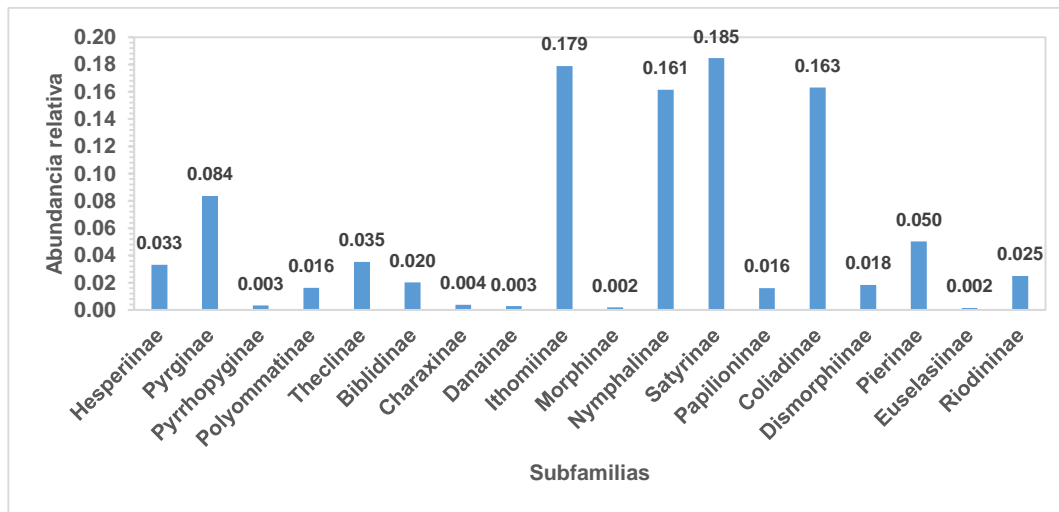


Figura 32. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los EB considerados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.



Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de individuos por subfamilia registrado por EB, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 20$ ,  $p=0.6271$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de individuos de mariposas diurnas por subfamilia registrado en los diferentes EB considerados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de cinco grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 1.367559258$  entre EB 22-EB 29, y máximas de  $w= 8.255686591$  entre EB 1-EB 3, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de individuos por subfamilia en los EB bajo estudio (Figura 33).

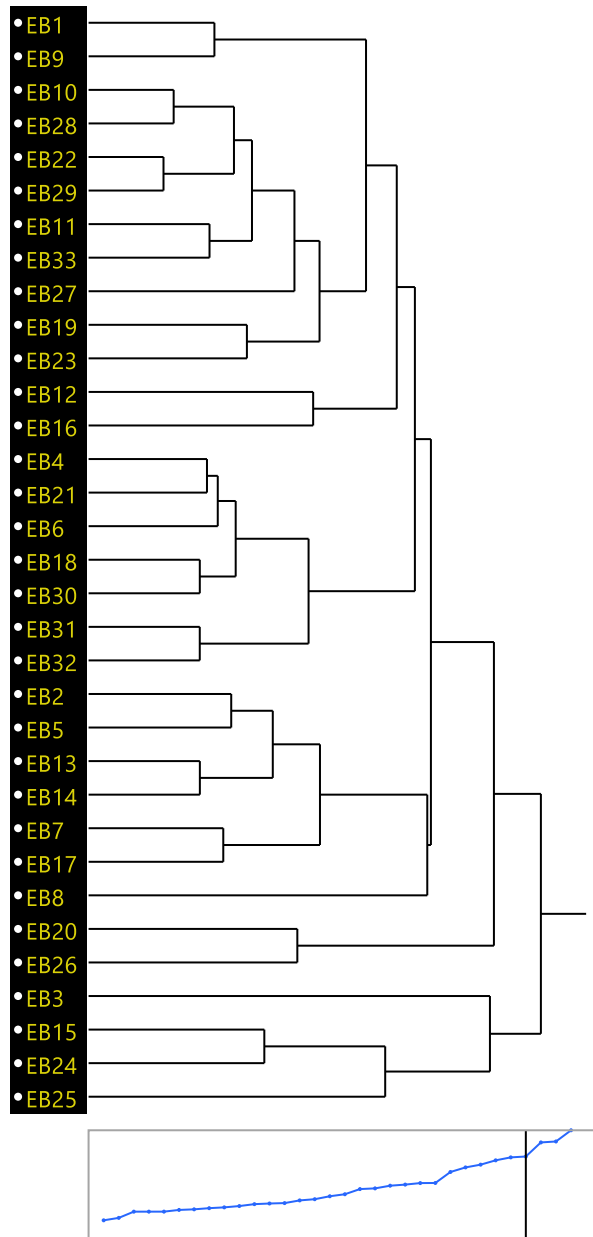


Figura 33. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por subfamilia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

De acuerdo con el análisis de tablas de contingencia de  $\chi^2$  para los datos del número de individuos por subfamilia registrado para los EB considerados, se demuestra que la proporción de especies por subfamilia en ellos, es estadísticamente diferente ( $P=0.7577$ ) bajo la  $H_0= P_{i1}=P_{i2}$ ,  $i=1,2,\dots, k-1$ ,  $k=\text{no. de individuos por subfamilia por EB}$ ) a un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de individuos por familia registrado durante los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 34):

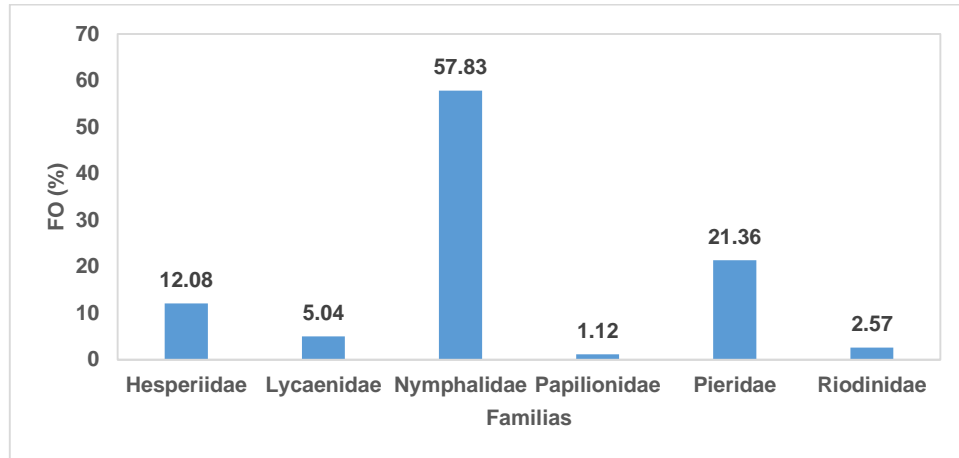


Figura 34. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de abundancia relativa efectuado con los datos del número de individuos por familia registrado en los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 35):

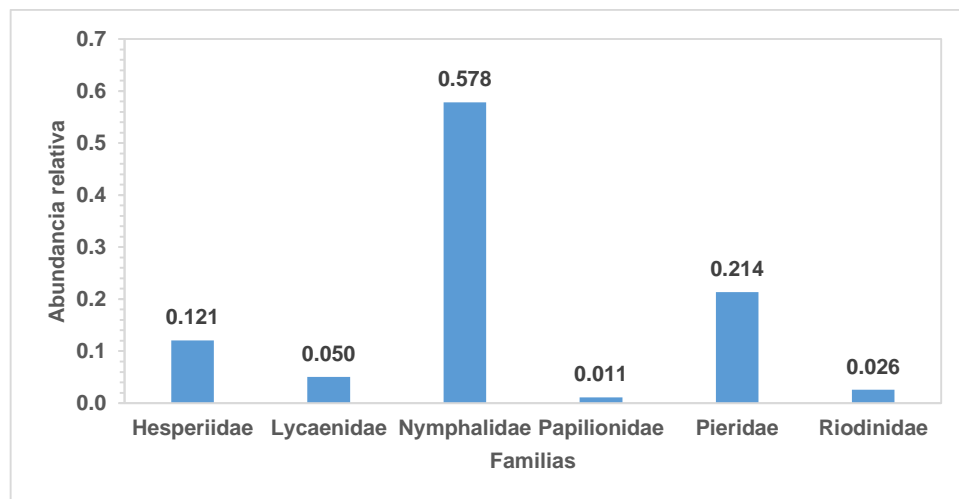


Figura 35. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por familia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de individuos por familia registrado por muestreo, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 22$ ,  $p=0.8414$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de individuos de mariposas diurnas por familia registrado en los diferentes muestreos efectuados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de tres grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 1.081309747$  entre M1-M5, y máximas de  $w= 3.891050179$  entre M1-M2, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de individuos por familia en los muestreos efectuados (Figura 36).

