



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE
PAPILIONIDAE Y PIERIDAE (PAPILIONOIDEA:
LEPIDOPTERA) EN LA SIERRA MADRE DEL SUR,
OAXACA, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ALEJANDRA SÁNCHEZ GARCÍA



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

2013

1. Datos del alumno

Sánchez

García

Alejandra

(595) 9284864

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

304247068

2. Datos del tutor

M. en C.

Moisés Armando

Luis

Martínez

3. Datos del sinodal 1

Dr.

Jorge Enrique

Llorente

Bousquets

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Roxana

Acosta

Gutiérrez

5. Datos del sinodal 3

Dr.

José Luis

Salinas

Gutiérrez

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Omar

Ávalos

Hernández

7. Datos del trabajo escrito.

Patrones de distribución altitudinal de Papilionidae y Pieridae (Papilionoidea: Lepidoptera) en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, México.

125

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

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

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

Patrones de distribución altitudinal de Papilionidae y Pieridae (Papilionoidea: Lepidoptera), en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, México.

realizado por **Sánchez García Alejandra** con número de cuenta **3-0424706-8** quien ha decidido titularse mediante la opción de **tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Jorge Enrique LLorente Bousquets

Propietario Dra. Roxana Acosta Gutiérrez

Propietario Tutor M. en C. Moisés Armando Luis Martínez

Suplente Dr. José Luis Salinas Gutiérrez

Suplente M. en C. Omar Ávalos Hernández

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU ”

Ciudad Universitaria, D. F., a 05 de octubre de 2012
EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

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

MAG/mdm

A mis padres por su constante apoyo y motivación para concluir mis ciclos, cumplir mis metas y por fortalecer mi espíritu para conseguir carácter.

A Quity por toda la paciencia y comprensión a mis abrumadores cambios de estación.

A Cris por el cariño, los consejos y la complicidad brindada en esta etapa de mi vida.

A Edgar por el infinito amor, la amistad, la fortaleza y la admiración que compartimos.

Gracias:

Papá y mamá por la beca familiar, por el apoyo para terminar esto. Sin ustedes no hubiera podido tomar esta posibilidad, me ayudaron a forjar mi carácter, me enseñaron a pelear por lo que se quiere y a afrontar las derrotas cuando se han agotado todas las posibilidades. De aquí en adelante va por mi cuenta, pero me ayudaron a sentar las bases de lo que considero es una buena persona.

Quity por siempre escuchar mis ideas, por los regaños y las interminables comidas compartidas mientras compartía mis experiencias y desilusiones.

Cris porque has estado conmigo más tiempo que nadie, mil gracias por todos los días de escucha y por los que compartes conmigo tus alegrías. Como nos ha costado congeniar en esta vida, pero al final lo hemos logrado.

Armando Luis por aceptarme dentro de este entorno laboral y académico, por todas las horas dedicadas a mi formación y los enormes esfuerzos para culminar este trabajo. Te agradezco las lecciones de vida, los momentos de amistad, el aprendizaje académico, la libertad para aprender cuanto he querido, por encaminar mi aprendizaje y sobre todo por los valores que nos enseñas día con día. No hay palabras para agradecer todo lo que has hecho por mí, pero es necesario decir que tu amistad me abrió un mundo de posibilidades que me ayudan a ser mejor persona.

José Luis Salinas por tu valiosa amistad y tus acertados consejos, eres una persona que indudablemente admiro, me has dejado claro que cuando se quiere algo no se debe parar hasta conseguirlo. Me has acompañado en el principio y termino de incalculables procesos, me enseñaste que el "No" ya lo tengo, que el tiempo es invaluable y que debo esforzarme cada día por conseguir lo que quiero. Eres una persona extraordinaria, inteligente, tenaz y bondadosa, nunca te rindas, solo hace falta un poco más para conseguir todo lo que te mereces.

Dr. Jorge Llorente por los empujones para terminar este trabajo, por motivarme a ser mejor académicamente y el interés en que siempre de un mejor esfuerzo al realizar mi trabajo. Gracias por las valiosas correcciones a la tesis, el tiempo dedicado para discutir mis errores y los llamados de atención para buscar la excelencia.

Roxana Acosta por todos los comentarios aportados para la mejora de este trabajo y por responder siempre con una sonrisa a todas las molestias que te doy cuando hay que salir al campo.

Omar Ávalos por la oportunidad de ingresar a este excelente grupo de trabajo, gracias por las lecciones de entomología, las ideas aportadas para esta tesis y el tiempo para responder tantas preguntas. Como una vez te dije, para ti mi apoyo incondicional.

Isabel Vargas por tu paciencia y todas las veces que me has brindado ayuda cuando he agotado las posibilidades, mil gracias por toda la bibliografía compartida, por resolver mis dudas y por siempre brindarme un trato amistoso.

A Marysol, Claudia, Ileri, Meyali y Arturo por la amistad que estamos construyendo, somos parte de un extraordinario grupo que siempre esta trabajando. Gracias por las pláticas, los consejos y las sonrisas que siempre me comparten.

A mis amigas y hermanas: Cris, Mine, Andy, Abril, Naty, Karla, Vero, Cristhian, Meli y Perla. Han sido un sol en mi mundo, me han enseñado que aunque no siempre podamos estar juntas son parte fundamental de mi vida, me regresaron de ese cuarto oscuro en el que habite por un tiempo para darme el cariño y los consejos que necesitaba.

Mis amigos Stevens, Ángel, Carlitos, Alejandro, Julio, Iván y Cesar por las experiencias compartidas, los cuidados y consejos que me han brindado en todos estos años. Y por supuesto, mis hermanos del ICTE Paola, Tania, Victor y Carlos quienes me recordaron que existe gente buena en esta inmensidad de vida y que los amigos se cuidan sin importar la distancia.

Mis tíos Elisa, Marga y Chevio por siempre estar pendientes, por regañarme, escucharme, ayudarme cuando lo he necesitado y por ser parte de mi formación como persona. Gracias por todo ese cariño.

Claro, la desastrosa pandilla: Carlos, Rogelio, Doris, Gabi, Naty, Viri y Cris. Aprendimos a convivir en un ambiente distinto, en un mundo de aventura y fantasía, poco a poco nos hemos dado cuenta que la vida no es una canción, pero hay que aprender a llevar la melodía.

Mis pétalos perdidos Tato, Mode, Sebas y Tomas. Por todos los recuerdos y las enseñanzas, me enseñaron que el amor lo puede todo.

Gabi, gracias por enseñarme lo que es la valentía, la determinación y el no resignarse a un destino. Me hubiera gustado compartir esta etapa contigo y madurar juntas; es para las dos, porque sigues conmigo.

Finalmente, mi inmensa gratitud a Edgar ¡mi sol y estrellas! por todo este tiempo de infinito amor, comprensión, paciencia, apoyo y amistad. Eres mi persona favorita, la que mejor me entiende, con quien deseo compartir el resto de mis ciclos y aprendizajes, simplemente extraordinario. Me ayudaste a entender los acertijos de esta vida, a tomar de frente los problemas, a demostrar que se puede conseguir todo lo que se desea y a esforzarme cada día por mostrarte lo que siento. ¡Te amo! mil gracias por gastar tu tiempo conmigo y por compartir esta admiración que crece a diario, de aquí en adelante todos los logros son “Nuestros”, porque sabemos, como dice Benedetti, que es “Mucho más grave”.

ÍNDICE

	Página
1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Antecedentes	7
3.1 Biodiversidad de México	7
3.2 Gradientes de distribución altitudinal	8
3.3 Papilionidae y Pieridae de Oaxaca	11
4. Área de estudio	14
4.1 Localización	14
4.2 Geología	16
4.3 Fisiografía	18
4.4 Edafología	21
4.5 Clima	23
4.6 Vegetación	28
4.7 Áreas protegidas	30
5. Objetivos	33
6. Método	34
6.1 Revisión de la literatura	34
6.2 Trabajo de campo y de gabinete	34
6.3 Inventario faunístico	36
6.4 Diversidad alfa de la Región Loxicha	36
6.5 Riqueza por localidad y comparación con estimadores no paramétricos	37
6.6 Distribución altitudinal en la Región Loxicha	39
6.7 Patrones altitudinales en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero	40
6.8 Patrones altitudinales en sistemas fisiográficos de las vertientes Atlántica y Pacífica	41
6.9 Similitud faunística y recambio de especies	43
7. Resultados	45
7.1 Inventario faunístico	45
7.2 Diversidad alfa de la Región Loxicha	48
7.3 Riqueza por localidad y comparación con estimadores no paramétricos	49
7.4 Distribución altitudinal en la Región Loxicha	65
7.5 Patrones altitudinales en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero	71
7.6 Patrones altitudinales en sistemas fisiográficos de las vertientes Atlántica y Pacífica	76
7.7 Similitud faunística y recambio de especies	81
8. Discusión	83
8.1 Inventario faunístico	83
8.2 Diversidad alfa de la Región Loxicha	83

8.3 Riqueza por localidad y comparación con estimadores no paramétricos	84
8.4 Distribución altitudinal en la Región Loxicha	86
8.5 Patrones altitudinales en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero	89
8.6 Patrones altitudinales en sistemas fisiográficos de las vertientes Atlántica y Pacífica	91
8.7 Similitud faunística y recambio de especies	94
9. Conclusiones	97
10. Epílogo	99
11. Referencias	100
11. Apéndice I. Especies de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha registradas en la literatura y la megabase de datos MARIPOSA	109
12. Apéndice II. Incidencia de especies por localidad de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha (Sierra Madre del Sur, Oaxaca)	112
13. Apéndice III. Papilionidae y Pieridae en Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y la Región Loxicha	116

ÍNDICE DE FIGURAS

	14
1. Regiones del estado de Oaxaca.	
2. Mapa distrital de Oaxaca.	15
3. Carretera federal 175, dirección Ciudad de Oaxaca-San Pedro Pochutla.	16
4. Mapa geológico de los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el Distrito de Miahuatlán.	17
5. Mapa geológico de los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla.	18
6. Provincias fisiográficas del estado de Oaxaca.	19
7. Mapa de relieve de los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el distrito de Miahuatlán.	20
8. Mapa de relieve de los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla.	21
9. Mapa de la composición del suelo en los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el distrito de Miahuatlán.	22
10. Mapa de la composición del suelo en los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla.	23
11. Mapa de climas en los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el distrito de Miahuatlán.	24
12. Mapa de climas en los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla.	25
13. Gráfica de la estación climatológica del municipio San Miguel Suchixtepec.	26
14. Gráfica de la estación climatológica del municipio Pluma Hidalgo.	26
15. Gráfica de la estación climatológica del municipio San Mateo Río Hondo.	27
16. Gráfica de la estación climatológica del municipio San José del Pacífico.	27
17. Perfil vegetacional de la Sierra Madre del Sur.	28
18. Mapa de uso de suelo y vegetación en los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el Distrito de Miahuatlán.	29
19. Mapa de uso de suelo y vegetación en los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla.	30
20. Áreas de conservación certificadas en la región de la Sierra Madre del Sur.	31
21. Ubicación geográfica de los municipios muestreados en la Sierra de Juárez, Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez y la Región Loxicha.	43
22. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha.	50
23. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia, para Papilionidae y Pieridae del Azulillo.	53
24. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de Portillo del Rayo.	55
25. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de Finca Aurora.	56

26. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de Pluma Hidalgo.	57
27. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de La Soledad.	59
28. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de La Pasionaria.	60
29. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae del Guajolote.	61
30. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia para Papilionidae y Pieridae de San José del Pacífico.	63
31. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia, para Papilionidae y Pieridae de La Doncella.	64
32. Riqueza y abundancia relativa de Papilionidae y Pieridae en la Región Loxicha.	65
33. Riqueza y abundancia relativa de Papilionidae en la Región Loxicha.	66
34. Riqueza y abundancia relativa de Pieridae en la Región Loxicha.	66
35. Fenograma para Papilionidae y Pieridae por localidades de la Región Loxicha.	67
36. Fenograma para Papilionidae por localidades de la Región Loxicha.	68
37. Fenograma para Pieridae por localidades de la Región Loxicha.	70
38. Fenograma para Papilionidae y Pieridae por localidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero.	73
39. Fenograma para Papilionidae por localidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero.	74
40. Fenograma para Pieridae por localidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero.	75
41. Fenograma para Papilionidae y Pieridae por localidades de las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y la Región Loxicha.	78
42. Fenograma para Papilionidae por localidades de las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y la Región.	79
43. Fenograma para Pieridae por localidades de las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y la Región.	80

ÍNDICE DE CUADROS

1. Localidades de la Región Loxicha decretadas como áreas de conservación	32
2. Caracterización de las localidades de colecta	34
3. Calendario de días de recolecta	35
4. Localidades de la Sierra Madre del Sur, Guerrero (Sierra de Atoyac de Álvarez)	41
5. Localidades de la Sierra de Juárez (Oaxaca) y Sierra de Manantlán (Jalisco-Colima)	42
6. Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha	45
7. Riqueza de especies en cuatro transectos altitudinales	48
8. Localidades con mayor riqueza de Papilionidae y Pieridae en Oaxaca	49
9. Estimación de la riqueza de Papilionidae y Pieridae a través de estimadores no paramétricos	51
10. Estimación de la riqueza de Papilionidae a través de estimadores no paramétricos	51
11. Estimación de la riqueza de Pieridae a través de estimadores no paramétricos	52
12. Índice de similitud de Jaccard para Papilionidae y Pieridae en la Región Loxicha y Sierras de Juárez, Atoyac de Álvarez y Manantlán	81
13. Índice de similitud de Jaccard para Papilionidae en la Región Loxicha y Sierras de Juárez, Atoyac de Álvarez y Manantlán	81
14. Índice de similitud de Jaccard para Pieridae en la Región Loxicha y Sierras de Juárez, Atoyac de Álvarez y Manantlán	81
15. Recambio de especies para las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y Región Loxicha	82

Los caminos del viento

Ojalá podamos ser tan porfiados para seguir creyendo, contra toda evidencia, que la condición humana vale la pena, porque hemos sido mal hechos, pero no estamos terminados.

Ojalá podamos ser capaces de seguir caminando los caminos del viento, a pesar de las caídas y las traiciones y las derrotas, porque la historia continúa, más allá de nosotros, y cuando ella dice adiós, está diciendo: hasta luego.

Ojalá podamos mantener viva la certeza de que es posible ser compatriota y contemporáneo de todo aquel que viva animado por la voluntad de justicia y la voluntad de belleza, nazca donde nazca y viva cuando viva, porque no tienen fronteras los mapas del alma ni del tiempo.

Eduardo Galeano

Teoría de conjuntos

Cada cuerpo tiene
su armonía y
su desarmonía

en algunos casos
la suma de armonías
puede ser casi
empalagosa

en otros
el conjunto
de desarmonías
produce algo mejor
que la belleza

Mario Benedetti

RESUMEN

En la Región Loxicha de la Sierra Madre del Sur en el estado de Oaxaca, se efectuó un estudio de distribución de las familias Papilionidae y Pieridae (Insecta: Lepidoptera), con base en recolectas sistemáticas. El análisis se efectuó a partir de 109 días de recolecta en un gradiente altitudinal de los 380 a los 2660 msnm, donde se presentan tres tipos de vegetación: bosque tropical perennifolio (por debajo de los 1000 msnm), bosque mesófilo de montaña (entre los 1200-1800 msnm), y bosque de pino-encino (por arriba de los 2000 msnm); así como áreas de ecotono entre los tres tipos de vegetación.

A partir de los datos de recolecta y la revisión de trabajos previos en la región, se elaboró una lista faunística que contiene 63 especies pertenecientes a 29 géneros y dos familias de la superfamilia Papilionoidea. Papilionidae representa el 48% y Pieridae el 60% de las especies citadas en este transecto para Oaxaca; mientras que con respecto a México, se cuenta con el 30.37% de los Papilionidae y el 35.77% de los Pieridae.

Se encontró una disminución de la riqueza conforme aumenta la altitud; este gradiente se aprecia de manera más significativa en la familia Papilionidae, debido a que por arriba de los 2000 msnm solo se registran tres especies. A partir del análisis de distribución altitudinal, se determinó que las especies se encuentran distribuidas en tres pisos altitudinales, el primero se define de 380 a 1200 msnm, el segundo de 1200 a 2280 msnm y el tercero a partir de 2280 msnm.

Los patrones de distribución altitudinal se modificaron al aumentar la escala geográfica, ya que al analizar a la Región Loxicha como un subconjunto de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero, se aprecian cuatro pisos altitudinales de montaña. El primero definido por debajo de los 800 msnm, el segundo ubicado entre los 800 y los 1600 msnm, el tercero de los 1470 a los 2450 msnm, y el cuarto piso a partir de los 2459 m de altitud. El primer piso altitudinal no se refiere

en trabajos previos de gradientes altitudinales, pero se diferencia claramente en los fenogramas de similitud faunística de localidades.

Al ampliar nuevamente la escala geográfica del análisis de distribución altitudinal a cuatro sistemas montañosos de las vertientes Atlántica y Pacífica (Región Loxicha, Sierra de Juárez, Sierra de Atoyac de Álvarez, y la Sierra de Manantlán), se delimitan cuatro pisos. Estos definen una separación entre las vertientes del Atlántico y del Pacífico, con una distribución altitudinal de los 100 a los 1600 m de altitud, y a partir de los 1600 msnm.

El análisis de similitud entre la Región Loxicha (Oaxaca), Sierra de Juárez (Oaxaca), Sierra de Atoyac de Álvarez (Guerrero), y Sierra de Manantlán (Jalisco y Colima), determinó que se alcanza la máxima similitud entre la Región Loxicha y la Sierra de Atoyac de Álvarez. Esto se debe a que ambas zonas pertenecen a la misma provincia fisiográfica (Sierra Madre del Sur) y en la misma vertiente del Pacífico, lo cual es un factor de suma importancia en la distribución de Papilionidae y Pieridae en México, pues destaca en cuanto a su origen geológico (factores históricos) y rasgos climáticos fundamentales.

Por último, el valor del recambio de especies de los cuatro sistemas montañosos de la vertiente pacífica, se midió a partir del índice de Whittaker, alcanzando los valores máximos en la Sierra de Juárez (2.6) y en la Región Loxicha (2.17), lo que indica que comparativamente son áreas de gran diversidad y endemismo. Ambos sistemas montañosos pertenecen al estado de Oaxaca, lo que hace suponer que la riqueza de especies se ve afectada por la orografía de la zona y las variaciones ecológicas en los diferentes microhábitats de esta entidad, a su vez también indica que las características ecológicas específicas de la zona también son determinantes en la diversidad de especies.

INTRODUCCIÓN

Los métodos para estimar y comparar la diversidad en un sistema biológico, a partir de indicadores bióticos, pueden contribuir a hacer inferencias sobre los procesos ecológicos que influyen en el establecimiento de las poblaciones en un área determinada (Beccaloni & Gaston, 1995; Balakrishnan, 2001; Monteagudo *et al.*, 2001; Sreekumar & Moreno, 2001; Tangah *et al.*, 2004). Al realizar estudios sobre la distribución geográfica de la fauna se pueden interpretar los mecanismos históricos y ecológicos que han actuado a través del tiempo, debido a que éstos son el resultado de su interacción (Holt, 1993; Arita & Rodríguez, 2001; Viloría, 2002; Rodríguez & Arita, 2005).

La obtención de resultados que muestren la composición faunística en estudios ecológicos y biogeográficos, requieren de listas completas de especies, que éstas representen significativamente la caracterización de las áreas bióticas, y se destacan grupos indicadores. En este caso se encuentran algunos artrópodos, entre ellos están los Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) (Sparrow *et al.*, 1994; Beccaloni & Gaston, 1995; Kocher & Williams, 2000; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Viloría, 2002; Tangah *et al.*, 2004). Los Rhopalocera son un modelo frecuente en la elaboración de inventarios faunísticos (debido a que son un grupo taxonómicamente diverso, con gran información sobre su historia natural, de fácil captura e identificación, un alto número de especies por localidad y una alta representatividad ecológica e importancia funcional dentro del ecosistema), o en trabajos de monitoreo a partir de los cuales se pueden proponer y descubrir patrones distribucionales de las especies (Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Brown, 1991; Lobo, 2000; Moreno, 2001; Jiménez & Hortal, 2003; Álvarez *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005; Llorente *et al.*, 2006; Luis *et al.*, 2006; Oñate *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2006).

La distribución de los Papilionoidea depende de dos conjuntos de factores complejos, de naturaleza ecológica e histórica. Los primeros actúan a una escala local o regional, debido a que las condiciones ambientales limitan la distribución

de las especies, por ejemplo, cambios de temperatura, luz, humedad y la cantidad de recursos disponibles (Arita & Rodríguez, 2001; Vilorio, 2002; Rodríguez & Arita, 2005; Medianero *et al.*, 2010). Mientras que los segundos actúan básicamente a escala regional, pues están determinados por su historia biogeográfica (Janzen, 1967; Slansky, 1973; Cardillo, 1999; Kocher & Williams, 2000; Martín-Piera, 2000; Hill & Hill, 2001; Tangah *et al.*, 2004; Vázquez & Stevens, 2004). Su combinación, da como resultado los patrones de distribución de las especies, entre los más estudiados, actualmente, están los patrones en gradientes altitudinales y latitudinales (Humboldt 1799; Holt, 1993 Devries, 1994; Vilorio, 2002; Guzmán, 2009; Hawkins & Devries, 2009).

Al describir los patrones de distribución, se debe analizar la composición de la fauna en una región específica, para ello se emplean métodos de cálculo de los índices de diversidad alfa y beta (Halffter *et al.*, 2001; Moreno, 2001; Moreno & Halffter, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Halffter & Moreno, 2005; Koleff, 2005; Pineda *et al.*, 2005). La diversidad alfa expresa la riqueza de especies, el número de especies en un punto geográfico determinado (Halffter *et al.*, 2001; Moreno, 2001; Halffter & Moreno, 2005). Durante las últimas dos décadas, las listas faunísticas se evalúan con modelos de curvas de acumulación de especies; una herramienta que permite cuantificar el esfuerzo de recolección, para comparaciones de listas faunísticas con mayor rigor (Soberón & Llorente, 1993; Collwell & Codrington, 1994; Lobo, 2000; Gotelli & Colwell, 2001; Escalante, 2003; Jiménez & Hortal, 2003; Álvarez *et al.*, 2005; Chao *et al.*, 2005; Colwell *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005).

La diversidad beta cuantifica el recambio de las especies entre dos puntos (localidades o áreas); este valor es de gran importancia, pues conforme las localidades difieren más se incrementa y puede esperarse mayor heterogeneidad de ambientes (Álvarez *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005; Koleff, 2005; Medianero *et al.*, 2010). Tal recambio depende de múltiples factores, como la escala espacial (pues los valores de la diversidad beta aumentarán con el

incremento en la escala espacial), la variabilidad ambiental (generalmente a mayor diversidad beta, ocurre mayor heterogeneidad ambiental), y el tamaño de las áreas de ocupación (relacionado con la endemidad de la biota y con la amplitud de la distribución de las especies) (Moreno, 2001; Flores *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005; Koleff, 2005; Soberón *et al.*, 2005; Medianero *et al.*, 2010).

El análisis de la diversidad es fundamental para el reconocimiento de los patrones de distribución de la biota, como se registra en los trabajos realizados de las últimas décadas, en el estudio de la distribución altitudinal; en éstos se muestran dos tendencias. La primera describe la disminución de la riqueza de especies conforme aumenta la altitud, lo cual por lo general ocurre en los Lepidoptera (Halffter, 1964, 1987; Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Gaston, 2000; Sanders, 2002; Brehm *et al.*, 2007; Tati *et al.*, 2007). La segunda establece que, los factores que determinan los patrones de distribución altitudinal, no siempre tienen como consecuencia la disminución de la riqueza de especies conforme el aumento en la altitud (Barrera, 1968). Donde la distribución de la fauna de montaña, resulta de la combinación de efectos de colonización vertical (los sistemas ecológicos) y de la colonización horizontal (los factores históricos). La importancia de cada uno de estos factores depende de la ubicación del sistema montañoso, las características fisiográficas, la historia biogeográfica, la plasticidad de la biota, y los procesos de dispersión y especiación que operan a largo plazo (Holt, 1993; Lobo & Halffter, 2000; Arita & Rodríguez, 2001; Vilorio, 2002; Cutzpool *et al.*, 2005; Escobar *et al.*, 2005; Escobar *et al.*, 2007).

Los trabajos de Halffter (1964, 1987) y Llorente (1984) refieren los principales patrones de distribución de los insectos en los sistemas montañosos de México, en ellos se describe la distribución de los insectos a través de intervalos o pisos altitudinales. Uno de estos patrones, el Mesoamericano de montaña, está ubicado básicamente en seis islas biogeográficas principales (Llorente & Escalante, 1992), una de estas islas es la Sierra Madre del Sur

(Oaxaca-Guerrero), en la cual está contenida la Región Loxicha. Tal región ha sido objeto de numerosas recolectas, pero sin un trabajo sistemático a lo largo de un gradiente altitudinal. Por lo cual, desde 2006 a la fecha, el equipo de Lepidoptera del Museo de Zoología inició trabajos sistemáticos para caracterizar la fauna de las familias Papilionidae y Pieridae (Rhopalocera) de esta área. Como otros trabajos previos, se desarrolló por intervalos o pisos altitudinales (Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992; Vargas *et al.*, 1999). Por otra parte, al comparar la similitud de esta fauna con otros sistemas fisiográficos en la vertiente pacífica, se podrá determinar el efecto de factores históricos y ecológicos que pueden explicar la distribución de las especies a lo largo de gradientes altitudinales, además de fundamentar la importancia de la región como un soporte para la bioconservación.

ANTECEDENTES

Biodiversidad. México es un país con gran número de especies, linajes y ecosistemas, se encuentra entre los primeros lugares de biodiversidad en el mundo; por ejemplo, posee el tercer lugar en mamíferos, el quinto en anfibios, el segundo en reptiles y el octavo en aves (CONABIO, 2006). Esta enorme riqueza no solo se debe a su posición latitudinal, sino también a su historia geológica que conjuga gran complejidad de sistemas orográficos y tipos climáticos y, con esto, diferentes ecosistemas a lo largo de nuestro país. Tal diversidad de taxones se debe al solapamiento de biota neotropical y holártica, lo cual ha producido una excepcional riqueza (Halffter, 1964, 1987, 1992, 1998). La coexistencia de los diferentes taxones en los ecosistemas a través del espacio y el tiempo, ha producido patrones de distribución, los cuales resultan de las características singulares de grupos de organismos, sus condiciones ecológicas y una historia geológica y climática común (Slansky, 1973; Halffter, 1976, 1987; Sanders, 2002; Vilorio, 2002; Rodríguez & Arita, 2005; Medianero *et al.*, 2010).

Se ha hecho indispensable evaluar la diversidad alfa que contiene un área, debido a que nos ayuda a determinar lugares con alta riqueza de especies, que permiten proponer sitios idóneos para la conservación, la comparación de especies entre áreas diferentes, cuantificar el recambio y la heterogeneidad de hábitats entre diferentes regiones (Halffter *et al.*, 2001; Moreno, 2001; Jiménez & Hortal, 2003; Álvarez *et al.*, 2005; Magurran, 2006). Para cuantificar la riqueza se utilizan métodos de muestreo que nos ayuden a representar el total de las especies en una zona determinada; a partir de ellas se estima y compara la biota que integra las diferentes comunidades (Beccaloni & Gaston, 1995; Martín-Piera, 2000; Lobo, 2000; Escalante, 2003; Koleff, 2005; Hunter, 2006; Magurran, 2006).

Antes de realizar cálculos de diversidad beta o gama es necesario conocer la riqueza de especies en diversos sitios, debido a que es una manera simple, pero indispensable, de describir la diversidad local; también es una base para la aplicación de modelos ecológicos y biogeográficos y en la descripción de la

estructura de las comunidades (Brown, 1988; Brown, 1991; Moreno, 2001; Moreno & Halffter, 2001; Halffter & Moreno, 2005). Este cálculo es importante, no solo porque es fundamental para la comparación entre sitios, sino también para conocer el direccionamiento de la colonización de las comunidades locales y el *pool* regional (Gotelli & Colwell, 2001; Guzmán, 2009).

En las últimas dos décadas, el porcentaje de la riqueza total de especies, en un área o región, se ha examinado mediante el empleo de modelos de curvas de acumulación de especies; que puede ser un simple ordenamiento de los individuos o las muestras y su adición al inventario faunístico) (Soberón & Llorente, 1993; Beccaloni & Gaston, 1995; Halffter *et al.*, 2001; Escalante, 2003; Jiménez & Hortal, 2003; Colwell *et al.*, 2005). Estas curvas son útiles al hacer comparaciones entre inventarios faunísticos, aunque puede implicar algunas problemáticas. Por ejemplo, la diversidad de maneras al cuantificar la riqueza entre diferentes comunidades (distintas formas de realizar los inventarios, incluyendo el número de individuos registrados). Por esta razón es necesario valorar las curvas con estimadores paramétricos y no paramétricos, pues así se cuantifica por diferentes vías una aproximación de las especies de una región (Colwell & Coddington, 1994; Martín-Piera, 2000; Lobo, 2000; Gotelli & Colwell, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Chao *et al.*, 2005; Colwell *et al.*, 2005).

Gradientes de distribución altitudinal. México presenta un 65% de su área en un relieve accidentado y con diferentes tipos y subtipos climáticos; esto da como resultado gran cantidad de ambientes y microambientes a lo largo de todo el país, que al considerar una historia geológica compleja, genera un escenario biológicamente heterogéneo (Halffter, 1987, 1992, 1998; Guzmán, 2009).

México, además de poseer una alta riqueza, también es reconocido por su diversidad beta (que se acentúa en su mitad sur y centro), debido a que las zonas de mayor riqueza y endemismo están asociadas a las montañas hacia el centro de México, en especial la región de la costa del Pacífico y la cuenca del Balsas

(Luis *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2005; Guzmán, 2009). La gran diversidad que posee nuestro país se determina a partir de los valores de las diversidades alfa y beta, debido a que el resultado de ambas repercute en la diversidad gama (la diversidad regional); estos valores son de gran importancia y su relación no solo depende de la homogeneidad o heterogeneidad del área de estudio, sino también de los factores históricos, tanto bióticos como geológicos que conformaron los paisajes (Holt, 1993; Devries, 1994; Halffter & Moreno, 2005; Guzmán, 2009; Medianero *et al.*, 2010). Por consiguiente, este tipo de análisis son indispensables al determinar el grado con el que las especies aparecen en los diferentes tipos de hábitats, con el cambio en la altitud y los resultados de las diferencias biogeográficas en distintos sistemas orográficos (Slansky, 1973; Beccaloni & Gaston, 1995; Kocher & Williams, 2000; Moreno & Halffter, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Álvarez *et al.*, 2005; Brehm *et al.*, 2007; Escobar *et al.*, 2007).

En e la estudio de la riqueza de un área determinada, se pueden reconocer patrones en la distribución de las especies; a menudo el patrón latitudinal es el mejor estudiado (Pianka, 1966). Durante las últimas décadas se han realizado numerosos estudios sobre el 'efecto' de la altitud en la distribución de los organismos, con un efecto análogo al de la latitud (Brown, 1988; Brown & Maurer, 1989; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Gaston, 2000; Kocher & Williams, 2000; Monteagudo *et al.*, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Sanders, 2002; Salinas *et al.*, 2004; Tangah *et al.*, 2004). Por ende es importante comprender la correlación de la altitud con la distribución de los organismos de una región, al describir la riqueza de dicho sistema y su recambio en gradientes de latitud y altitud. Esto puede considerarse como una variación espacial y sistemática en el balance entre la especiación, la inmigración, la emigración y la extinción de las especies en un área (Pianka, 1966; Slansky, 1973; Holt, 1993; Kocher & Williams, 2000; Arita & Rodríguez, 2001; Hill & Hill, 2001; Vilorio, 2002; Vázquez & Stevens, 2004).

La altitud es una variable o factor complejo que acompaña cambios sobre la riqueza y la composición de los ensamblajes de especies, que a menudo

resulta en la disminución del número de especies conforme ésta se incrementa (Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Lobo & Halffter, 2000; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Escobar *et al.*, 2005).

Entre los factores ecológicos más relevantes para explicar los patrones de distribución en insectos están: la temperatura (temperaturas tropicales causan un desarrollo más rápido en los organismos, se acortan los tiempos generacionales, y se alcanza antes la madurez sexual y se inicia el periodo reproductivo), la cantidad de humedad, la incidencia de luz en el dosel, la productividad y la tasa de evapotranspiración en plantas de alimentación, la variabilidad climática (la cual tiene influencia en la especiación y las tasas de extinción con respecto a la variabilidad de la estacionalidad). De igual modo son importantes: la amplitud del hábitat, la disponibilidad de recursos, las tasas de vitalidad (la abundancia se correlaciona con los rasgos de historias de vida en muchos organismos que influyen en la tasa de crecimiento intrínseco así como en la capacidad de carga). Así mismo son de interés: la dinámica de las poblaciones (la capacidad de dispersión y el tamaño de población pueden afectar la distribución de una especie, pues las migratorias son más propensas a poblar hábitats vacíos que evitan que se extinga), y los disturbios antropocéntricos (Slansky, 1973; Brown & Maurer, 1989; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Cardillo, 1999; Kocher & Williams, 2000; Hill & Hill, 2001; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Brandle *et al.*, 2002; Tangah *et al.*, 2004; Magurran, 2006; Molina & León, 2006; Tati *et al.*, 2007).

En la clase Insecta (principalmente en los Lepidoptera), con algunas excepciones (*Vgr.* Siphonaptera), hay una relación negativa entre el aumento de altitud y la riqueza; en varios grupos que se muestran diferencias en la distribución de las especies debidas a un efecto biogeográfico en la composición de los ensambles (Halffter, 1964; Escobar & Halffter, 1987, 2005; Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; DeVries, 1994; Monteagudo *et al.*, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Sanders, 2002; Cutz-Pool *et al.*, 2005; Molina &

León, 2006; Brehm *et al.*, 2007). Llorente (1984) reconoce tres pisos altitudinales en los sistemas orográficos de México: el primer piso en el intervalo 600-1200 msnm, el segundo de 1200-1800 msnm, y el tercero es 1800-3100 msnm. Diversos estudios apoyan esta distribución de la biota en las montañas, y ubican en el piso medio el mayor valor de diversidad alfa, pues en este piso ocurre solapamiento de especies de los tres niveles altitudinales (Halffter, 1964, 1987, 1992; Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; DeVries, 1994; Monteagudo, *et al.*, 2001; Cutz-Pool *et al.*, 2005; Brehm *et al.*, 2007; Hawkins & DeVries, 2009).

El análisis y entendimiento de los procesos que actúan en la distribución de las especies de insectos es de suma importancia en cada sistema orográfico; la composición faunística de cada región nos da información sobre las asociaciones ecológicas que ocurren en cada sistema (Beccaloni & Gaston, 1995; Kocher & Williams, 2000; Lobo, 2000). Estudios sobre las condiciones físicas de una región y los procesos históricos pueden ayudarnos a explicar las diferencias en la distribución de la fauna, por ello tales estudios a lo largo de gradientes altitudinales nos ayudan a comprender la distribución de las especies al adaptarse a su ambiente, así como sus posibles orígenes (Holt, 1993; Arita & Rodríguez, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Vilorio, 2002; Escobar *et al.*, 2005; Rodríguez & Arita, 2005; Guzmán, 2009; Hawkins & DeVries, 2009).

Papilionoidea de Oaxaca. En la obra clásica de Godman & Salvin (1879-1901), '*Biología Centrali-Americana*', se citan por primera vez 47 especies de Papilionidae para México, 19 de las cuales son registradas para el estado de Oaxaca (en particular y general a los referidos a 'Todo el país' o 'Parte sur de México'). Con respecto a la familia Pieridae, se citan 55 especies para el país y 19 para Oaxaca.

Hoffmann (1940) publicó el '*Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros Mexicanos*', en el se citan 782 especies de Papilionoidea para todo

el país; al considerar los registros 'Todo el País' y 'Sierra Madre del Sur', el estado de Oaxaca presenta 180 taxones. En dicho catálogo se reportan 52 especies para Papilionidae, solo 19 especifican Oaxaca; mientras que para Pieridae se citan 71 especies, solo 21 especifican ese Estado.

En la obra de Maza (1987) '*Mariposas Mexicanas*', el estado de Oaxaca se posiciona como el segundo lugar en cuanto a riqueza de especies de Papilionoidea; se registran 70 especies, 34 para Papilionidae y 36 para Pieridae.

Luis *et al.* (1991) realizaron un análisis faunístico de los Papilionoidea en la Sierra de Juárez (Oaxaca), a partir de recolectas sistemáticas en un gradiente altitudinal (100 a 3100 m de altitud); por primera vez se elaboró una síntesis de las especies reconocidas al Estado, dando como resultado 51 especies de Papilionidae (con 14 registros para la región Loxicha), y 62 para Pieridae (con 27 registros para el área de estudio).

En la *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, durante el periodo 1975-1996, se reportan nueve especies de Papilionidae para Oaxaca (con un registro para la Región Loxicha), y siete de Pieridae en 16 localidades de ese Estado.

Llorente *et al.* (1997) realizaron un análisis de la distribución geográfica de los Papilionidae y Pieridae de México; señalan 72 subespecies de Papilionidae para México, 42 de ellas para Oaxaca, con 19 registros para la Región Loxicha. De Pieridae se citan 109 subespecies para el país, 58 de ellas para el Estado, de los que 32 pertenecen a la Región Loxicha.

Luis *et al.* (2004) realizaron un análisis de la riqueza y distribución de los Rhopalocera del estado de Oaxaca, a partir de la recopilación de 25,000 registros provenientes de 491 localidades de Oaxaca. En su trabajo registran 996 taxones a nivel de especie en Papilionoidea, de los cuales 50 pertenecen a Papilionidae

(colocando al Estado en el primer lugar de riqueza en México para esta familia), y 65 registros para Pieridae (por lo que alcanza el segundo lugar de riqueza, después de Chiapas). De las 10 localidades con mayor riqueza citadas para Oaxaca, la número tres se encuentra en la Región Loxicha ('Candelaria Loxicha' con un total de 260 especies de Papilionoidea).

Llorente *et al.* (2006), analizaron la distribución de la riqueza de Papilionoidea en México, en este trabajo citan 1190 taxones agrupados en 311 géneros y cinco familias de Papilionoidea. De Papilionidae registrarón 51 subespecies para Oaxaca, lo que representa el 64.5% de las que ocurren a nivel nacional. Mientras que de Pieridae citarón 64 subespecies para el Estado, lo que corresponde al 58.7% de las subespecies referidas al país.

Con base en el análisis de los registros de la megabase de datos MARIPOSA (Luis *et al.*, 2005), se recopiló información de 473 ejemplares de Papilionidae y Pieridae pertenecientes al área de estudio. Los datos de recolecta pertenecen a cuatro localidades de la Región Loxicha (Candelaria Loxicha, Portillo del Rayo, San José del Pacífico y Pluma Hidalgo), registrando 24 especies de Papilionidae y 38 de Pieridae.

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Oaxaca está dividido en ocho regiones: Mixteca, Cañada, Papaloapan, Valles centrales, Costa, Istmo, Sierra norte y Sierra Madre del Sur (INEGI, 1999) (Fig. 1).



Figura 1. Regiones del estado de Oaxaca (Tomado de INEGI, 1999).

Localización. La zona de estudio se localiza en de la Región de la Sierra Madre del Sur, abarcando dos distritos: Pochutla en la vertiente del Pacífico de la Sierra (en los municipios Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha), y Miahuatlán (en San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec), (Fig. 2; INEGI, 1999; García-Mendoza *et al.*, 2005).

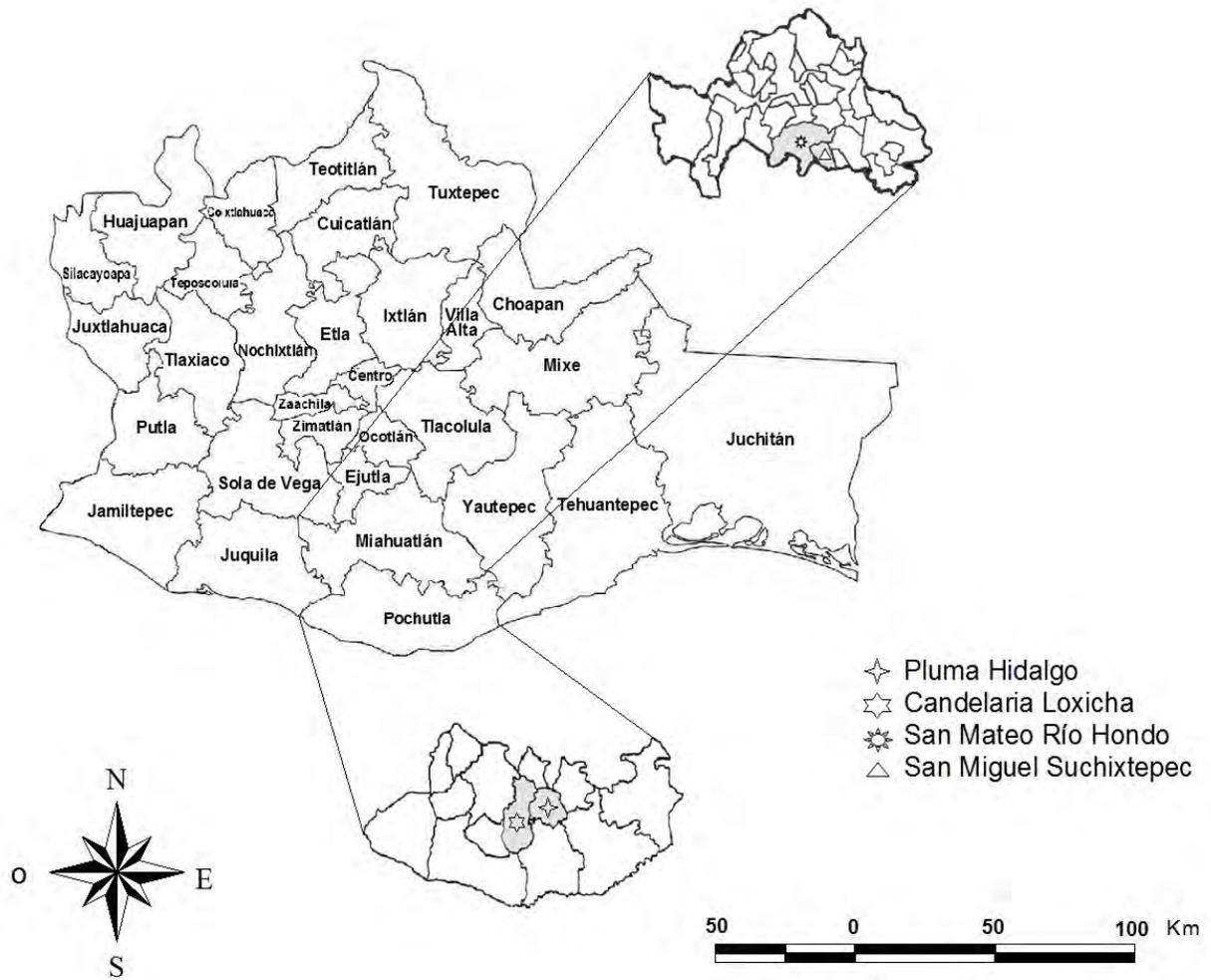


Figura 2. Mapa distrital de Oaxaca (Modificado de INEGI, 1999; García-Mendoza *et al.*, 2004).

