



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ANÁLISIS PANBIOGEOGRÁFICO DE PAPILIONIDAE Y  
PIERIDAE (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) EN  
MÉXICO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A**

**MARYSOL TRUJANO ORTEGA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. EN C. MOISÉS ARMANDO LUIS MARTÍNEZ**



**2004**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
AZÍTLA II  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Análisis panbiogeográfico de Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) en México" realizado por Marysol Trujano Ortega con número de cuenta 09533830-3, quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

- Director de Tesis
- Propietario M. en C. Moisés Armando Luis Martínez
- Propietario Dr. Jorge Enrique Llorente Bousquets
- Propietario Dr. Juan José Morrone Lupi
- Suplente M. en C. Olivia Yáñez Ordóñez
- Suplente Dra. Tanía Escalante Espinosa

*ff*  
*MS*  
*MS*  
*MS*

Consejo Departamental de Biología

*[Signature]*  
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



*Con todo mi amor y respeto a todas aquellas personas que  
tocaron mi corazón en algún momento*

*“Nosotros (la indivisa divinidad  
que opera en nosotros) hemos  
soñado el mundo. Lo hemos  
soñado resistente, misterioso, visible,  
ubicuo en el espacio y firme en el  
tiempo, pero hemos consentido  
en su arquitectura tenues y eternos  
intersticios se sinrazón para saber  
que es falso”*

*J.L. Borges*

*Avatares de las tortugas*

## AGRADECIMIENTOS

GRACIAS!!!!!!! a todos los que estuvieron implicados de alguna manera, pues este trabajo cierra un ciclo en mi vida profesional y personal (valga que me costó!!!) y abre infinitas oportunidades de crecimiento!!!!!!

Agradezco profundamente a mi comité tutorial por la atención que me prestaron para la realización y conclusión de éste trabajo, así como sus atinados comentarios y consejos:

M. en C. Moisés Armando Luis, Dr. Jorge Llorente Bousquets, Dr. Juan José Morrone, Dra. Tania Escalante y M. en C. Olivia Yánez.

A ti Armando, por brindarme tu apoyo, paciencia y conocimientos; así como tu enorme corazón y amistad. !!!Gracias!!!!

A ti Jorge por ser un amigo más que un maestro conmigo, por confiar y creer en mí.

A ti Olivia por dejarme conocerte y aconsejarme siempre que lo necesité.

A ti Tania por que sin conocerme confiaste en mí.

A ti Juan José por ser un ejemplo a seguir y por tu calidad humana.

Y doy un !!!gracias!! a todos ustedes por cobijarme y permitirme un rincón en su espacio y corazón; por respetar mi tiempo.

Gracias a CONACyT por el apoyo económico brindado en la realización de éste trabajo.

A mis compañeros y maestros del museo por que me brindaron su ayuda incondicional y sus comentarios, y que de manera directa o indirecta se hallaban a mi lado, por su tiempo, sonrisas y disponibilidad: Alejandro Gordillo, César Ríos, Isabel Vargas, Nanda, Yochis, Luis Canseco, Beto, Rox, Blanca, Chente, etc, etc,...

Agradezco a mi madre por su infinito amor, por respetarme y apoyarme en mis decisiones y por estar siempre dispuesta a ayudarme para realizar mis sueños.

Gracias papá por enseñarme a perseguir mis sueños, por inculcarme la lucha, la confianza y el respeto. Gracias, porque la esencia de la mujer que ahora soy es gracias a ustedes.

A mis hermanos: Rosalía, César y Karla por compartir su vida conmigo, por su apoyo y ayuda. Gracias a Pepe, Marisol, Cefe, Lola, etc., por ser parte de mi familia.

Gracias Alex por caminar de la mano conmigo, por tu amor y tu apoyo; por alegrarte con mis éxitos y por creer en mí, por ese hijo hermoso que tenemos y por la vida que nos espera !!!!!