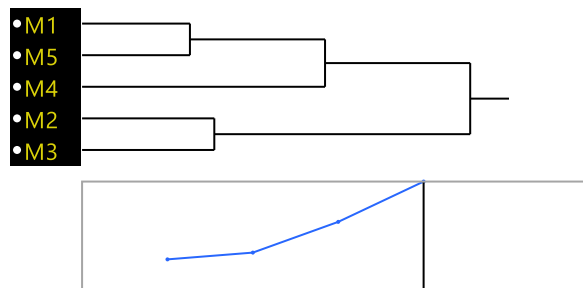


Figura 36. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por familia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

De acuerdo con el análisis de tablas de contingencia de  $\chi^2$  para los datos del número de individuos por familia registrado para los muestreos efectuados, se demuestra que la proporción de especies por familia en ellos, es estadísticamente diferente ( $P= 0.5708$ ) bajo la  $H_0= P_{i1}=P_{i2}$ ,  $i=1,2,\dots, k-1$ ,  $k=no.$  de individuos por familia por muestreo) a un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

El análisis de Frecuencia de Observación (FO) efectuado con los datos del número de individuos por subfamilia registrado durante los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 37):

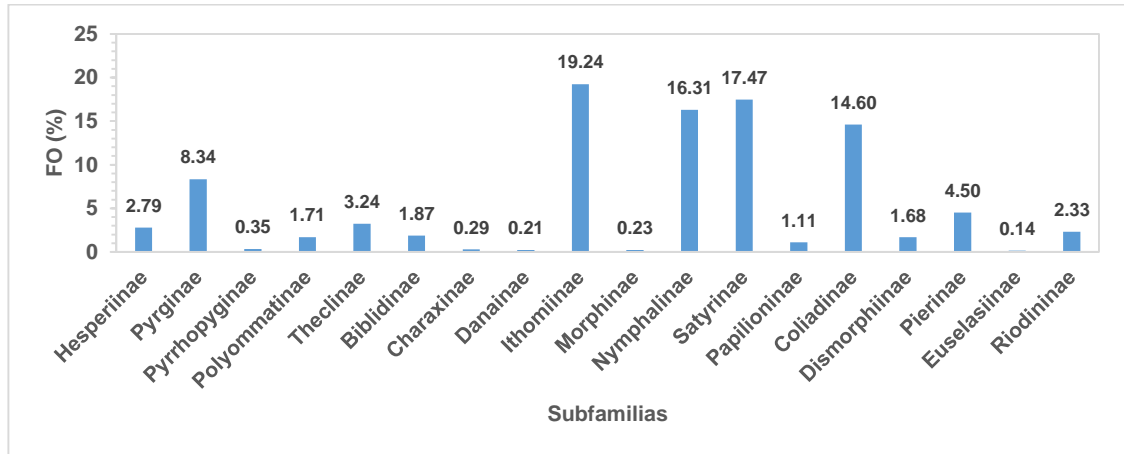


Figura 37. Frecuencia de Observación (FO) de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

El análisis de Abundancia relativa efectuado con los datos del número de individuos por subfamilia registrado en los muestreos efectuados, presentó los siguientes valores promedio (Figura 38):

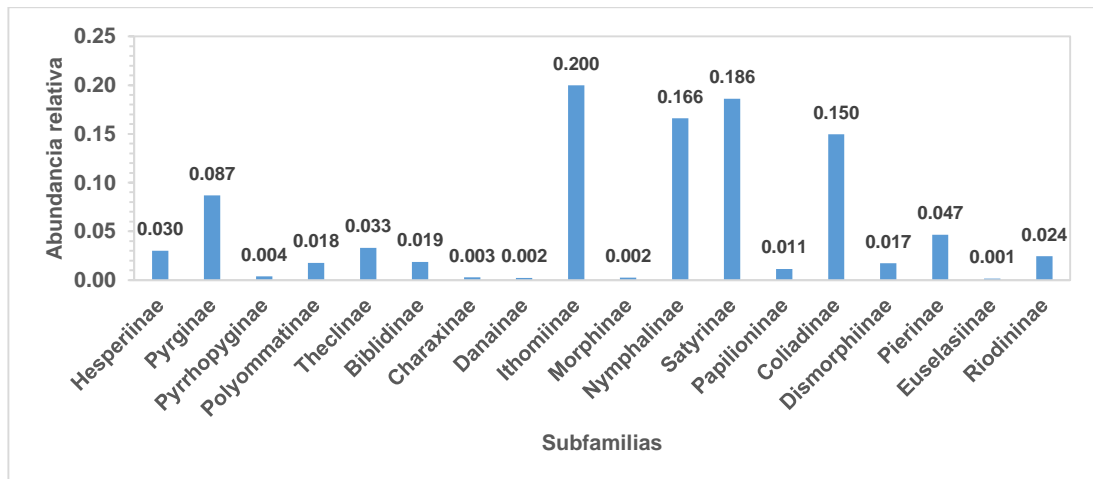


Figura 38. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas por subfamilia en los cinco muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de número de especies por subfamilias registrado por muestreo, permiten señalar que existen diferencias significativas en el número de especies registradas en ellos ( $F= 30$ ,  $p=0.4376$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ , con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados del análisis clúster del número de individuos de mariposas diurnas por subfamilia registrado en los diferentes muestreos efectuados, mostraron una tendencia en la conformación gráfica de tres grupos de frecuencias o clústers (amalgamaciones); encontrándose distancias mínimas de  $w= 3.460752802$  entre M4-M5, y máximas de  $w= 5.404688578$  entre M1-M2, entre los diferentes rangos de frecuencias (subamalgamaciones), lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en el registro del número de individuos por subfamilia en los muestreos efectuados (Figura 39).

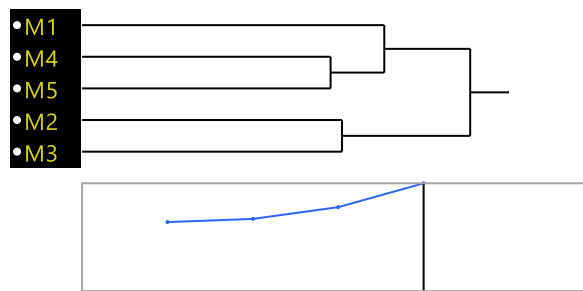


Figura 39. Dendrograma del análisis de conglomerados o análisis clúster efectuado con los datos de número de individuos de mariposas diurnas por subfamilia en los diferentes muestreos efectuados en la presente, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

De acuerdo con el análisis de tablas de contingencia de  $\chi^2$  para los datos del número de individuos por subfamilia registrado para los muestreos efectuados, se demuestra que la proporción de especies por familia en ellos, es estadísticamente diferente ( $P= 0.3083$ ) bajo la  $H_0= P_{i1}=P_{i2}$ ,  $i=1,2,\dots, k-1$ ,  $k=no.$  de individuos por subfamilia por muestreo) a un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

Las tendencias registradas para abundancia mostraron a la familia Nymphalidae y las subfamilias Ithomiinae y Satyrinae como las más representativas, coincidiendo parcialmente con lo reportado por Pérez (2008) para sistemas agroforestales cafetaleros modernos en Costa Rica, en los que identificó a *Hermeuptychia hermes* (Nymphalidae: Satyrinae) como una de las especies más abundantes e indicadora de perturbación (Fleishman y Murphy, 2009). A diferencia de Satyrinae, la subfamilia Ithomiinae presenta alta sensibilidad a cambios microclimáticos y habita en sitios sombreados con altos niveles de humedad, tal como lo sugieren Muriel (2006), Ramírez *et al.* (2007), y Muriel y Kattan (2009); en los EB monitoreados, dichas subfamilias exhibieron abundancias similares y FO superiores a nivel de especie (*Hermeuptychia hermes*:12.01%; *Episcada salvinia*:10.60%), por lo que se deduce que el área de estudio presenta un grado de perturbación intermedio (los sistemas agroforestales identificados como componentes de los EB fueron de tipo tradicional), tal como sugiere Connell (1978) en su hipótesis del disturbio intermedio, en la que reporta que a altos gradientes de perturbación la diversidad incrementa.

Comparando la abundancia registrada en el presente estudio para los Ithomiinos predominantes (*Episcada salvinia* = 10.6%, *Pteronymia simplex* = 2.99%, *Dircenna klugii* = 2.65%; las dos primeras especies con patrón transparente, la tercera con patrón amarillo), pudo inferirse visualmente que, a nivel general, los EB monitoreados presentaron un dosel bien desarrollado (aproximadamente >50%), lo cual es soportado por Uehara-Prado y Freitas (2009), quienes evaluaron los complejos miméticos de esta subfamilia en bosque continuo y fragmentos boscosos en São Paulo, Brasil, siendo especies de alas transparentes las que predominan en hábitats sombreados.