El área de estudio se ubica aproximadamente a 233 km al sur de la ciudad de Oaxaca (seis horas de camino), saliendo de la capital del Estado por la carretera federal México 175 con dirección a San Pedro Pochutla (Fig. 3).

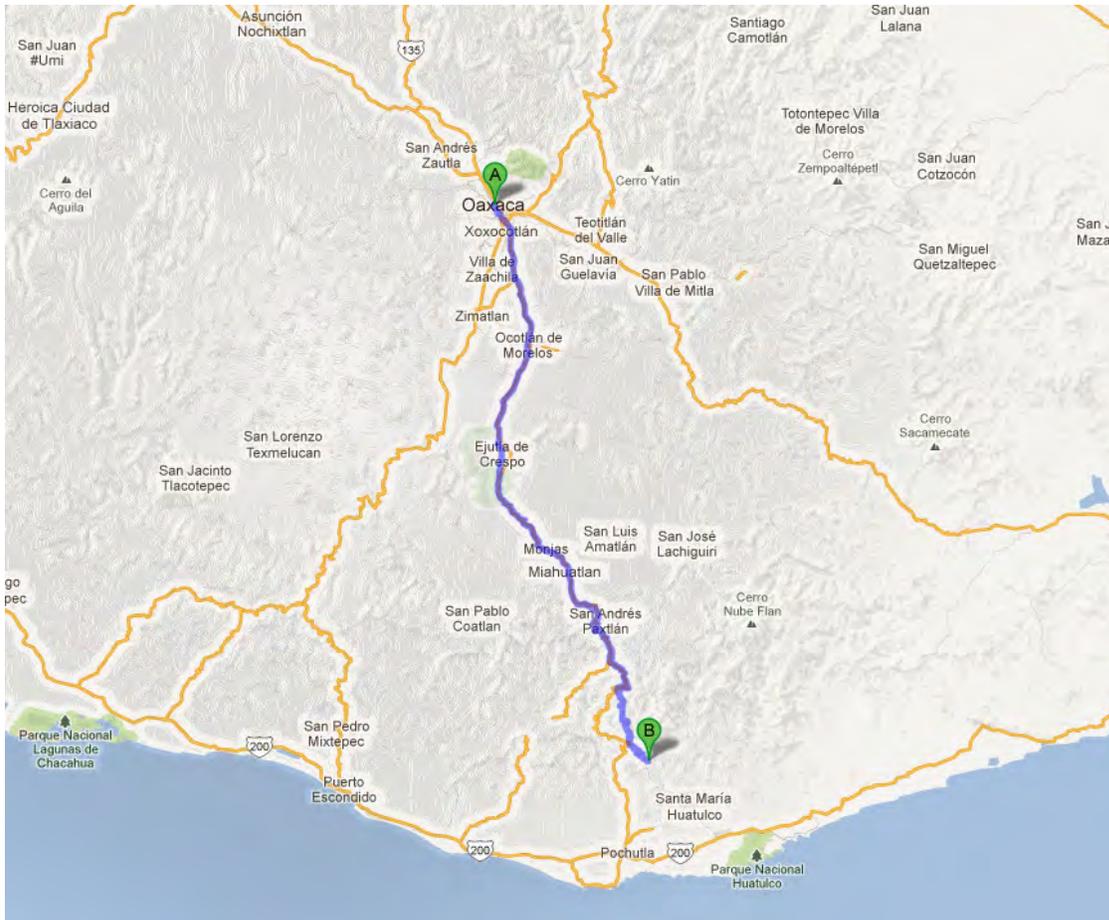


Figura 3. Carretera federal 175, dirección Ciudad de Oaxaca-San Pedro Pochutla (Tomado de Google maps, 2011).

Geología. La geología del estado es compleja, debido a que está conformada por rocas muy antiguas, y rasgos tectónicos complejos que dieron lugar a una formación de estructuras montañosas que tienen un papel fundamental en la diversidad de los taxones (Centeno-García, 2004).

La Sierra Madre del Sur se originó por grandes fallas; representa una barrera orográfica que da origen a mesoclimas y posee una composición mineral importante para el tipo de vegetación que se desarrolla (Centeno-García, 2004). La región se caracteriza por un paisaje de grandes pendientes de montaña, puesto que el sistema se formó por una elevación tectónica en el Mioceno (Morán

et al., 1996), y se compone por gneis paleozoicos, anfibolitas e intrusiones graníticas del Cenozoico y rocas calcáreas sedimentarias (Centeno-García, 2004).

A nivel de distrito la geología presenta cambios importantes, para los municipios de Miahuatlán (San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec), su formación corresponde principalmente al periodo Precámbrico y el tipo de rocas predominantes son metamórficas (gneis) y una insignificante porción de rocas sedimentarias (calizas). En los municipios del distrito Pochutla (Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha), su formación se originó durante el periodo Jurásico, y el tipo de roca predominante en el terreno son gneis (Figs. 4 y 5) (INEGI, 2005).

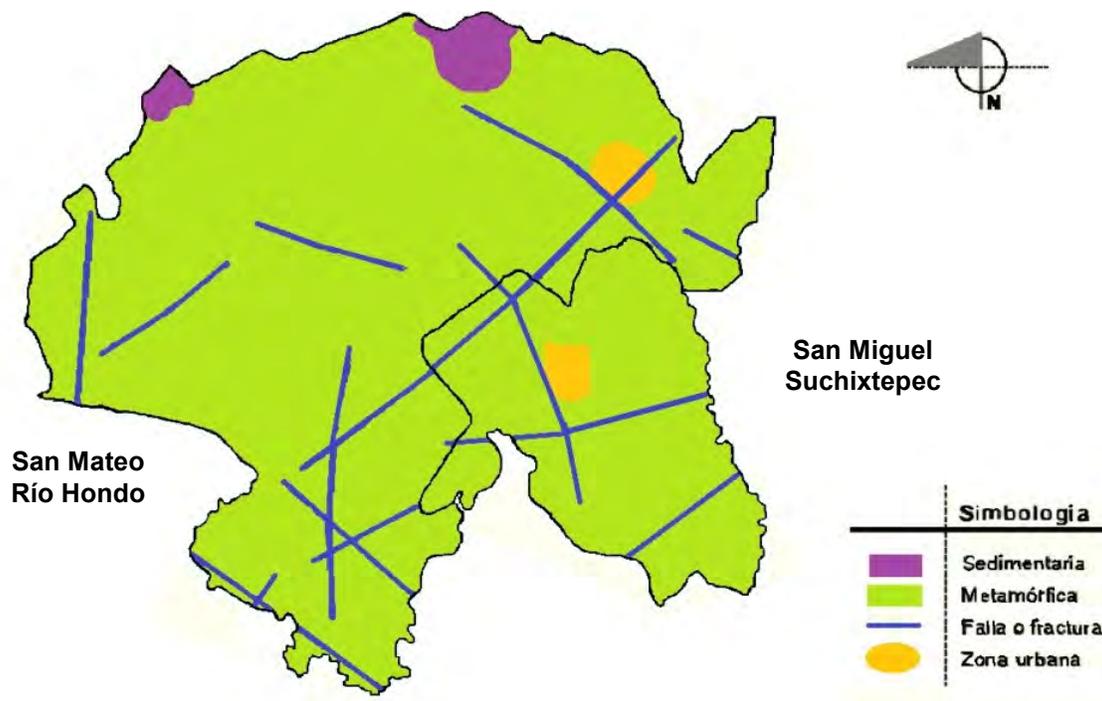


Figura 4. Mapa geológico de los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el Distrito de Miahuatlán (modificado de INEGI, 2005).

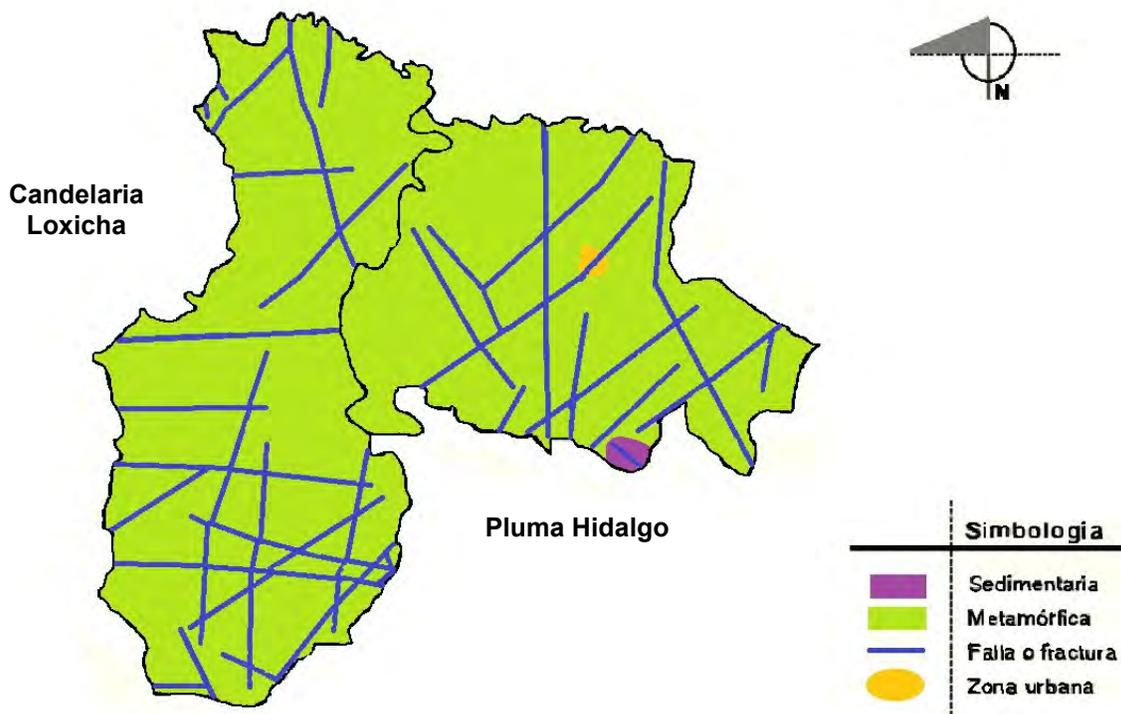


Figura 5. Mapa geológico de los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla (modificado de INEGI, 2005).

Fisiografía. Oaxaca cuenta con 12 subprovincias fisiográficas (Fig. 6), el área de estudio se encuentra en la subprovincia 10, que corresponde a la Sierra Madre del Sur, abarcando un área total de 12,350.15 km². Este sistema montañoso limita al norte con los valles de occidente y los valles del centro de Oaxaca, y al sur con la Planicie Costera del Pacífico. Esta subprovincia se extiende de forma paralela a la Planicie Costera, y la distribución de su relieve en general es constante (Ortiz *et al.*, 2004).

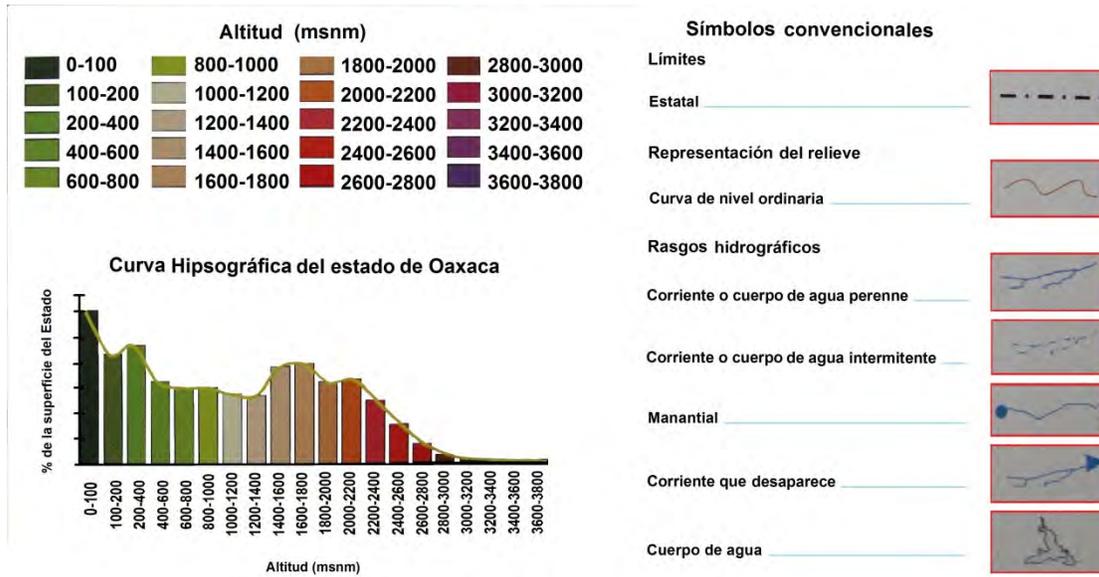
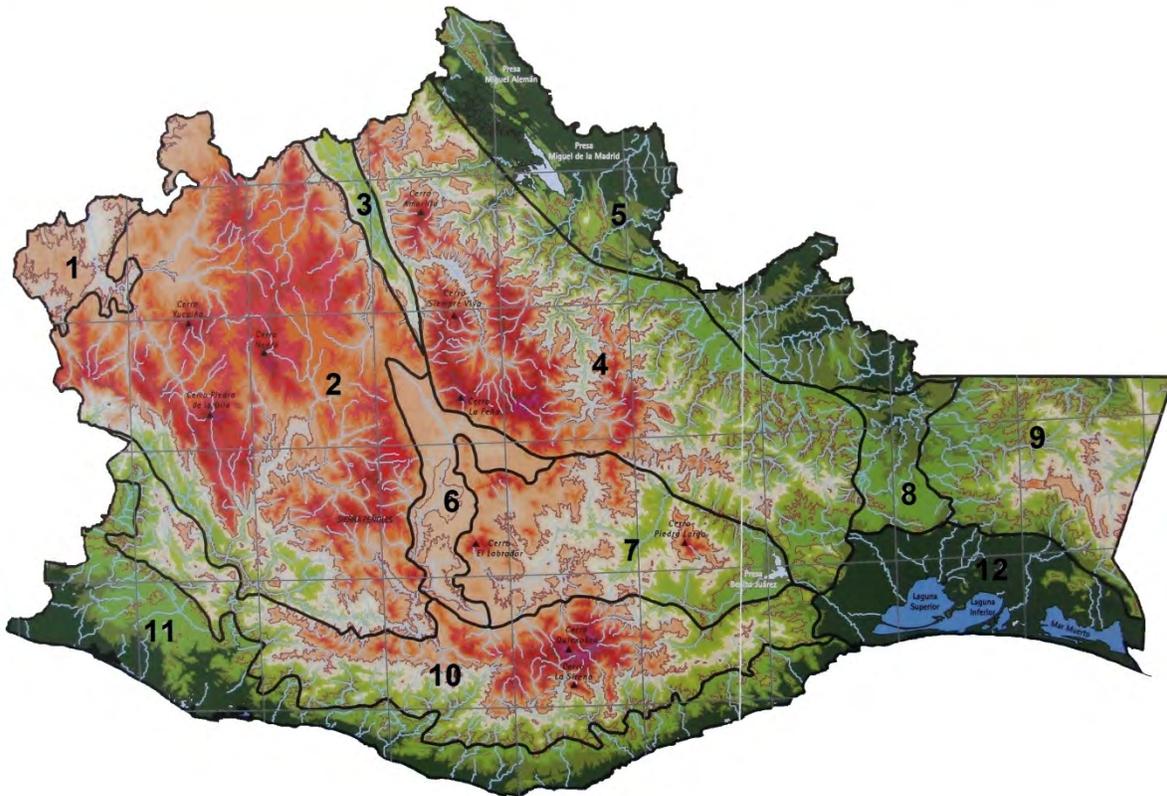


Figura 6. Provincias fisiográficas del estado de Oaxaca. 1. Depresión del balsas, 2. Montañas y Valles de Occidente, 3. Fosa de Tehuacán, 4. Sierra Madre de Oaxaca, 5. Planicie Costera y Ejes Plegados, 6. Valles Centrales, 7. Montañas y Valles del Centro, 8. Depresión Ístmica de Tehuantepec, 9. Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas, 10. Sierra Madre del Sur, 11. Planicie Costera del Pacifico, 12. Planicie Costera de Tehuantepec (tomado de Ortiz *et al.*, 2004).

Los municipios del área de estudio pueden agruparse de acuerdo con su distrito de la siguiente forma: los municipios del distrito de Miahuatlán pertenecen a la región hidrológica de la costa de Oaxaca, su cuenca es abastecida principalmente por el río Copalita, y posee 12 ríos perennes e intermitentes que abastecen de agua la región (Fig. 7).

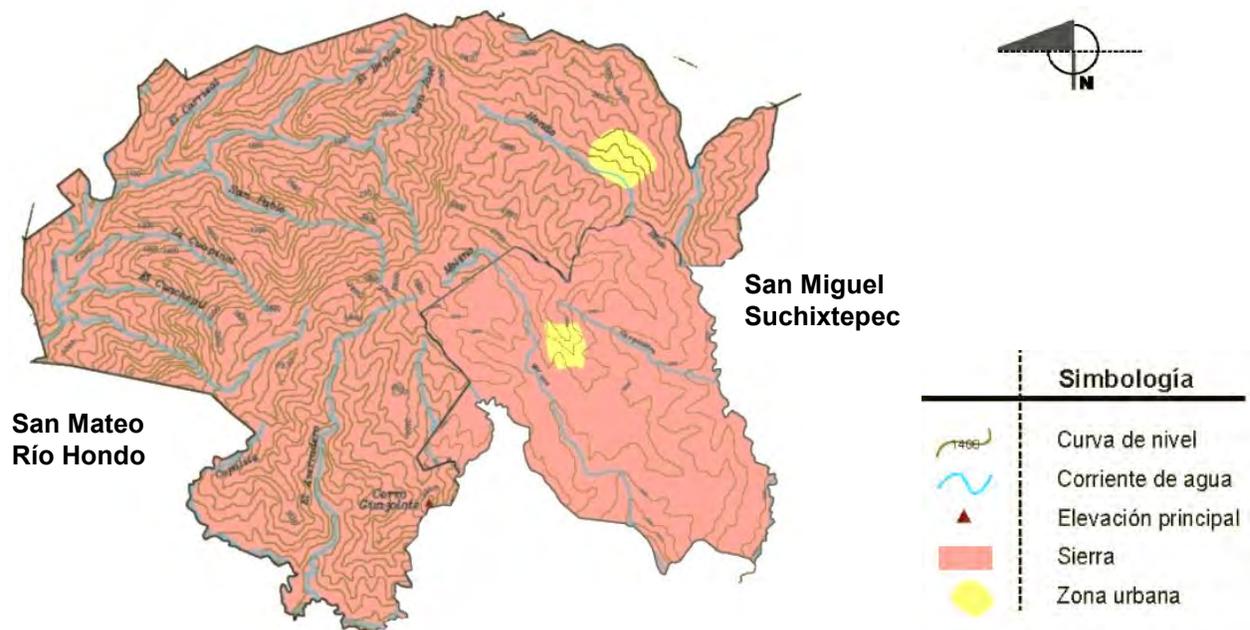


Figura 7. Mapa de relieve de los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el distrito de Miahuatlán (modificado de INEGI, 2005).

Los municipios del distrito de Pochutla pertenecen a la región hidrológica de la Costa de Oaxaca, su sistema de cuencas es abastecido por el río Copalita, el río Colotepec y el río Tehuantepec como fuentes perennes, y poseen numerosos ríos intermitentes que también contribuyen al abastecimiento de agua (Fig. 8) (INEGI, 2005).

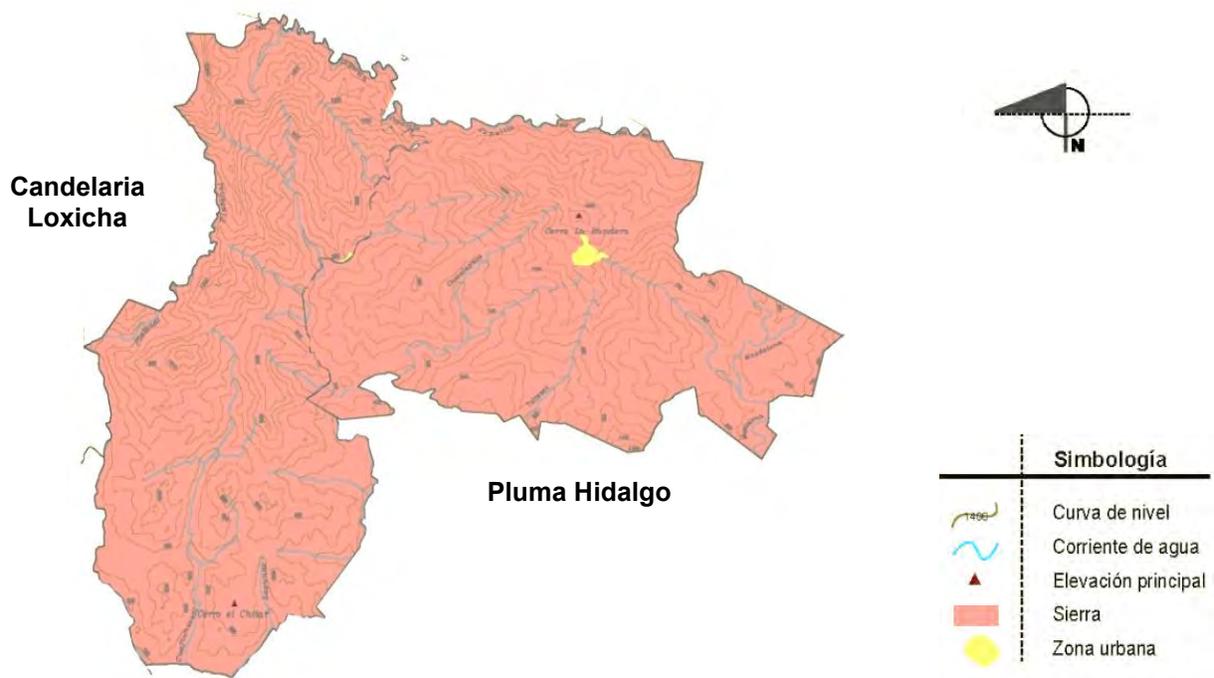


Figura 8. Mapa de relieve de los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla (modificado de INEGI, 2005).

Edafología. Oaxaca registra 16 unidades de suelo, con una constitución edáfica para cada distrito de la entidad. Para el distrito de Miahuatlán la composición es la siguiente: 36% Luvisol, 25% Acrisol, 14% Redzina, 10% Cambisol, 10% Regosol, 3% Litosol y 2% Feozem (Alfaro, 2004). Pero específicamente para los dos municipios del área de estudio estas proporciones se modifican de la siguiente manera: 45.16% Luvisol, 43% Leptosol, 18.6% Cambisol y 2.66% Regosol (Fig. 9) (INEGI, 2005).

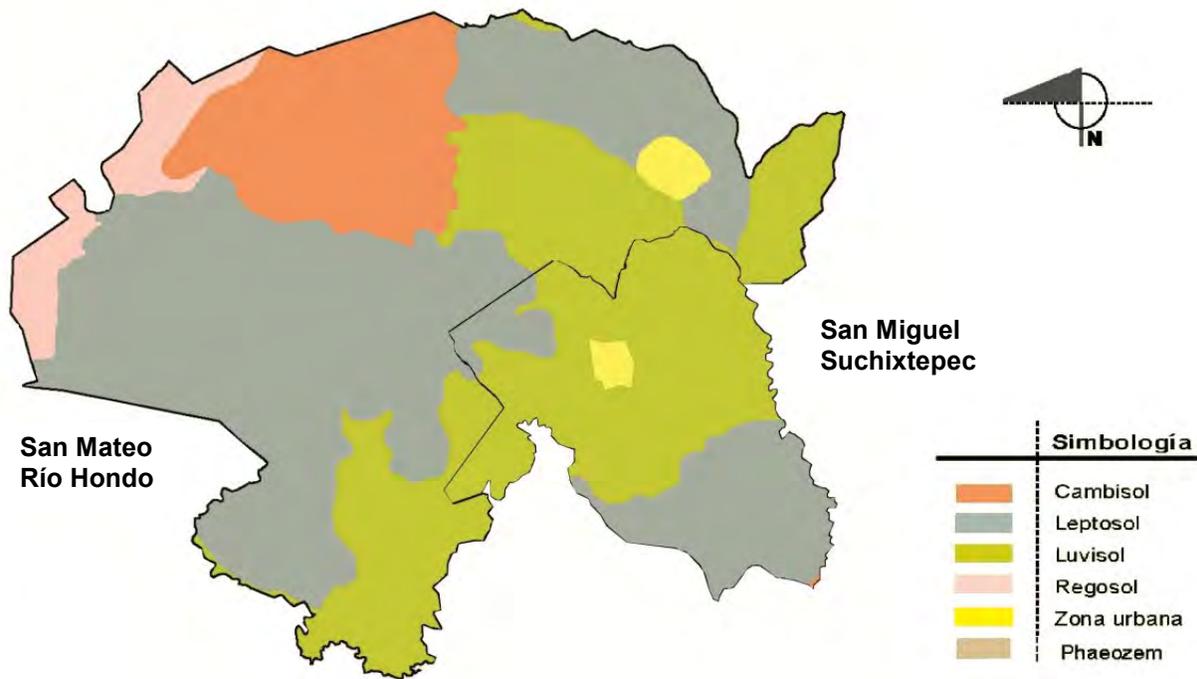


Figura 9. Mapa de la composición del suelo en los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el distrito de Miahuatlán (modificado de INEGI, 2005).

Mientras que el distrito Pochutla está constituido: 54% Regosol, 39% Cambisol, 5% Feozem, 1% Acrisol y 1% Litosol (Alfaro, 2004). Específicamente para los municipios del área de estudio las proporciones de suelo se acomodan de la siguiente manera: 40.8% Luvisol, 32.37% Feozem, 26.32% Cambisol y 0.39% Regosol (Fig. 10) (INEGI, 2005).

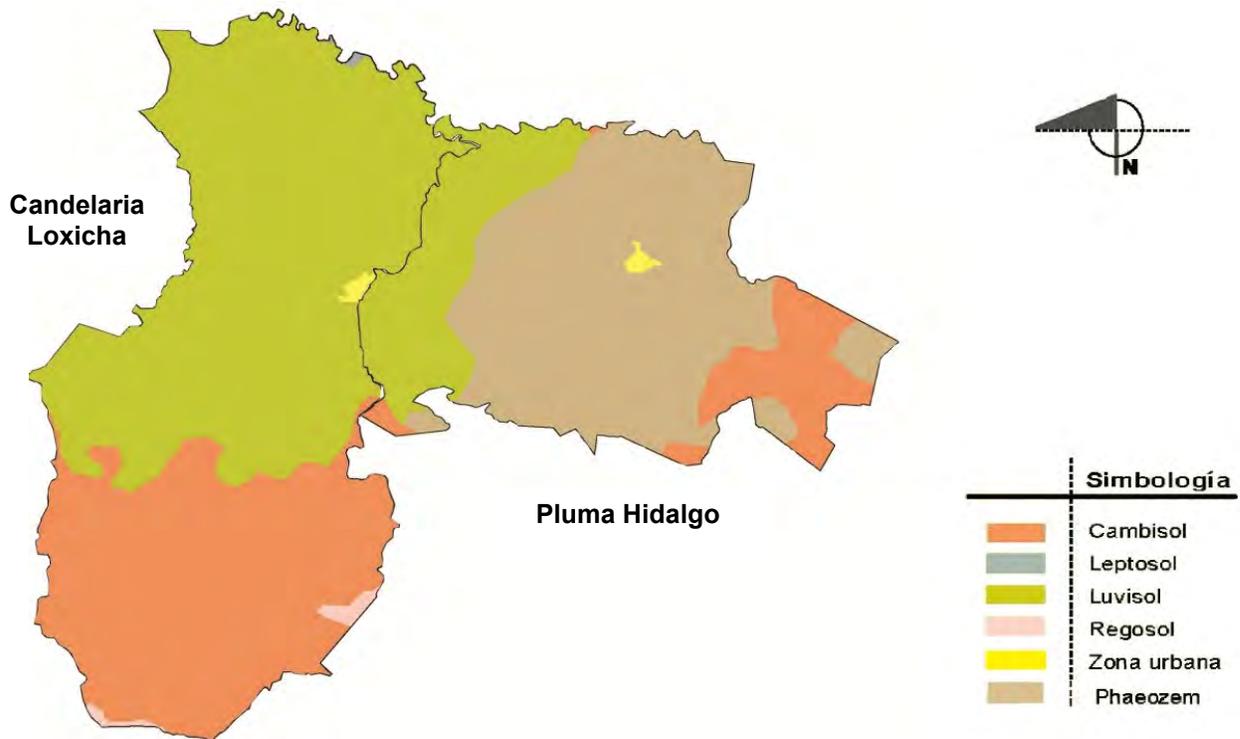


Figura 10. Mapa de la composición del suelo en los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla (modificado de INEGI, 2005).

Clima. Debido a su fisiografía el estado presenta diferentes tipos y subtipos climáticos. Los sistemas montañosos que se distribuyen por el Estado funcionan como barreras para la humedad; además la altitud influye de manera directa en la temperatura de tales sistemas por los cambios en la humedad (el aumento de la altitud conlleva un descenso en la temperatura). En las zonas cercanas a los 3000 msnm, la temperatura media anual es inferior a los 12°C, por arriba de los 2000 msnm la temperatura oscila entre los 12 y los 18°C, entre los 1000 y 2000 msnm la temperatura fluctúa entre 18 y 22°C, y por debajo de esta altitud la temperatura se ubica entre 22 y 26°C (Trejo, 2004). En la Sierra Madre del Sur por lo regular se presenta un clima húmedo templado, con una precipitación anual de 1800 a 2000 mm (García, 1973). La región tiene dos temporadas, la seca de diciembre a mayo y la húmeda de junio a noviembre (García-Calderón *et al.*, 2000).

De manera más específica, el intervalo de temperatura de los municipios del distrito de Miahuatlán oscila entre los 10-23 °C, y el promedio de precipitación puede variar entre los 1000 y 3000 mm anuales. El clima puede clasificarse como Templado subhúmedo con lluvias en verano (en un 74.3% de los municipios), semifrío subhúmedo con lluvias en verano (un 15.51%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (el 9.18%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano (solo el 1%) (Fig. 11) (INEGI, 2005).

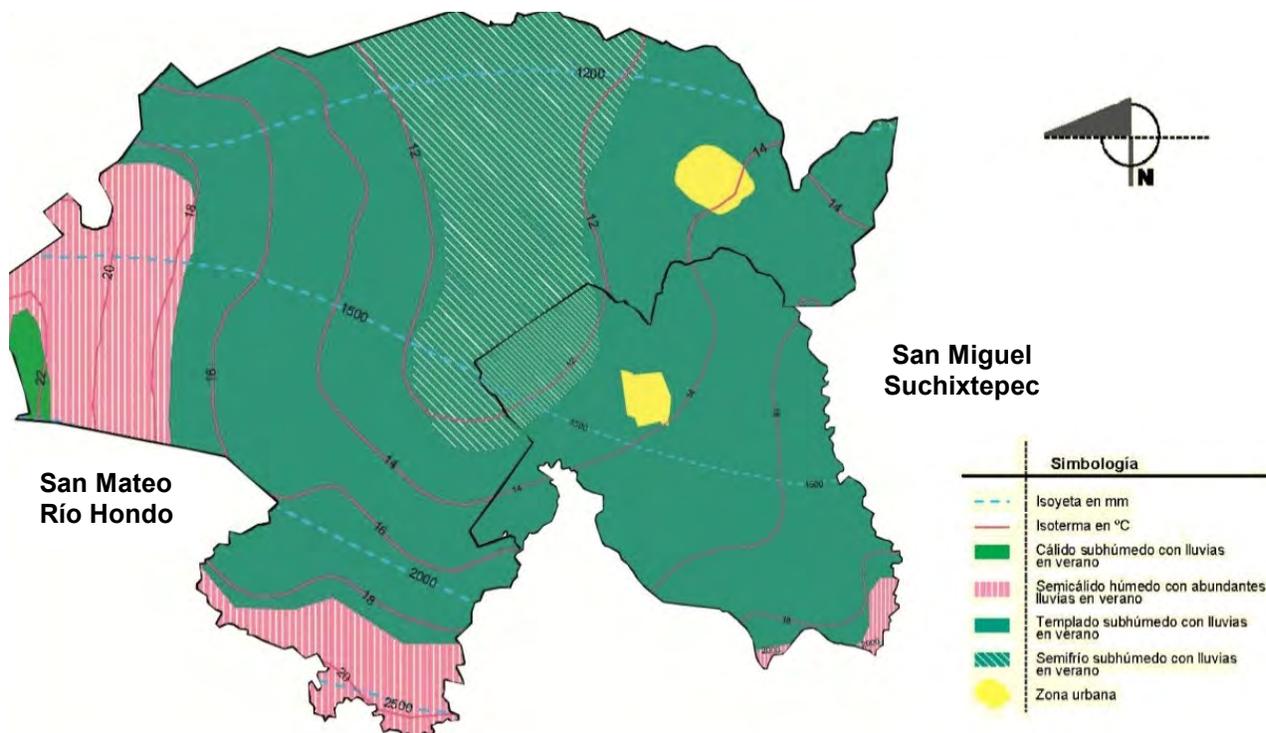


Figura 11. Mapa de climas en los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el distrito de Miahuatlán (modificado de INEGI, 2005).

Para los municipios del distrito Pochutla el intervalo de temperatura oscila entre los 18-27°C, y el promedio de precipitación varía entre 1200- 3500 mm anualmente. El clima se clasifica como Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (un 46.63% de los municipios), cálido subhúmedo con lluvias en verano (un 26.49%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo (en

un 17.51%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (solo el 6.72%) (Fig. 12) (INEGI, 2005).

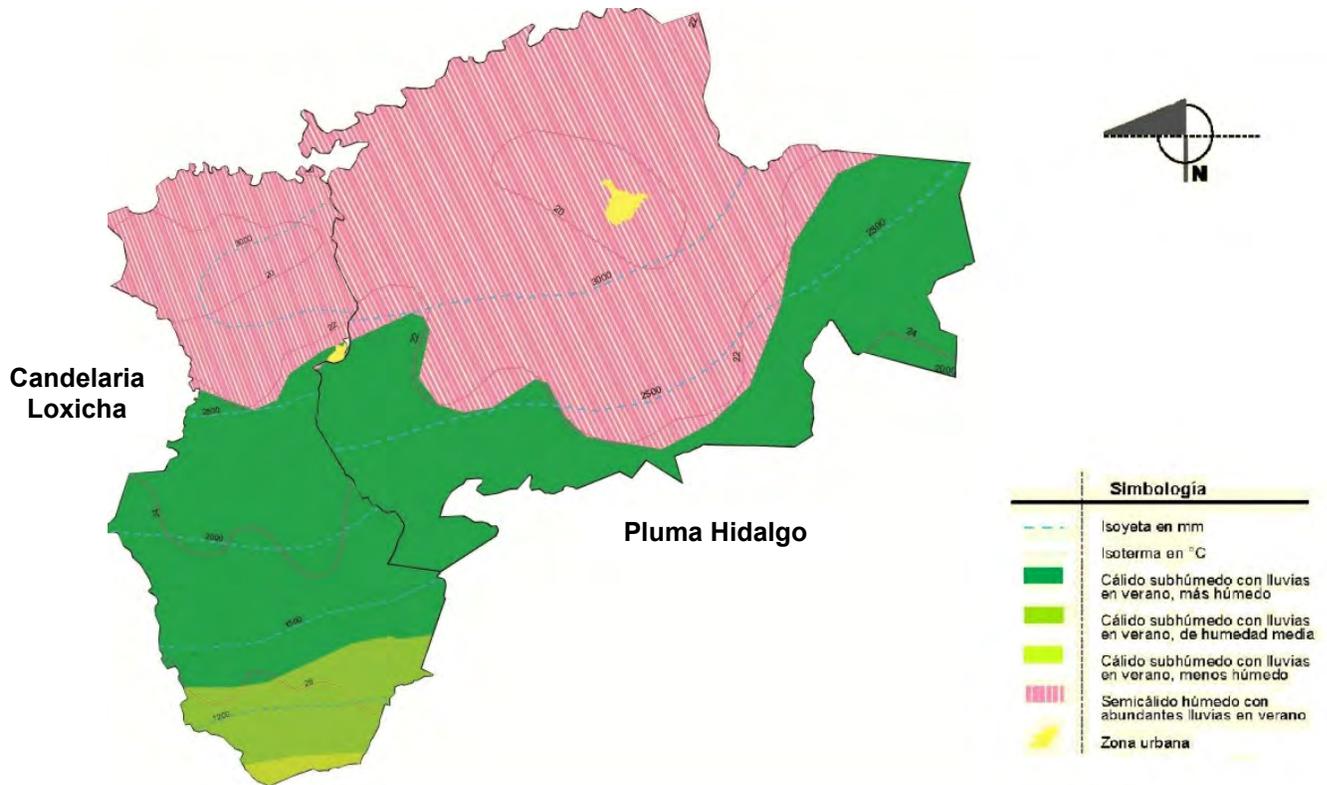


Figura 12. Mapa de climas en los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla (modificado de INEGI, 2005).

La precipitación en la época de lluvia, se debe principalmente a la circulación monzónica del Pacífico; mientras que en la temporada seca la región es dominada por los vientos del oeste, los cuales poseen poca humedad. Además hay otro factor que influye en el clima de la región: la Zona de Convergencia Intertropical. Esta se desplaza hacia el norte durante la época de lluvia, abarcando por momentos al Estado y con esto la temperatura y la precipitación aumentan (Trejo, 2004). Dentro del área de estudio se localizan solo cuatro estaciones meteorológicas, cada una en un municipio de la zona muestreada, éstos son: San Miguel Suchixtepec, Pluma Hidalgo, San Mateo Río Hondo y San José del Pacífico, y los datos se presentan en las figuras 13 a 16.

16°04'26" N 96°27'53" W. Cb (w²)(w)igw"

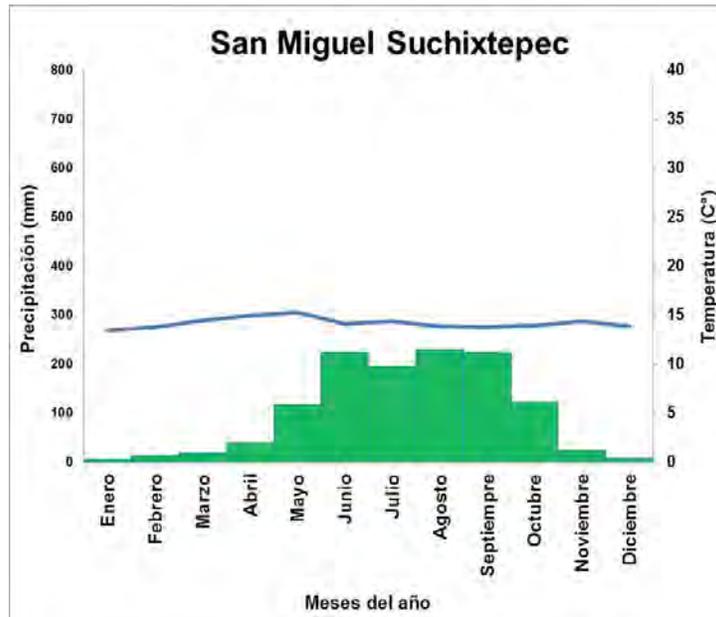


Figura 13. Gráfica de la estación climatológica del municipio San Miguel Suchixtepec.