Gracias Kin, por transformarme la vida; por educarme con tan solo tu año de vida, por tus sonrisas y llantos; y por compartir esta etapa tan hermosa!!!!

A Rosa Ma. por mostrarme un mundo alterno, a Luis Aguilera por creer en mí, a Don Herminio por sus preocupaciones y consejos, a Marieta por linda. Gracias a mi otra familia: Chío, Hilda, Pau, Micki, Hilda, Micki papá, etc.

A mis entrañables amigas y amigos que sin importar la distancia y el tiempo seguimos conectados: Itzel, Clariss, Gaby, Ricardo y Germán; por ser incondicionales. Laura, por que no te olvido. Marichú, Alex, Rosalía por todo el debraye. A ti Gordito por ser mi amigo y maestro, por tu paciencia y tu cariño. Rubén por encaminarme en esto y por marcar una importante etapa en mi vida. A todos aquellos que cruzaron sus caminos conmigo en algún momento: gatito, Fer, Octavio, Adán, Shiva, Ana, Edgardo, Sergio, etc..

Doy las gracias!!!! al Gran Espíritu por dejarme sentir el viento, el agua, por la luz del sol y el fuego de la Tierra; por la vida...

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN . . . . .	1
INTRODUCCIÓN . . . . .	2
ANTECEDENTES . . . . .	4
Biogeografía y Conservación . . . . .	7
Panbiogeografía . . . . .	8
Análisis de Parsimonia de Endemismos . . . . .	10
¿Y los insectos? . . . . .	11
Regionalización . . . . .	12
Zona de Transición Mexicana . . . . .	13
Provincias Biogeográficas . . . . .	13
Conservación . . . . .	16
Áreas Naturales Protegidas . . . . .	17
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves . . . . .	18
Regiones Terrestres Prioritarias de México . . . . .	20
JUSTIFICACIÓN . . . . .	22
OBJETIVOS . . . . .	23
Objetivo general . . . . .	23
Objetivos particulares . . . . .	23
MATERIAL Y MÉTODO . . . . .	24
Trazos Individuales . . . . .	25
Análisis de Parsimonia de Endemismos con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE) . . . . .	26
Nodos panbiogeográficos y su comparación con otros taxones y con áreas de importancia biológica . . . . .	27
RESULTADOS . . . . .	29
Trazos individuales . . . . .	29
Trazos generalizados . . . . .	56
Componente Neotropical . . . . .	67
Componente Baja California . . . . .	69
Trazo Nuevo León-Tamaulipas . . . . .	70
Nodos panbiogeográficos . . . . .	71
Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con otros grupos taxonómicos . . . . .	73
Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las áreas importantes para la conservación en México . . . . .	75
Áreas Naturales Protegidas . . . . .	75
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves . . . . .	75
Regiones Terrestres Prioritarias de México . . . . .	76
DISCUSIÓN . . . . .	78
Los métodos biogeográficos históricos . . . . .	79
Homologías biogeográficas . . . . .	81
Componente Neotropical . . . . .	82
Componente Baja Californiano . . . . .	84
Trazo Nuevo León-Tamaulipas . . . . .	86
Zonas de convergencia . . . . .	87
CONCLUSIONES . . . . .	90
LITERATURA CITADA . . . . .	92
APÉNDICES	

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Pág.

### Cuadros

Cuadro 1. Clasificación biogeográfica de México. . . . .	12
Cuadro 2. Provincias biogeográficas de México. . . . .	15
Cuadro 3. Resultados obtenidos a partir del análisis de PAE-PCE. . . . .	56
Cuadro 4. Trazos generalizados y provincias biogeográficas. . . . .	60
Cuadro 5. Provincias biogeográficas y especies que definen a los trazos generalizados. . . . .	62
Cuadro 6. Patrones más generalizados. . . . .	67