En la presente investigación, las tendencias registradas para abundancia exhibieron valores superiores en EB cuya conformación presentó al menos un sistema agroforestal tradicional: la heterogeneidad de la vegetación arbórea asociada a tales sistemas productivos es similar a la de hábitats conservados, como lo establece Villavicencio (2003) para sistemas agroforestales cafetaleros

en la zona centro de Veracruz, México; de esta manera, se podría estar favoreciendo la ocurrencia de lepidópteros que utilizan los recursos alimenticios ofertados, así como el registro de un mayor número de individuos, como sugiere Marín-Gómez *et al.* (2011) para paisajes ganaderos en Colombia.

Es imperativo señalar, que las tendencias registradas en la abundancia podrían estar asociadas a variables ambientales no consideradas en la presente, como lo hace ver Ramírez (2010), quien señala que la temperatura y la humedad relativa pueden jugar un rol preponderante en la abundancia de este grupo taxonómico particular; aunado a ello, Dolia *et al.* (2008) y Carrero *et al.* (2013) sugieren que otras variables, como la proximidad a áreas con vegetación conservada y niveles altitudinales bajos, impactan positivamente en las poblaciones de mariposas diurnas; considerando lo anterior, se recomienda modelar la distribución de las abundancias registradas, con el objeto de tener un acercamiento que coadyuve a inferir el estado de conservación para este grupo de insectos en los EB bajo estudio.

#### **6.4 Resultados de diversidad**

La diversidad de especies estimada por el índice de Shannon-Wiener para los datos de número de especies por familias registrado por EB fue de  $H' = 1.38$ . Al comparar gráficamente el índice de Shannon-Wiener para cada uno de los EB, se observa que la diversidad entre los mismos osciló entre 1.24-1.38 (Figura 40).



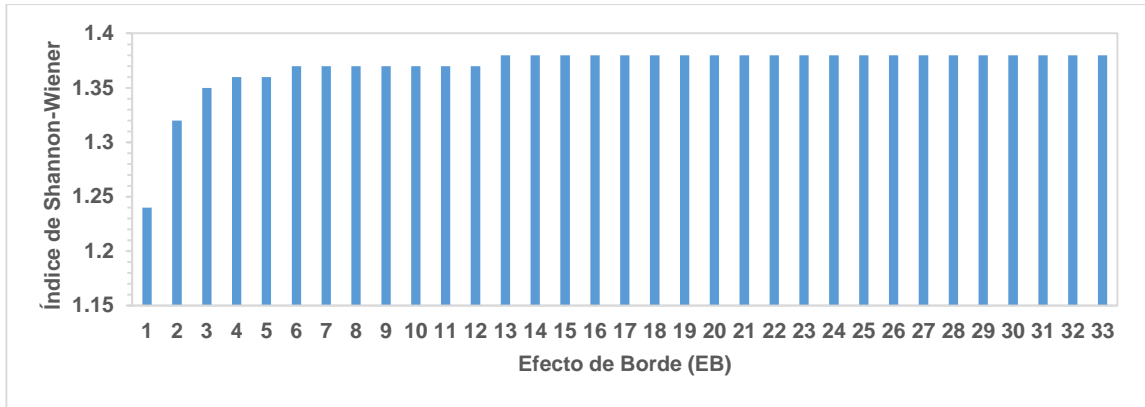


Figura 40. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para familias por EB, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de diversidad de especies por familia registrada por EB, estimada por el índice de Shannon-Wiener, permiten señalar que no existen diferencias significativas en el valor de diversidad registrada en ellos ( $F= 5$ ,  $p=<0.0003$ ), aceptándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ ), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

La diversidad de especies estimada por el índice de Shannon-Wiener para los datos de número de especies por subfamilias registrado por EB fue de  $H' = 2.4$ . Al comparar gráficamente el índice de Shannon-Wiener para cada una de los EB, se observa que la diversidad entre los mismos osciló entre 2 y 2.4 (Figura 41).

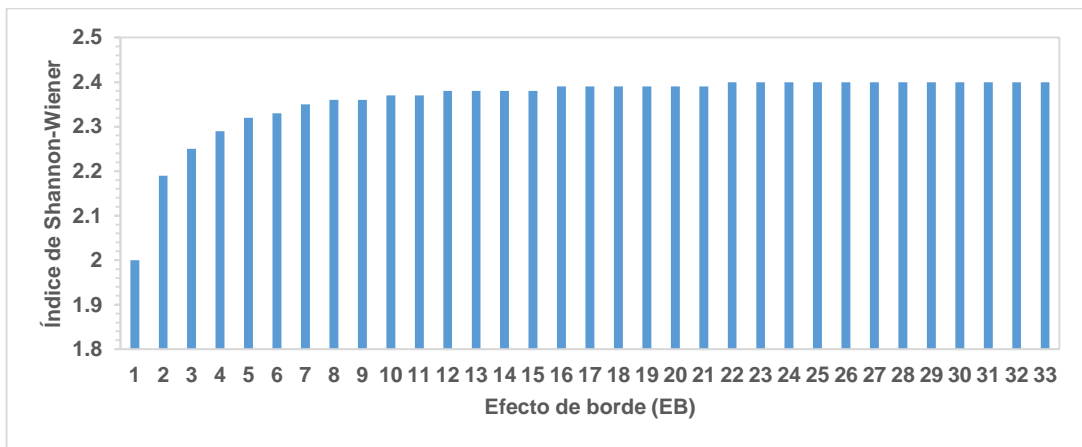


Figura 41. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para subfamilias por EB, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de diversidad de especies por subfamilia registrado por EB, estimada por el índice de Shannon-Wiener, permiten señalar que no existen diferencias significativas en el valor de diversidad registrada en ellos ( $F= 11$ ,  $p=<0.0015$ ), aceptándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ ), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

La diversidad de especies estimada por el índice de Shannon-Wiener para los datos de número de individuos por especie registrado por EB fue de  $H' = 3.97$ . Al comparar gráficamente el índice de Shannon-Wiener para cada uno de los EB, se observa que la diversidad entre los mismos osciló entre 2.91-3.97 (Figura 42).

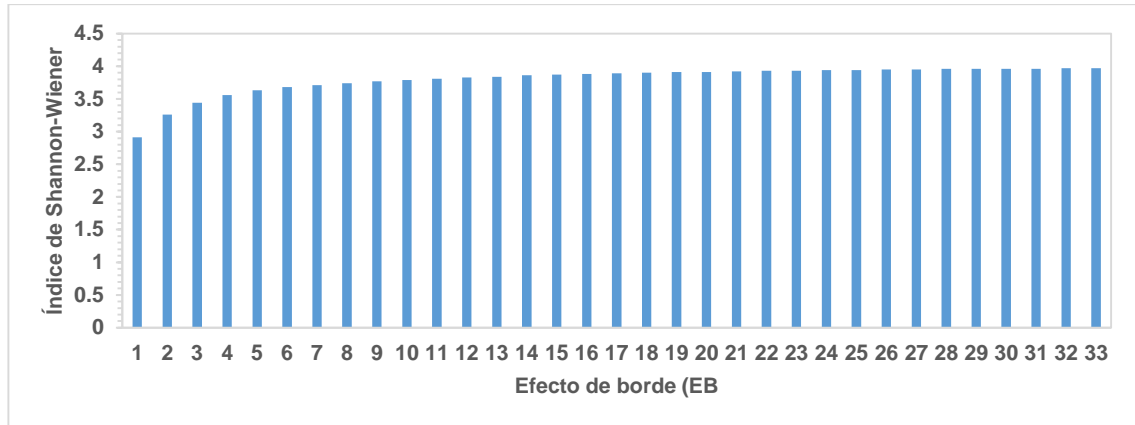


Figura 42. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para individuos por especie por EB, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de diversidad de especies registrada por EB, estimada por el índice de Shannon-Wiener, permiten señalar que existen diferencias significativas en el valor de diversidad registrada en ellos ( $F= 24$ ,  $p=0.1290$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ ), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

La diversidad de especies estimada por el índice de Shannon-Wiener para los datos de número de especies por familias registrado por muestreo fue de  $H' = 1.49$ . Al comparar gráficamente el índice de Shannon-Wiener para cada una de los muestreos, se observa que la diversidad entre los mismos osciló entre 1.43 y 1.49 (Figura 43).