15°55'00" N 96°26'00" W. A(C)m(w)igw"

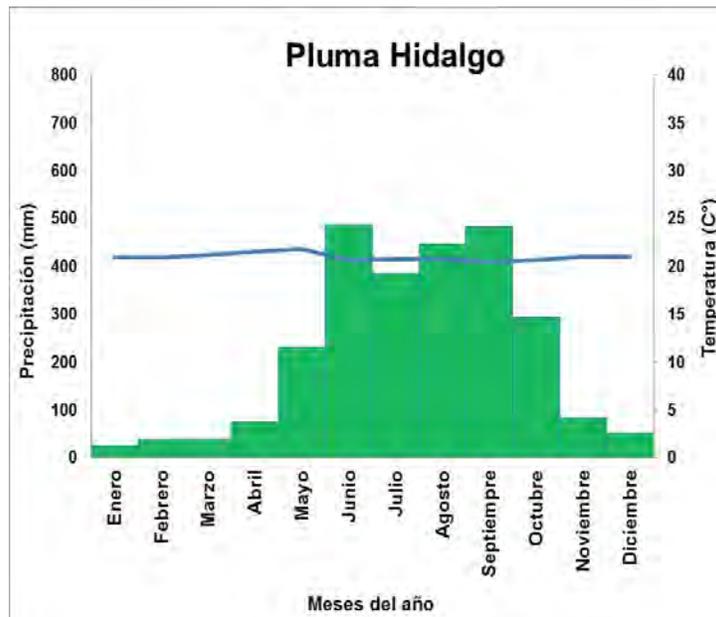


Figura 14. Gráfica de la estación climatológica del municipio Pluma Hidalgo.

16°08'22" N 96°26'46" W. Cb (w²)(w)igw"

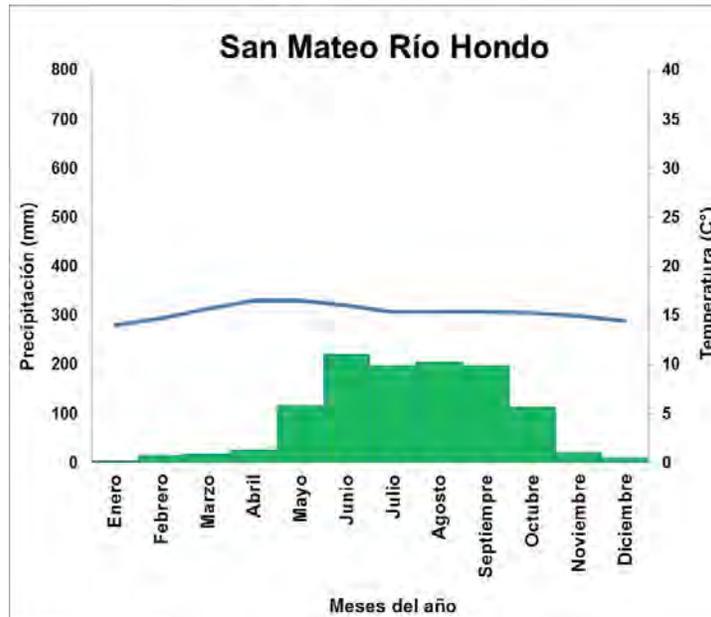


Figura 15. Gráfica de la estación climatológica del municipio San Mateo Río Hondo.

16°10'00" N 96°30'00" W. (A) Cw²(w)ig

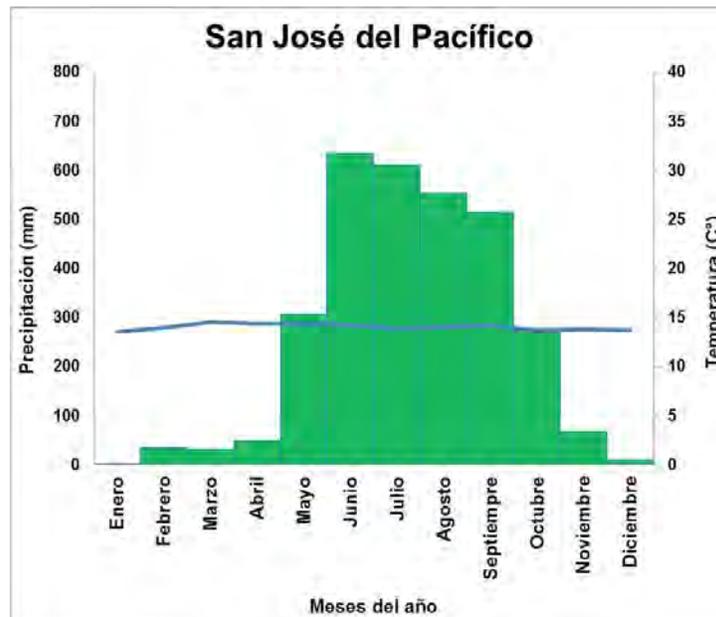


Figura 16. Gráfica de la estación climatológica del municipio San José del Pacífico.

Vegetación. La vegetación posee una distribución altitudinal bien marcada en la Sierra Madre del Sur; en altitudes por debajo de los 1000 msnm se encuentran bosques tropicales perennifolios, subperennifolio y caducifolio. En altitudes mayores a los 1000 msnm principalmente es bosque mesófilo de montaña (BMM), y por arriba de los 2000 msnm predomina el paisaje conformado por bosques de pino, encino y pino-encino (BPE) (Fig. 17) (Torres, 2004; Krasilnikov & García, 2005). En sitios protegidos y cañadas entre los 2000 y 2400 msnm se registra bosque mesófilo, en especial a orillas de arroyo. Debemos tomar en consideración que estos datos corresponden a los remanentes de la vegetación original, aunque la mayor parte del área, por debajo de los 1500 msnm, se encuentra intercalada con plantaciones cafetaleras y el dosel de vegetación natural residual (Rzedowski, 1978; y obs. Pars.).

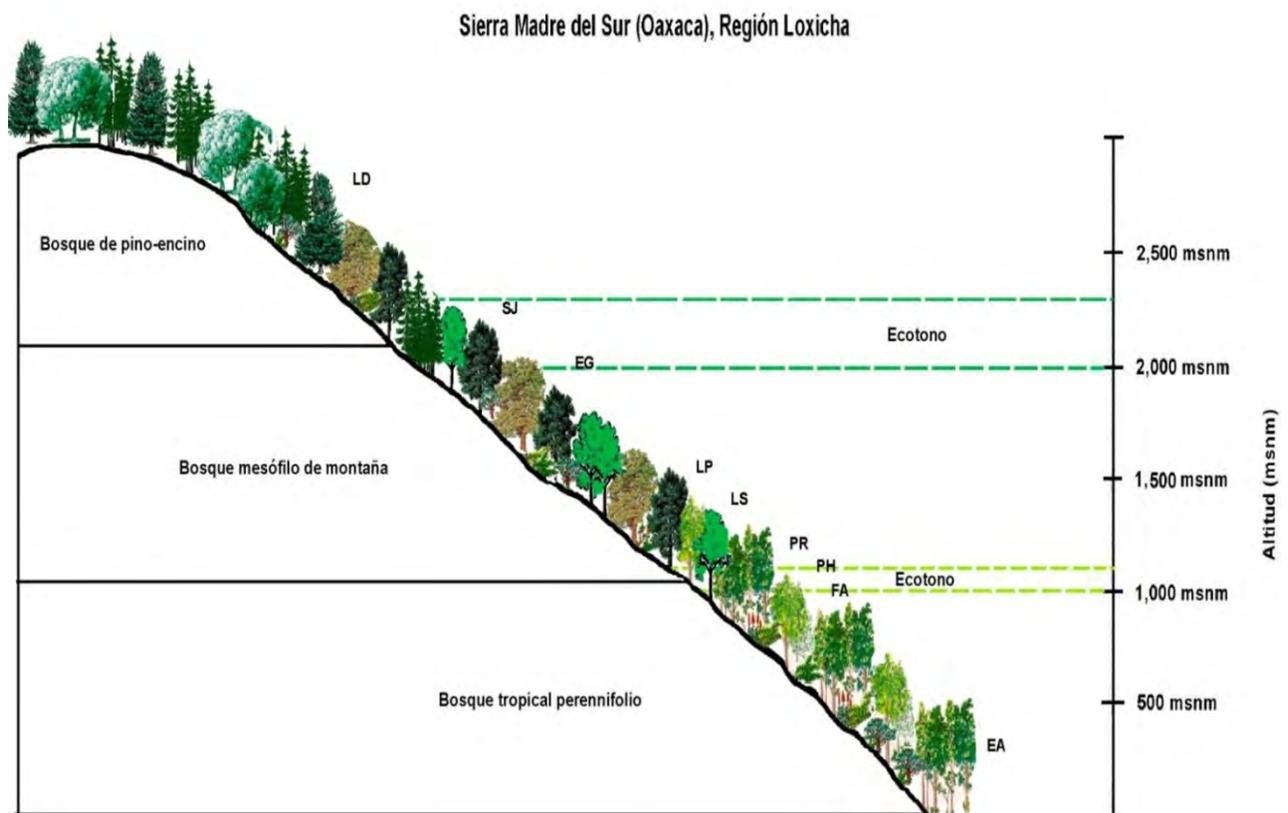


Figura 17. Perfil vegetacional de la Sierra Madre del Sur. EA=El Azulillo; FA=Finca Aurora; PH=Pluma Hidalgo; PR=Portillo del Rayo; LS=La Soledad; LP=La Pasionaria; EG=El Guajolote; SJ=San José del Pacífico; LD=La Doncella.

El tipo de vegetación predominante para los municipios del distrito de Miahuatlán son el BPE y el BMM (abarcando el 82.06% de los municipios), seguido por terreno de agricultura (con 15.12%) y mancha urbana (solo un 1.5%). Para el distrito de Pochutla, los municipios del área de estudio abarcan principalmente bosque tropical perennifolio (en un 57%), terreno para la agricultura (abarca un 27.53%), bosque templado (11.08%), y la mancha urbana (el 3.81%) (Figs. 18 y 19) (INEGI, 2005).

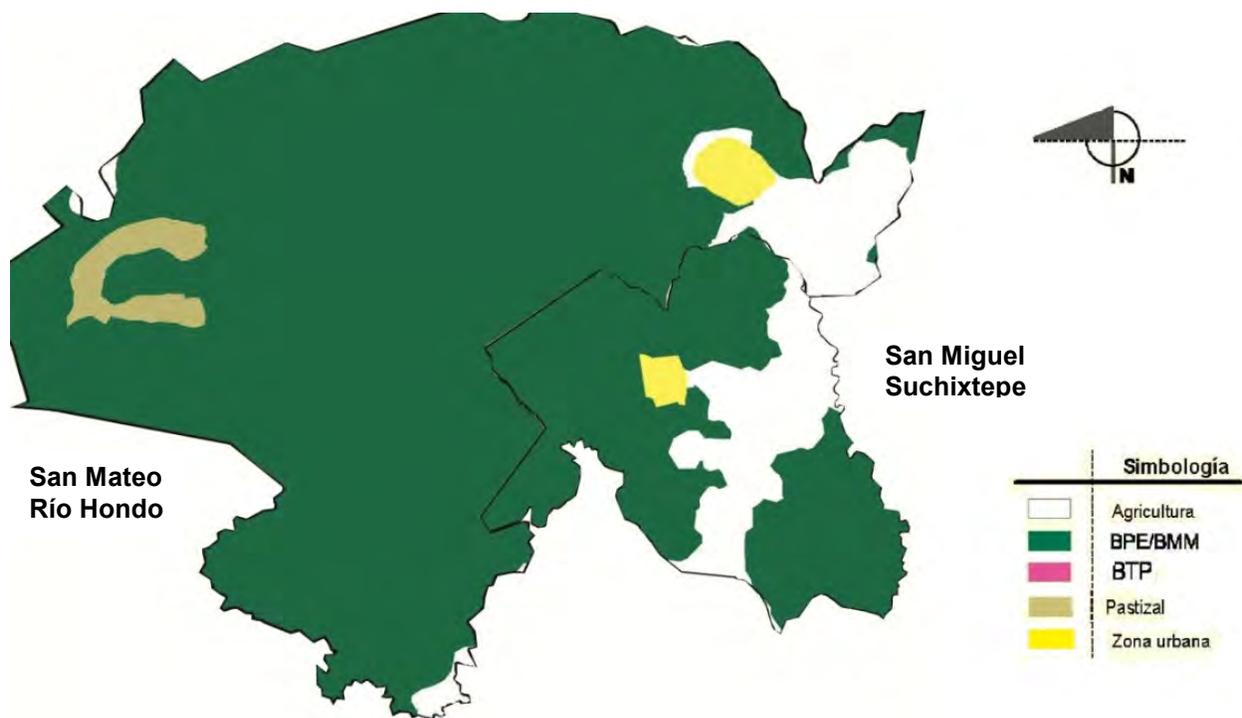


Figura 18. Mapa de uso de suelo y vegetación en los municipios de San Mateo Río Hondo y San Miguel Suchixtepec en el Distrito de Miahuatlán (modificado de INEGI, 2005).

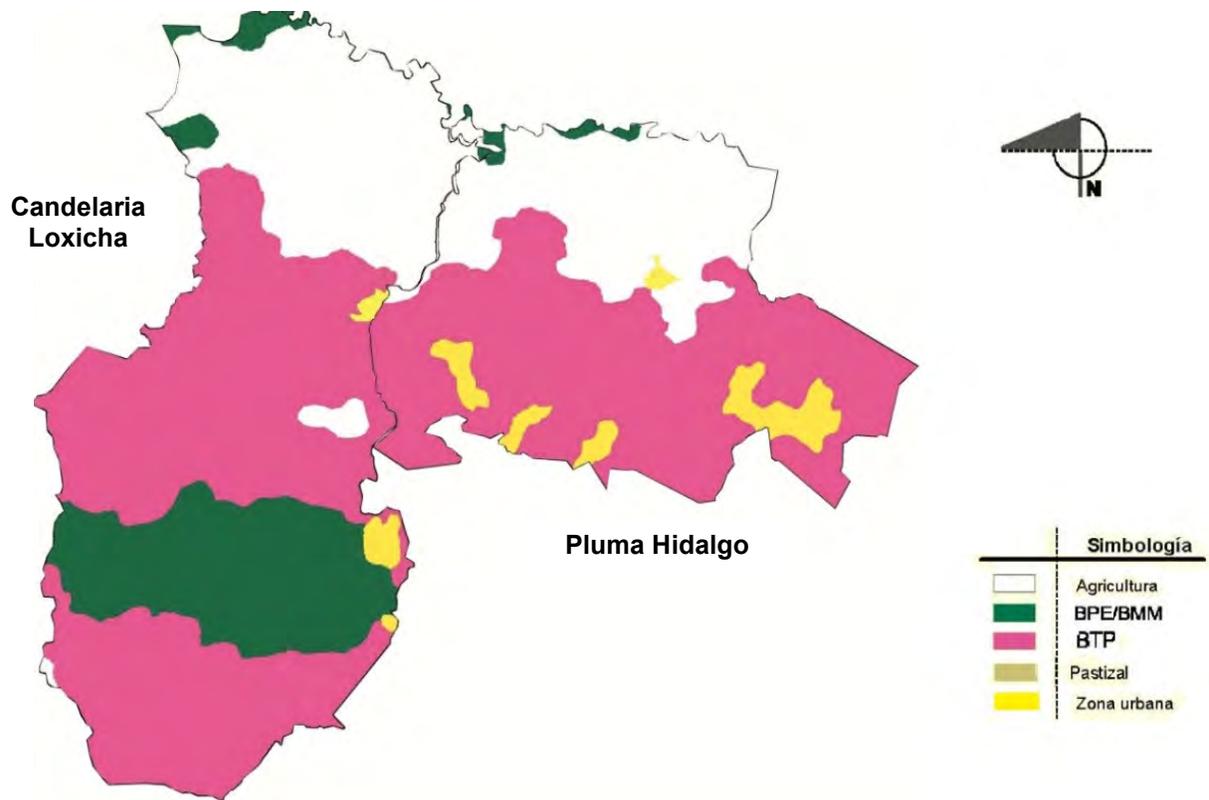


Figura 19. Mapa de uso de suelo y vegetación en los municipios de Pluma Hidalgo y Candelaria Loxicha en el distrito de Pochutla (modificado de INEGI, 2005).

Áreas protegidas. La región sur de Oaxaca es importante debido a que gran parte ha sido delimitada por la CONABIO como Región Terrestre Prioritaria (RTP) (Arriaga *et al.*, 2000). Específicamente la Sierra Madre del Sur cuenta con 3080 ha certificadas como área de conservación, lo cual corresponde al 3.3% de la superficie decretada como área protegida en Oaxaca. Esta Sierra es de especial importancia debido a que solo el 9% de la región tiene una perturbación significativa, y el 91% restante se encuentra conservada, en especial los bosques templados (Fig. 20) (Ortega *et al.*, 2010).

Los principales tipos de vegetación protegidos son: el bosque tropical perennifolio con 30,500 ha, el bosque tropical caducifolio con 30,000 ha y el bosque mesófilo de montaña con 20,000 ha; aunque todas estas zonas están amenazadas por las zonas agropecuarias (Ortega *et al.*, 2010; CONANP, 2011).

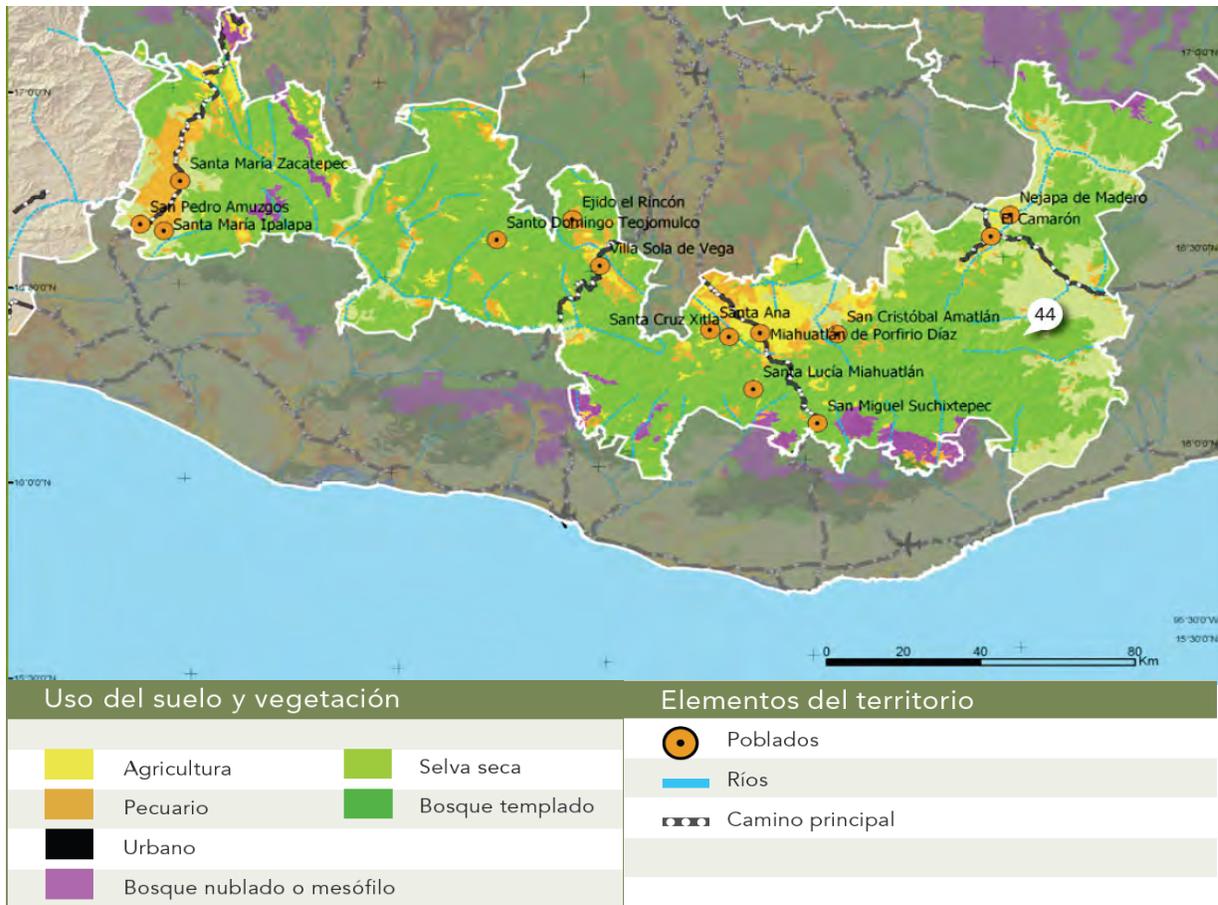


Figura 20. Áreas de conservación certificadas en la región de la Sierra Madre del Sur (Tomado de Ortega *et al.*, 2010).

Estos tipos de vegetación ocupan gran parte de la superficie bajo protección debido a su complejidad y productividad primaria, por ejemplo, el 15% del área de conservación del Estado corresponde al bosque tropical caducifolio, el 12% al bosque tropical perenifolio, y el 8% al bosque mesófilo de montaña. El área de estudio presenta dos localidades que se encuentran decretadas como áreas de conservación (Cuadro 1), lo cual reafirma la importancia de cuantificar la diversidad en la Región Loxicha (Ortega *et al.*, 2010; CONANP, 2011).

Cuadro 1. Localidades de la Región Loxicha decretadas como áreas de conservación
(Modificado de CONANP, 2011)

No.	Estado	Municipio	Nombre del área	Plazo de Certificación	Fecha de Certificación	ha
50.67	Oaxaca	Pluma Hidalgo	'La Pasionaria'	Perpetuidad	25/10/2006	2.17
63	Oaxaca	Pluma Hidalgo	'La Soledad'	Perpetuidad	25/10/2006	10

OBJETIVOS

Objetivo general

Reconocer patrones de distribución altitudinal de las familias Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea), en la Sierra Madre del Sur, porción Región Loxicha (Oaxaca).

Objetivos particulares:

1. Elaborar una lista faunística de los Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha (Sierra Madre del Sur, Oaxaca).
2. Comparar la diversidad alfa de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha con otros transectos altitudinales en México.
3. Caracterizar la riqueza de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha, en un gradiente altitudinal de los 380 a los 2660 msnm, determinando la representatividad de las especies observadas con base en estimadores no paramétricos.
4. Describir la distribución altitudinal de Papilionidae y Pieridae en la Región Loxicha.
5. Examinar los patrones de distribución de Papilionidae y Pieridae en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero.
6. Reconocer los patrones de distribución de Papilionidae y Pieridae, en cuatro transectos altitudinales: Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y Región Loxicha.
7. Determinar la similitud en la composición faunística de Papilionidae y Pieridae, con cuatro transectos altitudinales: Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y Región Loxicha y el recambio de especies.

MÉTODO

Revisión de la literatura. Para el desarrollo de este trabajo se revisó la literatura de Papilionidae y Pieridae relacionada al estado de Oaxaca con el fin de reunir toda la información que sirviera como antecedentes, tanto para el estado como para la Región Loxicha. En la elaboración de esta etapa de la investigación también se consultó la base de datos MARIPOSA del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias (UNAM), para obtener los registros, el número de especies y los ejemplares registrados para la región.

Trabajo de campo y de gabinete. Se realizó el muestreo en nueve localidades pertenecientes a cuatro municipios de la Sierra Madre del Sur (Cuadro 2), dichas localidades fueron escogidas con base en el estado de conservación de la vegetación y al gradiente altitudinal (380 a los 2660 msnm).

Cuadro 2. Caracterización de las localidades de colecta

Municipio	Localidad	Días de recolecta	Siglas	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Tipo de vegetación
Candelaria Loxicha	El Azulillo	24	EA	15°53'25"	96°29'27"	380	BTP
Candelaria Loxicha	Portillo del Rayo-Finca 'El Encanto'	11	PR	15°58'38"	96°31'11"	1200-1530	BMM
Pluma Hidalgo	Finca 'La Aurora'	10	FA	15°56'30"	96°24'13"	1170	BMM - BTP
Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo, 3 km W	16	PL	15°56'23"	96°25'59"	1190	BMM - BTP
Pluma Hidalgo	La Pasionaria	6	LP	15°66'09"	96°25'08"	1500-1650	BMM
Candelaria Loxicha	La Soledad	16	LS	15°58'32"	96°31'54"	1470	BMM
San Miguel Suchixtepec	Puente Arroyo 'El Guajolote'	8	EG	16°03'28"	96°30'18"	2000-2150	BPE-BMM
San Mateo Río Hondo	San José del Pacífico, 1 km S	11	SJ	16°09'28"	96°29'21"	2280-2400	BPE-BMM
San Mateo Río Hondo	El Manzanal, 3km N de 'La Doncella'	7	LD	16°07'39"	96°30'12"	2660	BPE

Claves de tipos de vegetación: BTP=Bosque tropical perenifolio; BMM= Bosque mesófilo de montaña, BPE=Bosque de pino-encino.

Se efectuaron 109 días efectivos de recolecta y observaciones, durante ciclos de siete días cada dos o tres meses por un periodo de tres años: 2007, 2008 y 2011 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Calendario de días de recolecta													
Localidades	Meses												Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
El Azulillo	2			1	2	2	4	6	2	4	1	1	25
Portillo del Rayo	2			1	2	1	1	3		1			11
Finca La Aurora	1		1	1	1	2		2	1		1		10
Pluma Hidalgo	2		1	1	1	3	2	2	2	1	1		16
La Pasionaria							1	2		3			6
La Soledad	3		3		2	1		2	1	2	1	1	16
El Guajolote	1			1	1	1		2		2			8
San José del Pacífico				1	2	1		2	1	4			11
La Doncella	1			1	1	1			2		1		7
Total días/meses	12		5	7	12	12	8	21	9	17	6	1	109

Las recolectas se realizaron de las 08:30 a las 15:30 h aproximadamente, durante cada día de trabajo participaron cuatro personas en promedio, para la recolecta de los ejemplares se utilizaron redes aéreas. Los ejemplares se colocaron dentro de bolsas de papel glassé y cada bolsa se etiquetó con los siguientes datos: estado, municipio, localidad, fecha, altitud y observaciones.

Los ejemplares recolectados fueron transportados en cajas de cartón hasta el laboratorio para su preparación y rotulación; posteriormente se depositó en cajas entomológicas para su determinación e ingreso a la colección de Lepidoptera. La determinación taxonómica se llevó a cabo en varias etapas, una identificación preliminar a partir del trabajo de Llorente *et al.* (1997) y posteriormente se confirmó la determinación a partir de la comparación con los ejemplares de la Colección del MZFC. El arreglo taxonómico se elaboró a partir de la lista sistemática de Llorente *et al.* (2006). La información recabada para cada ejemplar se incorporó a la megabase de datos MARIPOSA, en el programa de cómputo Biotica 5.0 (CONABIO, 2009).

Inventario faunístico. A partir de los datos de recolecta en el área de estudio, los registros recopilados de la literatura (Hoffmann, 1940; Maza, 1987; Luis *et al.*, 1991; y Llorente *et al.*, 1997); y la consulta de la megabase de datos MARIPOSA (Apéndices I y II), se construyó la lista taxonómica de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha. En ella se señalan los nuevos registros para la zona, las especies que solo son referidas en la literatura, y las especies endémicas a México (con base en el trabajo de Luis *et al.*, 2003).

Diversidad alfa de la Región Loxicha. Una vez realizada la lista de especies, se describió la riqueza de Papilionidae y Pieridae, con base en el análisis del número de especies en las diferentes estaciones de muestreo. A continuación, se comparó la riqueza del área con los resultados de Sierra de Juárez (Luis *et al.*, 1991), Sierra de Átoyac de Álvarez (Vargas *et al.*, 1992), y Sierra de Manantlán (Vargas *et al.*, 1999), los cuales poseen un método de recolecta sistemático a lo largo de un gradiente altitudinal. Para determinar que las listas lepidopterofaunísticas de los cuatro transectos altitudinales poseen un esfuerzo de recolecta equiparable y significativo se manejaron los datos de incidencia de especies del apéndice III para calcular los valores de los índices Chao₂ e ICE mediante el programa de cómputo EstimateS 7.5 (Colwell, 2005).

Los estimadores se describen en los trabajos de Colwell & Coddington (1994), y Chazdon *et al.*, 1998, y sus fórmulas se describen a continuación:

Para calcular Chao₂:

$$\text{Chao}_2 = S_{\text{obs}} + (L^2/2M)$$

donde:

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

L = número de especies que ocurren sólo en una muestra.

M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

Para calcular ICE:

$$S_{ice} = S_{freq} + \frac{S_{infr}}{C_{ice}} + \frac{Q_1}{C_{ice}} \gamma_{ice}^2$$

donde:

S_{freq} = Número de especies frecuentes (cada uno en más de diez muestras).

S_{infr} = Número de especies poco frecuentes (en diez o menos muestras).

C_{ice} = La incidencia de la cobertura de la muestra del estimador.

Q_1 = Número de especies que ocurren en exactamente j muestras (Q_1 es la frecuencia de unives, Q_2 la frecuencia de duplicados).

γ_{ice}^2 = Coeficiente estimado de variación de las especies poco frecuentes de Q_1 .

Posteriormente se comparó la riqueza de las localidades con los registros para otros sitios de recolecta en Oaxaca y el número de especies en México (Llorente *et al.*, 1997).

Riqueza por localidad y comparación con estimadores no paramétricos. Para describir de manera más detallada la riqueza del área, se caracterizó la diversidad de Papilionidae y Pieridae en las localidades del gradiente altitudinal de los 380 a los 2660 msnm (El Azulillo-La Doncella). Para esto se compararon los valores de riqueza observada por localidad con los valores de los estimadores no paramétricos Chao₁, ACE (basados en la abundancia de especies), Chao₂ e ICE (los cuales utilizan datos de incidencia en una muestra dada).

Se practicó el uso de estimadores no paramétricos debido a que no asumen una distribución estadística conocida al evitar hacer suposiciones acerca del descubrimiento de las especies; además, se enfocan en especies poco abundantes o raras, presentan menor sesgo si se cuenta con una menor proporción de datos y permiten una mayor libertad al comparar muestras con diferentes condiciones de recolecta (diferente esfuerzo de muestreo, distintos tamaños de área recolectada o cambios en el intervalo de tiempo) (Halffter *et al.*, 2001; Moreno, 2001; Álvarez *et al.*, 2005; Chao, 2005; López & Williams, 2006). Se calculan cuatro estimadores debido a que no es recomendable

utilizar un solo estimador para comparar con los valores observados, sino tratar de revisar la tendencia de varios estimadores. Ya que si éstos se comportan de forma muy similar y presentan valores cercanos a los observados, con seguridad puede afirmarse que se tiene un muestreo representativo de la riqueza del área de estudio (Álvarez *et al.*, 2005).

Los estimadores Chao₁ y ACE se describen en los trabajos de Colwell & Codington (1994), y Chazdon *et al.*, 1998, y sus fórmulas se describen a continuación:

Para calcular Chao₁:

$$\text{Chao}_1 = S_{\text{obs}} + F^2/2G$$

donde:

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

F²= número de especies que están representadas por solo un individuo en la muestra ('singletons').

G = número de especies que están representadas por solo dos individuos en la muestra ('doubletons').

Para calcular ACE:

$$S_{\text{ace}} = S_{\text{abund}} + \frac{S_{\text{rare}}}{C_{\text{ace}}} + \frac{F_1}{C_{\text{ace}}} \gamma_{\text{ace}}^2$$

donde:

S_{abund}= Número de especies abundantes (más de diez individuos), cuando todas la muestras se agrupan.

S_{rare}= Número de especies raras (menos de diez individuos), cuando todas la muestras se agrupan.

C_{ace}= Abundancia de muestras de la cobertura del estimador.

F₁= Número de especies que tienen exactamente i individuos, cuando todas las muestras se agrupan (Fi es la frecuencia de los 'Singletons', $F_{i=2}$ la frecuencia de 'Doubletons').

γ_{ace}^2 = Coeficiente estimado de variación de la F_i de especies raras.

Es importante señalar que, con base en el trabajo de Chazdon *et al.* (1998) los índices que deben señalar los valores mas adecuados para los datos de Papilionidae y Pieridae son ICE y Chao₂, debido a que son los menos sensibles a la agregación y al tamaño de la muestra.

Para mostrar gráficamente la adición de las especies al inventario faunístico y los valores calculados por los estimadores, se elaboraron curvas de acumulación de especies por localidad para Papilionidae y Pieridae. Estas curvas se construyeron a partir de los datos de los estimadores de abundancia e incidencia de especies en las nueve localidades muestreadas; además se agregan los datos de 'Uniques', 'Duplicates', 'Singletons' y 'Doubletons', ya que también son indicadores de un buen muestreo (Álvarez *et al.*, 2005). En las gráficas el eje primario Y representa el número de especies acumuladas, mientras que el eje X señala el esfuerzo de muestreo. Para representar mejor el comportamiento de los datos se agregó a las curvas un eje secundario Y que muestra los valores de los diferentes estimadores empleados. Dichos estimadores no paramétricos, y los valores estandarizados de las especies observadas (mediante el reordenamiento aleatorio repetido 100 veces), fueron calculados mediante el programa EstimateS 7.5. (Colwell, 2005).

Distribución altitudinal en la Región Loxicha. A partir de la matriz de incidencia elaborada con los datos de recolecta de Papilionidae y Pieridae (Apéndice II), se determinó la existencia de los pisos altitudinales de montaña descritos en la literatura, los cuales, de acuerdo con las ideas biogeográficas de Llorente (1984) se dividen en tres: 600-1200 msnm, 1200-1800 y 1800-3100 msnm. La presencia de estos pisos se calculó con base al Coeficiente de Similitud de Jaccard, debido a que da igual peso a todas las especies sin importar su abundancia y, por ende, da importancia incluso a las especies raras o poco comunes (Moreno, 2001; Álvarez *et al.*, 2005).

Este índice se describe como:

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

donde:

a = número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Los cálculos del índice de similitud de Jaccard y la construcción de los fenogramas de similitud (con datos de altitud y vegetación para cada localidad), se efectuaron por medio del programa PAST 1.73. Los fenogramas se elaboraron tomando los datos de riqueza de ambas familias, y para Papilionidae y Pieridae de manera individual.

Patrones altitudinales en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero. Para tener una mejor representación de los patrones de distribución del área de estudio, se realizó la descripción de los pisos de distribución altitudinal de Papilionidae y Pieridae en el sistema fisiográfico Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero. Por esta razón se agruparon los datos de la Región Loxicha con los de la Sierra de Atoyac de Álvarez (Cuadros 2 y 4, Fig. 21), con el fin de tener más localidades representativas a lo largo de un gradiente altitudinal en el mismo sistema fisiográfico, aunque en otro transecto.

Localidad	Municipio	Días	Siglas	Altitud	Vegetación
Rincón de las Parotas	Atoyac	16	RP	300	BTS
Río Santiago	Atoyac	39	RS	680	BTS
Puente los Lugardo	Atoyac	12	PL	800	BTS
El Faisanal	Atoyac	20	EF	1250	BTS/BMM
Nueva delhi	Atoyac	12	ND	1400	BMM
Los Retrocesos	Atoyac	8	LR	1600	BMM
La Golondrina	Atoyac	11	LG	1800	BMM
El Descanso	Atoyac	4	ED	2000	BPE/BMM
El Iris	Heliodoro Castillo	7	EI	2100	BPE/BMM
Puerto del Gallo	Heliodoro Castillo	12	PG	2450	BPE/BMM

A partir de la incidencia de especies en ambos sistemas montañosos (Apéndice III) se calculó el índice de Jaccard, y se elaboraron fenogramas de similitud (con datos de altitud y vegetación para cada localidad), por medio del programa PAST 1.73. Los fenogramas se elaboraron de manera individual para cada familia, y conjuntando los valores de riqueza de Papilionidae y Pieridae. Debido a que en las localidades El Iris y El Descanso, el esfuerzo de recolecta no es representativo, se agrupo la información en una misma unidad con la abreviación EDI.

Patrones altitudinales en sistemas fisiográficos de las vertientes Atlántica y Pacífica. Con base en las listas de especies por localidad en la Sierra de Manantlán, Sierra de Átoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y la Región Loxicha (Cuadros 4 y 5, Fig. 21), se elaboró una matriz de incidencia para Papilionidae y Pieridae (Apéndice III). Estos datos fueron utilizados para la estimación del índice de similitud de Jaccard y la elaboración de fenogramas para ambas familias de manera individual y de forma conjunta, a partir del programa PAST 1.73.

Cuadro 5. Localidades de la Sierra de Juárez (Oaxaca) y Sierra de Manantlán (Jalisco-Colima)					
Localidad	Municipio	Días	Siglas	Altitud (msnm)	Tipo de vegetación
Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima					
Agua Dulce	Villa de Álvarez	20	AD	250	BTS
Platanarillos	Minatitlán	23	PL	350	BTS
La Calera	Casimiro Castillo	26	LC	650	BTS
Zenzontla	Tuscacuesco	14	ZE	800	BTC
Ahuacapán	Autlán	18	AH	900	BTC
Los Mazos	Autlán	21	LM	1600	BMM
Sierra de Juárez, Oaxaca					
Naranja-Chiltepec	San José Chiltepec	2	NCH	100	BTP
Jacatepec	Santa María Jacatepec	1	JAC	100	BTP
La Soledad	Valle Nacional	3	SOL	100	BTP
Ojoche	Valle Nacional	-	OJO	100	BTP
Valle Nacional	Valle Nacional	-	VAL	100	BTP
Yetla	Valle Nacional	8	YET	150	BTP
Cerro Armadillo	Valle Nacional	2	ARM	250	BTP
Soyolapan el Bajo	Santiago Comaltepec	3	SOY	300	BTP
Puerto Eligio	Santiago Comaltepec	20	PUE	650	BTP/BMM
Matates	Santiago Comaltepec	16	MET	900	BMM/BTP
La Quebradora-Antonio	Santiago Comaltepec	5	QUE	1300	BMM
Vista Hermosa	Santiago Comaltepec	2	VIS	1600	BMM
La Esperanza	Santiago Comaltepec	17	ESP	1750	BMM
El Suspiro	Santiago Comaltepec	1	SUS	2000	BMM
San Isidro-Yolox	Santiago Comaltepec	8	ISI	2000	BMM
Brecha 60	Santiago Comaltepec	4	60	2450	BMM/BPE
Cerro Pelón	Santiago Comaltepec	4	PEL	2800	BPE
Cerro Machín	Santiago Comaltepec	3	MAC	2800	BPE



Figura 21. Ubicación geográfica de los municipios muestreados en la Sierra de Juárez, Sierra de Manantlán, Sierra de Átoyac de Álvarez y la Región Loxicha (Tomado de Google Earth, 2012).

Los días referidos en el Cuadro 4 para la Sierra de Juárez solo contemplan los días de salidas al campo (pero las localidades cuentan con 142 días de recolectas esporádicas en los datos de la literatura y ejemplares de colecciones zoológicas). Por esta razón, en los fenogramas se agrupó la información de 100 y 150 m de altitud en una misma unidad nombrada con la abreviatura SJbajo. Así como la agrupación de las localidades PEL y MAC ubicadas a 2800 msnm con el epítome SJsop.

Similitud Faunística y recambio de especies. Se calculó la similitud entre las cuatro Sierras ya mencionadas (Cuadros 3 a 5), de manera general para Papilionidae y Pieridae, y separando los índices por cada familia. Al realizar esta caracterización se utilizó nuevamente el coeficiente de similitud de Jaccard, y posteriormente se compararon los valores del índice para identificar con que sistema montañoso presenta mayor similitud el área de estudio.

El valor de recambio de especies se calculó para cada uno de los transectos, utilizando el índice de Whittaker, el cual se describe de la siguiente manera:

$$\beta = \frac{S}{\alpha} - 1$$

donde:

S = número de especies registradas en un conjunto de muestras (diversidad gamma).

α = número de especies en las muestras (alfa promedio).

Este índice se tomó en cuenta solo en el intervalo altitudinal de los 1200 a los 1800 msnm (piso medio de montaña), debido a que es sumamente susceptible a diferencias en el tamaño de las muestras y el esfuerzo de recolecta. Se escogió el piso medio altitudinal para calcular el recambio por tres razones: 1) de acuerdo con los datos de la literatura en este intervalo altitudinal se encuentra la máxima riqueza de especies por el solapamiento de la biota del primer y tercer piso altitudinal (sumadas a las especies propias de esta altitud), 2) la Sierra de Manantlán no cuenta con datos de recolecta por encima de los 1,800 msnm y 3) la Sierra de Juárez cuenta con un mayor esfuerzo de recolecta en localidades por debajo de los 600 msnm.

RESULTADOS

Inventario faunístico. Se obtuvieron 4617 individuos en 109 días de muestreo en nueve localidades (243 de Papilionidae y 4374 de Pieridae), registrando 20 especies en siete géneros de Papilionidae y 37 especies en 22 géneros de Pieridae (Cuadro 6).

Cuadro 6. Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha							
		Ejemplares			Especies		
Localidades	Días	Papilionidae	Pieridae	Total	Papilionidae	Pieridae	Total
El Azulillo	24	131	1467	1598	15	27	42
Finca la Aurora	10	4	399	403	4	22	26
Pluma Hidalgo	16	5	659	664	4	28	32
Portillo del Rayo	11	13	424	437	6	23	29
La Soledad	16	24	568	592	3	19	22
La Pasionaria	6	34	251	285	4	18	22
El Guajolote	8	17	162	179	3	20	23
San José del Pacífico	11	15	376	391	2	20	22
La Doncella	7	0	68	68	0	10	10
Región Loxicha	109	243	4374	4617	20	37	57

Para la Región Loxicha, antes de este trabajo se habían registrado 23 especies de Papilionidae y 35 de Pieridae en diferentes trabajos y la megabase MARIPOSA (Apéndice I), a partir de este estudio se obtuvieron cinco nuevos registros para el transecto: *Pterourus m. multicaudata*, *Anteos clorinde*, *Abaeis nicippe*, *Pyrisitia lisa centralis*, y *Catasticta oaxaca*. Con la adición de estas especies la lista taxonómica alcanzó las 63 especies (24 Papilionidae y 39 Pieridae), por lo que la zona representa el 48% de los Papilionidae referidos para el Estado y el 60% de los Pieridae de acuerdo con Luis *et al.*, 2005; a nivel nacional representa el 30.37% de Papilionidae y 35.77% de Pieridae de México (Llorente *et al.*, 2006).