### Figuras

Figura 1. Provincias biogeográficas de México. . . . .	16
Figura 2. Áreas Naturales Protegidas de México. . . . .	18
Figura 3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. . . . .	19
Figura 4. Regiones Terrestres Prioritarias de México. . . . .	21
Figura 5. Trazo individual de <i>Anthocharis cethura cethura</i> . . . . .	31
Figura 6. Trazo individual de <i>Anthocharis sara sara</i> . . . . .	31
Figura 7. Trazo individual de <i>Ascia monuste rasa</i> . . . . .	31
Figura 8. Trazo individual de <i>Colias alexandra harfordii</i> . . . . .	31
Figura 9. Trazo individual de <i>Euchloe lotta</i> . . . . .	31
Figura 10. Trazo individual de <i>Ganyra howarthi</i> . . . . .	31
Figura 11. Trazo individual de <i>Paramidea lanceolata</i> . . . . .	32
Figura 12. Trazo individual de <i>Phoebis agarithe fisheri</i> . . . . .	32
Figura 13. Trazo individual de <i>Pontia beckerii</i> . . . . .	32
Figura 14. Trazo individual de <i>Pontia sisymbrii sisymbrii</i> . . . . .	32
Figura 15. Trazo individual de <i>Zerene cesonia eurydice</i> . . . . .	32
Figura 16. Trazo individual de <i>Papilio polyxenes zelicaon</i> . . . . .	32
Figura 17. Trazo individual de <i>Pterourus antinous</i> . . . . .	33
Figura 18. Trazo individual de <i>Pterourus glaucus rutulus</i> . . . . .	33
Figura 19. Trazo individual de <i>Dismorphia amphiona lupita</i> . . . . .	33
Figura 20. Trazo individual de <i>Eurema दौरa sidonia</i> . . . . .	33
Figura 21. Trazo individual de <i>Lieinix nemesis nayaritensis</i> . . . . .	33
Figura 22. Trazo individual de <i>Prestonia clarki</i> . . . . .	33
Figura 23. Trazo individual de <i>Pereute charops leonilae</i> . . . . .	34
Figura 24. Trazo individual de <i>Battus eracon</i> . . . . .	34
Figura 25. Trazo individual de <i>Heraclides astyalus bajaensis</i> . . . . .	34
Figura 26. Trazo individual de <i>Heraclides ormythion ssp.</i> . . . . .	34
Figura 27. Trazo individual de <i>Mimoides ilus occiduus</i> . . . . .	34
Figura 28. Trazo individual de <i>Protographium agesilaus fortis</i> . . . . .	34
Figura 29. Trazo individual de <i>Pieris rapae rapae</i> . . . . .	35
Figura 30. Trazo individual de <i>Aphrissa statira statira</i> . . . . .	35
Figura 31. Trazo individual de <i>Ascia monuste monuste</i> . . . . .	35
Figura 32. Trazo individual de <i>Eurema albula celata</i> . . . . .	35
Figura 33. Trazo individual de <i>Ganyra josephina josepha</i> . . . . .	35
Figura 34. Trazo individual de <i>Glutophrissa drusilla tenuis</i> . . . . .	36
Figura 35. Trazo individual de <i>Kricogonia lyside</i> . . . . .	36