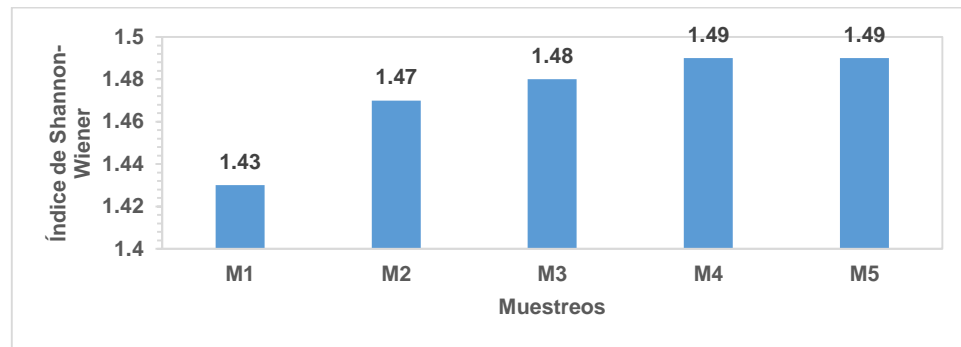


Figura 43. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para familias por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de diversidad de especies por familia registrada por muestreo, estimada por el índice de Shannon-Wiener, permiten señalar que existen diferencias significativas en el valor de diversidad registrada en ellos ( $F = 3$ ,  $p = 0.2839$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ ), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

La diversidad de especies estimada por el índice de Shannon-Wiener para los datos de número de especies por subfamilia registrado por muestreo fue de  $H' = 2.49$ . Al comparar gráficamente el índice de Shannon-Wiener para cada una de los muestreos, se observa que la diversidad entre los mismos osciló entre 2.38 y 2.49 (Figura 44).

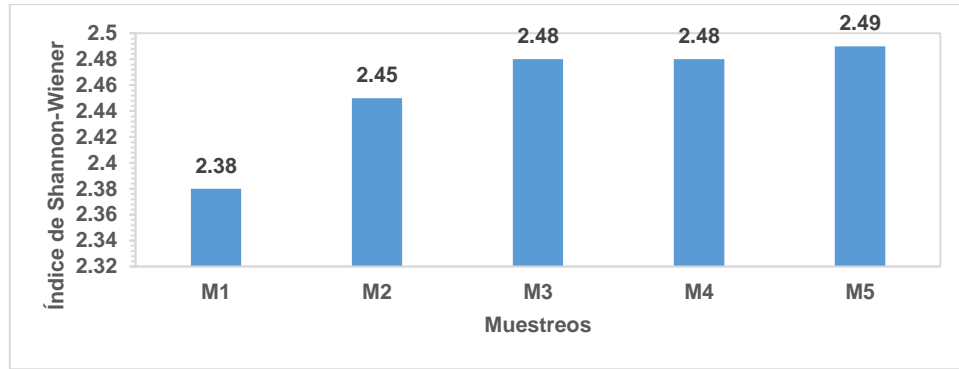


Figura 44. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para subfamilias por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de diversidad de especies por subfamilia registrado por muestreo, estimada por el índice de Shannon-Wiener, permiten señalar que existen diferencias significativas en el valor de diversidad registrada en ellos ( $F= 3$ ,  $p= 0.2839$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ ), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

La diversidad de especies estimada por el índice de Shannon-Wiener para los datos de número de individuos por especie registrado por muestreo fue de  $H' = 3.97$ . Al comparar gráficamente el índice de Shannon-Wiener para cada una de los muestreos, se observa que la diversidad entre los mismos osciló entre 3.7 y 3.97 (Figura 45).

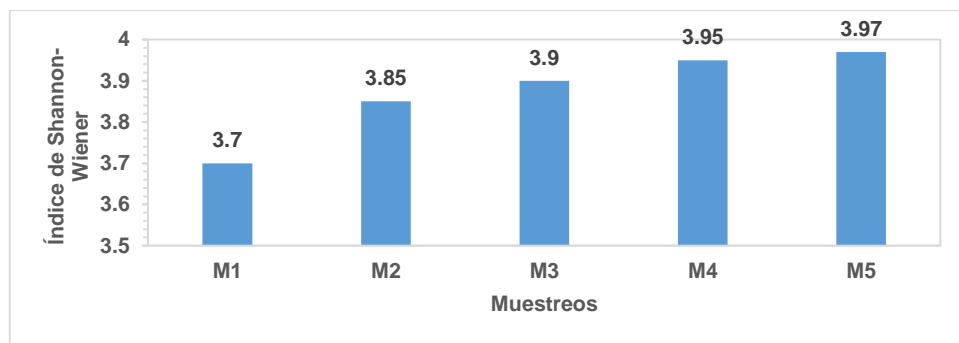


Figura 45. Índice de Shannon-Wiener de la diversidad de especies estimada para individuos por especie por muestreo, en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver.

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para los datos de diversidad de especies registrada por muestreo, estimada por el índice de Shannon-Wiener, permiten señalar que existen diferencias significativas en el valor de diversidad registrada en ellos ( $F= 4$ ,  $p= 0.4060$ ), rechazándose la hipótesis nula planteada ( $H_0: \mu = \mu_n$ ), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

En cuanto a las tendencias registradas para diversidad, los valores máximos se presentaron al analizar el número de individuos por especie por muestreo ( $H' = 3.7-3.97$ ). Dichos valores son mayores que los reportados por Hernández *et al.* (2003), Munyuli (2011) y González-Valdivia *et al.* (2013), quienes trabajaron con mariposas diurnas en paisajes ganaderos de Nicaragua ( $H' = 1.85$ ) y en sistemas agroforestales café-plátano en Uganda ( $H' = 1.60-3.61$ ), y con mirmecofauna en sistemas agroforestales, en Tabasco, México ( $H' = 0.84-2.29$ ), respectivamente. Con relación a la diversidad de mariposas diurnas, Boriani *et al.* (2005) evaluaron este taxón en paisajes agrícolas de Modena y Reggio Emilia, Italia, indicando que dicha variable resulta influida principalmente por el tipo de hábitat, no por el grado de interconexión del paisaje; sin embargo, en el presente trabajo no se observó un patrón definido con respecto a la diversidad de especies registrada en los distintos tipos de EB. Los máximos valores de diversidad, registrados por los autores previamente mencionados ( $H' = 2.63$ , en barreras vivas con franjas adyacentes de pasto-flores silvestres), resultan inferiores al ser comparados con los obtenidos en la presente investigación, debido a la baja riqueza específica de mariposas diurnas (450 especies) registrada para Europa (Settele *et al.*, 2008). De manera opuesta, Marín *et al.* (2009) quienes evaluaron la diversidad de mariposas frugívoras en sitios con distinto porcentaje de bosque secundario, dentro de una matriz agro-pastoril con manejo tradicional en Chiapas, México, concluyeron que la calidad de la matriz (con notable presencia de elementos arbóreos) favorece la permanencia de una porción de la lepidopterofauna original, así como el movimiento de individuos entre hábitats aislados, observándose una diversidad de mariposas similar entre los sitios. Por su parte, Vu (2008) evaluó la lepidopterofauna diurna en un gradiente de bosque

conservado-áreas agrícolas, en Vietnam, observando que hábitats perturbados presentaron mayor diversidad (sitios con predominio de arbustos [ $H' = 3.719$ ] y borde de bosque [ $H' = 3.607$ ]), aunque la composición de las comunidades fue distinta entre hábitats. Lo anterior apunala a la metodología utilizada en el presente estudio, fundamentada en la hipótesis del efecto de borde propuesta por Leopold (1933), la cual manifiesta que la riqueza y abundancia de especies son mayores en paisajes agrícolas fragmentados, debido presencia simultánea de más de un hábitat, cuya heterogeneidad en vegetación favorece la presencia de mayor biodiversidad.

Los valores de diversidad registrados en el área monitoreada pueden calificarse como regulares-intermedios; sin embargo, Bonebrake *et al.* (2010) indican que estudios efectuados a pequeña escala espacial tienden a reportar alta diversidad en zonas perturbadas (en este caso, los sistemas agroforestales), pues la probabilidad de capturar especies raras incrementa debido a la poca superficie muestreada.

Con respecto a investigaciones efectuadas en torno a mariposas diurnas en zonas con EB, la disimilitud de las metodologías abordadas dificulta la comparación de los resultados con los valores obtenidos en la presente. Así, Ries y Sisk (2008) evaluaron la presencia de lepidópteros diurnos en EB en la ribera del río San Pedro, Arizona, U.S.A., correlacionando la presencia de plantas hospederas y nutricias con la de mariposas en algunos bordes. Si bien el modelo que dichos autores proponen para evaluar lepidópteros en zonas con EB es apropiada (transectos compuestos por cuadrantes, a ambos lados del EB), su aplicación en la presente no resultó ser la más adecuada para la orografía que presenta el área de estudio. Otros autores como Feber *et al.* (1996) señalan que el enriquecimiento en bordes con pasto y flores silvestres incrementa la abundancia y diversidad de mariposas diurnas; de forma análoga, la presencia de ornamentales y frutales en los EB considerados podría estar relacionada con las tendencias registradas en el presente estudio.