**Lista faunística de los Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha
(Sierra Madre del Sur, en Oaxaca).**

PAPILIONIDAE

Papilioninae

1. *Battus laodamas copanae* (Reakirt, 1863)*
2. *Battus philenor philenor* (Linnaeus, 1771)*°
3. *Battus polydamas polydamas* (Linnaeus, 1758)
4. *Heraclides anchisiades idaeus* (Fabricius, 1793)
5. *Heraclides androgeus reyesorum* Vargas, Llorente & Luis, 2012
6. *Heraclides astyalus bajaensis* (J.W. Brown & Faulkner, 1992)
7. *Heraclides cresphontes* (Cramer, 1777)
8. *Heraclides erostratus vasquezae* (Beutelspacher, 1986)
9. *Heraclides ornythion ssp. n*
10. *Heraclides rogeri pharnaces* (Doubleday, 1846)
11. *Heraclides thoas autocles* (Rothschild & Jordan, 1906)
12. *Mimoides ilus occiduus* (Vázquez, 1957)°
13. *Mimoides thymbraeus aconophos* (Gray, [1853])*°
14. *Mimoides phaon phaon* (Boisduval, 1836)
15. *Parides erithalion trichopus* (Rothschild & Jordan, 1906)°
16. *Parides montezuma* (Westwood, 1842)*
17. *Parides photinus* (Doubleday, 1844)
18. *Protesilaus macrosilaus penthesilaus* (C. Felder & R. Felder, 1865)
19. *Protographium agesilaus fortis* (Rothschild & Jordan, 1906)°
20. *Protographium epidaus fenochionis* (Salvin & Godman, 1868)°
21. *Protographium philolaus philolaus* (Boisduval, 1836)
22. *Pterourus garamas baroni* (Rothschild & Jordan, 1906)
23. *Pterourus menatius morelius* (Rothschild & Jordan, 1906)
24. *Pterourus multicaudata multicaudata* (W.F. Kirby, 1884) □

PIERIDAE

Dismorphinae

25. *Dismorphia amphione isolda* Llorente, 1984 °
26. *Enantia mazai diazi* Llorente, 1984 °
27. *Lieinix nemesis nayaritensis* Llorente, 1984°

Coliadinae

28. *Zerene cesonia cesonia* (Stoll, 1790)
29. *Anteos clorinde* (Godart, [1824]) □
30. *Anteos maerula* (Fabricius, 1775)
31. *Phoebis agarithe agarithe* (Boisduval, 1836)*
32. *Phoebis argante* ssp. n.
33. *Phoebis neocypris virgo* (Butler, 1870)
34. *Phoebis philea philea* (Linnaeus, 1763)
35. *Phoebis sennae marcellina* (Cramer, 1777)
36. *Rhabdodryas trite* ssp. n.
37. *Aphrissa statira statira* (Cramer, 1777)
38. *Abaeis nicippe* (Cramer, 1779) □
39. *Pyrisitia dina westwoodi* (Boisduval, 1836)
40. *Pyrisitia lisa centralis* (Herrich-Schäffer 1865) □
41. *Pyrisitia nise nelphe* (R. Felder, 1869)
42. *Pyrisitia proterpia* (Fabricius, 1775)
43. *Eurema albula celata* (R. Felder, 1869)
44. *Eurema arbela boisduvaliana* (C. Felder & R. Felder, 1865)
45. *Eurema दौरा sidonia* (R. Felder, 1869)
46. *Eurema mexicana mexicana* (Boisduval, 1836)
47. *Eurema salome jamapa* (Reakirt, 1866)
48. *Nathalis iole* Boisduval, 1836

Pierinae

49. *Hesperocharis costaricensis pasion* (Reakirt, [1867])
50. *Hesperocharis graphites avivolans* (Butler, 1865)
51. *Eucheira socialis socialis* Westwood, 1834*
52. *Catasticta flisa flisa* (Herrich-Schäffer, [1858])
53. *Catasticta nimbice nimbice* (Boisduval, 1836)
54. *Catasticta oaxaca* Beutelspacher, 1984 □
55. *Catasticta teutila flavifaciata* Beutelspacher, 1986
56. *Pereute charops sphocra* Draudt, 1931
57. *Melete lycimnia isandra* (Boisduval, 1836)
58. *Glutophrissa drusilla tenuis* (Lamas, 1981)
59. *Leptophobia aripa elodia* (Boisduval, 1836)
60. *Itaballia demophile centralis* Joicey & Talbot, 1928
61. *Pieriballia viardi viardi* (Boisduval, 1836)
62. *Ascia monuste monuste* (Linnaeus, 1764)
63. *Ganyra josephina josepha* (Salvin & Godman, 1868)

Las especies que solo han sido referidas en la literatura o la base de datos (MARIPOSA) están marcadas con el símbolo (*), especies endémicas para México (°), y nuevos registros (□).

Diversidad alfa de la Región Loxicha. El área de estudio cuenta con una riqueza de 24 especies de Papilionidae y 39 de Pieridae (de las cuales el 30% y el 7.5% son endémicas a México, respectivamente). Estos valores de diversidad posicionan a la región como la zona más rica en Papilionidae y Pieridae, con respecto a un transecto altitudinal-vegetacional en la vertiente del pacífico mexicano (Cuadro 7). La comparación entre los cuatro transectos puede considerarse equiparable ya que los cálculos de los estimadores señalan que se cuenta con un listado lepidopterofaunístico satisfactorio en cada uno de los casos, obteniendo del 87.64 al 97.46% de las especies estimadas (Cuadro 7).

Transecto altitudinal	Riqueza			Estimadores			
	Papilionidae	Pieridae	Total	Chao ₂	%	ICE	%
Vertiente Pacífica							
Sierra de Manantlán	24	37	61	63	96.64	65	93.85
Sierra de Atoyac de Álvarez	20	37	57	62	91.35	65	87.64
Región Loxicha	24	39	63	62	91.94	65	87.69
Vertiente Atlántica							
Sierra de Juárez	37	50	87	80	97.46	80	97.46

La zona de estudio es la segunda región más rica del Estado, después de la Sierra de Juárez. Alberga el 48% de los Papilionidae y el 60% de los Pieridae de Oaxaca, mientras que la Sierra de Juárez cuenta con el 74% de los Papilionidae y el 77% de los Pieridae. En cuanto a la riqueza por localidad, el transecto presenta ocho de las 20 localidades más ricas de Oaxaca para estas familias (Cuadro 8). A nivel nacional, las localidades del área de estudio se encuentran entre las 100 más ricas del país, siendo El Azulillo la mejor posicionada en el lugar 52.

Cuadro 8. Localidades con mayor riqueza de Papilionidae y Pieridae en Oaxaca			
Localidad	Papilionidae	Pieridae	Total
Metates ¹	23	40	63
Chiltepec ¹	28	30	58
Soyolapan el Bajo ¹	23	31	54
Candelaria Loxicha ²	20	34	54
Matías Romero	22	29	51
La Esperanza ¹	22	27	49
Jacatepec ¹	21	26	47
El Naranja-Chiltepec ¹	21	24	45
Puerto Eligio ¹	16	28	44
El Azulillo ²	15	27	42
Cerro Armadillo ¹	17	24	41
Pluma Hidalgo ²	4	28	32
Portillo del Rayo ²	6	23	29
Chalchijapan	11	17	28
Finca "La Aurora" ²	4	22	26
Yetla ¹	6	17	23
El Guajolote ²	3	20	23
La Soledad ²	3	19	22
La Pasionaria ²	4	18	22
San José del Pacífico ²	2	20	22
1.Sierra de Juárez, 2.Región Loxicha			

Riqueza por localidad y comparación con estimadores no paramétricos. En los cuadros 9, 10 y 11 se muestran los resultados obtenidos de los estimadores no paramétricos para la fauna de Papilionidae y Pieridae, en donde se observa de manera general, que se registró entre el 87 (ICE) y el 98% (ACE) de las especies esperadas. Es importante señalar que los datos de los estimadores sólo toman en consideración a las especies registradas durante el trabajo de campo (2007-2011). En la figura 22 se presentan las curvas de acumulación de especies obtenidas de los estimadores para Papilionidae y Pieridae, a partir del número de especies registradas contra el esfuerzo de recolecta empleado en los diferentes sitios de muestreo.

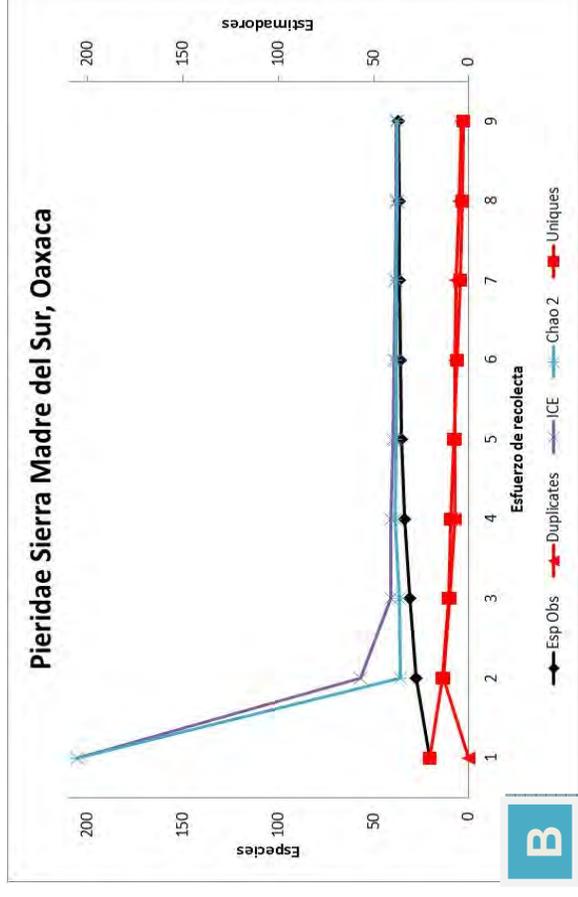
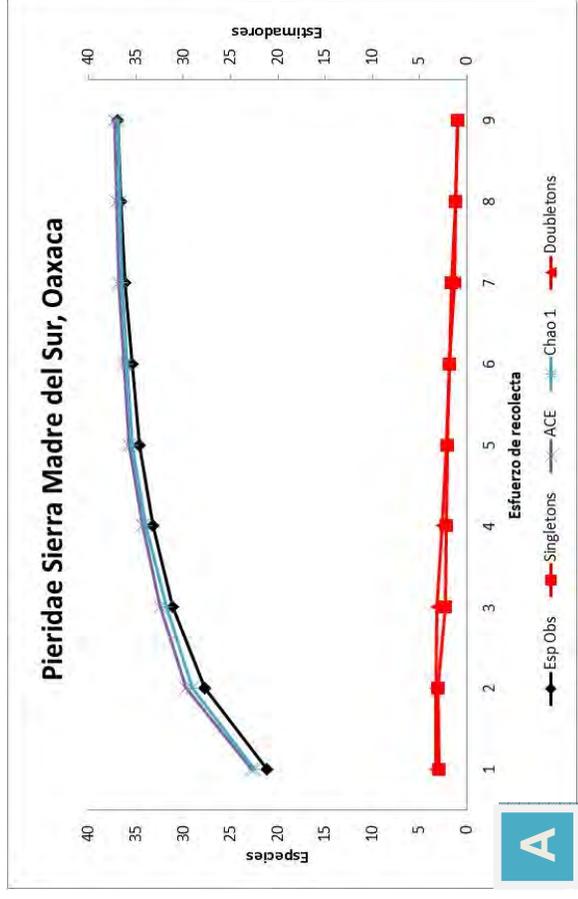
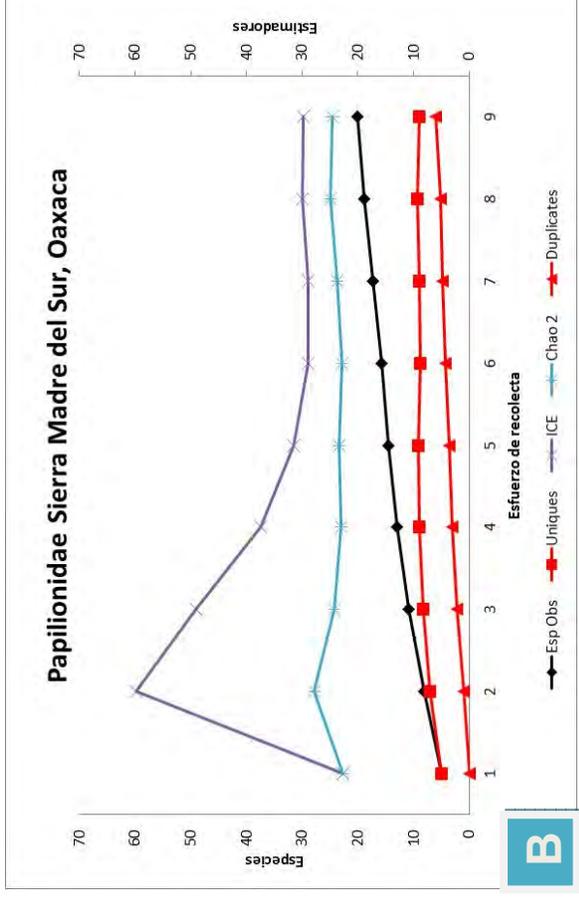
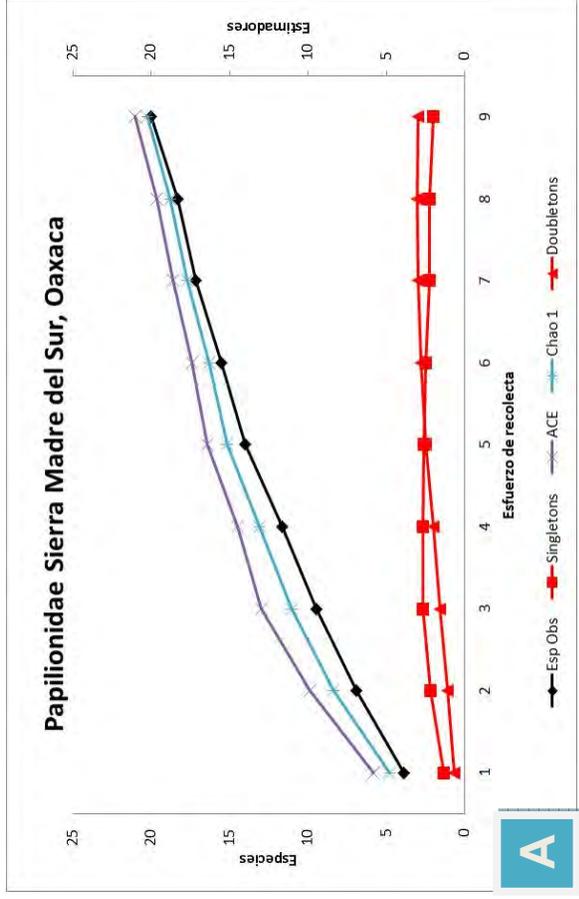


Figura 22. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha.

Cuadro 9. Estimación de la riqueza de Papilionidae y Pieridae a través de estimadores no paramétricos

Localidades	Esp Obs	Chao1	% ob	ACE	% ob	Chao2	% ob	ICE	% ob
El Azulillo	42	42	100	43	97.67	43	97.67	45	93.33
Portillo del Rayo	29	31	93.55	33	87.88	36	80.56	42	69.05
Finca la Aurora	26	37	70.27	31	83.87	31	83.87	34	76.47
Pluma Hidalgo	32	38	84.21	40	80	39	82.05	42	76.19
La Soledad	22	32	68.75	26	84.62	25	88	25	88
La Pasionaria	22	23	95.65	25	88	25	88	26	84.62
El Guajolote	23	24	95.83	25	92	25	92	32	71.88
San José del Pacífico	22	23	95.65	23	95.65	23	95.65	26	84.62
La Doncella	10	10	100	11	90.91	12	83.33	14	71.43
Región Loxicha	57	62	91.94	58	98.28	62	91.94	65	87.69

Al analizar el resultado de los estimadores por familia, se encontró en Papilionidae diferencias entre los valores observados y los estimados en Portillo del Rayo, Finca “La Aurora” y Pluma Hidalgo (localizadas de los 1100 a los 1500 msnm), donde los estimadores señalan que se tiene menos del 75% de las especies calculadas con todos los índices (Cuadro 10). En Pieridae se presentan valores más cercanos a la riqueza estimada en cada localidad, con una representatividad del 76 al 100% (Cuadro 11).

Cuadro 10. Estimación de la riqueza de Papilionidae a través de estimadores no paramétricos

Localidades	Esp Obs	Chao1	% ob	ACE	% ob	Chao2	% ob	ICE	% ob
El Azulillo	15	15	100	15	100	15	100	15	100
Portillo del Rayo	6	8	75	9	66.67	15	40	28	21.43
Finca la Aurora	4	10	40	10	40	9	44.44	9	44.44
Pluma Hidalgo	4	6	66.67	10	40	10	40	10	40
La Soledad	3	3	100	4	75	3	100	4	75
La Pasionaria	4	4	100	5	80	5	80	6	66.67
El Guajolote	3	3	100	3	100	3	100	3	100
San José del Pacífico	2	2	100	2	100	2	100	2	100
La Doncella	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Región Loxicha	20	20	100	21	95.24	25	80	30	66.67

Localidades	Esp Obs	Chao1	% ob	ACE	% ob	Chao2	% ob	ICE	% ob
El Azulillo	27	27	100	27	100	28	96.43	30	90
Portillo del Rayo	23	23	100	25	92	25	92	28	82.14
Finca la Aurora	22	24	91.67	23	95.65	23	95.65	25	88
Pluma Hidalgo	28	31	90.32	32	87.5	30	93.33	32	87.5
La Soledad	19	25	76	22	86.36	22	86.36	21	90.48
La Pasionaria	18	19	94.74	20	90	19	94.74	20	90
El Guajolote	20	21	95.24	22	90.91	24	83.33	30	66.67
San José del Pacífico	20	21	95.24	22	90.91	21	95.24	25	80
La Doncella	10	10	100	11	90.91	12	83.33	14	71.43
Región Loxicha	37	37	100	37	100	38	97.37	38	97.37

De acuerdo con los datos obtenidos en los Cuadros 9, 10 y 11, se desglosó la información por estación de muestreo.

El Azulillo (Cuadro 3), presenta la mayor riqueza con 42 especies (15 Papilionidae y 27 Pieridae). En el cuadro 9 se muestra que los resultados de los cuatro estimadores se encuentran entre el 93.33 y el 100% (Chao₁ 42 especies, Chao₂ 43, ICE 45 y ACE 43). Es la localidad con mayor esfuerzo de recolecta (24 días), lo que implica un muestreo satisfactorio, debido a que las curvas de acumulación de especies se acotan desde los 14 días de recolecta (Fig. 23). La localidad registra el 100% de las especies de Papilionidae esperadas, mientras que para Pieridae se tiene del 90 al 100% de las estimadas (Cuadros 10 y 11).

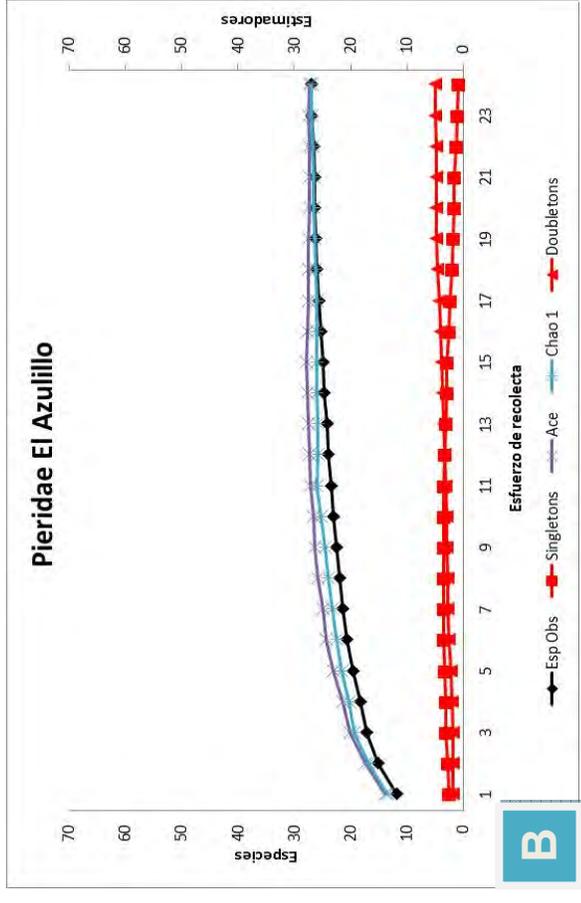
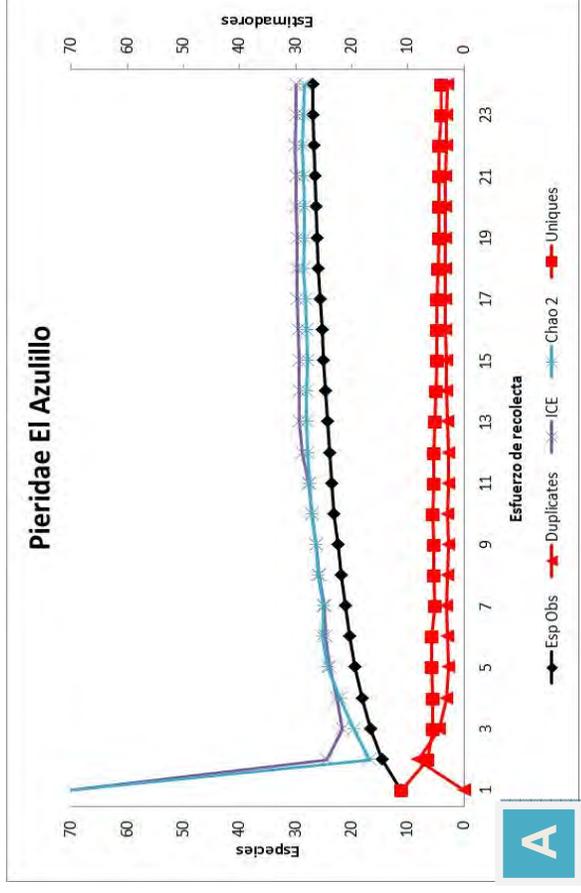
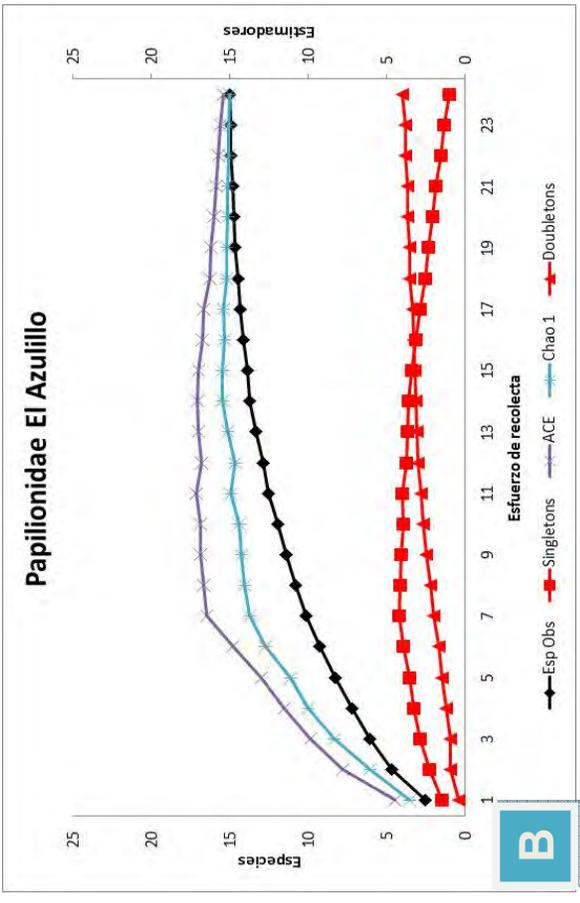
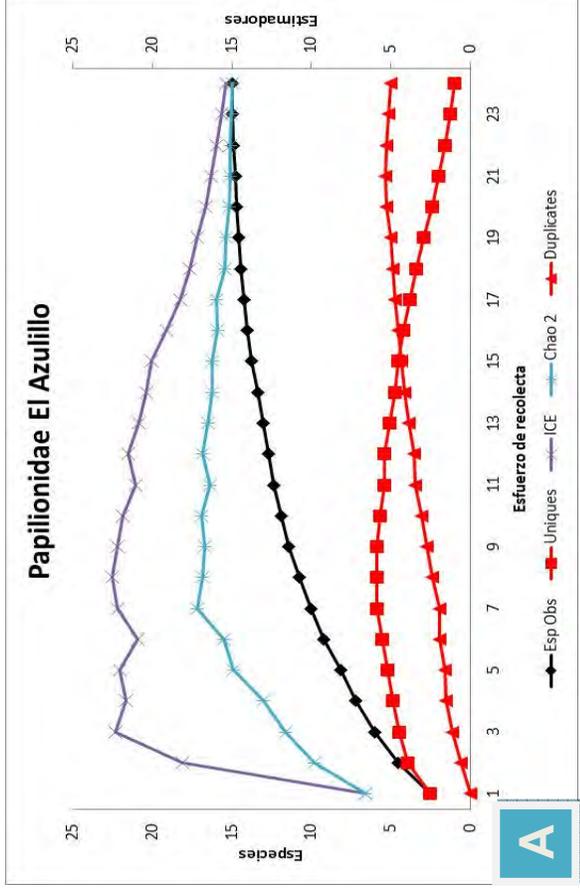


Figura 23. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae del Azulillo.

Portillo del Rayo (Cuadro 3), posee una riqueza de 29 especies (6 Papilionidae y 23 Pieridae). En esta localidad los estimadores oscilan entre 31 y 41 especies, por lo que se tiene una representatividad del 70 al 94% (Cuadro 9). Las curvas de acumulación de especies de Papilionidae (Fig. 24), muestran que no se ha llegado a una asíntota para todos los estimadores v. gr. Chao₁ calcula 8 especies, Chao₂ 15, ICE 28 y ACE 9, lo que indica que la representatividad varía de un 22 a un 80% (Cuadro 10). En Pieridae los valores estimados van de 23 a 28 especies, con lo cual se obtuvo más del 80% de las especies (Cuadro 11).

Finca “La Aurora” (Cuadro 3), presenta 26 especies (4 Papilionidae y 22 Pieridae). Los resultados de los estimadores no difieren significativamente entre sí (van de 31 a 37 especies), por lo que se registra entre 70 y 83% de las especies (Cuadro 9). Las curvas de acumulación (Fig. 25), para Papilionidae no se estabilizan, y los resultados de los estimadores duplican el número de especies obtenidas, que representan de 40 a 44% de subespecies en esta área (Cuadro 10). En Pieridae, no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos y los estimados, debido a que la máxima diferencia es de tres especies con el estimador ICE. La representatividad se encuentra por arriba del 88% y se aprecian claramente las asíntotas en las curvas de acumulación (Cuadro 11, Fig. 25).

Pluma Hidalgo (Cuadro 3), es la segunda localidad en riqueza y esfuerzo de recolecta (después de El Azulillo), con 32 especies (4 Papilionidae y 28 Pieridae). Los valores de los estimadores van de 76 a 84% (Chao₁ señala 38 especies, Chao₂ 39, ICE 42 y ACE 40; Cuadro 9). En Papilionidae, los estimadores calculan más del doble de las especies registradas, siendo el mayor valor de 66.67% con Chao₁ (Cuadro 10), por lo cual no se estabilizan los datos (Fig. 26). Los estimadores para Pieridae dan intervalos por encima del 87.5% de las especies esperadas, lo que se ve reflejado en las curvas de acumulación al mostrar asíntotas marcadas y valores cercanos a los esperados (Cuadro 11).

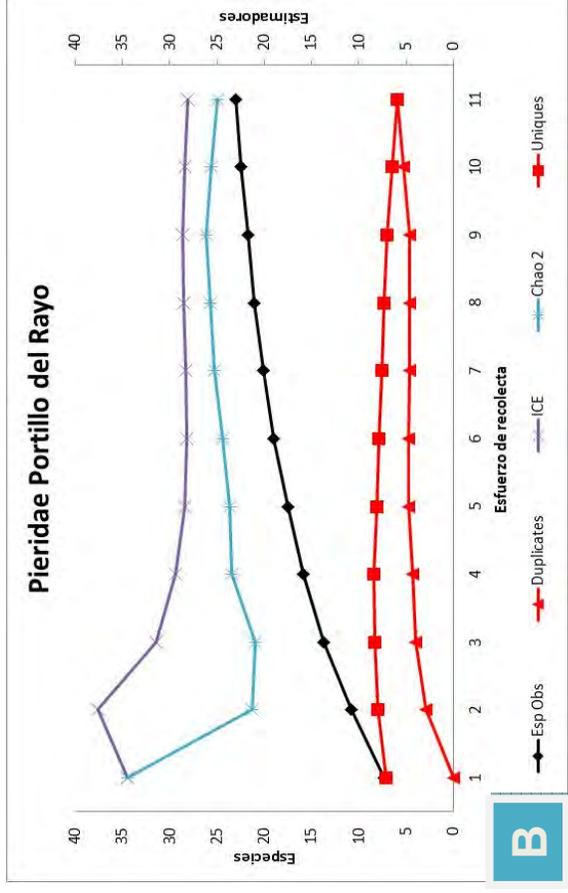
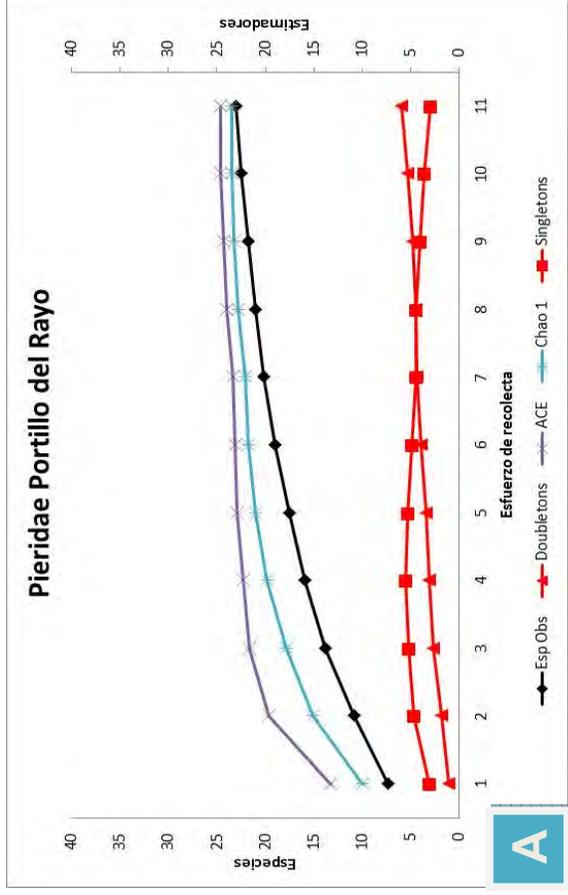
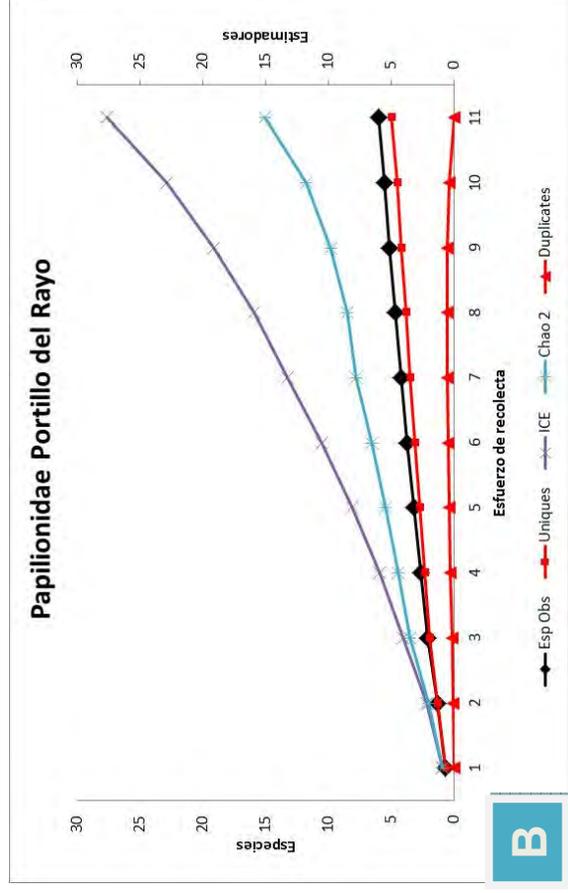
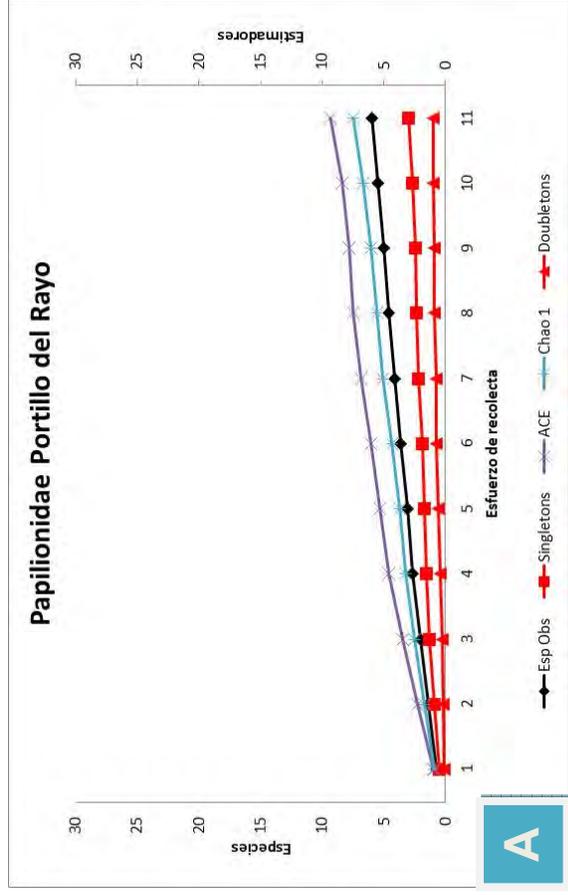


Figura 24. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papiilionidae y Pieridae de Portillo del Rayo.

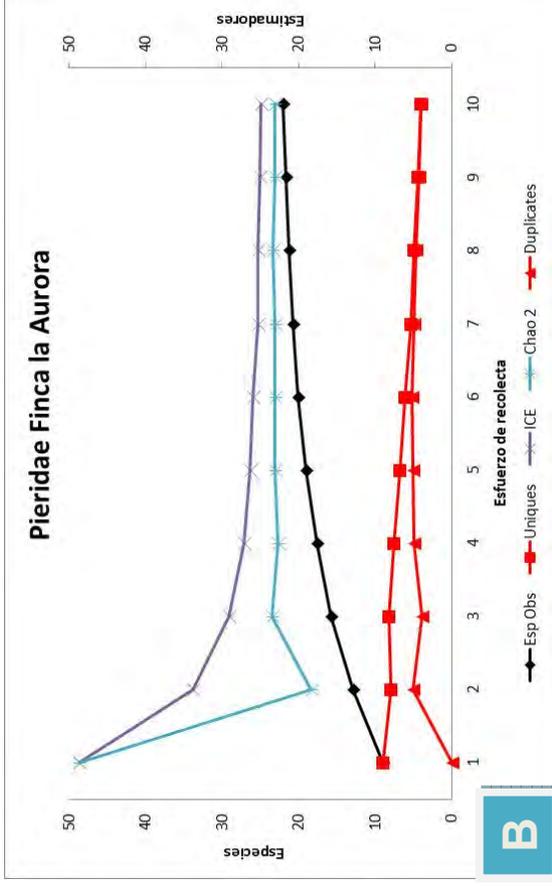
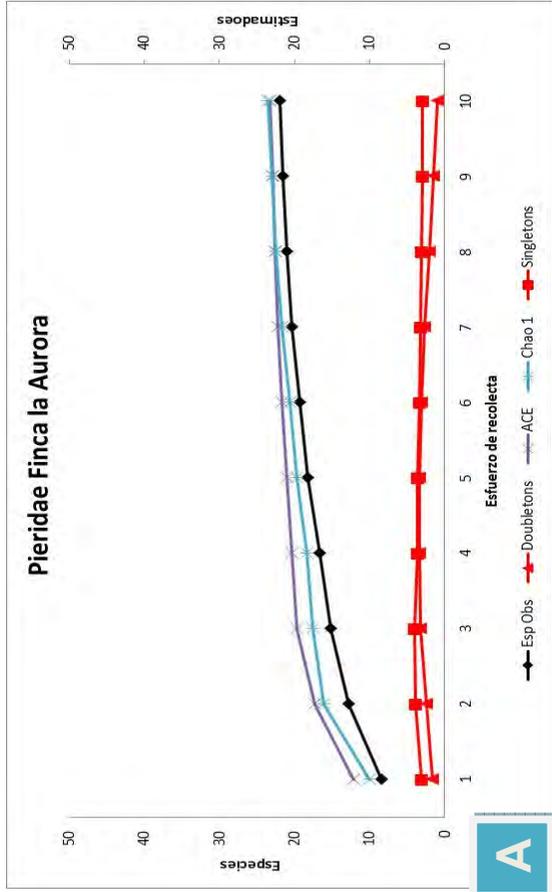
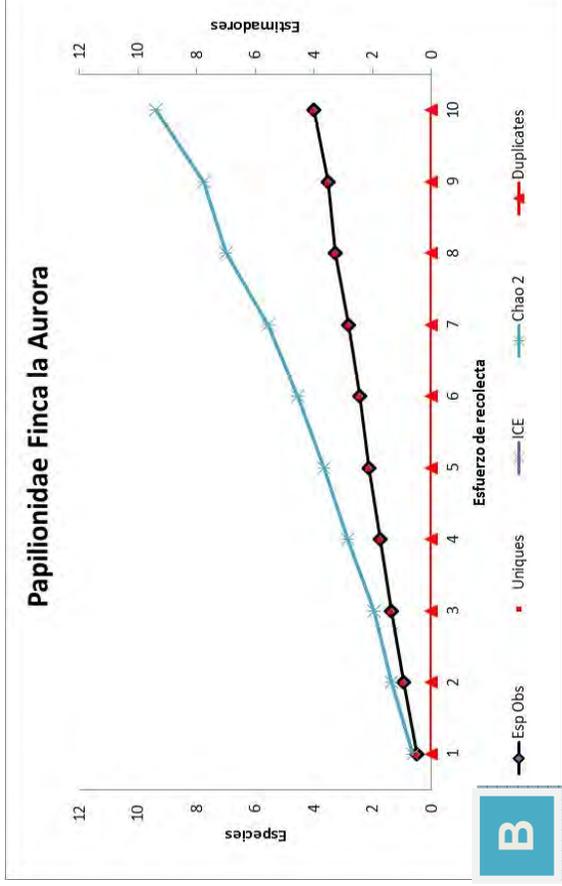
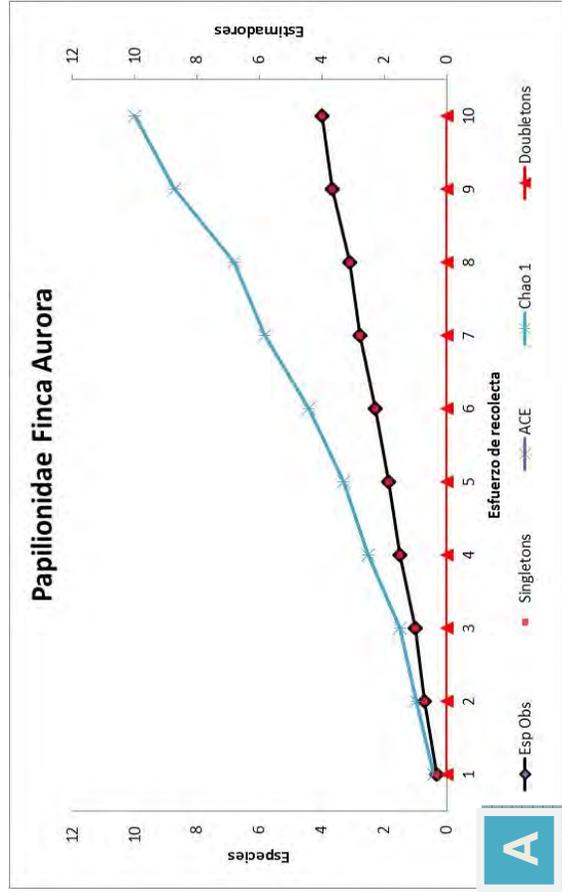


Figura 25. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae de Finca Aurora.