Figura 36.	Trazo individual de <i>Phoebis agarithe agarithe</i> .	36
Figura 37.	Trazo individual de <i>Phoebis argante ssp.</i>	36
Figura 38.	Trazo individual de <i>Phoebis neocypris virgo</i> .	36
Figura 39.	Trazo individual de <i>Phoebis philea philea</i> .	36
Figura 40.	Trazo individual de <i>Pieriballia viardi viardi</i> .	37
Figura 41.	Trazo individual de <i>Pyrisitia dina westwoodi</i> .	37
Figura 42.	Trazo individual de <i>Pyrisitia lisa centralis</i> .	37
Figura 43.	Trazo individual de <i>Pyrisitia nise nelphe</i> .	37
Figura 44.	Trazo individual de <i>Rhabdodryas trite ssp.</i>	37
Figura 45.	Trazo individual de <i>Battus polydamas polydamas</i> .	37
Figura 46.	Trazo individual de <i>Heraclides androgeus epidaurus</i> .	38
Figura 47.	Trazo individual de <i>Parides montezuma</i> .	38
Figura 48.	Trazo individual de <i>Protesilaus macrosilaus penthesilaus</i> .	38
Figura 49.	Trazo individual de <i>Protographium philolaus philolaus</i> .	38
Figura 50.	Trazo individual de <i>Catasticta nimbice nimbice</i> .	38
Figura 51.	Trazo individual de <i>Anthocharis limonea</i> .	39
Figura 52.	Trazo individual de <i>Catasticta teutila teutila</i> .	39
Figura 53.	Trazo individual de <i>Enantia mazai diazi</i> .	39
Figura 54.	Trazo individual de <i>Eucheira socialis socialis</i> .	39
Figura 55.	Trazo individual de <i>Hesperocharis crocea jaliscana</i> .	39
Figura 56.	Trazo individual de <i>Hesperocharis graphites avivolans</i> .	39
Figura 57.	Trazo individual de <i>Baronia brevicornis brevicornis</i> .	40
Figura 58.	Trazo individual de <i>Battus laodamas iopas</i> .	40
Figura 59.	Trazo individual de <i>Heraclides erostratus vazquezae</i> .	40
Figura 60.	Trazo individual de <i>Heraclides torquatus mazai</i> .	40
Figura 61.	Trazo individual de <i>Mimoides thymbraeus aconophos</i> .	40
Figura 62.	Trazo individual de <i>Parides erithalion trichopus</i> .	40
Figura 63.	Trazo individual de <i>Protographium epidaus fenochionis</i> .	41
Figura 64.	Trazo individual de <i>Pterourus garamas garamas</i> .	41
Figura 65.	Trazo individual de <i>Pterourus menatius morelius</i> .	41
Figura 66.	Trazo individual de <i>Pterourus menatius ssp.</i>	41
Figura 67.	Trazo individual de <i>Eucheira socialis westwoodi</i> .	41
Figura 68.	Trazo individual de <i>Neophasia terfooii</i> .	41
Figura 69.	Trazo individual de <i>Parides alopis</i> .	42
Figura 70.	Trazo individual de <i>Protographium epidaus tepicus</i> .	42
Figura 71.	Trazo individual de <i>Colias philodice philodice</i> .	42
Figura 72.	Trazo individual de <i>Catasticta flisa flisa</i> .	42
Figura 73.	Trazo individual de <i>Hesperocharis costaricensis pasion</i> .	42
Figura 74.	Trazo individual de <i>Itaballia demophile centralis</i> .	43
Figura 75.	Trazo individual de <i>Melete lycimnia isandra</i> .	43
Figura 76.	Trazo individual de <i>Heraclides anchisiades idaeus</i> .	43
Figura 77.	Trazo individual de <i>Parides photinus</i> .	43
Figura 78.	Trazo individual de <i>Pterourus pilumnus</i> .	43
Figura 79.	Trazo individual de <i>Pterourus glaucus garcia</i> .	44
Figura 80.	Trazo individual de <i>Pterourus palamedes leontis</i> .	44
Figura 81.	Trazo individual de <i>Catasticta nimbice ssp.</i>	44
Figura 82.	Trazo individual de <i>Dismorphia amphione praxinoe</i> .	44
Figura 83.	Trazo individual de <i>Dismorphia eunoe eunoe</i> .	44
Figura 84.	Trazo individual de <i>Dismorphia eunoe popoluca</i> .	44
Figura 85.	Trazo individual de <i>Enantia albania albania</i> .	45
Figura 86.	Trazo individual de <i>Enantia jethys</i> .	45