## 7. CONCLUSIONES

Se estimó y comparo la riqueza, abundancia, diversidad de especies de mariposas diurnas en los EB considerados. Con ello, se logró establecer la relación e importancia entre los tres sistemas agroforestales tradicionales y una parte importante de la diversidad de mariposas diurnas, específicas de este tipo de EB en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Veracruz. La presente reporta los primeros registros sobre el conocimiento de la Lepidopteroфаuna de este tipo de sistemas en la zona, por lo que resultará ser la base para estudios futuros en los que se sugiere, implementar este diseño científico-metodológico al interior de las parcelas que conforman dichos sistemas de producción, mismos que conforman los EB bajo estudio, incrementando el esfuerzo de muestreo en una escala espacio-temporal, con el objeto de obtener un listado más completo y preciso de la diversidad de mariposas que hacen uso de dichos agroecosistemas, inmersos en este bosque mesófilo de montaña fragmentado, para esta región particular de México.

## LITERATURA CITADA

- Andrade-C., M. G. 1998. Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 22(84): 407-421.
- Andrade-C., M. G., E. R. Henao B., y P. Triviño. 2013. Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144): 311-325.
- Barrera G., T, y L. Romero. 1986. Estudio faunístico de lepidópteros (Superfamilia Papilionoidea) en un bosque mesófilo de montaña en Cascada de los Diamantes, San Rafael, Estado de México. Tesis de grado. UNAM, Facultad de Ciencias. 58 pp.
- Beutelspacher B., C. R. 1983. Como hacer una colección de mariposas. 2a ed. Publicaciones de Divulgación. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 106 pp.
- Bhagwat, S. A., K. J. Willis, H. J. B. Birks, and R. J. Whittaker. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23(5): 261-267.
- Blake, J. G., 1992. Temporal variation in point counts of birds in a lowland wet forest in Costa Rica. *The Cooper Ornithological Society. The Condor*, 94:265-275.
- Bojorges B., J. C., L. López-Mata, L. A. Tarango-Arámbula, J. G. Herrera-Haro, y G. D. Mendoza-Martínez. 2006. Combinación de métodos de muestreo para registrar la riqueza de especies de aves en ecosistemas tropicales. *Universidad y Ciencia*, 22: 111-118.
- Bobo, K. S., M. Waltert, H. Fermon, J. Njokagbor and M. Mühlenberg. 2005. From forest to farmland: butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in Southwestern Cameroon. *Journal of Insect Conservation*, 10: 29-42.
- Bonebrake, T. C., L. C. Ponisio, C. L. Boggs, and P. R. Ehrlich. 2010. More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, 143(8): 1831-1841.
- Boriani, L., G. Burgio, M. Marini, and M. Genghini. 2005. Faunistic study on butterflies collected in Northern Italy rural landscape. *Bulletin of Insectology*, 58(1): 49-56.
- Brose, U., and N. D. Martínez. 2004. Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos*, 105(2): 292-300.
- Bubb, P., I. May, L. Miles, and J. Sayer. 2004 *Cloud Forest Agenda*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. <[http://www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP\\_WCMC\\_bio\\_series/20.htm](http://www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/20.htm)>. Consultada el 26 de febrero de 2015.
- Carrero S., D. A., L. R. Sánchez M., y D. E. Tobar L. 2013. Diversidad y distribución de mariposas diurnas en un gradiente altitudinal en la región



- nororiental andina de Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 17(1): 168-188.
- Castillo H., L. A. 2013. Inventario florístico del bosque mesófilo de montaña de la Reserva Bicentenario, Zongolica, Veracruz. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 193 pp.
- Cleary, D. F. R. 2004. Assessing the use of butterflies as indicators of logging in Borneo at three taxonomic levels. *Journal of Economic Entomology*, 97(2): 429-435.
- Clough, Y., J. Barkmann, J. Juhbandt, M. Kessler, T. Cherico W., A. Anshary, D. Buchori, D. Cicuzza, K. Darras, D. Dwi P., S. Erasmi, R. Pitopang, C. Schmidt, C. H. Schulze, D. Seidel, I. Steffan-Dewenter, K. Stenchly, S. Vidal, M. Weist, A. Christian W., and T. Tschardtke. 2011. Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(20): 8311-8316.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS. Versión 9.1.0. (Software). Descargado de: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/index.html>>.
- CONABIO. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 197 pp.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199 (4335): 1302-1310.
- Cox D. R. 1970. The analysis of binary data. Methuen, London. 231 pp.
- Curts, J. 1993. Análisis exploratorio de datos. *In*: Salas, P. M. A., y C. O. Trejo. Las aves de la Sierra Purépecha del Estado de Michoacán. Boletín Informativo #79. SARH División Forestal, Coyoacán. México, D. F. 14 pp.
- De la Fuente F., S. 2011. Análisis de Conglomerados. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid. 55 pp.
- De la Maza R., R. 1993. Mariposas mexicanas: Guía para su colecta y determinación. 2a ed. Fondo de Cultura Económica, S. A. de C. V. México, D. F. 302 pp.
- Dolia, J., M. S. Devy, N. A. Aravind, and A. Kumar. 2008. Adult butterfly communities in coffee plantations around a protected area in the Western Ghats, India. *Animal Conservation*, 11: 26-34.
- Dzib A., L. A. 1994. La tecnología de cultivo en la sierra de Zongolica, Ver. *Revista de Geografía Agrícola*, (20): 35-54.
- Ellis, E. A., M. Martínez B., y R. Monroy I. 2011. Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. *In*: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. pp. 351-367.
- Escamilla-Prado, E., S. Escamilla-Femat, J. M. Gómez-Utrilla, M. Tuxtla A., J. Ramos-Elorduy, y J. M. Pino-Moreno. 2012. Uso tradicional de tres especies de insectos comestibles en agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2) SUP 2: S101-S109.

- Fagua, G., R. Gómez, y A. Gómez M. 2002. Estudio de viabilidad para la cría de mariposas y coleópteros como alternativa productiva para la regeneración del bosque en territorios dedicados a la siembra de cultivos ilícitos en San José del Guaviare (Colombia). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 30: 223-224.
- Feber, R. E., H. Smith, and D. W. MacDonald. 1996. The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *Journal of Applied Ecology*, 33(5): 1191-1205.
- Fermon, H., M. Waltert, R. I. Vane-Wright, and M. Mühlenberg. 2005. Forest use and vertical stratification in fruit-feeding butterflies of Sulawesi, Indonesia: impacts for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 14: 333-350.
- Fleishman, E., and D. D. Murphy. 2009. A realistic assessment of the indicator potential of butterflies and other charismatic taxonomic groups. *Conservation Biology*, 23(5): 1109-1116.
- Francesconi, W., P. K. R. Nair, D. J. Levey, J. Daniels, and L. Cullen Jr. 2013. Butterfly distribution in fragmented landscapes containing agroforestry practices in Southeastern Brazil. *Agroforestry Systems*, 87: 1321-1338.
- García F., J. G., G. Castillo-Campos, K. Mehlreter, M. L. Martínez, y G. Vázquez. 2008. Composición florística de un bosque mesófilo del centro de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 83: 37-52.
- Garwood, K. 2016. Neotropical Butterflies. <<http://www.neotropicalbutterflies.com/i>>. Fecha de consulta: 1 de mayo de 2016.
- Garwood, K., and R. Lehman. 2005. Butterflies of northeastern Mexico: Nuevo Leon, San Luis Potosi, Tamaulipas: A photographic checklist man. 2nd edition. Eye Scry Publishing. Monterrey, Nuevo León, México. 193 pp.
- Gascon, C., G. A. B. da Fonseca, W. Sechrest, K. A. Billmark, and J. Sanderson. 2004. Biodiversity conservation in deforested and fragmented tropical landscapes: An overview. *In: Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Schroth, G., G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, and A.-M. N. Izac (eds.). Island Press. Washington, D.C., U.S.A. pp. 15-32.
- Gil-Palacio, Z. N., F. J. Posada-Flórez, y L. D. López-Galvis. 2000. Mariposas diurnas de la zona cafetera colombiana. *Avances técnicos Cenicafé*. No. 273. Centro Nacional de Investigaciones del Café "Pedro Uribe Mejía". Chinchiná, Caldas, Colombia. 8 pp.
- Glassberg, J. 2007. *A Swift Guide to the Butterflies of Mexico and Central America*. Sunstreak Books, Inc. China. 266 pp.
- Gómez-S., R. 2006. Plan de manejo propuesto para la cría de mariposas promisorias como alternativa productiva para comunidades indígenas de la Amazonia colombiana. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38: 451-460.
- González-Valdivia, N. A., G. González-Escolástico, E. Barba, S. Hernández-Daumás, y S. Ochoa-Gaona. 2013. Mirmecofauna asociada con sistemas agroforestales en el Corredor Biológico Mesoamericano en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1): 306-317.