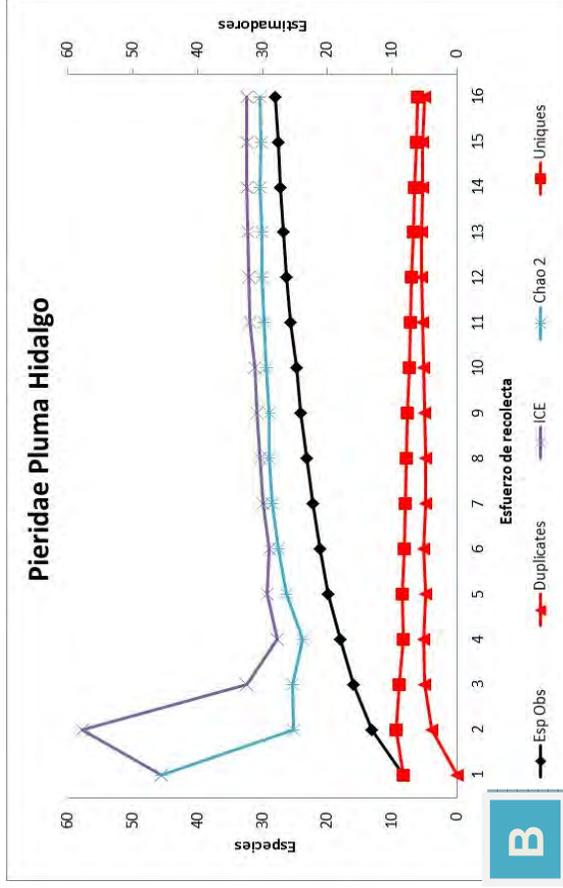
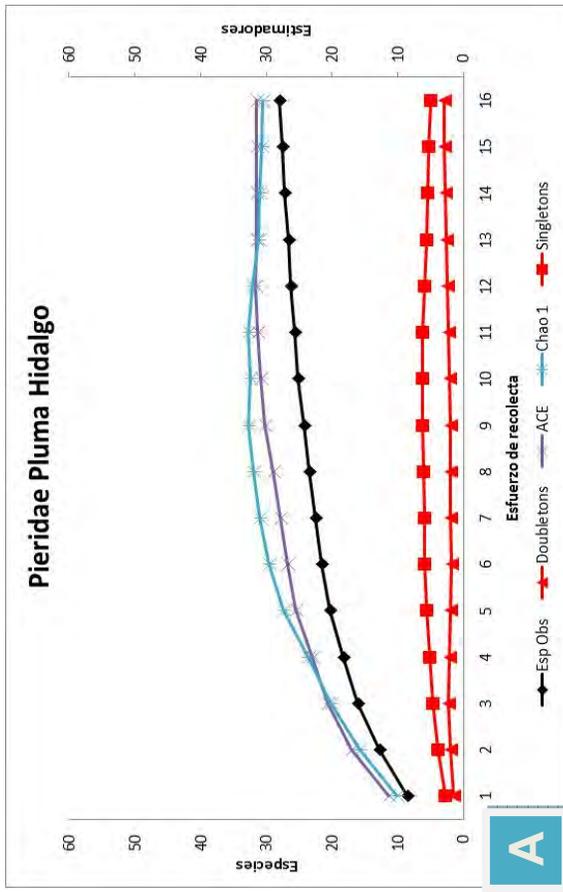
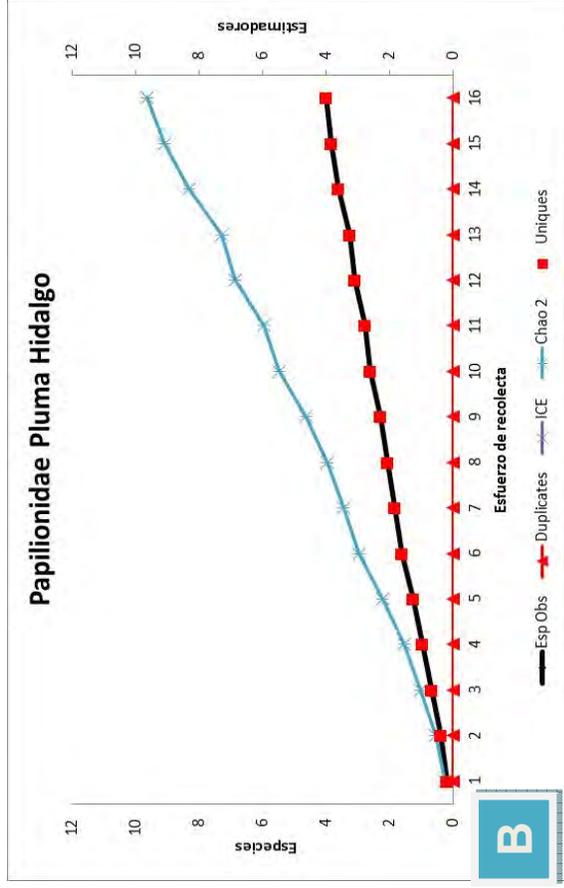
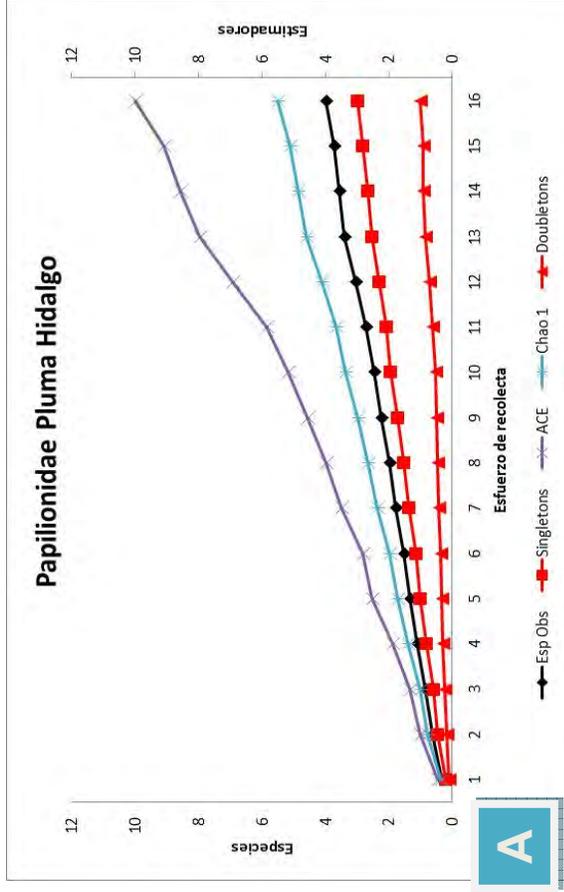


Figura 26. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae de Pluma Hidalgo.

La Soledad (Cuadro 3), presenta una riqueza de 22 especies (3 Papilionidae y 19 Pieridae). Los estimadores muestran datos diversos, con un máximo de 32 especies para $Chao_1$, con un 68.75% de representatividad, mientras que el resto indica de 85 al 90% (Cuadro 9). Al analizar los datos por familia, encontramos que los valores no son tan discrepantes y las curvas de acumulación en ambos casos tienen asíntotas (Fig. 27). En Papilionidae los estimadores indican el mismo número de especies que las observadas ($Chao_1$ y $Chao_2$), o una diferencia de una especie (ICE y ACE), por lo que se tiene una representatividad del 75 al 100% (Cuadro 10), esto último debido a su riqueza. En Pieridae, las diferencias con los estimadores van de las dos (ICE), a las seis especies ($Chao_1$), por lo cual se representa del 76 al 90% (Cuadro 11).

La Pasionaria (Cuadro 3), presenta una riqueza de 22 especies (4 Papilionidae y 18 Pieridae). Es la localidad con el menor esfuerzo de recolecta (seis días), y las curvas de acumulación en ambas familias muestran una tendencia a estabilizarse rápido (Fig. 28). Para Papilionidae los estimadores indican que faltarían únicamente dos especies (ICE), pero dan una representatividad de por lo menos el 80% (ACE, $Chao_1$ y $Chao_2$; Cuadro 10). En Pieridae, los estimadores señalan valores muy cercanos a los observados dando el 90% de representatividad de las especies esperadas, y una diferencia de una ($Chao_1$ y $Chao_2$), a dos especies (ICE y ACE; Cuadro 11).

El Guajolote (Cuadro 3), exhibe una riqueza de 23 especies (3 Papilionidae y 20 Pieridae). Con respecto a los estimadores, éstos marcan una representatividad de más de un 90%, con la excepción de ICE, que marca una diferencia de nueve especies, por lo que tiene solo una representatividad del 71.88% (Cuadro 9). Las curvas de acumulación (Fig. 29), para Papilionidae no se acotan, aunque en su totalidad indican que se tiene el 100% de las especies presentes en la localidad (Cuadro 10). Para Pieridae, los estimadores indican que aún hace falta esfuerzo de muestreo, señalando una diferencia de una ($Chao_1$) a diez especies (ICE), por lo cual la representatividad oscila de 66.6 a 95.24% (Cuadro 11).

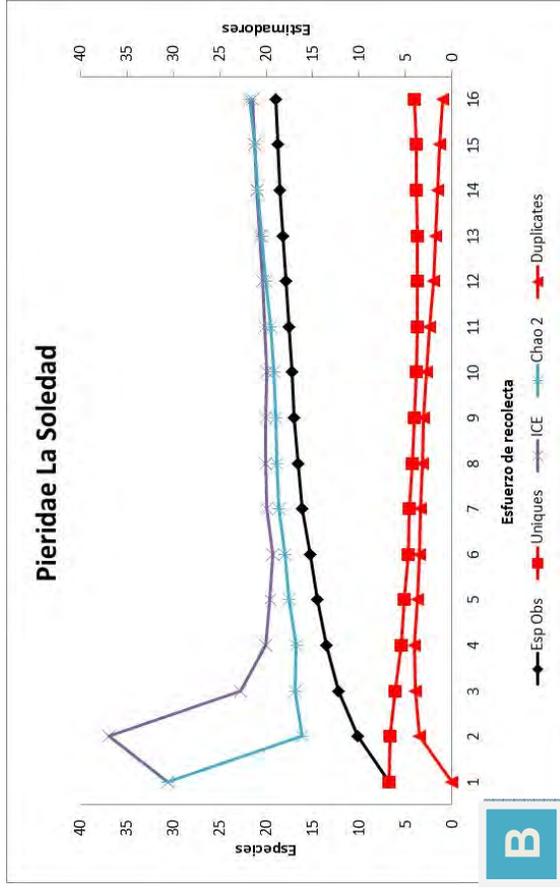
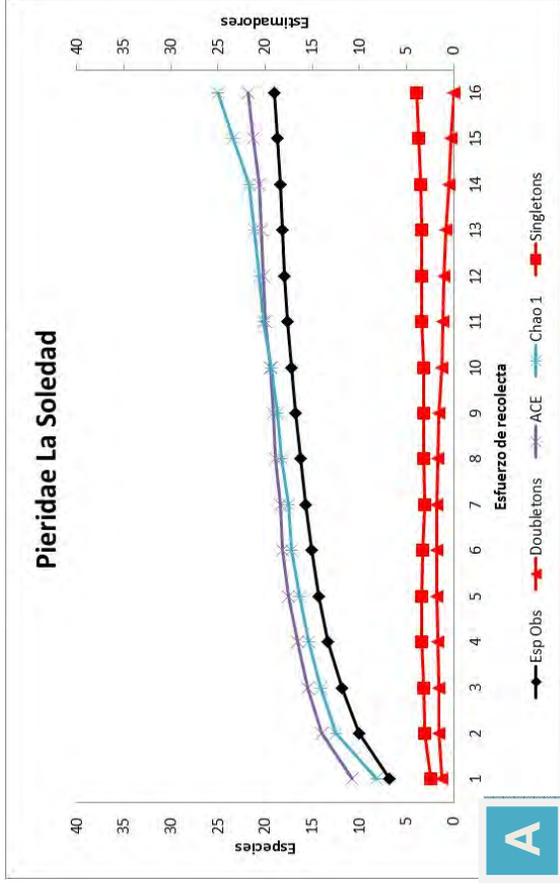
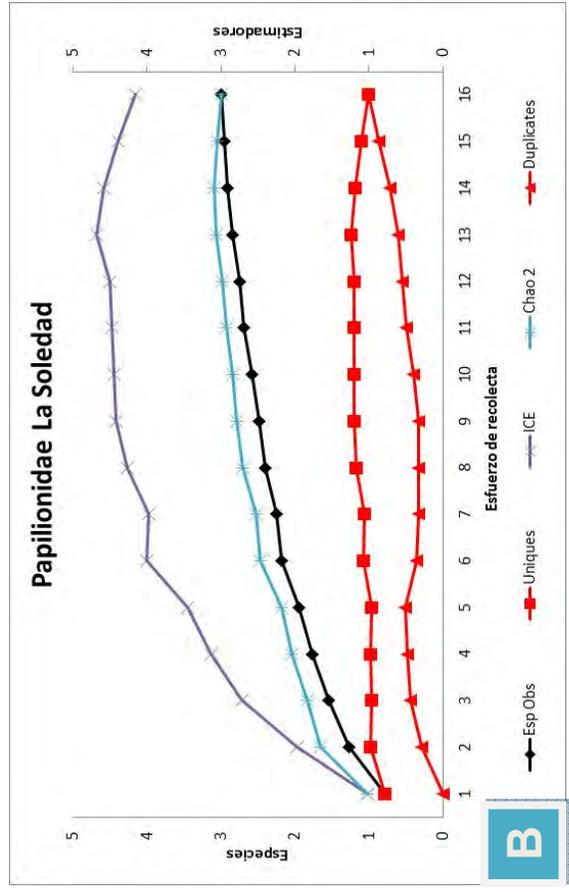
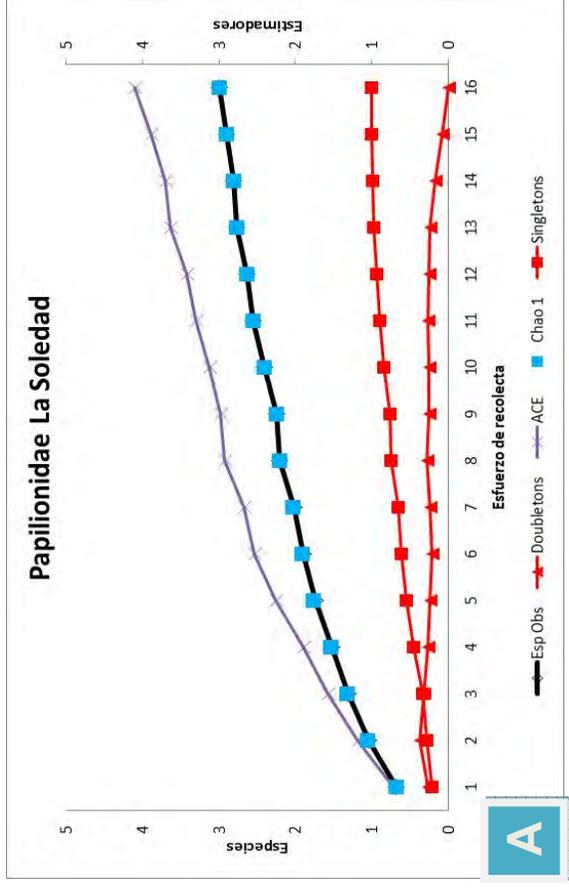


Figura 27. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae de La Soledad.

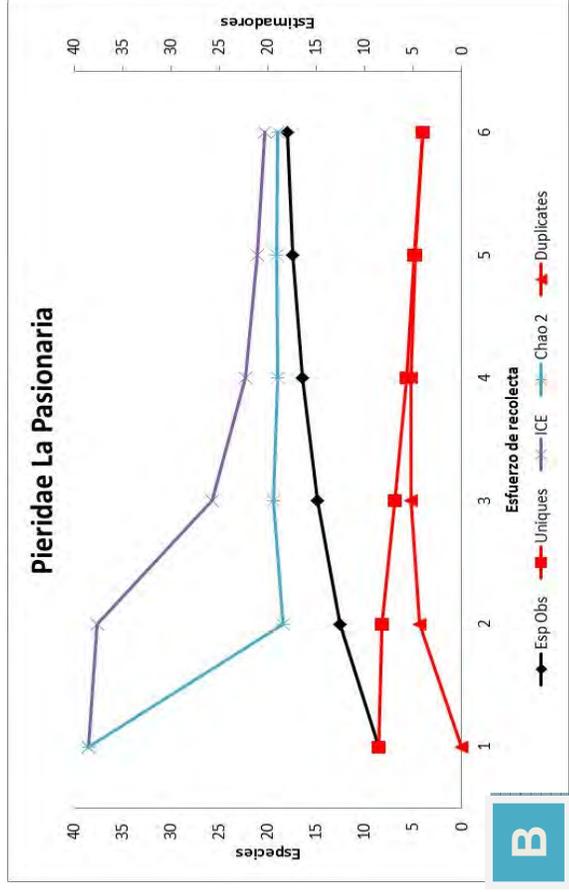
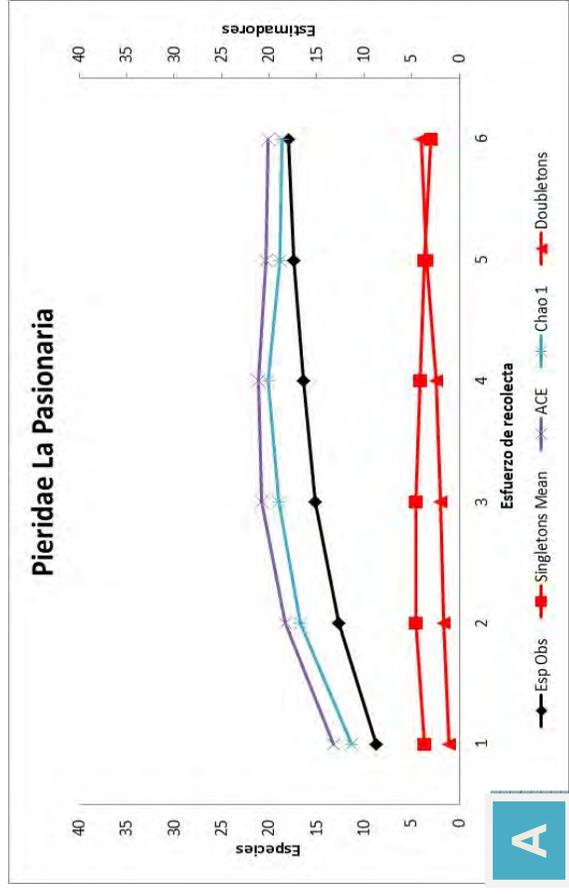
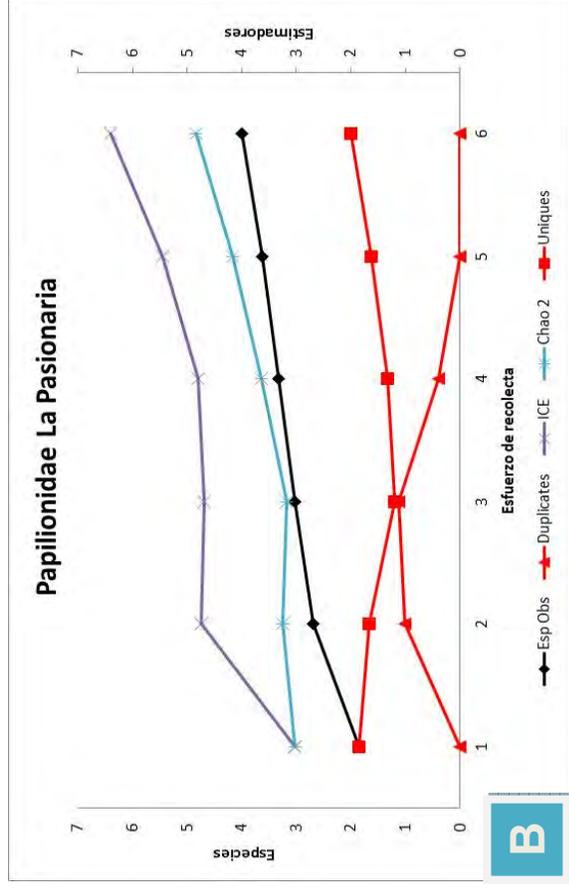
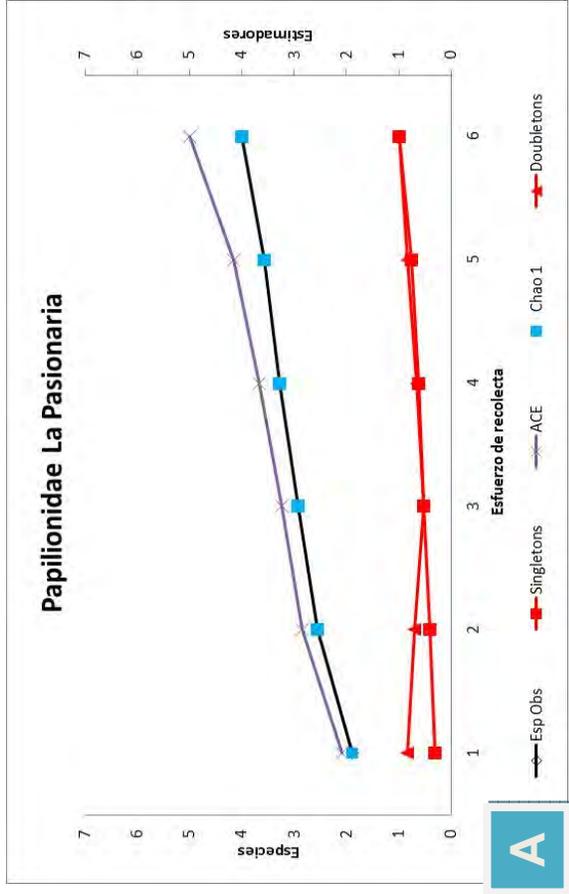


Figura 28. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae de La Pasionaria.

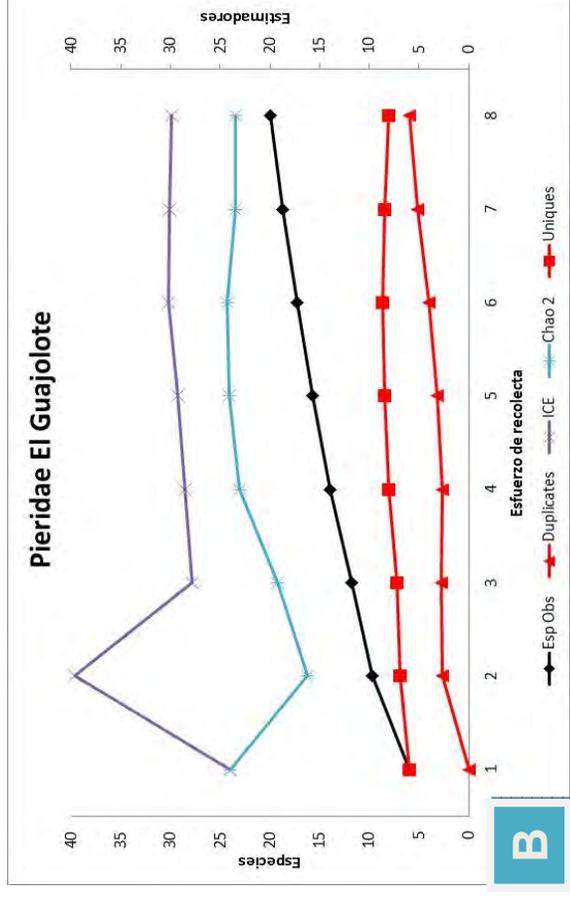
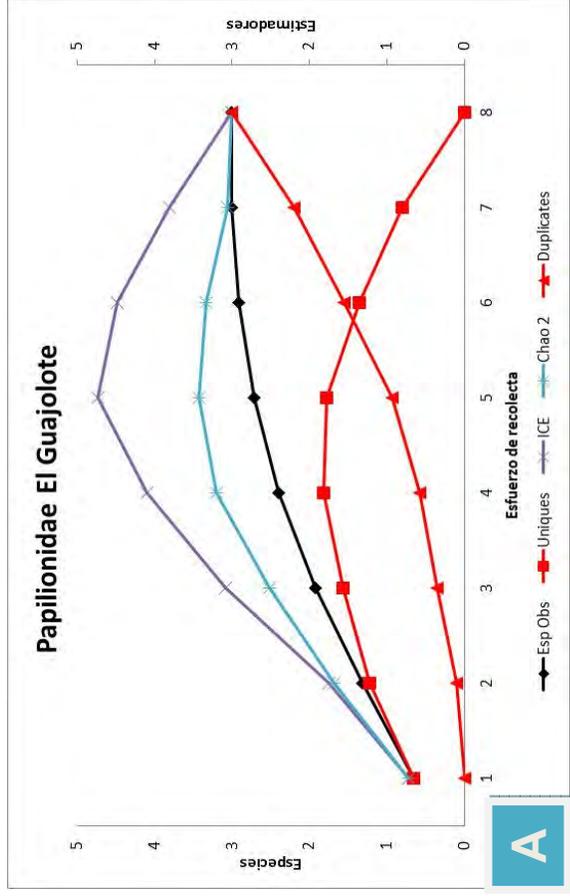
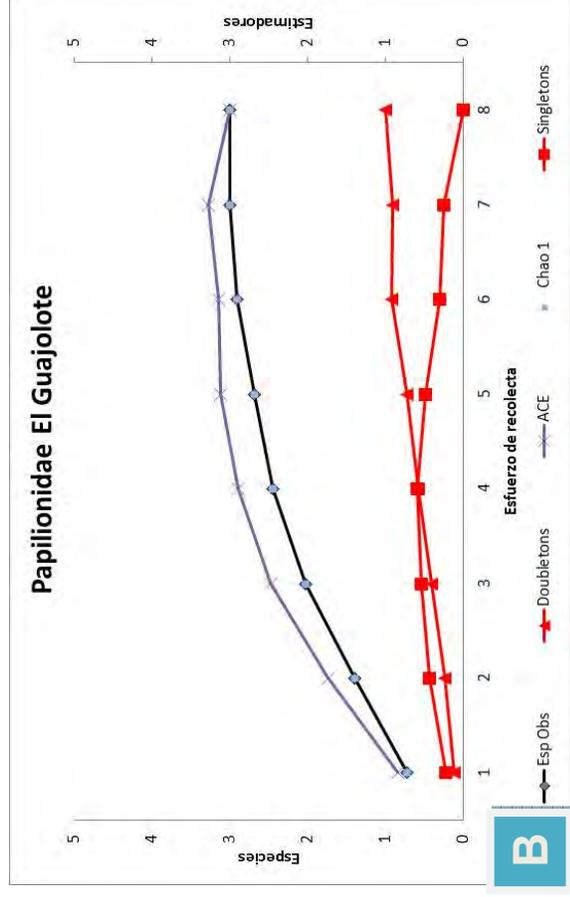
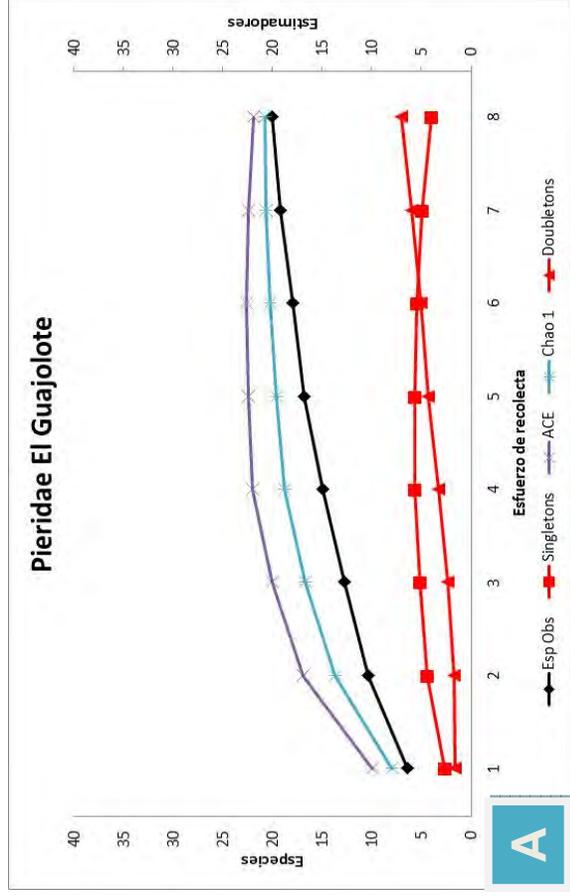


Figura 29. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Pieridae y Papilionidae del Guajolote.

San José del Pacífico (Cuadro 3), cuenta con una riqueza de 22 especies (2 Papilionidae y 20 Pieridae). Los estimadores indican una diferencia de una ($Chao_1$) a cuatro especies (ICE) con respecto a las recolectadas, lo cual indica un muestreo representativo de 84.62% a 95.65% de representatividad (Cuadro 9). A pesar de tener solo dos especies de Papilionidae, los estimadores asumen que ya se tiene el 100% de las especies, las curvas de acumulación presentan asíntotas y los valores de los estimadores son cercanos a los observados (Cuadro 10, Fig. 30). Para Pieridae se aprecia esta misma tendencia, ya que los estimadores señalan una representatividad de más del 90%, con excepción del estimador no paramétrico ICE (con un 80%), y las curvas de acumulación también muestran asíntotas marcadas (Cuadro 11, Fig. 30).

En la Doncella (Cuadro 3), solo se recolectaron ejemplares de Pieridae; cuenta con una riqueza de 10 especies. Los estimadores marcan una diferencia con la riqueza observada de una (en ACE, $Chao_1$ y $Chao_2$), a tres especies (con ICE), por lo cual se alcanza del 71.43 al 95.65% de representatividad (Cuadro 9). Las curvas de acumulación muestran como los datos empiezan a estabilizarse, lo cual es más evidente con los estimadores basados en datos de abundancia ($Chao_1$ y ACE) (Fig. 31).

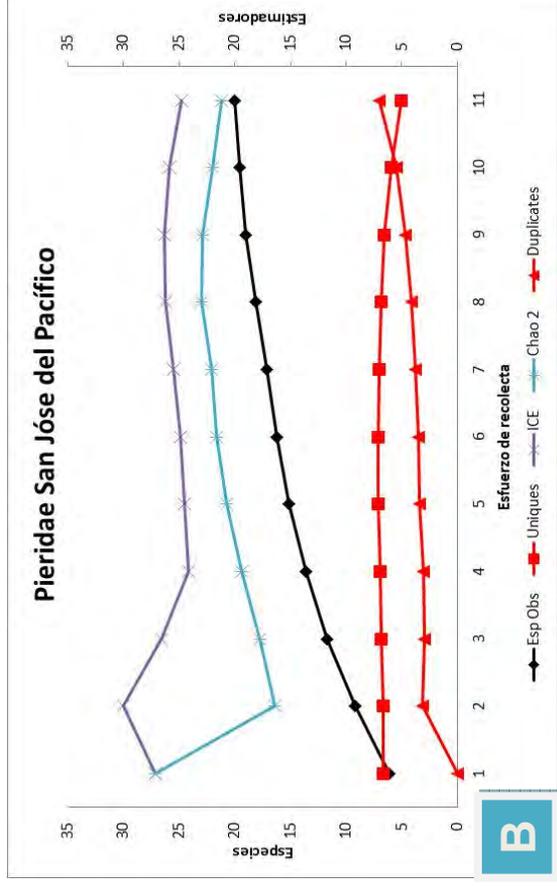
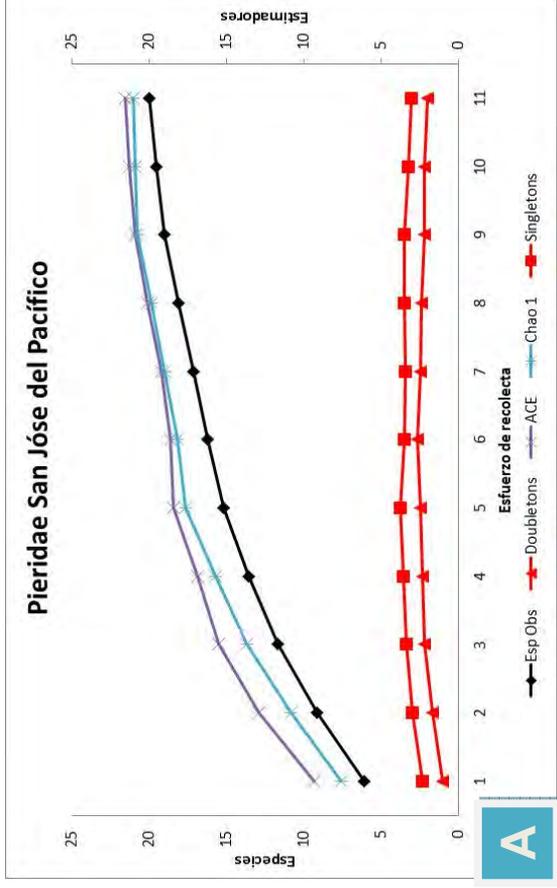
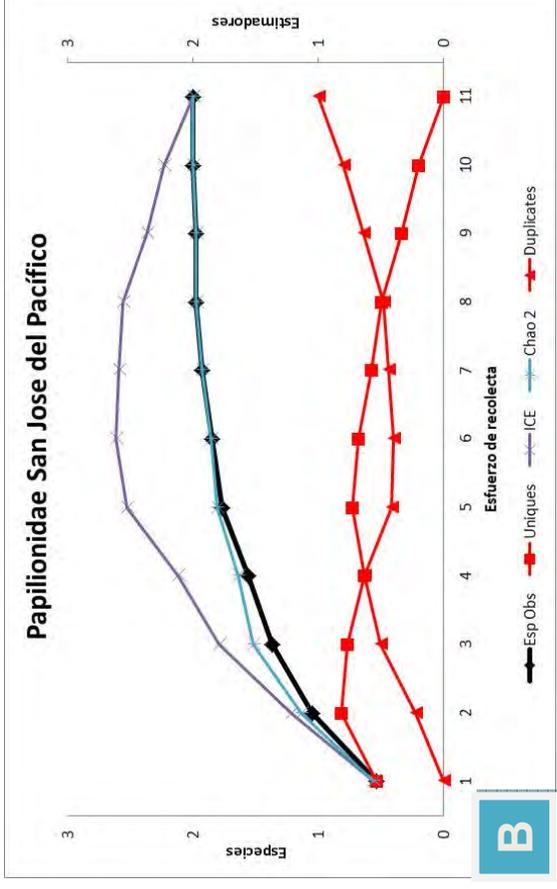
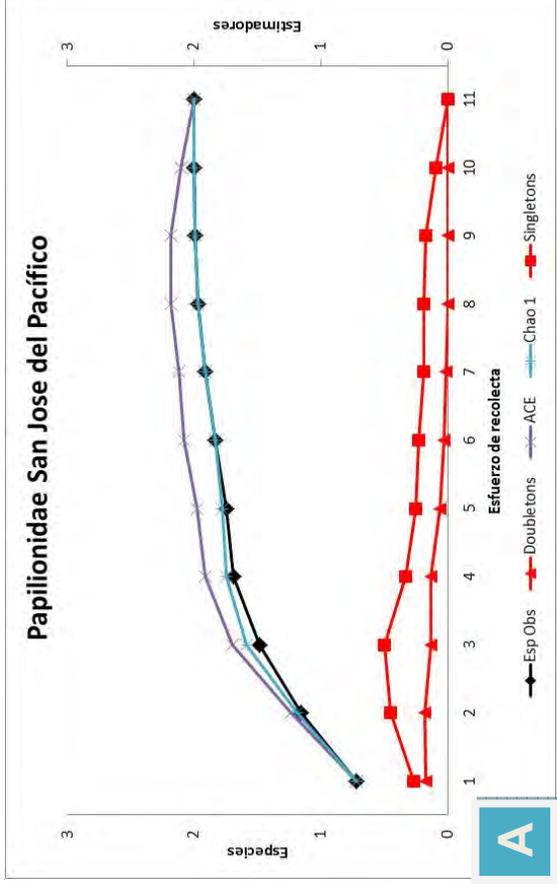


Figura 30. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia (A) e incidencia (B), para Papilionidae y Pieridae de San José del Pacifico.

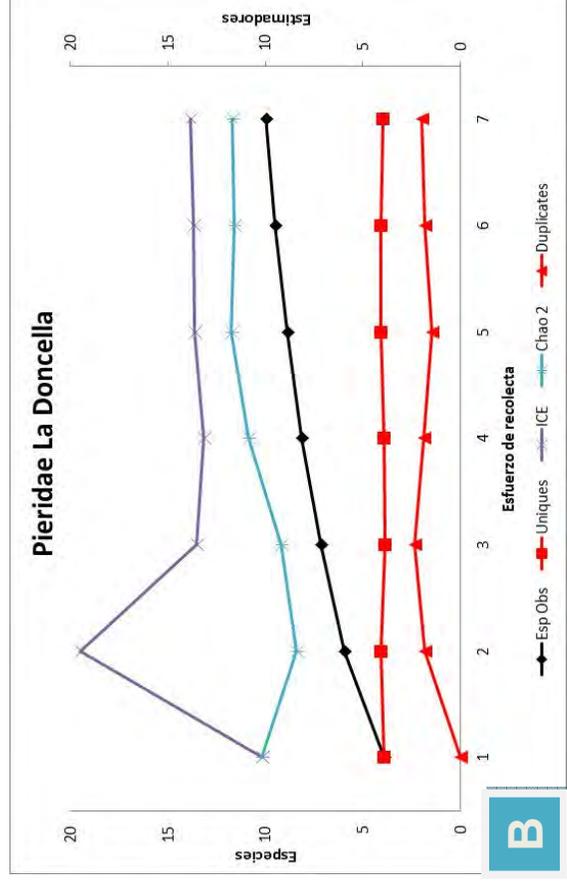
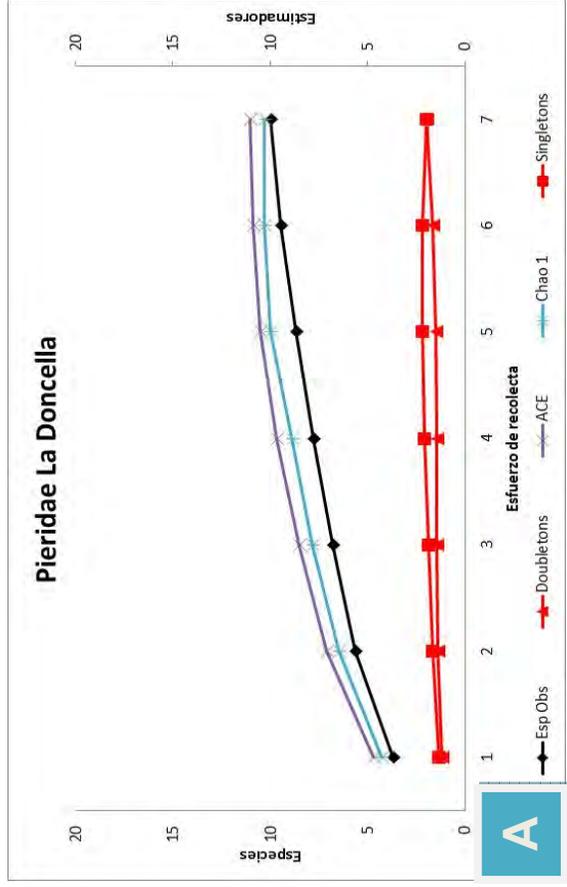


Figura 31. Curvas de acumulación de especies con estimadores de abundancia e incidencia, para Pierilionidae y Pieridae de La Doncella.

Distribución altitudinal en la Región Loxicha. El cuadro 6 y las figuras 32-34 corroboran la tendencia señalada en la literatura a la disminución de la riqueza de la ropalocerofauna de montaña conforme aumenta la altitud (Halffter, 1964; Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999). Se aprecia que la riqueza y la abundancia relativa decrecen drásticamente al pasar de la localidad de menor altitud (El Azulillo), a las localidades de media y alta montaña. Sin embargo, para estos dos últimos intervalos, la variación en el número de especies es mínima, ya que los valores oscilan de 22 a 32 especies a lo largo de las siete localidades ubicadas entre 1170 y 2280 m de altitud y permanecen casi constantes a partir de los 1400 msnm). La riqueza en la región disminuye significativamente por arriba de los 2,660 m de altitud (LD), con solo diez especies (Cuadro 6, Fig. 32).

Este patrón se observa mejor para el caso de Papilionidae (Cuadro 6, Fig. 33), debido a que en la transición de baja a media montaña hay una diferencia de diez especies, mientras que en las localidades de media y alta montaña el cambio en la riqueza es mínimo, pues hay una variación de solo tres especies y dos por arriba de los 2200 m de altitud, o ninguna especie (LD). En Pieridae (Cuadro 6, Fig 34), la riqueza máxima se localiza a los 1200 msnm (PR, con 28 especies), superando el número de especies de la parte baja (27 en EA).

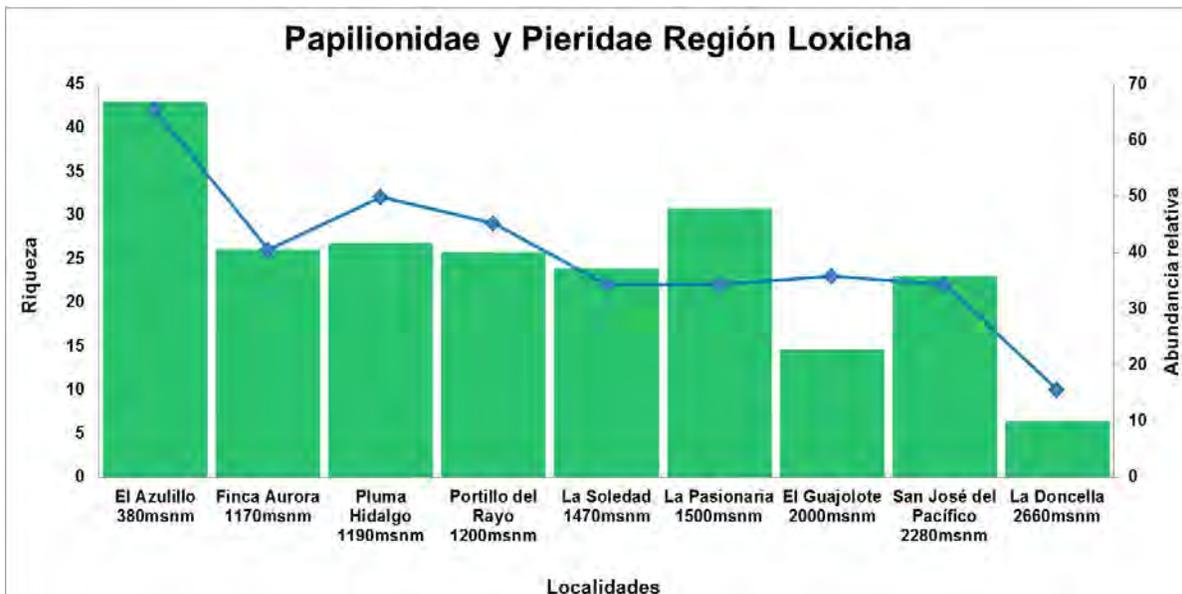


Figura 32. Riqueza (línea continua) y abundancia relativa (barras) de Papilionidae y Pieridae en la Región Loxicha.