Figura 87.	Trazo individual de <i>Enantia mazai mazai</i> . . . . .	45
Figura 88.	Trazo individual de <i>Eurema दौरा eugenia</i> . . . . .	45
Figura 89.	Trazo individual de <i>Eurema xantochlora xantochlora</i> . . . . .	45
Figura 90.	Trazo individual de <i>Ganyra phaloe tiburtia</i> . . . . .	45
Figura 91.	Trazo individual de <i>Hesperocharis crocea crocea</i> . . . . .	46
Figura 92.	Trazo individual de <i>Pereute charops charops</i> . . . . .	46
Figura 93.	Trazo individual de <i>Heraclides astyalus pallas</i> . . . . .	46
Figura 94.	Trazo individual de <i>Heraclides erostratus erostratus</i> . . . . .	46
Figura 95.	Trazo individual de <i>Heraclides torquatus tolus</i> . . . . .	46
Figura 96.	Trazo individual de <i>Heraclides ornythion ornythion</i> . . . . .	46
Figura 97.	Trazo individual de <i>Mimoides phaon phaon</i> . . . . .	47
Figura 98.	Trazo individual de <i>Mimoides thymbraeus thymbraeus</i> . . . . .	47
Figura 99.	Trazo individual de <i>Parides erithalion polyzelus</i> . . . . .	47
Figura 100.	Trazo individual de <i>Protographium calliste calliste</i> . . . . .	47
Figura 101.	Trazo individual de <i>Protographium epidaus epidaus</i> . . . . .	47
Figura 102.	Trazo individual de <i>Pterourus garamas abderus</i> . . . . .	47
Figura 103.	Trazo individual de <i>Pterourus glaucus alexiars</i> . . . . .	48
Figura 104.	Trazo individual de <i>Pterourus menatius victorinus</i> . . . . .	48
Figura 105.	Trazo individual de <i>Catasticta teutila flavifaciata</i> . . . . .	48
Figura 106.	Trazo individual de <i>Catasticta teutila</i> ssp. 1. . . . .	48
Figura 107.	Trazo individual de <i>Dismorphia amphione isolda</i> . . . . .	48
Figura 108.	Trazo individual de <i>Pereute charops sphocra</i> . . . . .	48
Figura 109.	Trazo individual de <i>Pterourus garamas baroni</i> . . . . .	49
Figura 110.	Trazo individual de <i>Catasticta nimbece ochracea</i> . . . . .	49
Figura 111.	Trazo individual de <i>Catasticta teutila</i> ssp. 2 . . . . .	49
Figura 112.	Trazo individual de <i>Colias philodice guatemalena</i> . . . . .	49
Figura 113.	Trazo individual de <i>Enantia lina</i> ssp. . . . .	49
Figura 114.	Trazo individual de <i>Hesperocharis graphites graphites</i> . . . . .	50
Figura 115.	Trazo individual de <i>Lieinix lala lala</i> . . . . .	50
Figura 116.	Trazo individual de <i>Pereute charops nigricans</i> . . . . .	50
Figura 117.	Trazo individual de <i>Baronia brevicornis rufodiscalis</i> . . . . .	50
Figura 118.	Trazo individual de <i>Eurytides salvini</i> . . . . .	50
Figura 119.	Trazo individual de <i>Heraclides erostratus erostratus</i> . . . . .	50
Figura 120.	Trazo individual de <i>Parides panares lycimenes</i> . . . . .	51
Figura 121.	Trazo individual de <i>Pterourus garamas electryon</i> . . . . .	51
Figura 122.	Trazo individual de <i>Aphrissa boisduvalii</i> . . . . .	51
Figura 123.	Trazo individual de <i>Archonias brassolis approximata</i> . . . . .	51
Figura 124.	Trazo individual de <i>Charonias eurytele nigrescens</i> . . . . .	51
Figura 125.	Trazo individual de <i>Dismorphia criscia virgo</i> . . . . .	51
Figura 126.	Trazo individual de <i>Dismorphia theucharila fortunata</i> . . . . .	52
Figura 127.	Trazo individual de <i>Enantia lina marion</i> . . . . .	52
Figura 128.	Trazo individual de <i>Eurema agave millerorum</i> . . . . .	52
Figura 129.	Trazo individual de <i>Itaballia pandosia kicaha</i> . . . . .	52
Figura 130.	Trazo individual de <i>Lieinix nemesis atthis</i> . . . . .	52
Figura 131.	Trazo individual de <i>Perrhybris pamela chajulensis</i> . . . . .	52
Figura 132.	Trazo individual de <i>Battus ingenuus</i> . . . . .	53
Figura 133.	Trazo individual de <i>Battus lycidas</i> . . . . .	53
Figura 134.	Trazo individual de <i>Parides sesostris zestos</i> . . . . .	53
Figura 135.	Trazo individual de <i>Protographium dioxippus lacandonos</i> . . . . .	53
Figura 136.	Trazo individual de <i>Protographium thyastes marchandii</i> . . . . .	53
Figura 137.	Trazo individual de <i>Battus laodamas copanae</i> . . . . .	54