- Gual-Díaz, M., y F. González-Medrano. 2014. Los bosques mesófilos de montaña en México. *In: Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo.* Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 27-68.
- Harvey, C. A., and J. A. González V. 2007. Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation*, 16(8): 2257-2292.
- Heppner, J. B. 2008. Butterflies and Moths (Lepidoptera). *In: Encyclopedia of Entomology.* Capinera (ed.). 2nd ed. Springer Science+Business Media B.V. Dordrecht, the Netherlands. pp. 626-672.
- Hernández, B., J. M. Maes, C. A. Harvey, S. Vílchez, A. Medina, y D. Sánchez. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40): 93-102.
- Hernández B., F. y L. G. Iglesias A. 2001. La diversidad del orden Lepidóptera en el estado de Veracruz, México: una síntesis preliminar. *Cuadernos de Biodiversidad*, 7: 7-10.
- Hernández B., F., J. E. Llorente B., A. Luis M., y I. Vargas F. 2010. Las mariposas de Veracruz. Guía ilustrada. Universidad Veracruzana, Secretaría de Educación de Veracruz, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología. México, D. F. 159 pp.
- Horner-Devine, M. C., G. C. Daily, P. R. Ehrlich, and C. L. Boggs. 2003. Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conservation Biology*, 17(1): 168–177
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Mixtla de Altamirano, Veracruz de Ignacio de la Llave. *In:*  
<<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/30/30110.pdf>>. Consultado el 1 de febrero de 2015.
- Infante G. S. 1980. Métodos estadísticos no paramétricos. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 189 pp.
- Infante G., S. y Zárate de Lara, G. P. 1990. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. 2a. ed. Editorial Trillas. México, D. F. 643 pp.
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76: 1-10.
- Kato Y., T. A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H., y R. A. Bye B. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 23-25.
- Koh, L. P. 2008. Can oil palm plantations be made more hospitable for forest butterflies and birds? *Journal of Applied Ecology*, (45): 1002-1009.
- Krebs, C. J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. 2nd. ed. Harper International Edition. Harper and Row Publishers. New York, U.S.A. 678 pp.

- Kuussaari, M., J. Heliölä, M. Luoto and J. Pöyry. 2007. Determinants of local species richness of diurnal Lepidoptera in boreal agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122: 366-376.
- Laurance, W. F., and H. L. Vasconcelos. 2004. Ecological effects of habitat fragmentation in the tropics. *In: Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Schroth, G., G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, and A.-M. N. Izac (eds.). Island Press. Washington, D.C., U. S. A. pp. 33-49.
- Leopold, A. 1933. *Game Management*. Charles Scribner and Sons. New York, U. S. A. 481 pp.
- Llorente B., J., A. Garcés M., y A. Luis M. 1986. Las mariposas de Jalapa-Teocelo, Veracruz. *Revista Teocelo*. 4: 14-37.
- Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez, M. Trujano-Ortega, B. C. Hernández-Mejía, and A. D. Warren. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85: 353-371.
- López-Barrera, F. 2004. Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas*, 13(1): 67-77.
- Luis, A., y J. Llorente. 1993. Mariposas. *In: Luna, I., y J. Llorente (eds.)*. Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. pp. 307–385.
- Luis M., M. A., J. E. Llorente B., I. Vargas F., y F. Hernández B. 2011. Mariposas diurnas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera). *In: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México. pp. 339-340.
- Luis, A., I. Vargas, y J. Llorente. 1991. Lepidopterofauna de Oaxaca I: distribución y fenología de los Papilionoidea de la sierra de Juárez. *Publicaciones especiales del Museo de zoología*, 3. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 121 pp.
- Lundgren, B.O., and J.B. Raintree. 1983. Sustained agroforestry. ICRAF Reprint No. 3. ICRAF. Nairobi, Kenya. 26 pp.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Wiley-Blackwell. U.S.A. 256 pp.
- Marín, L., J. L. León-Cortés, and C. Stefanescu. 2009. The effect of an agro-pasture landscape on diversity and migration patterns of frugivorous butterflies in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 18(4): 919-934.
- Marín-Gómez, O. H., R. García, W.F. Gómez, y W. Pinzón. 2011. Diversidad de mariposas y su relación con la fenología reproductiva de *Inga ornata* Kunth (Mimosoidae) en un agroecosistema ganadero del Quindío, Colombia. *Boletín Científico*. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 15(2): 105-118.
- Martínez-Meyer, E., J. E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S1-S9.

- Mas, A. H., and T. V. Dietsch. 2003. An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecological Applications*, 13(5): 1491-1501.
- Mcdonald, J. H. 2014. *Handbook of Biological Statistics*. Third Edition. Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland, U.S.A. 299 pp.
- McNeely, J. A., and G. Schroth. 2006. Agroforestry and biodiversity conservation –traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity and Conservation*, 15: 549-554.
- Microsoft. 2013. *Excel 2013*. (Software).
- Moguel, P., and V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology*, 13(1): 11-21.
- Moguel, P., y V. M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas*, 55: 1-17.
- Molinero, L. M. 2003 a. Análisis de tablas de contingencia de más de dos variables cualitativas. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la Hipertensión Arterial. España. 9 pp.
- Molinero, L. M. 2003 b. ¿Y si los datos no se ajustan a una distribución normal? Bondad de ajuste a una normal. Transformaciones. Pruebas no paramétricas. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la Hipertensión Arterial. España. 6 pp.
- Montagnini F. 2006. Homegardens of Mesoamerica: Biodiversity, food security, and nutrient management. *In: Tropical Homegardens: A Time Tested Example of Sustainable Agroforestry*. Kumar, B. M., y P. K. R. Nair (eds.). Springer. Dordrecht, The Netherlands. pp. 61-84.
- Montañez R., M. 2014. Estudio de la diversidad de las “polillas-avispa” (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae: Ctenuchina y Euchromiina) en el Municipio de Zongolica, Veracruz, México. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. 54 pp.
- Monteagudo S., David, J. L. Salinas-Gutiérrez, y M. A. Luis M. 2014. Relaciones biogeográficas de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (Lepidoptera: Papilionoidea) en el bosque mesófilo de montaña de México. *Entomotropica*, 29(1): 29-37.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis. Vol. 1. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 84 pp.
- Moreno-Calles, A. I., V. M. Toledo, y A. Casas. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4): 375-398.
- Munyuli, T. 2011. Assessment of indicator species of butterfly assemblages in coffee-banana farming system in central Uganda. *African Journal of Ecology*, 50: 77-89.
- Muriel, S. 2006. Mariposas Ithomiinae (Fam: Nymphalidae) de parches de vegetación natural en el suroccidente antioqueño (Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 7(2): 1-8.

- Muriel, S. B., y G. H. Kattan. 2009. Effects of patch size and type of coffee matrix on Ithomiine butterfly diversity and dispersal in cloud-forest fragments. *Conservation Biology*, 23(4): 948-956
- Nair, P. K. R. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 499 pp.
- Nava-Cruz, Y., M. Maass-Moreno, O. Briones-Villareal, y I. Méndez-Ramírez. 2007. Evaluación del efecto de borde sobre dos especies del bosque tropical caducifolio de Jalisco, México. *Agrociencia*, 41: 111-120.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. México. 256 pp.
- Ochoa-Ochoa, L. M., y N. R. Mejía-Domínguez. 2014. Fauna de los bosques mesófilos de montaña. *In: Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. Gual-Díaz, M., y A. Rendón-Correa (comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 237-247.
- 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: Lepidoptera). *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(2): 343-362.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a. ed. Colección Ediciones Científicas Universitarias. Serie Texto Científico Universitario. UNAM-FCE. México. 523 pp.
- Pérez G., O. 2008. Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 69 pp.
- Perfecto, I., and J. Vandermeer. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 173-200.
- Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch, and J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12(6): 1239-1252.
- Pohler, T. 2014. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). R package. <<http://CRAN.R-project.org/package=PMCMR>>. Consultado el 1 de mayo de 2016.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martín, D. F. DeSante, y B. Milá. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. United States Department of Agriculture. Albany, CA, USA. 46 pp.
- Ramírez R., L. 2010. Diversidad de mariposas (Nymphalidae: Biblidinae, Heliconiinae, Ithomiinae y Satyrinae) en un mosaico regional de