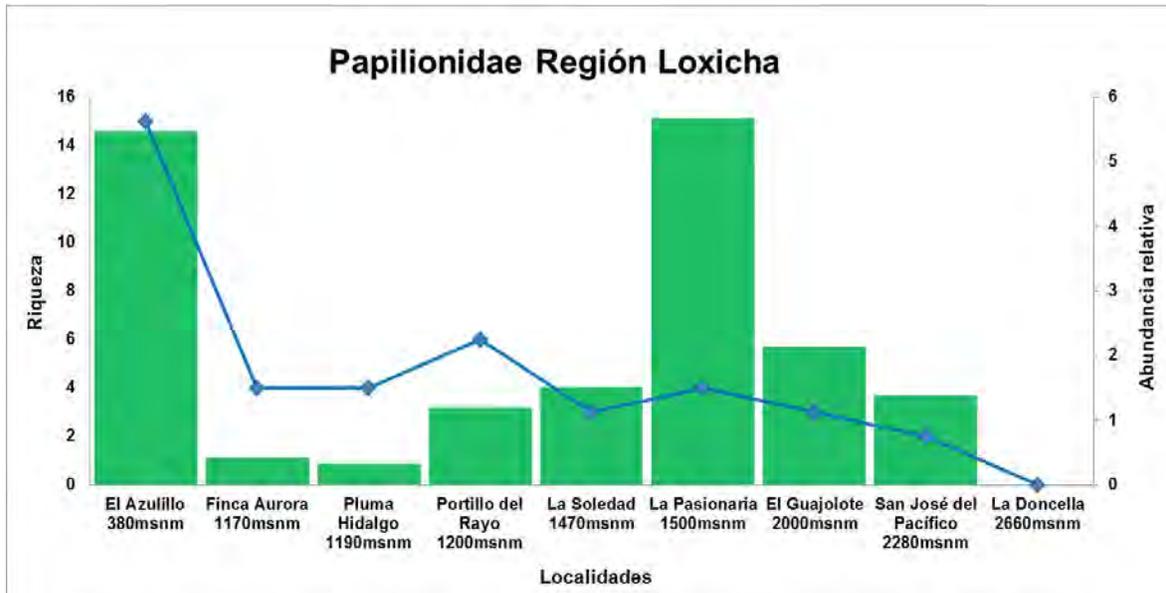


Figura 33. Riqueza (línea continua) y abundancia relativa (barras) de Papilionidae en la Región Loxicha.

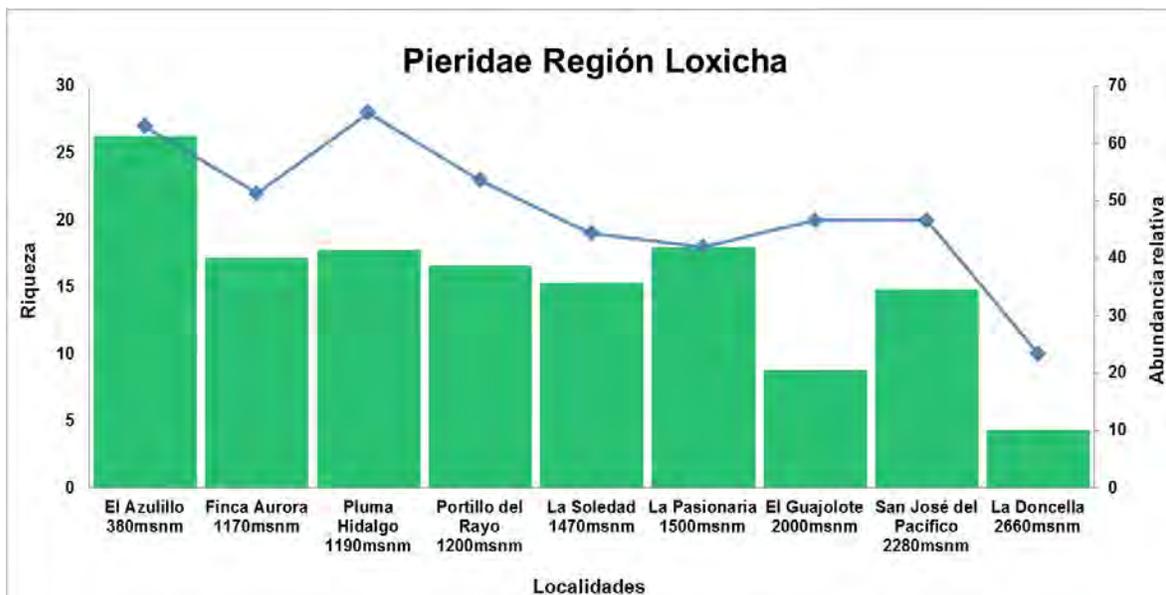


Figura 34. Riqueza (línea continua) y abundancia relativa (barras) de Pieridae en la Región Loxicha.

Al aplicar el índice de Jaccard y construir el fenograma de similitud en función de las localidades vs la composición de riqueza por unidad (Fig. 35), se reconocen tres grupos o pisos altitudinales de montaña. El primero, se compone por solo una localidad (LD), ubicada a 2660 m de altitud con un tipo de vegetación de BPE, es la estación de

recolecta ubicada a mayor altitud, por lo cual la composición de especies se ve claramente diferenciada de la fauna de baja y mediana altitud. La segunda agrupación, esta conformada por localidades que se ubican entre los 1470 y los 2280 msnm, presentando BMM y el ecotono BPE/BMM. En esta división se aprecia una mayor afinidad entre la composición faunística de media y alta montaña, mostrando la mayor similitud entre EG, LS y SJ. El tercer grupo se localiza en un intervalo altitudinal de 380 a 1200 msnm, presentando tres tipos de vegetación, BTP, el ecotono BMM/BTP y BMM. Este grupo esta compuesto por dos subgrupos, el primero está definido por las localidades FA, PR y PH (con el ecotono BMM/BTP y BMM), las cuales presentan fauna de media montaña; el segundo subgrupo se compone solo por EA (380 msnm), que es la única localidad de baja montaña, por lo cual presenta un tipo de vegetación de BTP.

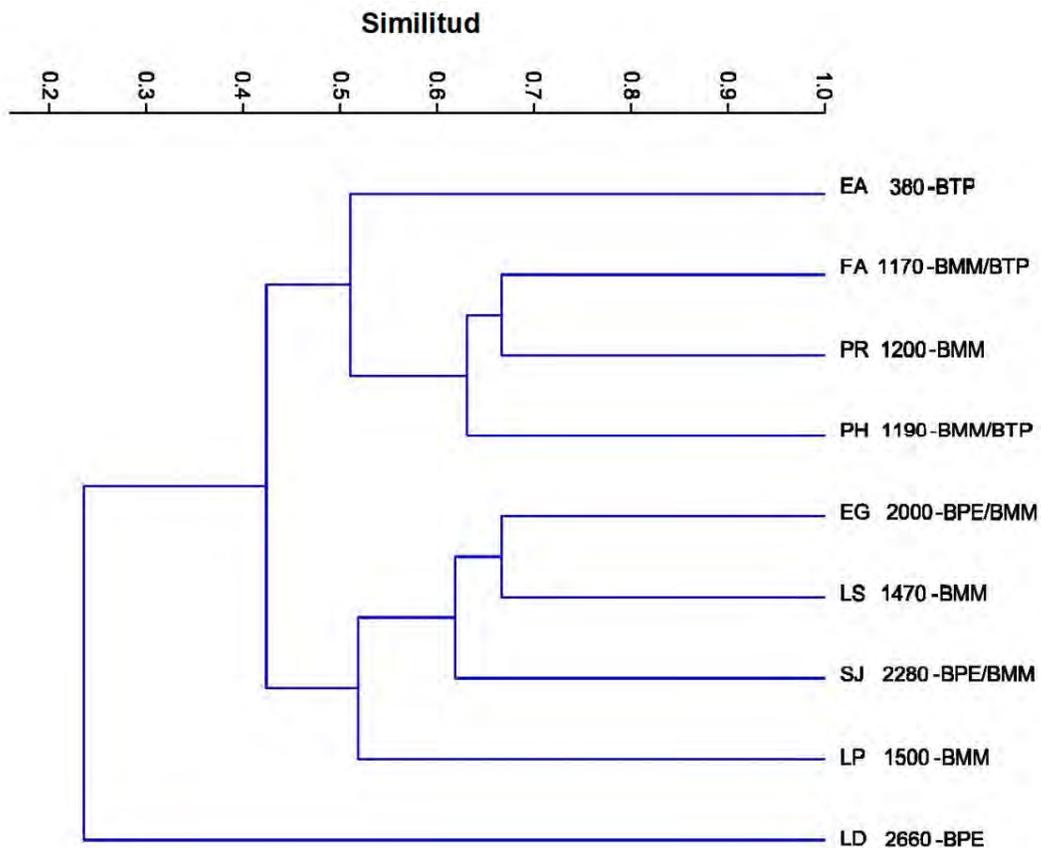


Figura 35. Fenograma para Papilionidae y Pieridae por localidades de la Región Loxicha.

En Papilionidae (Fig. 36) el primer grupo en distinguirse es nuevamente LD, por lo que se marca una clara diferencia en la diversidad de especies de alta montaña. El segundo también está delimitado entre los 1470 y los 2280 msnm; en él se separan dos subgrupos, uno conformado por localidades de media montaña (LP y LS), con una vegetación de bosque mesófilo; el segundo subgrupo por los sitios de alta montaña (EG y SJ), en el ecotono BPE/BMM. El tercer grupo está definido por localidades de baja y mediana altitud, en un intervalo que va de los 380 a los 1200 msnm, abarcando tres tipos de vegetación (BTP, el ecotono BMM/BTP y BMM). Este piso está integrado por dos subgrupos, el primero señalado por la localidad de menor altitud (EA), con un tipo de vegetación de BTP; y el segundo con localidades de media montaña (FA, PR, y PH), en BMM y el ecotono BMM/BTP.

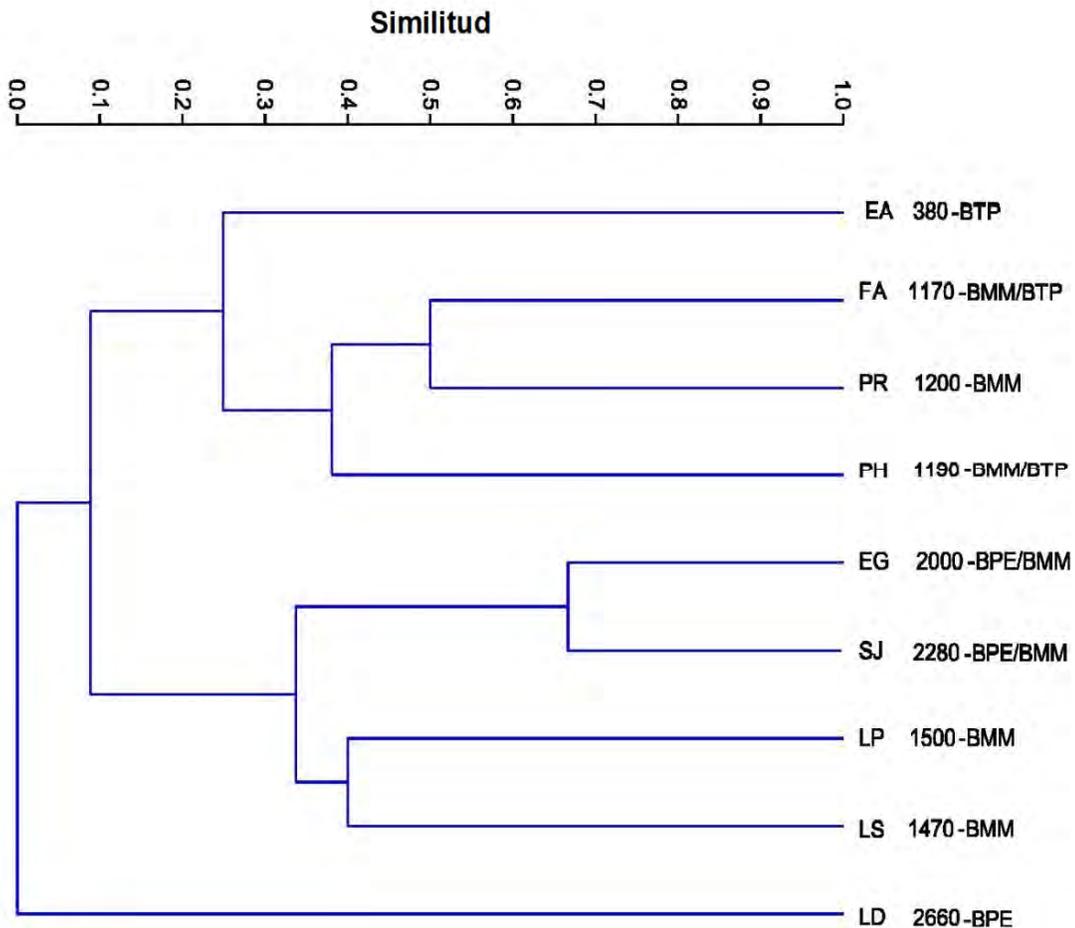


Figura 36. Fenograma para Papilionidae por localidades de la Región Loxicha.

En Pieridae (Fig. 37), nuevamente se marcan tres grupos bien diferenciados, uno con localidades de baja y mediana altitud, otro para media y alta montaña y el tercero para alta montaña. El primer grupo en separarse está conformado por la localidad de máxima altitud (LD), siendo consistente este comportamiento con los dos fenogramas anteriores (Figs. 35, 36), por lo cual es evidente que la composición faunística de la localidad está fuertemente diferenciada de las faunas de baja y mediana altitud. El segundo grupo se define por localidades de media y alta montaña (EG, LS, y SJ), con una vegetación que abarca desde BMM al ecotono BPE/BMM. En este bloque se marcan dos subgrupos, el primero señala una mayor similitud entre LS (1470 msnm) y EG (2050 msnm), a pesar de no poseer el mismo tipo de vegetación y tener una separación altitudinal de 580 m entre las dos localidades; mientras que el segundo subgrupo se integra por la localidad SJ (2280 msnm), ubicada en el ecotono BPE/BMM. El tercer bloque se compone por localidades de baja y media montaña, en un intervalo altitudinal de 380 a 1500 msnm, abarcando tres tipos de vegetación (BTP, el ecotono BMM/BTP y BMM). Este grupo presenta un intervalo altitudinal más amplio que en los fenogramas anteriores (Figs. 35 y 36), con un mayor número de localidades y tipos de vegetación, lo cual permite la formación de más subgrupos, debido principalmente a la vagilidad de este taxón. El primer subgrupo se marca por la separación de LP (1500 msnm, BMM), que es la localidad de mayor altitud en este grupo. El segundo, se integra por dos localidades que presentan diferente tipo de vegetación (PR y FA), esta similitud ha sido constante en los fenogramas anteriores, lo que señala que no hay variación significativa en la composición faunística de ambas localidades. El último subgrupo marca una afinidad entre dos localidades separadas por 810 m de altitud y diferentes tipos de vegetación (EA y PH), lo cual es el reflejo de la gran riqueza de especies de ambos sitios (debido a que son las dos localidades con mayor riqueza de Pieridae del área de estudio).

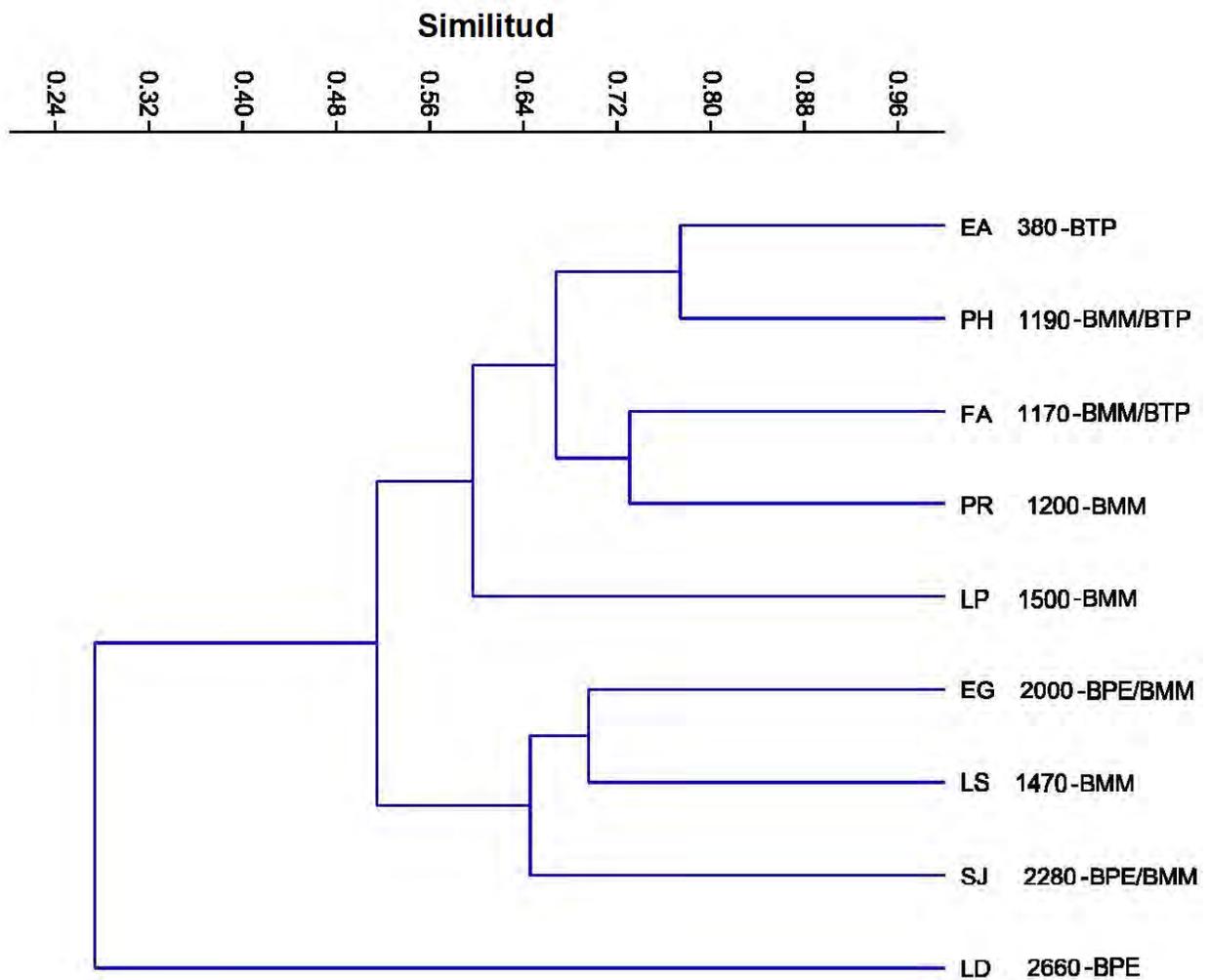


Figura 37. Fenograma para Pieridae por localidades de la Región Loxicha.

Patrones altitudinales en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero. El fenograma general (Fig. 38) señala cuatro divisiones altitudinales (grupos A a D). El grupo 'A' está señalado por la localidad de mayor altitud (LD, 2660 msnm), presentando una vegetación de BPE. El grupo 'B' se constituye por localidades de media y alta montaña (LG, LS, EG, SJ, LP, PG y EDI), ubicadas en un intervalo altitudinal de 1470 a 2450 msnm con una vegetación de bosque mesófilo o el ecotono BPE/BMM. El grupo 'C' está definido por sitios de elevaciones medias (PH, EF, ND, LR, FA y PR), ubicados entre los 1170 y 1600 m de altitud, en una asociación vegetal de BMM/BTP, BTS/BMM y BMM. El grupo 'D' se conforma por las localidades de baja altitud (RP, RS, PL y EA), en un intervalo de 300 a 800 msnm, presentando una vegetación de BTS y BTP. Esta misma zonación se aprecia en los fenogramas de la Región Loxicha (Figs. 35-37), aunque por el bajo número de sitios de recolecta no es posible apreciar el patrón de agrupación entre las localidades de baja altitud.

En Papilionidae (Fig. 39) se aprecian tres grupos o pisos altitudinales. El primero, grupo 'E' está conformado por sitios de baja altitud (RP, RS, EA y PL), ubicados entre los 300 y 800 msnm, presentando una vegetación de BTS y BTP (depende del sistema montañoso al que pertenece cada sitio). El grupo 'F' está definido por localidades de elevaciones medias (EF, ND, PH, FA y PR), en un intervalo altitudinal de los 1170 a 1400 m de altitud con asociaciones vegetales de BTS/BMM, BMM/BTP y BMM. El grupo 'G' se divide en dos subgrupos: G' formado por sitios de media montaña (LS, LR, LG y LP), con excepción de PG, en un intervalo de 1470 a 1800 msnm; G'' conformado por localidades de alta montaña (EG, SJ y EDI), en un intervalo de 2000 a 2280 m de altitud.

El fenograma de Pieridae (Fig. 40), señala cuatro grupos. El grupo 'H' señalado por la localidad de mayor altitud (LD), ubicada a 2660 msnm con un tipo de vegetación de BPE, es el sitio con menor similitud al resto de las localidades debido a un sesgo de muestreo (cuenta con solo siete días de recolecta, Cuadro 4). El grupo 'I' se constituye por una localidad de mediana altitud (LG), ubicada a 1800 msnm con una vegetación de bosque mesófilo, que también presenta un sesgo muestral al contar con solo once

días de muestreo. El grupo 'J' está definido por sitios de elevaciones bajas y medias ubicadas en un intervalo altitudinal de 300 a 1600 msnm, con asociaciones vegetales de BTS/BMM, BMM/BTP y BMM. Éste, se divide en dos subgrupos: J' se conforma por localidades de la Región Loxicha (LP, PH, EA, FA y PR); J'' está definido por sitios de la Sierra de Átoyac de Álvarez (RP, RS, PL, EF, ND y LR). El grupo 'K' se constituye por localidades de media y alta montaña (EDI, PG, LS, EG y SJ), en un intervalo de 1470 a 2450 m de altitud con un tipo de vegetación de bosque mesófilo y el ecotono BPE/BMM. Al tomar en cuenta que dos de las divisiones se deben a un sesgo en el muestreo, se advierte que la distribución de esta familia se halla en dos pisos altitudinales, el primero de los 300 a 1600 m de altitud y el segundo de los 1470 a 2450 msnm.

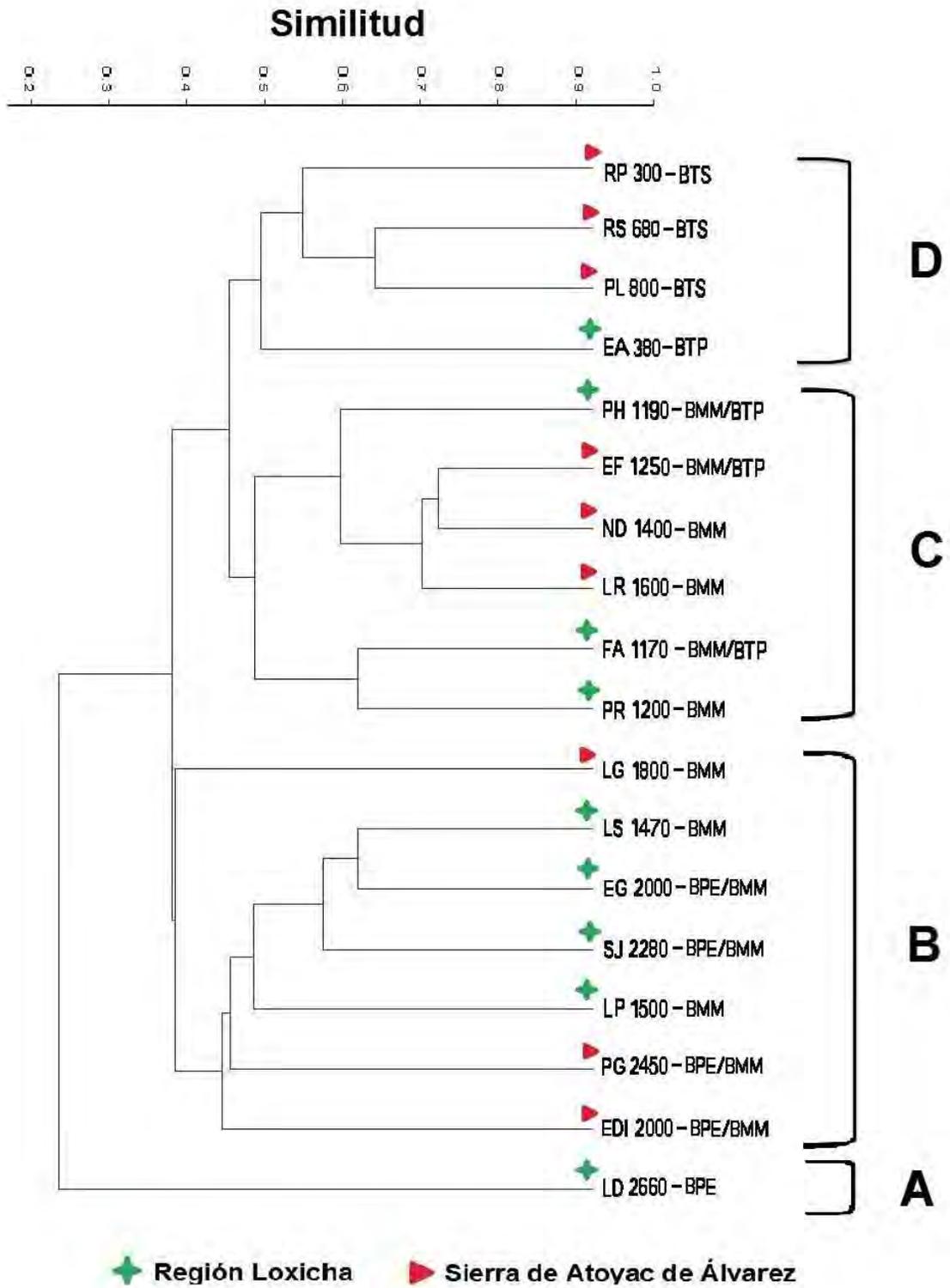


Figura 38. Fenograma para Papilionidae y Pieridae por localidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero (ver siglas en cuadros 3 y 4).

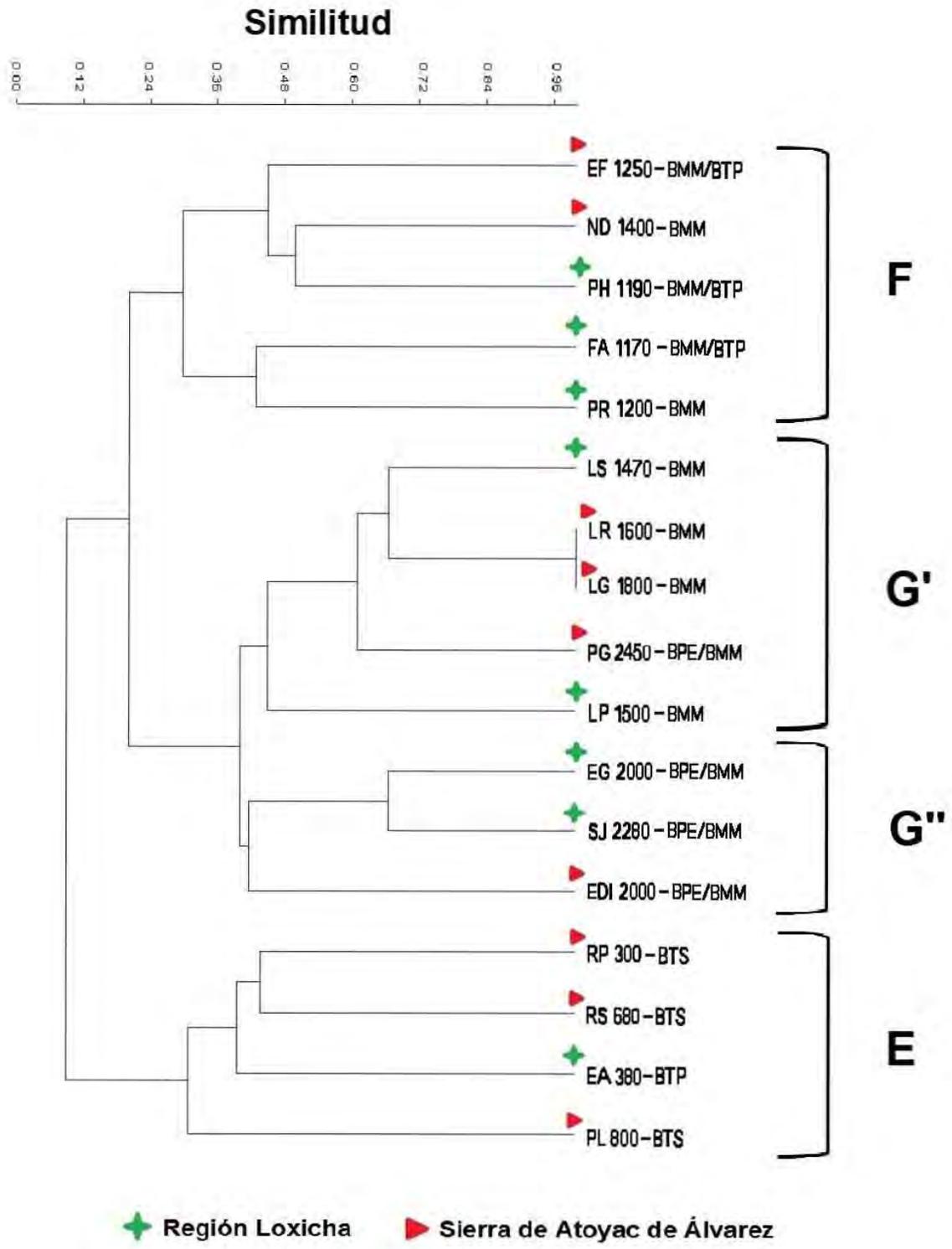


Figura 39. Fenograma para Papilionidae por localidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero (ver siglas en cuadros 3 y 4).

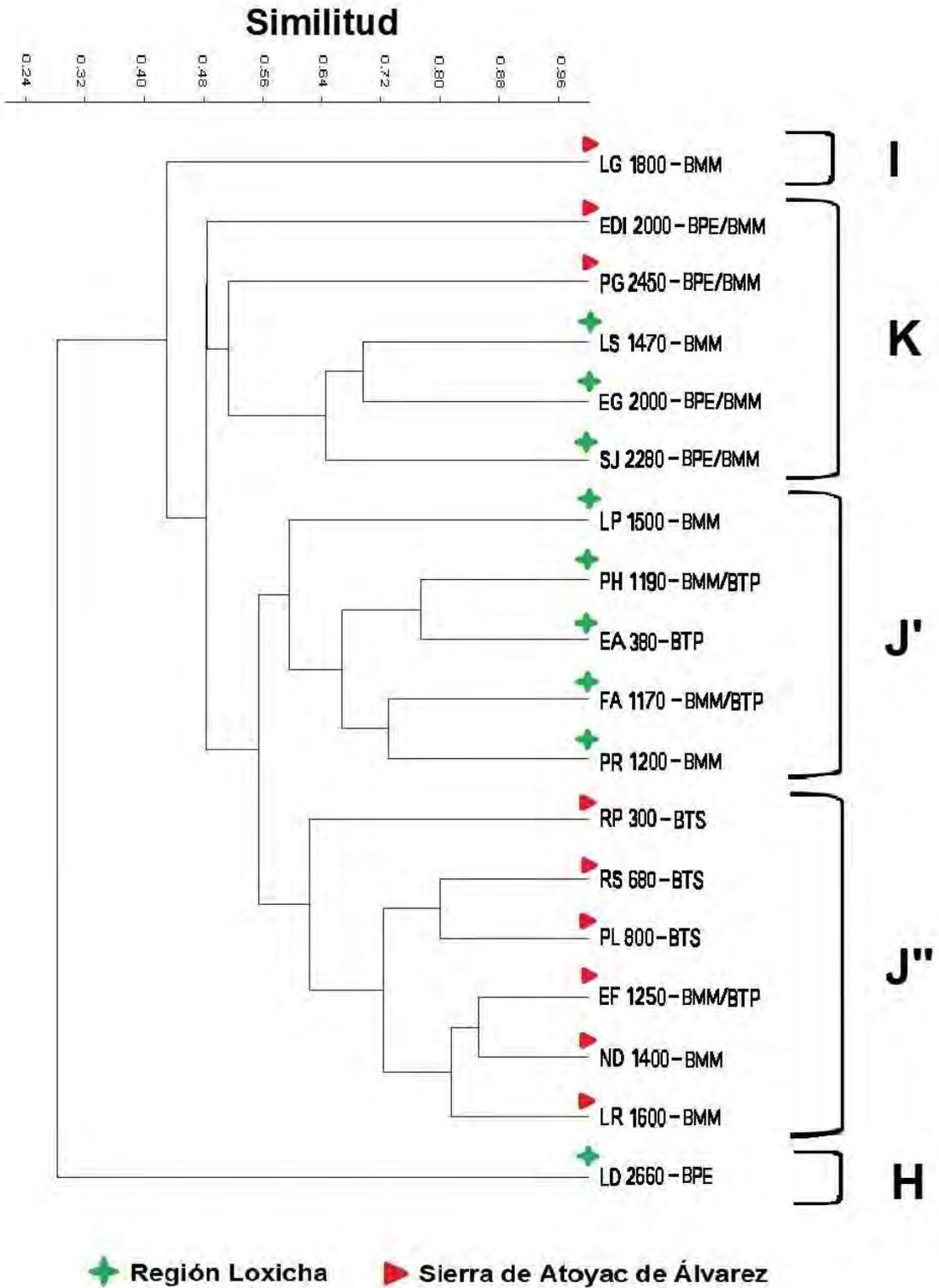


Figura 40. Fenograma para Pieridae por localidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero (ver siglas en cuadros 3 y 4).

Patrones altitudinales en sistemas fisiográficos de las vertientes Atlántica y Pacífica. Al analizar los datos en conjunto para los cuatro sistemas montañosos (Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y Región Loxicha), se observa la existencia de cuatro pisos altitudinales de montaña (Fig. 41).

El grupo 'M' se conforma por sitios de elevaciones superiores (SUS, ISI, 60, LD y SJsup), localizados por arriba de 2000 m de altitud y vegetación BMM, BPE y ecotono BPE/BMM. El grupo 'N' reúne sitios de baja y mediana altitud (Sierra de Juárez), en un intervalo de 100 a 1750 msnm (SJbajo, SOY, PUE, ARM, MET, ESP y QUE), con vegetación BTP, BMM y ecotono BMM/BTP. El grupo 'O' está conformado por localidades de baja y media montaña, de 250 a 1600 m de altitud. Se divide en dos subgrupos: el subgrupo 'O'' conformado por sitios de la Sierra de Manantlán (AD, PL, AH, ZE, LC y LM), con vegetación BTS, BTC y BMM; el subgrupo 'O''' corresponde a localidades de Sierra Madre del Sur (RP, RS, PL, EA, PH, EF, ND, LR, FA y PR), abarcando cinco tipos de vegetación (BTS, BTP, BMM/BTP, BTS/BMM y BMM). El grupo 'P' es de sitios de media y alta montaña (SMS), en un intervalo de 1470 a 2450 m de altitud (LG, LS, EG, SJ, LP, PG y EDI), con vegetación BMM y BPE/BMM. Estos cuatro grupos muestran diferenciación faunística de los sistemas fisiográficos entre ambas vertientes: Sierra de Juárez (Atlántica) y Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac y Región Loxicha (Pacífica); pues los dos primeros bloques en separarse son de la Sierra de Juárez, que presentan menor afinidad con el resto de las localidades.

En Papilionidae (Fig. 42) se aprecian cuatro grupos en el fenograma. El grupo 'Q' en diferenciarse corresponde a localidades de elevaciones medias y altas de Sierra de Juárez (VIS, ISI, 60 y QUE), en un intervalo de 1300 a 2450 m de altitud con BMM y BPE/BMM. El grupo 'R' es la localidad SJsup, ubicada a 2800 m de altitud con BPE; se ubica en Sierra de Juárez y agrupa dos sitios de recolecta (PEL y MAC), que presentan esfuerzo de muestreo escaso y riqueza limitada a una especie, lo que es imposible su agrupación con los grupos. El grupo 'S' lo integran localidades de baja altitud (excepto LM y ESP, con mayor riqueza que el resto de sitios de media montaña); se ubican en un intervalo altitudinal de 100 a 900 msnm y con vegetación BTP, BTS, BTC BMM/BTP.

Esté se divide en dos subgrupos: S' compuesto por sitios de la vertiente Pacífica (AD, PL, ZE, AH, LC, PL, RP, RS y EA); S'' formado por localidades de la vertiente Atlántica (SJbajo, SOY, PUE, MET y ARM). El grupo 'T' se conforma por sitios de media y alta montaña, dividido en dos subgrupos; el subgrupo T' integrado por localidades de mediana altitud, en el intervalo 1170-1400 msnm (EF, ND, PH, FA y PR), con BMM y BMM/BTP; el subgrupo T'' compuesto por sitios de media y alta montaña, de 1470 a 2450 m de altitud (LS, LR, LG, PG, LP, EG, SJ y EDI), con vegetación BMM y BPE/BMM.

En Pieridae se aprecian cinco grupos en el fenograma (Fig. 43). El grupo 'U' corresponde a las localidades de alta y media montaña de la vertiente Atlántica, localizadas a partir de los 1600 m de altitud, con vegetación de BMM, BPE y BMM/BPE. El grupo 'V' se conforma por sitios de baja y mediana altitud de la Sierra de Juárez (SJbajo, SOY, PUE, ARM, MET, ESP y QUE), en un intervalo de 100 a 1750 msnm; presentan vegetación de BTP, BMM y BMM/BTP. El grupo 'W' es una localidad de elevación media (LG), con vegetación BMM; constituye un sesgo en el muestreo, pues cuenta solo con once días de recolecta, y no se agrupa con el resto de las localidades. El grupo 'X' definido por localidades de baja y media montaña de la vertiente Pacífica está dividido en dos subgrupos: X' formado por sitios de la Sierra de Manantlán (AD, AH, PL, ZE, LC y LM), en un intervalo altitudinal de 250 a 1600 msnm con vegetación de BTS, BTC y BMM; X'' integrado por sitios de elevaciones bajas y medias de la Sierra Madre del Sur (LP, PH, EA, FA, PR, RP, RS, PL, EF, ND y LR), en un intervalo de 300 a 1600 m de altitud. El grupo 'Y' definido por sitios de alta montaña de la Sierra Madre del Sur (EDI, PG, EG y SJ), con BPE/BMM. Al tomar en cuenta que la división señalada por LG puede deberse al muestreo, se advierte que las agrupaciones de Pieridae son consistentes con lo señalado en el fenograma general (Fig. 41).

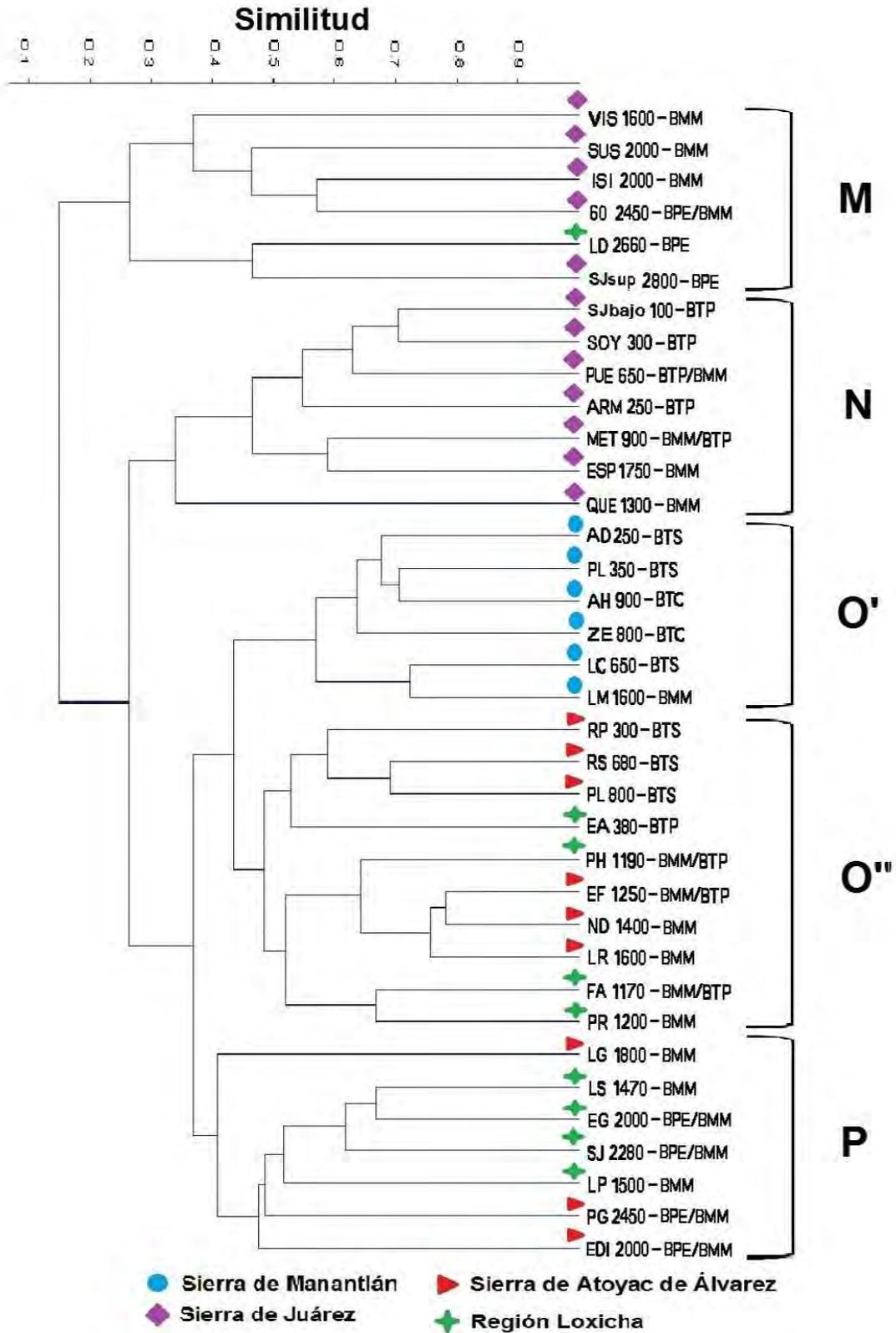


Figura 41. Fenograma para Papilionidae y Pieridae por localidades de las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y la Región Loxicha (ver siglas en cuadros 3-5).