Figura 138. Trazo individual de <i>Mimoides ilus branchus</i> . . . . .	54
Figura 139. Trazo individual de <i>Parides eurimedes mylotes</i> . . . . .	54
Figura 140. Trazo individual de <i>Parides iphidamas iphidamas</i> . . . . .	54
Figura 141. Trazo individual de <i>Parides panares panares</i> . . . . .	54
Figura 142. Trazo individual de <i>Protographium agesilaus neosilaus</i> . . . . .	54
Figura 143. Trazo individual de <i>Battus philenor acauda</i> . . . . .	55
Figura 144. Trazo individual de <i>Heraclides rogeri rogeri</i> . . . . .	55
Figura 145. Cladograma de áreas obtenido de la matriz original con PAUP . . . . .	57
Figura 146. Trazo generalizado I. . . . .	63
Figura 147. Trazo generalizado II . . . . .	63
Figura 148. Trazo generalizado III . . . . .	63
Figura 149. Trazo generalizado IV . . . . .	63
Figura 150. Trazo generalizado V . . . . .	63
Figura 151. Trazo generalizado VI . . . . .	63
Figura 152. Trazo generalizado VII . . . . .	64
Figura 153. Trazo generalizado VIII . . . . .	64
Figura 154. Trazo generalizado IX . . . . .	64
Figura 155. Trazo generalizado X . . . . .	64
Figura 156. Trazo generalizado XI . . . . .	64
Figura 157. Trazo generalizado XII . . . . .	64
Figura 158. Trazo generalizado XIII . . . . .	65
Figura 159. Trazo generalizado XIV . . . . .	65
Figura 160. Trazo generalizado XV . . . . .	65
Figura 161. Trazo generalizado XVI . . . . .	65
Figura 162. Trazo generalizado XVII . . . . .	65
Figura 163. Trazo generalizado XVIII . . . . .	65
Figura 164. Trazo generalizado XIX . . . . .	66
Figura 165. Trazo generalizado XX . . . . .	66
Figura 166. Componente Neotropical . . . . .	69
Figura 167. Componente Baja Californiano. . . . .	70
Figura 168. Trazo Nuevo León-Tamaulipas. . . . .	71
Figura 169. Nodo Sierra Madre Oriental . . . . .	72
Figura 170. Nodo Sierra Madre Oriental y las provincias biogeográficas . . . . .	73
Figura 171. Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con los nodos de otros grupos taxonómicos . . . . .	74
Figura 172. Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las Áreas Naturales Protegidas de México . . . . .	75
Figura 173. Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves . . . . .	76
Figura 174. Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las Regiones Terrestres Prioritarias de México . . . . .	77

## RESUMEN

Se compararon los patrones de distribución de 140 especies y subespecies de papiliónidos y piéridos en México, mediante el método panbiogeográfico y el análisis de parsimonia de endemismos. Se obtuvieron 20 trazos generales anidados en tres patrones: Componente Neotropical, Componente Baja Californiano y Trazo general Nuevo León-Tamaulipas. Estos patrones se sobrepusieron obteniendo una única zona de convergencia denominada con base en su ubicación: nodo Sierra Madre Oriental. Lo que sugiere un origen compuesto para la provincia, como lo han hecho otros autores con base en otros métodos y diferentes grupos taxonómicos. Los nodos resultan importantes por que representan zonas de contacto biótico con elementos taxonómicos que tienen diferentes orígenes, además de ser áreas con alta riqueza específica por lo que su protección es prioritaria.