- urbanización en Xalapa y Coatepec, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 89 pp.
- Ramírez R., L., P. Chacón de U., y L. M. Constantino. 2007. Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1): 54-63.
- Ramírez V., G. 1986. Los supuestos del análisis de varianza. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 121 pp.
- Real Academia Española. 2015. Diccionario de la lengua español. <<http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=milpa>>. Consultada el 1 de marzo de 2015.
- Ries, L., y T. D. Sisk. 2008. Butterfly edge effects are predicted by a simple model in a complex landscape. *Oecologia*, 156(1): 75-86.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1a. ed. Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- SAGARPA. 2007. Sistemas agroforestales. <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Sistemas%20Agroforestales.pdf>>. Consultada el 10 de febrero de 2014.
- SAS Institute Inc. 2015. JMP. Versión 12.2.0. (Software). Descargado de <<http://www.jmp.com/es/>>.
- Scales, B. R., and S. J. Marsden. 2008. Biodiversity in small-scale tropical agroforests: a review of species richness and abundance shifts and the factors influencing them. *Environmental Conservation*, 35(2): 160-172.
- Settele, J., O. Kudrna, A. Harpke, I. Kühn, C. Van Swaay, R. Verovnik, M. Warren, M. Wiemers, J. Hanspach, T. Hickler, E. Kühn, I. Van Halder, K. Veling, A. Vliegenthart, I. Wynhoff, and O. Schweiger. 2008. Climatic risk atlas of european butterflies. Pensoft Publishers. Sofia, Bulgaria. p. 29.
- Tuxtla A., M. del R. M. 2013. Estudio etnoentomológico del "gusanillo" (*Phassus triangularis* H. Edward, 1885) en cinco municipios productores de café en Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 67 pp.
- Uehara-Prado, M., and A. V. L. Freitas. 2009. The effect of rainforest fragmentation on species diversity and mimicry ring composition of ithomiine butterflies. *Insect Conservation and Diversity*, 2(1): 23-28.
- Uehara-Prado, M., K. Spalding B. Jr., and A. V. L. Freitas. 2007. Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 43-54.
- UNIBIO (Unidad de Informática para la Biodiversidad del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). 2013. Colección Nacional de Insectos. <<http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=CNIN>>. Consultada el 1 de marzo de 2015.
- Universidad de Valencia. 2010. Introducción al análisis cluster. *In*: Contenedor Hipermedia de estadística aplicada a las ciencias económicas y sociales. Proyecto CEACES. <<https://www.uv.es/ceaces/multivari/cluster/CLUSTER2.htm>>. Consultada el 1 de mayo de 2016.

- Vázquez T., V. 1977. Contribución al estudio de la vegetación de la región de Zongolica, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 120 pp.
- Veddeler, D., C. H. Schulze, I. Steffan-Dewenter, D. Buchori, and T. Tschardt. 2005. The contribution of tropical secondary forest fragments to the conservation of fruit-feeding butterflies: effects of isolation and age. *Biodiversity and Conservation*, 14: 3577-3592.
- Villavicencio-Enríquez, L., y J. L. Valdez-Hernández. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37: 413-423.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2a ed. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Vu, L. V. 2009. Diversity and similarity of butterfly communities in five different habitat types at Tam Dao National Park, Vietnam. *Journal of Zoology*, 277: 15-22.
- Warren, A. D., K. J. Davis, E. M. Stangeland, J. P. Pelham, and N. V. Grishin. 2015. Illustrated Lists of American Butterflies. < <http://www.butterfliesofamerica.com/> >. Fecha de consulta: 1 de mayo de 2016.
- Williams-Linera, G. 2012. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO-Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Fourth edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. pp. 32-45.



Anexo 1. Valores de georreferenciación, altitud, pendiente y cobertura de dosel de los 44 puntos de monitoreo.

Número del punto	Coordenadas		Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Cobertura de dosel (%)
1	N 18°37.059'	W 096°57.909'	1188	42	96.72
2	N 18°37.033'	W 096°57.928'	1208	40	34.32
3	N 18°37.034'	W 096°57.956'	1218	45	43.68
4	N 18°37.025'	W 096°57.960'	1229	43	63.44
5	N 18°36.974'	W 096°57.987'	1270	54	23.92
6	N 18°37.046'	W 096°57.961'	1209	45	92.56
7	N 18°37.061'	W 096°57.936'	1193	30	0
8	N 18°37.074'	W 096°57.935'	1187	29	0
9	N 18°37.083'	W 096°57.952'	1182	51	87.36
10	N 18°37.087'	W 096°57.907'	1172	40	64.48
11	N 18°36.816'	W 096°57.782'	1476	67	29.12
12	N 18°36.790'	W 096°57.854'	1480	80	62.4
13	N 18°36.761'	W 096°57.946'	1518	75	2.08
14	N 18°36.771'	W 096°57.911'	1499	75	0
15	N 18°36.821'	W 096°57.935'	1445	46	16.64
16	N 18°36.830'	W 096°57.962'	1427	55	42.64
17	N 18°36.869'	W 096°57.957'	1375	58	0
18	N 18°36.883'	W 096°57.961'	1361	47	0
19	N 18°36.894'	W 096°57.946'	1336	50	21.84
20	N 18°36.892'	W 096°57.874'	1340	54	0
21	N 18°36.894'	W 096°57.850'	1340	64	80.08
22	N 18°36.901'	W 096°57.826'	1345	60	5.2
23	N 18°36.909'	W 096°57.790'	1339	58	0
24	N 18°36.925'	W 096°57.839'	1310	48	78
25	N 18°36.948'	W 096°57.846'	1290	58	57.2
26	N 18°36.948'	W 096°57.808'	1287	60	57.2
27	N 18°36.950'	W 096°57.777'	1295	56	86.32
28	N 18°37.015'	W 096°57.813'	1231	55	71.76
29	N 18°36.994'	W 096°57.849'	1241	32	28.08
30	N 18°36.919'	W 096°57.960'	1317	53	8.32
31	N 18°36.834'	W 096°57.859'	1404	75	69.68
33 <sup>z</sup>	N 18°36.968'	W 096°57.735'	1289	63	0
34	N 18°36.924'	W 096°57.893'	1306	60	15.6
35	N 18°36.927'	W 096°57.924'	1303	53	0
36	N 18°36.973'	W 096°57.904'	1265	48	41.6
37	N 18°37.000'	W 096°57.926'	1234	44	41.6
38	N 18°37.097'	W 096°57.875'	1154	40	5.2
39	N 18°37.060'	W 096°57.863'	1180	21	57.2
40	N 18°37.014'	W 096°57.928'	1228	40	9.36
41	N 18°37.023'	W 096°57.971'	1236	50	90.48
42	N 18°37.086'	W 096°57.921'	1177	35	79.04
43	N 18°37.000'	W 096°57.985'	1260	52	38.48
44	N 18°36.890'	W 096°57.903'	1334	57	0
45	N 18°36.969'	W 096°57.871'	1258	42	69.68

<sup>z</sup>El punto 32, establecido originalmente en el diseño de muestreo, fue eliminado del mismo por motivos prácticos; no fue muestreado.

Anexo 2. Listado de especies de mariposas diurnas de Xochitla, Mixtla de Altamirano, Ver. (utilizando el arreglo taxonómico considerado por Luis *et al.*, 2011).

## **Superfamilia Hesperioidea**

### **Familia Hesperidae**

#### Subfamilia Hesperinae

#### Género *Callimormus*

1. *Callimormus radiola radiola* (Mabille, [1879])

#### Género *Perichares*

2. *Perichares philetas adela* (Hewitson, [1867])

#### Género *Poanes*

3. *Poanes zabulon* (Boisduval & LeConte, [1837])

4. *Poanes inimica* (Butler & H.Druce, 1872)

#### Género *Remella*

5. *Remella rita* Evans, 1955

#### Género *Vettius*

6. *Vettius coryna* sspp.

#### Subfamilia Pyrginae

#### Género *Achlyodes*

7. *Achlyodes selva* Evans, 1953

#### Género *Aguna*

8. *Aguna asander asander* (Hewitson, 1867)

#### Género *Antigonus*

9. *Antigonus corrosus* Mabille, 1878

#### Género *Astraptus*

10. *Astraptus anaphus annetta* Evans, 1952

11. *Astraptus fulgerator azul* (Reakirt, [1867])

#### Género *Autochton*

12. *Autochton neis* (Geyer, [1832])

13. *Autochton zarex* (Hübner, [1818])

#### Género *Bolla*

14. *Bolla cyclops* (Mabille, [1877])

#### Género *Codattractus*

15. *Codattractus* sp. 1 (bryaxis/arizonensis)

#### Género *Epargyreus*

16. *Epargyreus exadeus cruza* Evans, 1952

17. *Epargyreus spina spina* Evans, 1952

#### Género *Heliopetes*

18. *Heliopetes arsalte* (Linnaeus, 1758)

#### Género *Mylon*

19. *Mylon lassia* (Hewitson, [1868])

Género *Noctuana*

20. *Noctuana lactifera bipuncta* (Plötz, 1884)

Género *Paches*

21. *Paches loxus gloriosus* Rober, 1925

Género *Pyrgus*

22. *Pyrgus communis* (Grote, 1872)

23. *Pyrgus oileus* (Linnaeus, 1767)

Género *Urbanus*

24. *Urbanus dorantes dorantes* (Stoll, [1790])

25. *Urbanus proteus proteus* (Linnaeus, 1758)

26. *Urbanus simplicius* (Stoll, [1790])

27. *Urbanus* sp. 1 (*viterboana/belli*)

28. *Urbanus* sp. 2 (*tanna/teleus*)

Género *Xenophanes*

29. *Xenophanes tryxus* (Stoll, [1780])

Subfamilia Pyrrhopyginae

Género *Jonaspyge*

30. *Jonaspyge jonas* (C. Felder & R. Felder, 1859)