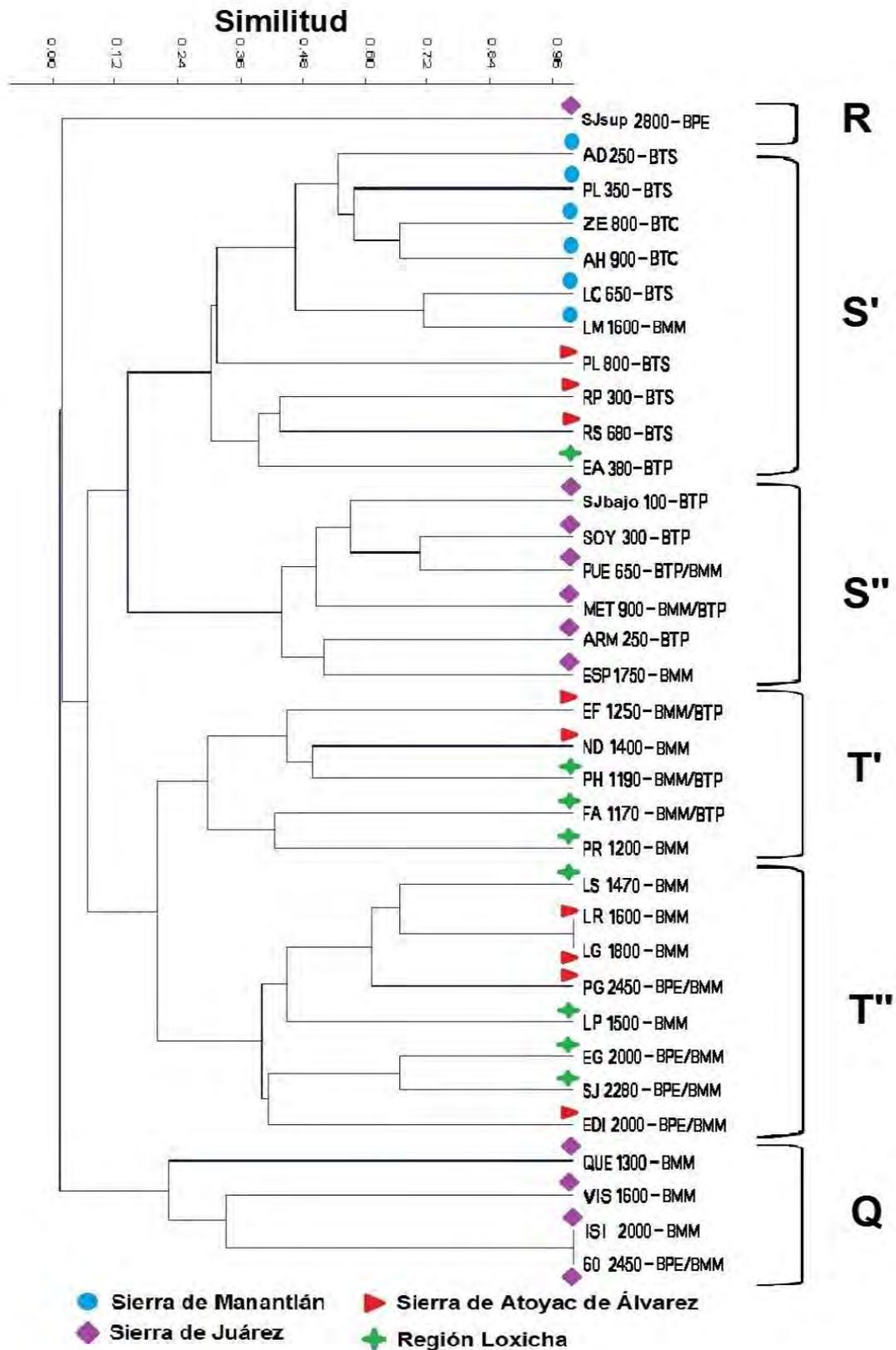


Figura 42. Fenograma para Papilionidae por localidades de las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y la Región Loxicha (ver siglas en cuadros 3-5).

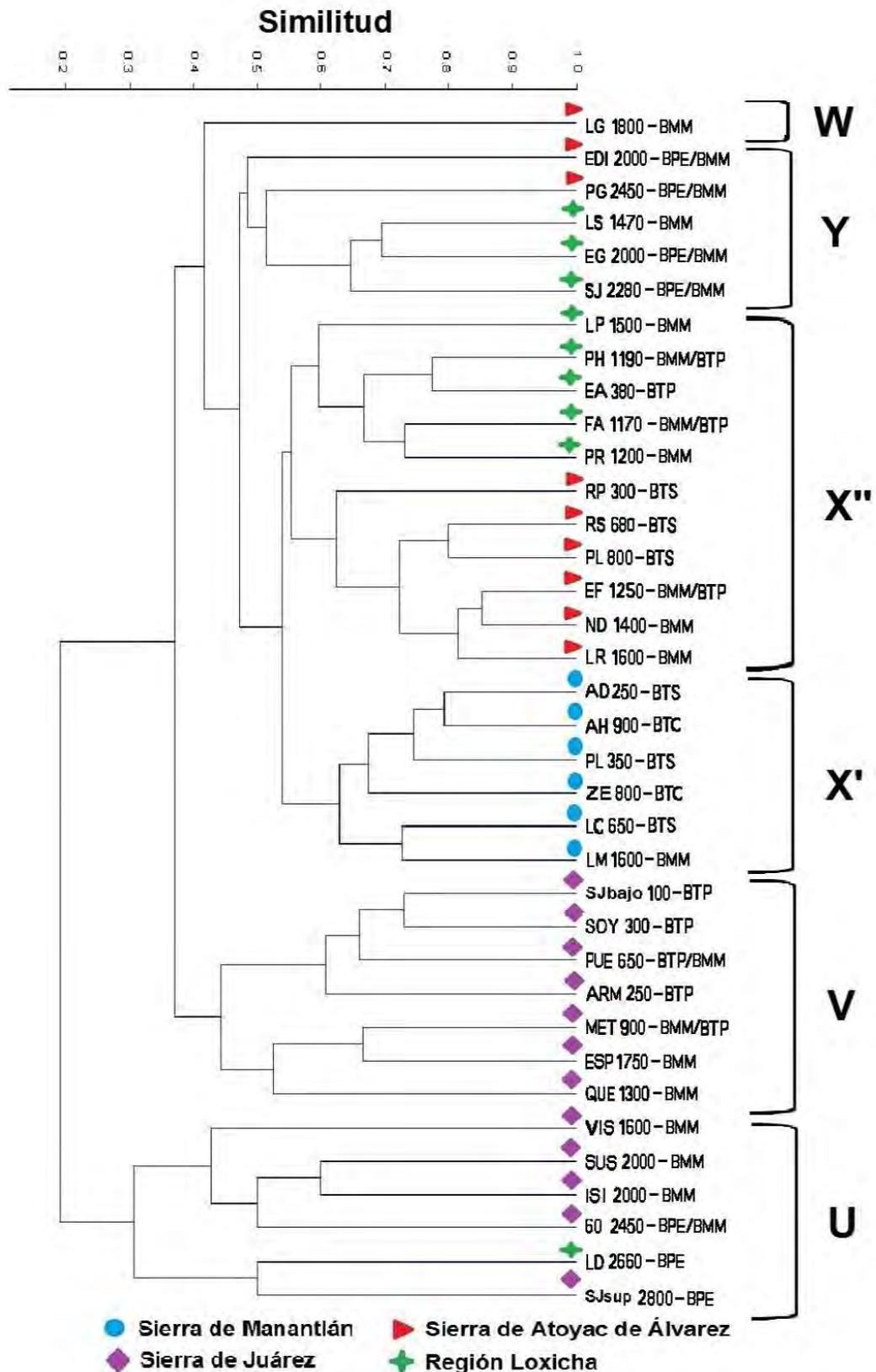


Figura 43. Fenograma para Pieridae por localidades de las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y la Región Loxicha (ver siglas en cuadros 3-5).

Similitud faunística y recambio de especies. En el Cuadro 12 se muestran los coeficientes de similitud de Jaccard entre cuatro transectos altitudinales-vegetacionales en México. La Región Loxicha y la Sierra de Atoyac de Álvarez presentan los valores mayores de similitud en la composición de Papilionidae y Pieridae que son las más próximas geográficamente. También se presentó por cada familia individualmente (Cuadros 13 y 14), y la Sierra de Juárez tuvo el menor valor de similitud.

Cuadro 12. Índice de similitud de Jaccard para Papilionidae y Pieridae en la Región Loxicha y Sierras de Juárez, Atoyac de Álvarez y Manantlán

	Región Loxicha	Sierra de Juárez	Sierra de Atoyac de Álvarez	Sierra de Manantlán
Región Loxicha	1	0.436	0.701	0.573
Sierra de Juárez	-	1	0.421	0.404
Sierra de Atoyac de Álvarez	-	-	1	0.616
Sierra de Manantlán	-	-	-	1

Cuadro 13. Índice de similitud de Jaccard para Papilionidae en la Región Loxicha y Sierras de Juárez, Atoyac de Álvarez y Manantlán

	Región Loxicha	Sierra de Juárez	Sierra de Atoyac de Álvarez	Sierra de Manantlán
Región Loxicha	1	0.268	0.481	0.419
Sierra de Juárez	-	1	0.238	0.302
Sierra de Atoyac de Álvarez	-	-	1	0.466
Sierra de Manantlán	-	-	-	1

Cuadro 14. Índice de similitud de Jaccard para Pieridae en la Región Loxicha y Sierras de Juárez, Atoyac de Álvarez y Manantlán

	Región Loxicha	Sierra de Juárez	Sierra de Atoyac de Álvarez	Sierra de Manantlán
Región Loxicha	1	0.566	0.850	0.681
Sierra de Juárez	-	1	0.566	0.482
Sierra de Atoyac de Álvarez	-	-	1	0.721
Sierra de Manantlán	-	-	-	1

El índice de Whittaker solo se estimó para las localidades del piso medio de montaña, el resultado se muestra en el cuadro 15; se advierte que el valor máximo de recambio ocurre en la Sierra de Juárez, aspecto que ya ha sido registrado en la literatura con respecto a riqueza y endemismo (Luis *et al.*, 1991). En segundo lugar se localiza la Región Loxicha (que también está en segundo lugar de riqueza y endemismo), y por último con valores muy cercanos, la Sierra de Atoyac de Álvarez y la Sierra de Manantlán. Notese que por el Pacífico se registra una disminución de norte a sur en el índice de Whittaker.

Cuadro 15. Recambio de especies para las Sierras de Manantlán, Atoyac de Álvarez, Juárez y Región Loxicha	
Sistema montañoso	Índice de Whittaker
Manantlán, Jalisco y Colima.	1.86
Atoyac de Álvarez, Guerrero.	1.91
Juárez, Oaxaca.	2.60
Región Loxicha, Oaxaca.	2.17

DISCUSIÓN

Inventario faunístico. Después de 109 días de recolecta repartidos en tres años (2007, 2008, 2011), solo se obtuvieron cinco nuevos registros para la zona. Esto puede deberse a dos razones posibles: 1. Los trabajos de la literatura la ubican como la segunda área con mayor esfuerzo de recolecta en Oaxaca, después del realizado en la Sierra de Juárez en su vertiente atlántica (Luis *et al.*, 1991); 2. No se incluyeron localidades entre los 400 y 1200 msnm, ni comunidades de bosque tropical caducifolio. Se registraron pocas publicaciones, dentro de las que se destacan la obra de Roberto de la Maza (1987), quien cita siete papiliónidos y cuatro piéridos, así como el trabajo de Llorente *et al.* (1997) quienes efectúan una síntesis de la distribución de Papilionidae y Pieridae de México; ellos citan 19 papiliónidos y 30 piéridos. Este trabajo se basó en la revisión de la literatura y el análisis de la megabase MARIPOSA. En la literatura se citan 52 especies (20 Papilionidae y 32 Pieridae), mismos que se incluyen en la base de datos, que registra 20 Papilionidae y 34 Pieridae. El total es entonces de 58 especies provenientes de siete localidades distribuidas en un transecto de 400 a 2500 m de altitud (Apéndice I). Seguramente tal lista se incrementara si se incluyen otros subintervalos y comunidades que comprendan el bosque tropical caducifolio y sus ecotonos con el BMM y el BTP.

Diversidad alfa de la Región Loxicha. De la lista en este trabajo, la región se posiciona como la zona más rica de Papilionidae y Pieridae en la vertiente del Pacífico mexicano, superando el número de especies registradas en las Sierras de Atoyac de Álvarez, Guerrero y de Manantlán, Jalisco-Colima. Además se ubica como la segunda área de mayor riqueza en Oaxaca (después de Sierra de Juárez), presentando el 48% de especies de Papilionidae y el 60% de Pieridae (con representación del 30 y el 7.5% de especies endémicas a México, respectivamente).

La riqueza de la región y el porcentaje de endemismos son resultado del aislamiento y de un gradiente altitudinal-vegetacional; éste abarca un paisaje heterogéneo con diversidad climática (temperatura, humedad), edafológica y ecológica (microhábitats) (Kocher & Williams, 2000; Alcántara *et al.*, 2002; Vilorio, 2002; Salinas

et al., 2004; Rodríguez & Arita, 2005). Su historia biogeográfica ha favorecido la generación de taxones endémicos *V.gr. Heraclides androgeus reyesorum*. Ocho de las nueve localidades muestreadas se posicionan entre los 20 sitios de mayor riqueza de Papilionidae y Pieridae en el Estado, siendo la localidad “El Azulillo” la que destaca, ubicándose en el décimo sitio (Cuadro 8). Mientras que a nivel nacional ocupa el lugar número 52.

Riqueza por localidad y comparación con estimadores no paramétricos. La descripción eficiente de la estructura de las comunidades, a través de modelos macroecológicos y biogeográficos, requiere del conocimiento de la riqueza del taxón en la zona bajo estudio (Brown, 1991; Sparrow *et al.*, 1994; Beccaloni & Gaston, 1995; Kocher & Williams, 2000; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Jiménez & Hortal, 2003; Tangah *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2005). Una muestra representativa, aunque no exhaustiva, de las especies presentes en un área de interés (Martín-Piera, 2000; Lobo, 2000; Gotelli & Colwell, 2001; Halffter *et al.*, 2001; Moreno, 2001; Escalante, 2003; Chao *et al.*, 2005; Colwell *et al.*, 2005), permite el empleo de estimadores no paramétricos ($Chao_1$, ACE, $Chao_2$ e ICE), cuya finalidad es la estimación de la riqueza en la región y por cada sitio de muestreo. A pesar que los estimadores solo consideran algunos aspectos del método de muestreo, los cálculos permiten una aproximación al número de especies contenidas en la zona, en función al esfuerzo de recolecta y los sistemas de captura o de detección (Sparrow *et al.*, 1994; Lobo, 2000; Gotelli & Colwell, 2001; Chao *et al.*, 2005; Guzmán, 2009). Las técnicas no paramétricas constituyen una herramienta en la evaluación de la representatividad del muestreo; pues es imposible tener un inventario faunístico completo, debido al alto costo económico, recursos humanos y tiempo (Beccaloni & Gaston, 1995; Martín-Piera, 2000; Lobo, 2000; Halffter *et al.*, 2001; Jiménez & Hortal, 2003; Halffter & Moreno, 2005).

La riqueza obtenida en Papilionidae y Pieridae muestran valores muy cercanos a los calculados por los estimadores, ya que se alcanza un porcentaje de representatividad de entre 87.69 y 98.28% (Cuadro 9). La mayor coincidencia entre valores observados y estimados es con los resultados de los estimadores basados en

abundancia ($Chao_1$, y ACE). Las diferencias entre cada estimador fueron mínimas (Cuadro 9). Por lo general, se alcanzó más del 87% de representatividad de las especies de la región; así entonces, la mayor parte de las especies en el área fueron recolectadas. Se carece aún de las especies raras o de muy baja abundancia relativa (Coddington, 1994; Beccaloni & Gaston, 1995; Gotelli & Colwell, 2001; Colwell & Martín-Piera, 2000; Lobo, 2000; Moreno, 2001; Escalante, 2003; Jiménez & Hortal, 2003; Chao *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005).

Al realizar el análisis de los resultados por familia (Figs. 24-26), se aprecian diferencias en los valores de representatividad entre los estimadores. En Papilionidae es el 100% de representatividad en altitudes bajas (EA) y altas (EG y SJ); mientras que en altitudes intermedias los estimadores calculan diferencias significativas con la cantidad de especies recolectadas, particularmente en tres localidades (FA, PH, y PR), pues solo alcanza del 40 al 75% (Cuadro 10). Estos sitios tienen una discontinuidad de por lo menos 990 m de altitud con la localidad más baja (EA), pero hay una disminución del 50% de la riqueza en 380 msnm, aunque el número de especies recolectadas en localidades de media montaña (FA, PH, PR, LS y LP) varían solo de dos a tres especies. Esta discrepancia entre los valores estimados y los esperados se debe a que en esta familia las especies son poco abundantes, difíciles de detectar o capturar a veces son raras, esto provoca que los estimadores más acertados sean $Chao_2$ y $Chao_1$ debido a que tienen un mejor desempeño en muestras pequeñas o con una menor cantidad de datos (Chazdon *et al.*, 1998; López & Williams, 2006).

Un aspecto que influye en los valores de riqueza de Papilionidae son las variables microambientales características de cada sitio de recolecta *V. gr.* disponibilidad de nichos, heterogeneidad de microhábitats, condiciones particulares de temperatura, luz, humedad o precipitación, y la riqueza florística (Pianka, 1966; Janzen, 1967; Slansky, 1973; Cardillo, 1999; Alcántara *et al.*, 2000; Gaston, 2000; Kocher & Williams, 2000; Hill & Hill, 2001; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Brandle *et al.*, 2002; Tangah *et al.*, 2004; Vázquez & Stevens, 2004; Rodríguez & Arita, 2005; Molina & León, 2006; Brehm *et al.*, 2007; Tati *et al.*, 2007). Además, existe una relación estrecha

entre la diversidad de especies y la variedad de plantas de alimentación larval, que determinan la disponibilidad de recursos *v. gr.* Aristolochiaceae, Annonacea y Rutaceae típicas de bajas altitudes o la distribución de fuentes de néctar (Pianka, 1966; Slansky, 1973; Brown, 1989; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Hill & Hill, 2001; Tangah *et al.*, 2004; Tati *et al.*, 2007); e incluso por la homogeneidad en el paisaje debida a la acción antrópica (Murphy *et al.*, 1990; Holt, 1993; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Pineda *et al.*, 2005; Molina & León, 2006).

Para Pieridae los estimadores señalan altos porcentajes de representatividad, pero con algunas subestimaciones (ICE). En elevaciones bajas y medias se obtuvo entre el 86 y el 100% de las especies esperadas; esto indica que el muestreo en éstas es suficiente y se cuenta con una lista confiable de las especies en este intervalo altitudinal (Colwell & Codington, 1994; Beccaloni & Gaston, 1995; Martín-Piera, 2000; Gotelli & Colwell, 2001; Moreno, 2001; Escalante, 2003; Jiménez & Hortal, 2003; Colwell *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005). En elevaciones superiores (EG y LD), los valores calculados por ICE señalan una representatividad menor al 75%; en el resto de localidades superiores los estimadores señalan diferencias de entre una y cuatro especies. Tal diferencia entre lo estimado y lo esperado puede deberse a que la agregación de especies comunes es moderada y no están ampliamente distribuidas, sumado al tamaño de la muestra (Chazdon *et al.*, 1998; López & Williams, 2006). Por esta razón, los estimadores que presentaron el mejor desempeño fueron Chao₂ e ICE (Colwell & Codington, 1994; Beccaloni & Gaston, 1995; Gotelli & Colwell, 2001; Chao *et al.*, 2005; Colwell *et al.*, 2005; Halffter & Moreno, 2005).

Distribución altitudinal en la Región Loxicha. A partir de los datos de riqueza y abundancia relativa en el área de estudio se corroboró la tendencia a la disminución de la riqueza con el aumento de la altitud tal y como ha sido descrito por Llorente, 1984; Halffter, 1987; Luis & Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Gaston, 2000; Monteagudo *et al.*, 2001; Sanders, 2002; Luis *et al.*, 2005; Brehm *et al.*, 2007; Tati *et al.*, 2007.

En altitudes bajas (380 msnm) se registra la mayor diversidad, abundancia relativa y cantidad de especies exclusivas (*Heraclides anchisiades idaeus*, *Heraclides androgeus reyesorum*, *Heraclides cresphontes*, *Heraclides ornythion ssp. n.*, *Protesilaus macrosilaus penthesilaus*, *Protographium agesilaus fortis*, *Protographium epidaus fenoichionis*, *Protographium philolaus philolaus*, y *Melete lycimnia isandra*). Varios autores (Kocher & Williams, 2000; Salinas *et al.*, 2004; Tangah *et al.*, 2004) mencionan que este intervalo altitudinal se considera como un área de gran diversidad biológica por el tipo de vegetación (BTP) y la variedad de microhábitats característicos, lo que concuerda con el resultado obtenido en este trabajo. Esto lo explica el cambio en las condiciones ecológicas entre los sitios de muestreo, en particular las altitudes y las floras-vegetaciones entre las estaciones de recolecta, que repercuten en las condiciones del hábitat (cambios de luz, temperatura, humedad, evapotranspiración, disponibilidad de nichos y diversidad de plantas de alimentación); lo cual ya ha sido mencionado en diversos trabajos (Pianka, 1966; Janzen, 1967; Slansky, 1973; Brown, 1989; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Cardillo, 1999; Gaston, 2000; Kocher & Williams, 2000; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Hill & Hill, 2001; Brandle *et al.*, 2002; Salinas *et al.*, 2004; Tangah *et al.*, 2004; Vázquez & Stevens, 2004; Rodríguez & Arita, 2005; Magurran, 2006; Molina & León, 2006; Tati *et al.*, 2007).

En altitudes medias (1170 a 2280 msnm), la riqueza no presentó una variación entre localidades significativa, por la constancia en las condiciones ambientales predominantes en los sitios de muestreo, pues presenta dos asociaciones con el BMM: BPE/BMM y BMM, lo cual resulta en una relativa disponibilidad de recursos y condiciones ambientales menores a los del BTP (Torres, 2004; Trejo, 2004; INEGI, 2005; Krasilnikov & García, 2005).

En elevaciones superiores (mayores a 2660 msnm), se registró un descenso drástico del número de especies, por el cambio a un clima frío y vegetación de coníferas que limitan el establecimiento de las poblaciones (Kocher & Williams, 2000; Hill & Hill, 2001; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Tangah *et al.*, 2004).

Al delimitar los pisos altitudinales con base en la similitud faunística, se destacan tres pisos bien diferenciados que concuerdan con los datos biogeográficos en la literatura (Halffter, 1964, 1987; Llorente, 1984; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Monteagudo *et al.*, 2001). Estos pisos se definen por cuatro subgrupos conformados por localidades de baja, media, media-alta, y alta montaña (Fig. 35). Las agrupaciones son consistentes en altitud y tipo de vegetación; entonces la composición y la riqueza están restringidas por factores ambientales característicos de cada intervalo altitudinal (Janzen, 1967; De la Maza, 1987; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Cardillo, 1999; Kocher & Williams, 2000; Hill & Hill, 2001; Monteagudo *et al.*, 2001; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Molina & León, 2006; Tati *et al.*, 2007). Por esta razón los pisos altitudinales se pueden agrupar: a) de baja y media montaña (con una clara diferencia en la riqueza de especies de altitudes bajas), que se caracterizan por presentar temperaturas entre 20 y 28° C, alta humedad y precipitación, gran diversidad de plantas de alimentación (BTP) y hábitats (Kocher & Williams, 2000; Hill & Hill, 2001; Salinas *et al.*, 2004), en un intervalo altitudinal de 380 a 1200 msnm, b) comunidades de media y alta montaña, con una diversidad de especies influida por elementos de vegetación del BMM y BPE/BMM, en un intervalo 1200-2280 msnm, y c) elevaciones superiores caracterizadas por descenso de la temperatura y menor composición florística, que determina menor diversidad de especies (De la Maza, 1987; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Gaston, 2000; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Vilorio, 2002; Tati *et al.*, 2007).

Estos tres pisos altitudinales son consistentes al analizar la similitud por familia, con algunas diferencias en la agrupación de las localidades. En Papilionidae el intervalo de altitudes permanece constante, con mayor afinidad entre la diversidad de especies de baja y mediana montaña, pero una separación clara de la localidad de alta montaña con el resto de las localidades. Esto puede deberse a que en elevaciones medias y bajas hay una mayor diversidad de plantas de alimentación larval de esta familia, que son determinantes en el establecimiento de las poblaciones (Slansky, 1973; De la Maza, 1987; Hill & Hill, 2001; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Tangah *et*

al., 2004). En Pieridae el intervalo altitudinal del primer piso se amplía, (380-1500 msnm), pues la mayoría de especies de esta familia tienen valencia ecológica amplia, que conduce a una distribución mayor que Papilionidae (EA, FA, PH, PR, LP), definida por condiciones bióticas y abióticas que favorecen la sobrevivencia de las especies en extremos distribucionales (Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Salinas *et al.*, 2004; Tangah *et al.*, 2004). El segundo piso altitudinal se hace más estrecho, en un intervalo de 1500 a 2280 m; mientras que el tercer piso se mantiene a partir de 2660 msnm.

Patrones altitudinales en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca-Guerrero. Al ampliar el análisis de los patrones de distribución altitudinal a todo el sistema fisiográfico, se aprecian cuatro pisos altitudinales de montaña bien diferenciados (grupos A-D, Fig. 38). El primero (grupo A) señalado a partir de 2450 msnm; el segundo (grupo B) de 1470 a 2450 m de altitud; el tercero (grupo C) definido de los 800 a los 1600 msnm; (estos tres pisos ya han sido referidos antes en la literatura Halffter, 1964, 1987; Llorente, 1984; Vargas *et al.*, 1992, 1999; Monteagudo *et al.*, 2001); y un cuarto piso (grupo D), que puede definirse como nivel cero, el cual está ubicado por debajo de los 800 m de altitud.

Las características que definen este último piso altitudinal son: un tipo de vegetación de bosque tropical (BTP, BTS o BTC); predominancia de Rutaceae, Annonaceae y Aristolochiaceae como plantas de alimentación de larvas; temperatura de 22 a 28 °C; precipitación anual de 1200 a 3500 mm; y clima cálido subhúmedo (Slansky, 1973; Rzedowski, 1978; De la Maza, 1987; Torres, 2004; Trejo, 2004; INEGI, 2005; Krasilnikov & García, 2005). Así también una alta diversidad de especies, que son favorecidas por condiciones microambientales estables y una mayor disponibilidad de recursos (Murphy *et al.*, 1990; Gaston, 2000; Hill & Hill, 2001; Salinas *et al.*, 2004; Tangah *et al.*, 2004).

Los cuatro pisos son consistentes con el gradiente de vegetación presente en la vertiente Pacífica de la Sierra Madre del Sur, por lo que se distingue una correlación

entre ellos, la altitud y el tipo de vegetación. Lo cual indica, que las condiciones ecológicas relacionadas con las composiciones florística y lepidopterofaunística de un área son determinantes en los valores de diversidad (Janzen, 1967; Slansky, 1973; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Cardillo, 1999; Alcántara *et al.*, 2002; Vilorio, 2002).

En Papilionidae (Fig. 39), se observan solo tres pisos de distribución (grupos E-G). El piso cero (grupo E) señalado de 300 a 800 msnm; el piso uno (grupo F) ubicado de 800 a 1400 m de altitud y el piso dos (grupo G) localizado entre los 1400 y los 2450 msnm. En este piso están señalados dos subgrupos (G' y G''), los cuales marcan una división entre las localidades en dos intervalos: el primero de 1200 a 1800 msnm y el segundo de 2000 m de altitud en adelante, con excepción de una localidad (PG), que por las condiciones particulares de su vegetación (con predominancia de BMM), presenta una riqueza más afin con áreas de media montaña a pesar de localizarse a 2450 m de altitud. En esta familia no existe el piso tres, pues Papilionidae predomina en altitudes bajas y medias, ya que la disponibilidad de plantas de alimentación larval es casi nula por arriba de 2450 m de altitud (Slansky, 1973; De la Maza, 1987; Murphy *et al.*, 1990; Alcántara *et al.*, 2002).

En Pieridae solo se aprecia una división de dos pisos (grupos K y J; Fig. 40), debido a que las otras dos divisiones (grupos H e I), están marcadas por una sola localidad (LG y LD respectivamente), pues las condiciones propias de cada sitio y su escasa riqueza hacen imposible su agrupación con el resto de las localidades. El primero (grupo J), integra los pisos tres y cuatro referidos en el fenograma general (grupos C y D; Fig. 38); la segunda agrupación (grupo K), se conforma por la fusión de los pisos uno y cero del fenograma general (grupos A y B; Fig. 38). Esta división altitudinal indica que no hay diferencias ecológicas que afecten significativamente la distribución de las especies por debajo de 1600 msnm, debido a la plasticidad de hábitos alimenticios del grupo, el aumento en la diversidad de plantas de alimentación y una mayor tolerancia a variables ambientales (Slansky, 1973; De la Maza, 1987;

Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Hill & Hill, 2001; Sreekumar & Balakrishnan, 2001; Alcántara *et al.*, 2002; Tangah *et al.*, 2004; Tati *et al.*, 2007).

A pesar de que el grupo K comparte condiciones ecológicas que señalan una constante similitud en la composición lepidopterofaunística de la SMS, las variables históricas de la zona son determinantes en la división de los subgrupos del piso J. Estos subgrupos indican que existen diferencias entre la riqueza de ambas Sierras (Atoyac de Álvarez y Región Loxicha), debido a las subespecies exclusivas de cada región, ya que, a pesar de pertenecer al mismo sistemas fisiográficos (SMS), las barreras históricas y las condiciones propias de cada lugar repercutieron en el establecimiento de las poblaciones de Lepidoptera a lo largo del sistema. Este hecho se aprecia mejor al analizar la composición de Pieridae en este piso altitudinal, debido a que se comparte el 89.47% de las especies, con cuatro especies exclusivas en el transecto altitudinal 300-1800 msnm entre cada Sierra, una en la Región Loxicha (*Pyrisitia lisa centralis*); tres en Sierra de Atoyac de Álvarez (*Lieinix nebina*, *Phoebis agarithe agarithe* y *Catantacta nimbice nimbice*).

Patrones de distribución en sistemas fisiográficos de las vertientes Atlántica y Pacífica. A partir del análisis de similitud entre Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y la Región Loxicha, se determinó que las especies se distribuyen en cuatro grupos (grupos M-P; Fig. 41). Se aprecia en primera instancia una división entre la composición lepidóptero-faunística de las vertientes Atlántica y Pacífica, para posteriormente diferenciarse en intervalos altitudinales conformando los cuatro grupos. En la vertiente Atlántica están señalados dos grupos (grupos N y M; Fig. 41), el primero conformado por sitios de baja y media montaña en un intervalo altitudinal de 100 a 1750 msnm; el segundo delimitado por localidades de elevaciones medias y superiores a partir de 1600 msnm. Mientras que en la vertiente Pacífica también se marcan dos pisos de distribución (grupos O y P; Fig. 41), el primero con sitios de altitudes bajas y medias ubicados de 250 a 1600 m de altitud; el segundo se define por localidades de media y alta montaña a partir de 1470 m de altitud.

La división entre la lepidopterofauna de las vertientes Atlántica y Pacífica se explica por factores históricos debido a que los procesos biogeográficos que determinaron la riqueza de cada zona establecieron barreras entre las poblaciones ancestrales de Lepidoptera de la región Neotropical, actuando como un limitante en la dispersión de especies y la diferenciación faunística entre áreas aisladas (Llorente & Escalante, 1992; Llorente *et al.*, 2006; Luis *et al.*, 2006; Oñate *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2006).

Al analizar la figura 41, se aprecia que las localidades después de separarse por vertientes se agrupan por las condiciones propias de cada sistema fisiográfico (factores ecológicos), que repercuten en la diversidad microclimática contenida en cada región como cambios de temperatura, humedad, luz y tipos de vegetación (Janzen, 1967; Slansky, 1973; Hill & Hill, 2001). Las agrupaciones por intervalos altitudinales están señaladas por la composición lepidopterofaunística a nivel de especie, mientras que la separación entre las vertientes Atlántica y Pacífica se determinó por diferencias a nivel de subespecies, debido a los procesos históricos de ambas vertientes.

Las diferencias a nivel subespecie explican porque la riqueza de cada Sierra se ve afectada por la historia geológica de las diferentes provincias fisiográficas; *v gr.* la composición faunística de la Sierra de Manantlán está influida por las condiciones históricas y ecológicas propias del Eje Neovolcánico, la depresión del Balsas y la Costa del Pacífico; la Sierra de Atoyac de Álvarez y la Región Loxicha están afectadas por la Sierra Madre del Sur, el Eje Neovolcánico, la depresión del Balsas y la costa del Pacífico; mientras que la Sierra de Juárez debe su riqueza principalmente a los procesos de la costa del Golfo (Llorente & Escalante, 1992; Llorente *et al.*, 2006; Luis *et al.*, 2006; Oñate *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2006).

Esta separación por regiones fisiográficas es evidente en el fenograma general (Fig. 41), dentro de la vertiente Pacífica, el grupo O está separado en dos subgrupos, el primero posee sitios con especies exclusivas a la Sierra de Manantlán (*Baronia brevicornis brevicornis*, *Battus philenor philenor*, *Protographium epidaus tepicus*, *Papilio*

polyxenes asterius, *Pterourus garamas garamas*, *Dismorphia amphione lupita*, *Kricogonia lyside*, *Hesperocharis crocea jaliscana*, *Pereute charops leonilae* y *Pontia protodice*); el segundo con especies propias de la Sierra Madre del Sur (*Protographium agesilaus fortis*, *Protographium epidaus fenochionis*, *Heraclides androgeus reyesorum*, *Pterourus garamas baroni*, *Dismorphia amphione isolda*, *Lieinix neblina*, *Catasticta Oaxaca* y *Pereute charops sphocra*). Este resultado no se puede apreciar en el grupo P debido a que no se analizaron localidades de la Sierra de Manantlán por arriba de los 1800 m de altitud. La vertiente Atlántica (grupos M y N), solo está compuesta por un transecto altitudinal, por lo que estos grupos están definidos por las especies propias de la provincia biogeográfica de la costa del Golfo (*Protographium calliste calliste*, *Protographium epidaus epidaus*, *Mimoides ilus branchus*, *Battus ingenuus*, *Battus laodamas copanae*, *Battus lycidas*, *Parides erithalion polyzelus*, *Parides eurimedes mylotes*, *Parides iphidamas iphidamas*, *Parides panares lycimenes*, *Pterourus esperanza*, *Pterourus garamas abderus*, *Pterourus menatius victorinus*, *Dismorphia amphione praxinoe*, *Dismorphia eunoe eunoe*, *Dismorphia theucharila fortunate*, *Enantia albania Albania*, *Enantia jethys*, *Enantia lina marion*, *Enantia mazai mazai*, *Eurema दौरa eugenis*, *Eurema xantochlora xantochlora*, *Hesperocharis crocea crocea*, *Archonias brassolis approximate*, *Charonias eurytele nigrescens*, *Pereute charops charops*, *Itaballia pandosia kicaha* y *Perrhybris pamela*).

En Papilionidae (Fig. 42), solo están delimitados tres pisos de montaña (sin la división de localidades entre las vertientes Atlántica y Pacífica). Estos tres pisos están delimitados en un gradiente altitudinal, lo cual indica que la distribución de esta familia se ve afectada en mayor medida por factores ecológicos, ya que las agrupaciones y divisiones en el fenograma son consistentes con la transición entre los tipos de vegetación, por lo que se puede decir que hay una correlación entre las composición florística de plantas de alimentación larval y la riqueza de Papilionidae (Slansky, 1973; De la Maza, 1987; Murphy *et al.*, 1990; Sparrow *et al.*, 1994; Medianero *et al.*, 2010).

Los grupos formados en el fenograma general debidas a factores históricos son consistentes con las agrupaciones señaladas en Pieridae (Fig. 43), ya que el grupo W

no debe tomarse en cuenta porque está compuesto por solo una localidad (LG), que no se agrupa por las condiciones ambientales propias del sitio que impiden que su composición lepidopterofaunística se ubique entre los grupos X y Y, pues carece de especies suficientes que la agrupen con el resto de las localidades. Es importante mencionar que la separación debida al gradiente altitudinal es ambigua, ya que los subgrupos X' y X'' manifiestan que la agrupación se da entre localidades del mismo sistema fisiográfico, por lo que el gradiente altitudinal no marca un patrón en el fenograma.

Similitud faunística y recambio de especies. Con respecto a la similitud faunística de los cuatro sistemas montañosos (Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y Región Loxicha), el índice de Jaccard señala que la mayor similitud en la composición de especies se encuentra entre la Región Loxicha y la Sierra de Atoyac de Álvarez (Cuadros 12-14), debido a que estas dos áreas pertenecen a la Sierra Madre del Sur (Oaxaca-Guerrero). Esto indica que la composición lepidopterofaunística de estas sierras se ve influida principalmente por procesos históricos ya que ambas pertenecen a la misma provincia biogeográfica (Llorente & Escalante, 1992; Arita & Rodríguez, 2001; Vilorio, 2002; Llorente *et al.*, 2006; Luis *et al.*, 2006; Oñate *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2006). Por esta razón, estos dos transectos comparten el 72.84% de las subespecies, con diferenciación en 16 taxones, ocho en la Región Loxicha (*Mimoides phaon phaon*, *Heraclides androgeus reyesorum*, *Heraclides astyalus bajaensis*, *Heraclides erostratus vasquezae*, *Heraclides rogeri pharnaces*, *Pterourus multicaudata multicauda*, *Pyrisitia lisa centralis* y *Catantixta oaxaca*), y ocho en Sierra de Atoyac de Álvarez (*Protographium thyastes occidentalis*, *Mimoides thymbraeus aconophos*, *Battus eracon*, *Battus laodamas iopas*, *Parides montezuma*, *Pterourus pilumnus*, *Lieinix neblina* y *Phoebis agarithe agarithe*).

El máximo valor de recambio se registró en la Sierra de Juárez debido a su gran riqueza y al número de taxones endémicos (Luis *et al.*, 1991); mientras que el segundo lugar lo ocupa la Región Loxicha por su gran heterogeneidad de microhábitats, como resultado de su compleja topografía. Estos dos sistemas

montañosos, son los únicos que marcan un valor de recambio por arriba de dos (con valores de 2.6 y 2.17 respectivamente), por lo que poseen gran diversidad de Papilionidae y Pieridae en la región Neotropical de México. Es importante señalar que a pesar de ser los transectos con mayor recambio, comparten el 30.43% de su composición en el intervalo de 1200 a 1800 m de altitud; aunque existe una diferencia significativa en el número de especies exclusivas en ambas sierras, ya que la Región Loxicha cuenta con cinco (*Heraclides androgeus reyesorum* y *Catasticta Oaxaca*), mientras que Sierra de Juárez tiene 25 (*Protographium calliste calliste*, *Protesilaus macrosilaus penthesilaus*, *Mimoides ilus branchus*, *Battus laodamas copanae*, *Parides erithalion polyzelus*, *Parides eurimedes mylotes*, *Parides iphidamas iphidamas*, *Parides panares lycimenes*, *Parides sesostris zestos*, *Heraclides anchisiades idaeus*, *Heraclides ornythion ornythion*, *Pterourus esperanza*, *Pterourus garamas abderus*, *Pterourus menatius victorinus*, *Pterourus pilumnus*, *Dismorphia amphione praxinoe*, *Dismorphia eunoe eunoe*, *Dismorphia theucharila fortunate*, *Enantia albania albania*, *Enantia jethys*, *Enantia mazai mazai*, *Phoebis agarithe agarithe*, *Eurema daira Eugenia*, *Eurema xantochlora xantochlora*, *Hesperocharis crocea crocea*). La diferencia en el número de taxones exclusivos es el resultado de comparar dos transectos altitudinales que pertenecen a provincias biogeográficas de distintas vertientes, ya que la sierra de Juárez es el único sistema analizado en el Atlántico, mientras que la Región Loxicha comparte especies con el resto de los transectos del Pacífico, por lo que el recambio no se ve afectado tan drásticamente como la cantidad de subespecies exclusivas.

La Sierra de Atoyac de Álvarez obtuvo un valor de recambio de 1.91, es la segunda región en diversidad de la vertiente pacífica (presentando características fisiográficas similares a la Región Loxicha, con variaciones en la composición vegetal y la disponibilidad de nichos). Esto indica que la riqueza de especies de la zona está influida por los factores históricos involucrados en la formación de este sistema biogeográfico, los cuales dieron como resultado que se compartiera el 68.89% de las especies y dando a Atoyac de Álvarez solo tres exclusivas en este intervalo altitudinal (*Lieinix neblina*, *Abaeis nicippe*, *Hesperocharis graphites avivolans*).

De acuerdo con estos valores, la Sierra de Manantlán presenta la menor heterogeneidad ambiental (con un recambio de 1.86), esto debe estar influido por la comparación entre localidades de media montaña, ya que este sistema fisiográfico solo cuenta con una localidad muestreada en el intervalo de 1200-1800 m de altitud, lo cual repercute en la riqueza considerada para el cálculo del índice de Whittaker.

CONCLUSIÓN

Con este trabajo se agregan cinco nuevos registros de Papilionidae y Pieridae para la Región Loxicha, por lo que la zona cuenta con 63 especies, 24 Papilionidae y 39 Pieridae. Esto la coloca en primer lugar en riqueza de la vertiente del Pacífico mexicano, y como la segunda región más diversa de Oaxaca, al contener el 48% de los Papilionidae y el 60% de los Pieridae referidos para el Estado.

Los valores de los estimadores ($Chao_1$, $Chao_2$, ACE e ICE), señalan que en la mayoría de las localidades (con algunas excepciones en Papilionidae), se obtuvieron valores esperados muy cercanos a los observados, dando una representatividad de más del 87% en general, lo cual indica que el esfuerzo de recolecta realizado a nivel general para la Región (aunque no para todas las localidades), se puede considerar aceptable o satisfactorio para comparaciones.

El patrón de distribución de la riqueza y la abundancia en la Región Loxicha, presenta una disminución conforme el aumento de la altitud. Por lo que muestra mayor diversidad en las elevaciones bajas (EA), para disminuir y permanece casi constante en media/alta montaña, y alcanza los valores mínimos a los 2660 msnm. En este sistema montañoso, también se advierte una distribución de la riqueza en tres pisos altitudinales, el primero por debajo de los 1200 m de altitud (con una diferencia marcada entre elevaciones bajas y medias). El segundo en un intervalo de 1200 a 2000 msnm y el tercero por arriba de 2000 m de altitud.

En la Sierra Madre del Sur (Oaxaca-Guerrero), de manera general, las especies se distribuyen en cuatro pisos altitudinales de montaña, tres ya han sido referidos antes en la literatura y el cuarto se define como el piso cero. Por lo cual el piso cero se podría localizar por debajo de los 800 m de altitud, el piso uno se ubica en el intervalo de 800 a 1600 msnm, el segundo piso se define de 1600 a 2450 m de altitud, y el piso tres se delimita por arriba de 2450 msnm. Estos pisos de montaña se caracterizan por un gradiente de altitud correlacionado al gradiente de vegetación, debido a que a cada piso le corresponde un tipo de vegetación característico.

El análisis de la riqueza de especies en las localidades de los cuatro gradientes: Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y la Región Loxicha; señalan que las especies se distribuyen en cuatro grupos. Los cuales, muestran que las localidades se agrupan por altitud (factores ecológicos), pero que se separan por región fisiográfica (origen geológico). Esto significa que la principal razón para la división de la lepidopterofauna son los factores históricos, ya que las provincias biogeográficas que integran ambas vertientes son determinantes en la composición de especies a escala regional, mientras que a una escala local los factores ecológicos son los que influyen en la riqueza de especies.

En el análisis de similitud a partir del índice de Jaccard, se señala el máximo valor entre la Sierra de Atoyac de Álvarez y la Región Loxicha, debido principalmente a que ambas pertenecen a un mismo sistema fisiográfico, la Sierra Madre del Sur (Oaxaca-Guerrero). Lo cual indica que la distribución de las especies en el área de estudio está fuertemente influenciada por los mismos procesos históricos que originaron todo el sistema fisiográfico.

El recambio de especies entre los cuatro sistemas montañosos, indica que el valor máximo lo alcanza la Sierra de Juárez, lo que concuerda con los datos de la literatura que la señalan como un área de gran riqueza y alta proporción de taxones endémicos (debido a las condiciones biogeográficas del sistema dentro de la vertiente Atlántica, su posición geográfica y sus relaciones con áreas adyacentes que proveen una gran heterogeneidad ambiental a la zona). El segundo sistema montañoso con mayor valor de recambio es la Región Loxicha, lo cual posiciona a la zona como el área con mayor diversidad de Papilionidae y Pieridae en la vertiente Pacífica con una proporción considerable de taxones endémicos. Estos dos sistemas montañosos son los únicos que alcanzan valores por encima de los dos puntos, lo que indica que son áreas megadiversas, que deben la distribución de sus especies a factores históricos (origen geológico), que han alcanzado altos valores de diversidad α y β por los procesos ecológicos y geográficos únicos que se han desarrollado por la combinación de las características fisiográficas del estado de Oaxaca.

EPÍLOGO

Este trabajo refleja la importancia de realizar inventarios faunísticos con un método de recolecta sistemático a lo largo de un gradiente altitudinal, debido a los altos valores de riqueza y recambio de la región. Estos datos deben ser tomados en cuenta para realizar propuestas en el decreto de nuevas áreas bajo protección especial en la zona, con el fin de acelerar los programas de conservación y el apoyo técnico en el manejo sustentable.

Por otra parte, la variación en los límites de los pisos de distribución altitudinal con respecto a cada familia indican que es importante continuar el análisis al resto de las familias de Papilionoidea, así como considerar más transectos altitudinales para determinar si los patrones descritos son consistentes en otros sistemas fisiográficos del país. Además, hacen falta datos de la vertiente Atlántica para corroborar que la distribución de las especies está influida a escala local por factores ecológicos, y que a escala regional son los factores históricos los que determinan la composición lepidopterofaunística en la región Neotropical de México.

REFERENCIAS

- Alcántara O., I. Luna, & A. Velázquez. 2002. Altitudinal distribution patterns of Mexican cloud forests based upon preferential characteristic genera. *Plant Ecology* 161: 167-174.
- Alfaro S.G. 2004. Suelos, pp 44-55. En: García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas (Eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México.
- Álvarez M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A. Umaña, & H. Villarreal. 2005. Insectos, pp 149-184. En: Álvarez M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A. Umaña, & H. Villarreal. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Hidrológicos Alexander Von Humboldt.
- Arita H. & P. Rodríguez. 2001. Ecología Geográfica y Macroecología. pp 63-80. En: Llorente B.J., & J.J. Morrone (Eds). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Arriaga L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, & E. Loa. 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. www.conabio.gob.mx
- Barrera A. 1968. Distribución cliserial de los Siphonaptera del volcán Popocatepetl, su interpretación biogeográfica. *Anales del Instituto de Biología*. 39 (1): 35-100.
- Beccaloni W. & J. Gaston. 1995. Predicting the species richness of Neotropical forest butterflies: Ithimiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation* 71: 77-86.
- Brandle M., S. Öhlschläger, & B. Roland. 2002. Range sizes in butterflies: Correlation across scales. *Evolutionary Ecology Research*, 4(7): 993-1004.
- Brehm G., R.K. Colwell, & J. Kluge. 2007. The role of environment and mid-domain effect on moth species richness along a tropical elevational gradient. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 2005-219.
- Brown J.H. 1988. Species diversity, pp 57-89, En: Myers A.A., & P.A. Giller (Eds). *Analytical Biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Chapman & Hall, Londres.
- Brown J.H., & B.A. Maurer. 1989. Macroecology: The division of food and space among species on continents. *Science*, 243: 1145-1150.

Brown J.H. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators, pp 349-404. En: N. M. Collins & J. Thomas. *The conservation of insects and their habitats*. Academic Press, Londres.

Cardillo M. 1999. Latitude and rates of diversification in birds and butterflies. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 266(1425): 1221-1225.

Centeno-García E. 2004. Configuración geológica del Estado, pp 29-42. En: García-Mendoza A.J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas (Eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México.

Chao A., L. Chazdon, R. Colwell, & S. Tsung-Jen. 2005. Un Nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia, pp 85-96. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio.

Chazdon R., R. Colwell, J. Deslow, & M. Guariguata. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of northeastern Costa Rica, pp. 285-309. En: Dallmeier F. & J.A. Comiskey (Eds). *Forest biodiversity research, monitoring and modeling: Conceptual background and Old World case studies*. Parthenon Publishing, París.

Colwell R., & J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Science*, 345: 101-118.

Colwell, R. 2005. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5*. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.

Colwell R., X. Chang, & J. Chang. 2005. Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia, pp 73-84. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio.

CONABIO. 2006. Conocimiento actual de la Biodiversidad. El conocimiento acerca de las especies, pp 283-321. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO. 2009. Biótica Versión 5.0. Sistema de información biótica Copyright. <http://www.conabio.gob.mx/biotica5/documents/DescargaBiotica.php>

CONANP. 2011. *Listado de Áreas Certificadas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/listado_areas.ph

- Cutz-Pool L.Q., J.V. Palacios, & G.M. Castaño. 2005. Diversidad y abundancia de colémbolos de musgos corticícolas del volcán Iztaccíhuatl. *Revista Entomológica Mexicana*, 4: 171-175.
- DeVries P.J. 1994. Patterns of butterfly diversity and promising topics in natural history and ecological, pp 187-194. En: MacDade, L., K.S. Bawa, G. Hartshorn, & H. Hespenheide (Eds). *La Selva: ecology and natural history of a Neotropical Rainforest*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Escalante T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos de ciencia y cultura*, 52: 53-56.
- Escobar F., J.M. Lobo, & G. Halffter. 2005. Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 327-337.
- Escobar F., G. Halffter, & L. Arellano. 2007. From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography*, 30: 193-208.
- Flores V.O., L.O. Ochoa & C.E. Moreno. 2005. Variación latitudinal y longitudinal de la riqueza de especies y la Diversidad beta de la herpetofauna Mexicana, pp 143-151. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio.
- García-Calderón, N., A. Ibáñez, E. Fuentes, B. Platero, M. Galicia, R. Ramos, I. Mercado, L. Reyes, A. Hernández, & J. Trémols. 2000. Características de los suelos de un sector de Pluma Hidalgo, Sierra Sur de Oaxaca, México, pp 61–67. En: Quintero R., T. Reyna, L. Corlay, A. Ibáñez, & N. García (Eds). *La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI*. Tomo I, CPCA-UNAM-UACH, México.
- García E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. UNAM, México. 243 p.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas. 2005. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México. 605 p.
- Gaston K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405: 220-227.
- Godman F.D., & I.O. Salvin. 1878-1901. *Biología Centrali-Americana*. Zoología, Insecta, Lepidoptera Rhppalocera. Vol I-II (Texto). 782 p.
- Gotelli J.N., & R. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.

Guzmán V. 2009. Distribución altitudinal de los anfibios y reptiles de la Sierra de Coalcomán, Michoacán. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias.

Halffter G. 1964. La entomofauna Americana, ideas acerca de su origen y distribución. *Folia Entomológica Mexicana*, 6: 1-108.

Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos en la Zona de Transición Mexicana: Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Entomologica Mexicana*, 35: 1-64.

Halffter G. 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annales Revista Entomologica*, 32: 95-114.

Halffter G. 1992. La diversidad Biológica de Iberoamérica I. Volumen Especial *Acta Zoológica Mexicana, nueva serie*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. 389 p.

Halffter G. 1998. La diversidad Biológica de Iberoamérica II. Volumen especial *Acta Zoológica Mexicana, nueva serie*. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 337 p.

Halffter, G. & C. Moreno. 2005. Significado de las diversidades alfa, beta y gamma, pp 5-18. En: Halffter G., J. Soberon, P. Koleff & A. Melic (Eds). *M3-Monografías 3er Milenio. CONABIO, DIVERSITAS y S.E.A.* Publicaciones de la Sociedad Entomológica Aragonesa, Volumen 4.

Halffter G., C. Moreno, & O. Pineda. 2001. *Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. M & T- Manuales y Tesis SEA, Volumen 2. Zaragoza. 80 pp.

Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (Eds). 2005. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio. 242 p.

Hawkins B.A. & P.J. Devries. 2009. Tropical niche conservatism and the species richness gradient of North American butterflies. *Journal of Biogeography*, 36(9): 1698-1711.

Hill J. & R. Hill. 2001. Why are tropical rain forest so species rich? Classifying, reviewing and evaluating theories. *Progress in Physical Geography*, 25 (3): 326-354.

Hoffmann C. 1940. Catálogo sistemático y zoogeográfico de los Lepidópteros mexicanos. Primera parte. Papilionoidea. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM. 11(2): 639-739.

Holt R. 1993. Ecology at the mesoscale: The influence of regional processes on local communities, pp 77-88. En: Ricklefs, R. & Schluter E. *Species Diversity in ecological*

communities: Historical and Geographical Perspectives. University Chicago Presses. Chicago.

Humboldt A. 1799-1804. *Le voyage aux regions equinoxiales du Nouveaw Continent*.

Hunter P. 2006. Defining species. *European Molecular Biology Organization*, 7 (8): 763-766.

INEGI. 1999. *Anuario estadístico del estado de Oaxaca*. Tomo I y II.

INEGI. 2005. *Información nacional, por entidad federativa y municipios*. www.inegi.org.mx Última consulta, agosto del 2011.

Janzen D.H. 1967. Why mountain passes are higher in the Tropics. *American Society of Naturalist*, 101 (919): 233-249.

Jiménez V.A., & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Iberoamericana de Aracnología*, 8: 151-158.

Koleff P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. pp 19-40. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (Eds). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio. 242 p.

Kocher S. & E. Williams. 2000. The diversity and abundance of North American butterflies vary with habitat disturbance and geography. *Journal of Biogeography* 27: 785-794.

Krasilnikov, P.V., & N.E. García Calderón. 2005. The soil cover and geomorphic processes in the subtropical altitudinal belt of Sierra Madre del Sur, Mexico. *Eurasian Soil Science*, 38 (10): 1075-1081.

Llorente, J. B. 1984. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia del género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Entomológica Mexicana*, 58: 1-207

Llorente, J.B. & P. Escalante. 1992. Insular biogeography of submontane humid forests in México, pp. 139-146. En: Darwin, S.P. y A.L. Welden, (Eds.). *Biogeography of Mesoamerica*. University of Louisiana.

Llorente J. B., L.O. Oñate, A.M. Luis, & I.F. Vargas. 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: Distribución Geográfica e Ilustración*. Las Prensas de Ciencias. UNAM. México D.F. 229 p.

Llorente B.J., A.M. Luis & I.F. Vargas. 2006. Apéndice general de Papilionoidea: Lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas, pp. 945-1009. En: Morrone,

J.J. y J.B. Llorente (Eds). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Vol. II. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.

Llorente J. B., M. O. Trujano, A. M. Luis, J. Castro & I. F. Vargas. 2006. Patrones de distribución de la familia Pieridae (Lepidoptera), pp 715-770. En Morrone J. J. & J. B. Llorente (Eds). *Componentes bióticos principales de la entomofauna Mexicana*. Las Prensas de Ciencias UNAM. México, D.F.

Lobo J. 2000. ¿Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales?, pp 55-68. En: Martín-Piera F., J.J. Morrone & A. Melic (Eds). *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000*. m3m-Monografías Tercer Milenio, Volumen 1, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza.

Lobo J. & G. Halffter. 2000. Biogeographical and Ecological Factors Affecting the Altitudinal Variation of Mountainous Communities of Coprophagous Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea): a Comparative Study. *Annals of the Entomological Society of America*, 39: 115-126.

López G.A., & G.L. Williams. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, 78: 7-15.

Luis, A., & J.B. Llorente. 1990. Mariposas en el Valle de México: Introducción e Historia. 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dinamos, Magdalena Contreras, D.F., México. *Folia Entomológica Mexicana*, 74: 95-198.

Luis, A., I.F. Vargas & J.B. Llorente. 1991. Lepidopterofauna de Oaxaca I. Distribución y Fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez. *Publicaciones especiales del Museo de Zoología UNAM*, 3: 1-121.

Luis, A., J. Llorente, I. Vargas y A. D. Warren. 2003. Biodiversity and Biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105 (1): 209-224.

Luis, A., J.B. Llorente, A.D. Warren & I.F. Vargas. 2004. Los lepidópteros: papilionoideos y hesperioideos, pp. 331-356. En: García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas (Eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México.

Luis, M.A., J. Llorente e I. Vargas. 2005. Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica, pp. 269-294. En: Llorente, J. y J.J. Morrone (Eds). *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas RIBES*. Las Prensas de Ciencias UNAM. México, D.F.

Luis A. M., M. O. Trujano, J. B. Llorente, & I. F. Vargas. 2006. Patrones de distribución de las subfamilias Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Heliconiinae (Lepidoptera: Nymphalidae), pp 771-865. En Morrone J. J. & J. B. Llorente (Eds). *Componentes bióticos principales de la entomofauna Mexicana*. Las Prensas de Ciencias UNAM. México, D.F.

Maza de la R. 1987. *Mariposas Mexicanas: guía para su colecta y determinación*. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 302 p.

Magurran E. A. 2006. Biological diversity. *Current Biology*, 15 (4): 116-118.

Martín-Piera F. 2000. Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando taxones de alto rango en insectos, pp 35-54. En: Martín-Piera F., J.J. Morrone & A. Melic (Eds). *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: Pribes 2000*. m3m-Monografías Tercer Milenio, Volumen 1, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza.

Medianero E., A. Ibáñez, & J. Nieves. 2010. The importance of Beta diversity in local gall-inducing Arthropod distribution. *Neotropical Entomology*, 39(3): 365-370.

Molina A. & J. León. 2006. Movilidad y especialización ecológica como variables que afectan la abundancia y distribución de Lepidópteros Papilionidos en el Sumidero, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 22 (3): 29-52.

Monteagudo, D., A. Luis, I. Vargas & J. Llorente. 2001. Patrones altitudinales de la diversidad de mariposas en la Sierra Madre del Sur (México). (Lepidoptera: Papilionoidea). *Shilap (Revista de Lepidopterología)*, 29 (115): 207-237.

Morán D.J., P. Corona & G. Tolson. 1996. Uplift and subduction–erosion in southwestern México since Oligocene: pluton barometry constraints. *Earth and Planetary Science Letter*, 141: 51–65.

Moreno C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T- Manuales y Tesis SEA, Volumen 1. Zaragoza. 84 p.

Moreno C. & G. Halffter. 2001. Spatial and temporal análisis of α , β and γ diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and conservation*, 10: 367-382.

Morrone J. J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. M & T- Manuales y Tesis SEA, Volumen 3. Zaragoza. 148 p.

Murphy D., K. Freas, & S. Weiss. 1990. An environment metapopulation approach to population viability analysis for a threatened invertebrate. *Conservation Biology*, 4(1): 41-51.

Oñate O. L., M. O. Trujano, J. B. Llorente, A. M. Luis, & I. F. Vargas. 2006. Patrones de distribución de la familia Papilionidae (Lepidoptera), pp 661-714. . En: Morrone, J.J. y J.B. Llorente (Eds). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Vol. II. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.

Ortega V.D., G.B. Sánchez, C.S. Solano, M.G. Huerta, O.V. Meza, & C.L. Galindo. 2010. *Áreas de conservación certificadas en el estado de Oaxaca*. WWF-CONANP. Oaxaca. 131 p.

Ortiz P.M., J.S. Hernández, & J.M. Figueroa. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico, pp 43-54. En: García-Mendoza, A. J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas (Eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México.

Pianka E. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *The American Naturalist*, 100(910): 33-45.

Pineda E., G. Halffter, C.E. Moreno, & F. Escobar. 2005. Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros: cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos, pp 177-190. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic(Eds). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio.

Rodríguez P. & H. Arita. 2005. La diversidad beta como un elemento integrador de distintos patrones macroecológicos, pp 41-52. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic(Eds). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. Monografías tercer milenio.

Rzedowski. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, DF. 505 p.

Salinas G.J., A.M. Luis, & J.B. Llorente. 2004. Papilionoidea of the evergreen tropical forest of Mexico. *Journal of the Lepidopterist's Society*, 58(3): 125-142.

Sanders J. N. 2002. Elevational gradients in ant species richness: área, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, 25: 25-32.

Slansky F. 1973. Latitudinal gradients in species diversity of the New World swallowtail butterflies. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 11(4): 201-217.

Soberón, J. & J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7: 480-488.

Soberón M. J., J. B. Llorente & A. M. Luis. 2005. Estimación del componente Beta del número de especies de Papilionidae y Pieridae (Insecta: Lepidoptera) de México por métodos indirectos, pp 231-236. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (Eds).

Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama. Monografías tercer milenio.

Sparrow H., T. Sisk, P. Ehrlich, & D. Murphy. 1994. Techniques and guidelines for monitoring Neotropical butterflies. *Conservation Biology*, 8(3): 800-809.

Sreekumar P. & M. Balakrishnan. 2001. Habitat and altitude preference of butterflies in Aralam wildlife sanctuary, Kerala. *Tropical Ecology*, 42(2): 277-281.

Tangah J., J. Hill, K. Hamer, & M. Dawood. 2004. Vertical distribution of fruit-feeding butterflies in Sabah, Borneo. *Sepilok Bulletin*, 1(17): 17-27.

Tati S.S., A.F. Amasya, & D.N. Choesin. 2007. Butterfly (Lepidoptera: Rhopalocera) distribution along an altitudinal gradient on mount Tangkuban Parahu, west Java, Indonesia. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 55 (1): 175-178.

Torres C.R. 2004. Tipos de vegetación, pp 105-120. En: García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas (Eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México.

Trejo I. 2004. Clima, pp 67-86. En: García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez & M.A. Briones-Salas (Eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México.

Vargas, I., J.B. Llorente & A.M. Luis. 1992. *Lepidopterofauna de Guerrero 1: Distribución y Fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Atoyac*. Publicaciones especiales del Museo de Zoología (UNAM). 2: 1-127.

Vargas I., J.B. Llorente & A.M. Luis. 1999. *Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra de Manantlán (250-1650 m) en los estados de Jalisco y Colima*. Publicaciones especiales del Museo de Zoología (UNAM). 11: 1-153.

Vargas I. F., M. O. Trujano, J. B. Llorente, & A. M. Luis. 2006. Patrones de distribución de las subfamilias Ithomiinae, Morphinae y Charaxinae (Lepidoptera: Nymphalidae), pp 867-943. En Morrone J. J. & J. B. Llorente (Eds). *Componentes bióticos principales de la entomofauna Mexicana*. Las Prensas de Ciencias UNAM. México, D.F.

Vázquez D.P. & R.D. Stevens. 2004. The latitudinal gradient in niche breadth: concepts and evidence. *The American naturalist*, 164 (1): 19.

Viloria A. 2002. *Limitaciones que ofrecen distintas interpretaciones taxonómicas y biogeográficas al inventario de lepidópteros hiperdiversos de las montañas Neotropicales y a sus posibles aplicaciones*. Monografías SEA 3er. Milenio. 2:173-190. Zaragoza.

Apéndice I. Especies de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha registradas en la literatura y la megabase de datos MARIPOSA

La lista que a continuación se ofrece resume los registros de especies de las familias Papilionidae y Pieridae que han sido colectados o referidos para la Sierra Madre del Sur-Oaxaca (región Loxicha), en publicaciones concernientes a trabajos taxonómicos o biogeográficos de estas taxa en el estado de Oaxaca, así como de la consulta de la base de datos "MARIPOSA" del Museo de Zoología "Alfonso Luis Herrera" de la facultad de ciencias, UNAM.

La bibliografía consultada se refiere solo a trabajos taxonómicos sistemáticos, por esta razón solo se presentan los resultados de tres trabajos representativos con registros de la zona de estudio: Hoffmann (1940); De la maza (1987); Luis *et al.*, (1991); y Llorente *et al.*, (1997); estas referencias aparecen citadas en las referencias literarias de este trabajo. Otros trabajos fueron consultados, pero al no contar con referencias explícitas que detallaran el área ocupada (municipio o región), no fueron tomados en cuenta en la elaboración de este apéndice.

Las especies de cada familia se encuentran enlistadas de acuerdo a un orden filogenético, y están marcadas para cada referencia con un número del uno al siete con base a la localidad donde fueron referidas o colectadas, o sin algún número si no se cuenta con algún registro para la especie en el área de estudio. La localidad de cada número está referida al final del cuadro, y se refieren con más detalle a continuación:

Número	Localidad	Especificaciones
1	Sierra Madre del Sur	Se hace la referencia a todo el sistema fisiográfico, pero con la acotación de que solo en el estado de Oaxaca. Esta localidad solo se toma en cuenta en el trabajo de Hoffman (1940).
2	Candelaria Loxicha	Este registro solo hace alusión al municipio Candelaria Loxicha, pero no especifican más localidades dentro de él.
3	Portillo del Rayo	Esta localidad pertenece al municipio Candelaria Loxicha.
4	San José del Pacífico	Esta localidad pertenece al municipio de San Mateo Río Hondo.
5	La Soledad	Esta localidad pertenece al municipio Candelaria Loxicha.
6	Pluma Hidalgo	El registro solo hace referencia al municipio del mismo nombre, pero no hacen más especificaciones al respecto.
7	San Miguel Suchixtepec	La localidad hace referencia al municipio San Miguel Suchixtepec, pero no se cuenta con más datos.

Especie	Hoffmann, 1940	Maza de la, 1987	Luis et al., 1991	Llorente et al., 1997	MARIPOSA
Papilionidae					
Papilioninae					
<i>Protographium agesilaus fortis</i>	1	2	2	2	2
<i>Protographium epidaus fenochionis</i>				2	2
<i>Protographium philolaus philolaus</i>				2	2
<i>Protesilaus macrosilaus penthesilaus</i>		2	2	2	2
<i>Mimoides ilus occiduus</i>	1		2	2	2
<i>Mimoides phaon phaon</i>				2	2
<i>Mimoides thymbraeus aconophos</i>		3	2, 3	2, 3	2
<i>Battus laodamas copanae</i>					2
<i>Battus philenor philenor</i>				2	
<i>Battus polydamas polydamas</i>				2	2
<i>Parides erithalion trichopus</i>	1		2	2	2
<i>Parides montezuma</i>			2	2	2
<i>Parides photinus</i>		3	3	3	3, 4
<i>Heraclides anchisiades idaeus</i>			2	2	2
<i>Heraclides androgeus reyesorum</i>			2, 5	2	2
<i>Heraclides astyalus bajaensis</i>					2
<i>Heraclides cresphontes</i>		3	2, 3	2	2
<i>Heraclides erostratus vazquezae</i>		3	3	3	
<i>Heraclides ornythion ornythion</i>					2
<i>Heraclides rogeri pharnaces</i>	1		2	2	2
<i>Heraclides thoas autocles</i>			2	2	2
<i>Pterourus garamas baroni</i>		3			3
<i>Pterourus menatius morelius</i>	1		2	2	2
Pieridae					
Dismorphinae					
<i>Dismorphia amphione isolda</i> , 1984			2	2	2
<i>Enantia mazai diazi</i>			2,3	2	2,3
<i>Lieinix nemesis nayaritensis</i>				2	2,3,6
Coliadinae					
<i>Zerene cesonia cesonia</i>			2	2	2
<i>Anteos maerula</i>			2	2	2
<i>Phoebis agarithe agarithe</i>			2	2	2
<i>Phoebis argante</i> ssp. n.			2	2	2
<i>Phoebis neocypris virgo</i>			2	2	2
<i>Phoebis philea philea</i>			2	2	2
<i>Phoebis sennae marcellina</i>			2	2	2
<i>Rhabdodryas trite</i> ssp. n.			2	2	2
<i>Aphrissa statira statira</i>			2	2	2
<i>Pyrisitia dina westwoodi</i>				2	2
<i>Pyrisitia nise nelphe</i>			2	2	2
<i>Pyrisitia proterpia</i>			2,5	2	2
<i>Eurema albula celata</i>			2	2	2
<i>Eurema arbela boisduvaliana</i>			2	2	2

<i>Eurema दौरa sidonia</i>			2	2	2
<i>Eurema mexicana mexicana</i>			2	2	2
<i>Eurema salome jamapa</i>			2	2	2,3,4,6,7
<i>Nathalis iole</i>				2	2
Pierinae					
<i>Hesperocharis costaricensis pasion</i>			2	2	2,4,6
<i>Hesperocharis graphites avivolans</i>		4	4	4	4
<i>Eucheira socialis socialis</i>			2		6,7
<i>Catasticta flisa flisa</i>		3	2	2	2,3,4,6
<i>Catasticta nimbice nimbice</i>		3	3	3	
<i>Catasticta teutila flavifaciata</i>				7	2
<i>Pereute charops sphocra</i>		3	2	3	2,6
<i>Melete lycimnia isandra</i>			2	2	2
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i>			2	2	2
<i>Leptophobia aripa elodia</i>			2	2	2
<i>Itaballia demophile centralis</i>					2
<i>Pieriballia viardi viardi</i>	1				2
<i>Ascia monuste monuste</i>					2
<i>Ganyra josephina josepha</i>					2
1: Sierra Madre del Sur; 2: Candelaria Loxicha; 3: Portillo del Rayo; 4: San José del Pacífico; 5: La Soledad; 6: Pluma Hidalgo y 7: San Miguel Suchixtepec					

Apéndice II. Incidencia de especies por localidad de Papilionidae y Pieridae de la Región Loxicha (Sierra Madre del Sur, Oaxaca).

La lista que a continuación se presenta señala los registros de Papilionidae y Pieridae recolectados en la Sierra Madre del Sur (Región Loxicha), durante tres años (2008, 2009 y 2011).

Se presentan las especies ordenadas con base en el arreglo sistemático de Llorente *et al.*, 2006, y se señala la abundancia de cada una en las nueve localidades muestreadas (columna Izquierda), así como la incidencia de especies por tipo de vegetación (columna derecha). El orden de las localidades consideradas para el estudio se estableció con base en su altitud, y también se anexa el tipo de vegetación correspondiente a cada una en el siguiente cuadro:

Caracterización de las localidades de recolecta				
Municipio	Localidad	Siglas	Altitud	Vegetación
Candelaria Loxicha	El Azulillo	EA	380	BTP
Candelaria Loxicha	Portillo del Rayo	PR	1200-1530	BMM
Pluma Hidalgo	Finca "La Aurora"	FA	1170	BMM - BTP
Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo, 3 km W	PL	1190	BMM - BTP
Pluma Hidalgo	La Pasionaria	LP	1500-1650	BMM
Candelaria Loxicha	La Soledad	LS	1470	BMM
San Miguel Suchixtepec	Puente Arroyo el Guajolote	EG	2000-2150	BPE-BMM
San Mateo Río Hondo	San José del Pacífico, 1 Km S	SJ	2280-2400	BPE-BMM
San Mateo Río Hondo	El Manzanal, 3km N de la Doncella	LD	2660	BPE

Claves de tipos de vegetación: BTP=Bosque tropical perenifolio; BMM= Bosque mesófilo de montaña, BPE=Bosque de pino-encino.

	EA	FA	PH	PR	LS	LP	EG	SJ	LD	BTP	BMM/ BTP	BMM	BPE/ BMM	BPE
Papilionidae														
Papilioninae														
<i>Protographium agesilaeus fortis</i>	1									1				
<i>Protographium epidaus fenochionis</i>	16									1				
<i>Protographium philolaus philolaus</i>	4									1				
<i>Protosilaeus macrosilaeus penthesilaeus</i>	32									1				
<i>Mimoides ilus occiduus</i>	5	1	1							1				
<i>Mimoides phaon phaon</i>	9			3						1		1		
<i>Battus polydamas polydamas</i>					1									
<i>Parides erithalion trichopus</i>	5	1	2	1						1		1		
<i>Parides photinus</i>					3	16	10					1		1
<i>Heracides anchisiades idaeus</i>	8									1				
<i>Heracides androgeus reyesorum</i>	2									1				
<i>Heracides astyalus bajaensis</i>	2				2					1		1		
<i>Heracides crespontes</i>	3									1				
<i>Heracides erostratus vasquezae</i>		1		1							1	1		
<i>Heracides ornythion ssp. n</i>	2									1				
<i>Heracides rogeri pharnaces</i>	4			1						1		1		
<i>Heracides thoas autocles</i>	36	1		5	1					1	1	1		
<i>Pterourus garamas baroni</i>			1	2	20	15	2	4			1	1		1
<i>Pterourus menatius morelius</i>	2		1							1				
<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i>							5	11						1

<i>Eurema salome jamapa</i>	15	79	180	230	308	99	35	163	16	1	1	1	1	1
<i>Nathalis iole</i>		1	4	2	7	1	2	7	2	1	1	1	1	1
Pierinae														
<i>Hesperocharis costaricensis pasion</i>	3	2	8	2	1	2				1	1	1		
<i>Hesperocharis graphites avivolans</i>							2	10	25				1	1
<i>Catanticta flisa flisa</i>		28	30	8	12	16	6	4		1	1	1	1	1
<i>Catanticta oaxaca</i>							2	13					1	
<i>Catanticta nimbice nimbice</i>							2	4					1	
<i>Catanticta teutila flavifaciata</i>					1			2	9			1	1	1
<i>Pereute charops sphocra</i>		3	3			30				1	1			
<i>Melete lycimnia isandra</i>	37													
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i>	13		2	2						1	1	1		
<i>Leptopobia aripa elodia</i>	2	17	133	15	38	17	29	34	4	1	1	1	1	1
<i>Itaballia demophile centralis</i>	97			7			1			1	1	1	1	1
<i>Pieriballia viardi viardi</i>	4		2	1						1	1	1		
<i>Ascia monuste monuste</i>	2	1	1							1	1			
<i>Ganyra josephina josepha</i>		3		2			1	1	1	1	1	1	1	1

Apéndice III. Papilionidae y Pieridae en Sierra de Manantlán, Sierra de Atoyac de Álvarez, Sierra de Juárez y la Región Loxicha.

La lista resume los registros de especies de las familias Papilionidae y Pieridae de los trabajos faunísticos de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), Sierra de Atoyac de Álvarez (Guerrero), Sierra de Manantlán (Jalisco) y Sierra de Juárez (Oaxaca). Es una lista que solo marca la presencia (1) o ausencia (0) de las especies en cada localidad de los cuatro sistemas montañosos.

La primera columna muestra el número asignado a las especies de Papilionidae y Pieridae, el resto de las columnas señala presencia o ausencia para cada localidad. Esta recopilación muestra la distribución de las especies en cuatro gradientes altitudinales que van de 100-2800 msnm a lo largo de las vertientes Atlántica y Pacífica de México. Primero se presentan los datos de las localidades, posteriormente la numeración de las especies y por último la lista de incidencia de especies en los cuatro sistemas montañosos.

Caracterización de las localidades de recolecta			
Sierra de Manantlán			
Agua Dulce	AD	250	BTS
Platanarillos	PL	350	BTS
La Calera	LC	650	BTS
Zenzontla	ZE	800	BTC
Ahuacapan	AH	900	BTC
Los Mazos	LM	1600	BMM
Sierra de Atoyac de Álvarez			
Rincón de las Parotas	RP	300	BTS
Río Santiago	RS	680	BTS
Puente los Lugardo	PL	800	BTS
El Faisanal	EF	1250	BTS/BMM
Nueva delhi	ND	1400	BMM
Los Retrocesos	LR	1600	BMM
La Golondrina	LG	1800	BMM
El Descanso	ED	2000	BPE/BMM
El Iris	EI	2100	BPE/BMM
Puerto del Gallo	PG	2450	BPE/BMM
Sierra de Juárez			
Naranjal Chiltepec	NCH	100	BTP
Jacatepec	JAC	100	BTP
La Soledad	SOL	100	BTP
Ojoche	OJO	100	BTP
Valle Nacional	VAL	100	BTP
Yetla	YET	150	BTP

Cerro Armadillo	ARM	250	BTP
Soyolapan el Bajo	SOY	300	BTP
Puerto Eligio	PUE	650	BTP/BMM
Matates	MET	900	BMM/BTP
La Quebradora-Antonio	QUE	1300	BMM
Vista Hermosa	VIS	1600	BMM
La Esperanza	ESP	1750	BMM
El Suspiro	SUS	2000	BMM
San Isidro-Yolox	ISI	2000	BMM
Brecha 60	60	2450	BMM/BPE
Cerro Pelón	PEL	2800	BPE
Cerro Machin	MAC	2800	BPE
Región Loxicha			
El Azulillo	EA	380	BTP
Finca "La Aurora"	FA	1170	BMM/BTP
Portillo del Rayo	PR	1200	BMM
Pluma Hidalgo, 3 km W	PH	1190	BMM/BTP
La Soledad	LS	1470	BMM
La Pasionaria	LP	1500	BMM
El Guajolote	EG	2000	BPE/BMM
San José del Pacifico, 1 km S	SJ	2280	BPE/BMM
La Doncella, 3 km N	LD	2660	BPE

Papilionidae**Baroniinae**

1. *Baronia brevicornis brevicornis*

Papilioninae

2. *Protographium agesilaus fortis*
3. *Protographium agesilaus neosilaus*
4. *Protographium calliste calliste*
5. *Protographium epidaus epidaus*
6. *Protographium epidaus fenochionis*
7. *Protographium epidaus tepicus*
8. *Protographium philolaus philolaus*
9. *Protographium thyastes occidentalis*
10. *Protesilaus macrosilaus penthesilaus*
11. *Mimoides ilus branchus*
12. *Mimoides ilus occiduus*
13. *Mimoides phaon phaon*
14. *Mimoides thymbraeus aconophos*
15. *Battus eracon*
16. *Battus ingenuus*
17. *Battus laodamas copanae*
18. *Battus laodamas iopas*
19. *Battus lycidas*
20. *Battus philenor philenor*
21. *Battus polydamas polydamas*
22. *Parides erithalion polyzelus*
23. *Parides erithalion trichopus*
24. *Parides eurimedes mylotes*
25. *Parides iphidamas iphidamas*
26. *Parides montezuma*
27. *Parides panares lycimenes*
28. *Parides photinus*
29. *Parides sesostris zestos*
30. *Heraclides anchisiades idaeus*
31. *Heraclides androgeus epidaurus*
32. *Heraclides androgeus reyesorum*
33. *Heraclides astyalus bajaensis*
34. *Heraclides cresphontes*
35. *Heraclides erostratus vasquezae*
36. *Heraclides ornythion ornythion*
37. *Heraclides ornythion ssp. n.*
38. *Heraclides rogeri pharnaces*
39. *Heraclides thoas autocles*
40. *Papilio polyxenes asterius*
41. *Pterourus esperanza*
42. *Pterourus garamas garamas*
43. *Pterourus garamas abderus*
44. *Pterourus garamas baroni*
45. *Pterourus menatius morelius*
46. *Pterourus menatius victorinus*
47. *Pterourus multicaudata multicaudata*
48. *Pterourus pilumnus*

Pieridae**Dismorphinae**

49. *Dismorphia amphione isolda*
50. *Dismorphia amphione lupita*
51. *Dismorphia amphione praxinoe*
52. *Dismorphia eunoe eunoe*

53. *Dismorphia theucharila fortunata*
54. *Enantia albania albania*
55. *Enantia jethys*
56. *Enantia lina marion*
57. *Enantia mazai mazai*
58. *Enantia mazai diazi*
59. *Lieinix neblina*
60. *Lieinix nemesis atthis*
61. *Lieinix nemesis nayaritensis*

Coliadinae

62. *Zerene cesonia cesonia*
63. *Anteos clorinde*
64. *Anteos maerula*
65. *Phoebis agarithe agarithe*
66. *Phoebis argante ssp. n.*
67. *Phoebis neocypris virgo*
68. *Phoebis philea philea*
69. *Phoebis sennae marcellina*
70. *Rhabdodryas trite ssp. n.*
71. *Aphrissa statira statira*
72. *Abaeis nicippe*
73. *Pyrisitia dina westwoodi*
74. *Pyrisitia lisa centralis*
75. *Pyrisitia nise nelphe*
76. *Pyrisitia proterpia*
77. *Eurema albula celata*
78. *Eurema arbela boisduvaliana*
79. *Eurema दौरa eugenia*
80. *Eurema दौरa sidonia*
81. *Eurema mexicana mexicana*
82. *Eurema salome jamapa*
83. *Eurema xantochlora xantochlora*
84. *Nathalis iole*
85. *Kricogonia lyside*

Pierinae

86. *Hesperocharis costaricensis pasion*
87. *Hesperocharis crocea crocea*
88. *Hesperocharis crocea jaliscana*
89. *Hesperocharis graphites avivolans*
90. *Archonias brassolis approximata*
91. *Charonias eurytele nigrescens*
92. *Catasticta flisa flisa*
93. *Catasticta nimbice nimbice*
94. *Catasticta oaxaca*
95. *Catasticta teutila flavifaciata*
96. *Pereute charops charops*
97. *Pereute charops leonilae*
98. *Pereute charops sphocra*
99. *Melete lycimnia isandra*
100. *Glutophrissa drusilla tenuis*
101. *Pontia protodice*
102. *Leptophobia aripa elodia*
103. *Itaballia demophile centralis*
104. *Itaballia pandosia kicaha*
105. *Pieriballia viardi viardi*
106. *Perrhybris pamela*
107. *Ascia monuste monuste*
108. *Ganyra josephina josepha*

Loc	AD	PL	LC	ZE	AH	LM	RP	RS	PL	EF	ND	LR	LG	ED	EI	PG	NCH	JAC	SOL	OJO	VAL	YET	ARM	SOY
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
12	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
14	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
26	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1

Loc	PUE	MET	QUE	VIS	ESP	SUS	ISI	60	PEL	MAC	EA	FA	PR	PH	LS	LP	EG	SJ	LD	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
13	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
22	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
29	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nunca olvides qué eres, porque, desde luego, el mundo no lo va a olvidar. Conviértelo en tu mejor arma, así nunca será tu punto débil. Úsalo como armadura y nadie podrá utilizarlo para herirte.

George R. R. Martin