Género *Pyrrhopyge*

31. *Pyrrhopyge zenodorus* Godman & Salvin, 1893

## **Superfamilia Papilionoidea**

### **Familia Lycaenidae**

Subfamilia Polyommatainae

Género *Celastrina*

32. *Celastrina argiolus gozora* (Boisduval, 1870)

Género *Cupido*

33. *Cupido comyntas* (Godart, [1824])

Género *Leptotes*

34. *Leptotes cassius cassidula* (Boisduval, 1870)

35. *Leptotes marina* (Reakirt, 1868)

Subfamilia Theclinae

Género *Arawacus*

36. *Arawacus jada* (Hewitson, 1867)

Género *Atlides*

37. *Atlides carpasia* (Hewitson, 1868)

Género *Aubergina*

38. *Aubergina paetus* (Godman & Salvin, 1887)

Género *Calycopsis*

39. *Calycopsis clarina* (Hewitson, 1874)

40. *Calycopsis isobeon* (Butler & H.Druce, 1872)

41. *Calycopsis* sp. 1

Género *Contrafacia*

42. *Contrafacia ahola* (Hewitson, 1867)

Género *Cyanophrys*

43. *Cyanophrys agricolor* (Butler & H. Druce, 1872)

44. *Cyanophrys longula* (Hewitson, 1868)

Género *Eumaeus*

45. *Eumaeus childrenae* (Gray, 1832)

Género *Laothus*

46. *Laothus barajo* (Reakirt, [1867])

Género *Lamprospilus*

47. *Lamprospilus tarpa* (Godman & Salvin, 1887)

Género *Ministrymon*

48. *Ministrymon azia* (Hewitson, 1873)

Género *Temecla*

49. *Temecla paron* (Godman & Salvin, 1887)

Género *Thereus*

50. *Thereus ortalus* (Godman & Salvin, 1887)

Género *Ziegleria*

51. *Ziegleria denarius* (Butler & H. Druce, 1872)

## **Familia Nymphalidae**

### Subfamilia Biblidinae

Género *Adelpha*

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

53. *Adelpha seriphia* (C. Felder & R. Felder, 1867)

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

Género *Biblis*

55. *Biblis hyperia aganisa* Boisduval, 1836

Género *Diaethria*

56. *Diaethria anna anna* (Guérin-Méneville, [1844])

Género *Hamadryas*

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

58. *Hamadryas fornax fornacalia* (Fruhstorfer, 1907)

Género *Mestra*

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

### Subfamilia Charaxinae

Género *Archaeoprepona*

60. *Archaeoprepona amphimachus amphiktion* Fruhstorfer, 1916

Género *Fountainea*

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

Subfamilia Danainae

Género *Danaus*

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

Género *Lycorea*

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

Subfamilia Ithomiinae

Género *Dircenna*

64. *Dircenna jemina* ssp. n.

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

Género *Episcada*

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

Género *Godyris*

67. *Godyris nero nero* (Hewitson, [1855])

Género *Greta*

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

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

Género *Ithomia*

70. *Ithomia leila* Hewitson, 1852

71. *Ithomia patilla* Hewitson, 1852

Género *Oleria*

72. *Oleria paula* (Weymer, 1883)

Género *Pteronymia*

73. *Pteronymia cotyttto cotyttto* (Guérin-Méneville, [1844])

74. *Pteronymia simplex fenochioi* Lamas, 1978

Subfamilia Morphinae

Género *Morpho*

75. *Morpho helenor montezuma* Guenée, 1859

Subfamilia Nymphalinae

Género *Altinote*

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

Género *Anartia*

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

Género *Anthanassa*

78. *Anthanassa ardys ardys* (Hewitson, 1864)

79. *Anthanassa argentea* (Godman & Salvin, 1882)

80. *Anthanassa drusilla lelex* (H.W. Bates, 1864)

81. *Anthanassa frisia tulcis* (H.W. Bates, 1864)

Género *Castilia*

82. *Castilia eranites* (Hewitson, 1857)

85. *Castilia griseobasalis* (Röber, 1913)

Género *Chlosyne*

84. *Chlosyne janais janais* (Drury, 1782)

85. *Chlosyne rosita browni* Bauer, 1961

Género *Dione*

86. *Dione juno huascuma* (Reakirt, 1866)

Género *Dryas*

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

Género *Eresia*

88. *Eresia phillyra phillyra* Hewitson, 1852

Género *Eueides*

89. *Eueides isabella eva* (Fabricius, 1793)

90. *Eueides lineata* Salvin & Godman, 1868

Género *Heliconius*

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

92. *Heliconius hortense* Guérin-Méneville, [1844]

Género *Hypanartia*

93. *Hypanartia dione disjuncta* Willmott, J. Hall y Lamas, 2001

94. *Hypanartia lethe* (Fabricius, 1793)

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

Género *Siproeta*

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

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

Género *Smyrna*

98. *Smyrna karwinski* Geyer, [1833]

Género *Tegosa*

99. *Tegosa guatemalena* (H.W. Bates, 1864)

Subfamilia Satyrinae

Género *Cissia*

100. *Cissia labe* (Butler, 1870)

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

Género *Cyllopsis*

102. *Cyllopsis nayarit* (R.L. Chermock, 1947)

103. *Cyllopsis pephredo* (Godman, 1901)

104. *Cyllopsis suivalens suivalens* (Dyar, 1914)

Género *Euptychia*

105. *Euptychia westwoodi* Butler, 1867

Género *Hermeuptychia*

106. *Hermeuptychia hermes* (Fabricius, 1775)

Género *Magneuptychia*

107. *Magneuptychia libye* (Linnaeus, 1767)

Género *Pareuptychia*

108. *Pareuptychia metaleuca metaleuca* (Boisduval, 1870)

109. *Pareuptychia ocirrhoe* ssp. n.

Género *Satyrotaygetis*

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

Género *Ypthimoides*

111. *Ypthimoides renata* (Stoll, 1780)

### **Familia Papilionidae**

Subfamilia Papilioninae

Género *Heraclides*

112. *Heraclides cresphontes* (Cramer, 1777)

113. *Heraclides thoas autocles* (Rothschild & Jordan, 1906)

Género *Mimoides*

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

Género *Parides*

115. *Parides erithalion polyzelus* (C. Felder & R.Felder, 1865)

Género *Protesilaus*

116. *Protesilaus macrosilaus penthesilaus* (C. Felder & R.Felder, 1865)

Género *Pterourus*

117. *Pterourus garamas abderus* (Hopffer, 1856)

118. *Pterourus menatius victorinus* (Doubleday, 1844)

119. *Pterourus pilumnus* (Boisduval, 1836)

### **Familia Pieridae**

Subfamilia Coliadinae

Género *Anteos*

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

121. *Anteos maerula* (Fabricius, 1775)

Género *Aphrissa*

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

Género *Eurema*

123. *Eurema albula celata* (R. Felder, 1869)

124. *Eurema daira eugenia* (Wallengren, 1860)

125. *Eurema mexicana mexicana* (Boisduval, 1836)

126. *Eurema salome jamapa* (Reakirt, 1866)

127. *Eurema xantochlora xantochlora* (Kollar, 1850)

Género *Nathalis*

128. *Nathalis iole* Boisduval, 1836

Género *Phoebis*

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

130. *Phoebis argante* ssp. n.

131. *Phoebis neocypris virgo* (Butler, 1870)

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

133. *Phoebis sennae marcellina* (Cramer, 1777)  
Género *Pyrisitia*
134. *Pyrisitia nise nelphe* (R. Felder, 1869)  
Subfamilia Dismorphiinae  
Género *Enantia*
135. *Enantia mazai mazai* Llorente, 1984  
Género *Lieinix*
136. *Lieinix nemesis atthis* (Doubleday, 1842)  
Subfamilia Pierinae  
Género *Catasticta*
137. *Catasticta flisa flisa* (Herrich-Schäffer, [1858])  
Género *Hesperocharis*
138. *Hesperocharis costaricensis pasion* (Reakirt, [1867])  
Género *Leptophobia*
139. *Leptophobia aripa elodia* (Boisduval, 1836)  
Género *Pereute*
140. *Pereute charops charops* (Boisduval, 1836)

### **Familia Riodinidae**

#### Subfamilia Euselasiinae

- Género *Euselasia*
141. *Euselasia cataleuca* (R. Felder, 1869)  
Subfamilia Riodininae
- Género *Baeotis*
142. *Baeotis zonata zonata* R. Felder, 1869  
Género *Calephelis*
143. *Calephelis* sp. 1  
144. *Calephelis* sp. 2  
Género *Emesis*
145. *Emesis* sp. 1 (tegula/tenedia)  
Género *Melanis*
146. *Melanis pixe pixe* (Boisduval, 1836)  
Género *Theope*
147. *Theope virgilius* (Fabricius, 1793)  
Género *Thisbe*
148. *Thisbe lycorias* (Hewitson, [1853])