El nodo Sierra Madre Oriental no coincidió con ninguna área natural protegida lo que enfatiza la necesidad de mayores estudios para las regiones norteñas del país. No obstante, si se ubicó en los límites de muchas de las subdivisiones propuestas para la provincia, coincidió con un nodo hallado para aves terrestres y se encontró cercano a otros encontrados para mamíferos y plantas, lo cual recalca que a pesar de la falta de inclusión de los insectos en la toma de decisiones para la conservación de áreas, en el caso de las mariposas diurnas, éstas parecen reflejar bien los procesos históricos que han ocurrido.

## INTRODUCCIÓN

La sobreexplotación de especies, la extracción de individuos de sus poblaciones a una tasa más acelerada de la que se puede recuperar, la alteración de hábitats, la expansión de tierras destinadas a actividades agropecuarias, la alteración de patrones hidrológicos, la introducción intencional o no de especies exóticas y la liberación de sustancias químicas y contaminantes a los ecosistemas (Crisci *et al.*, 2000; Martín-Piera, 2001), son algunas causas directas de la pérdida de la biodiversidad.

La biodiversidad puede definirse como las diferencias geográficas en concentración (*hot spots*) y composición de los linajes evolutivos; es decir, la biodiversidad posee una estructura espacial tanto en su evolución como en su existencia actual (Craw *et al.*, 1999; Morrone, 2000b). También puede ser definida como el conjunto formado por los seres vivos, su abundancia relativa, su asociación en ecosistemas y los procesos ecológicos que llevan a cabo, lo que da como resultado el funcionamiento observado en el planeta (Álvarez, 2001).

La biodiversidad abarca distintos niveles, desde el genético hasta el ecosistémico, en donde resulta claro que las especies representan unidades que poseen una dimensión espacial y una temporal que reflejan los procesos evolutivos a los cuales se han visto sometidas, aportándonos una idea de la historia de la vida sobre la Tierra. De esta manera, la diversidad biológica es comprendida, en el presente trabajo, como el resultado de la historia de la vida sobre la Tierra, expresada en los cambios de la forma a través del espacio y del tiempo (Crisci *et al.*, 2000), analizable mediante mapas biogeográficos (Morrone, 2000b).

México es un país biológicamente importante, ya que con excepción de la tundra, cuenta con todos los tipos de vegetación del planeta y posee una zona de transición o de convergencia entre las biotas Neártica y Neotropical, lo que ha favorecido la evolución de especies endémicas, estas razones hacen de él uno de los siete países con un mayor porcentaje de la biodiversidad del planeta (Soberón y Llorente, 1993). En cuanto a la fauna de mariposas diurnas o ropalocerológica, México se coloca como el décimo país más diverso ya que posee cerca de 10% de los lepidópteros de todo el mundo (Luis *et al.*, 2000). Sin embargo, también se ubica entre los primeros que están perdiendo su riqueza biológica a pasos gigantescos, debido

al acelerado deterioro ambiental (Toledo, 1988; Mittermeier y Goettsch, 1992; Flores y Navarro, 1993; Ordóñez y Flores, 1995), dado lo anterior resulta necesario detener la declinación de la biodiversidad regional y global así como establecer medidas y propuestas de soluciones para contrarrestar dicho deterioro y al mismo tiempo desarrollar estrategias que tiendan a la conservación.

Para lograr una preservación más eficiente y el uso sustentable de la biodiversidad, es preciso evaluarla bajo la mayor cantidad de perspectivas posibles; es decir, tanto a nivel específico como de sus ecosistemas, donde las dimensiones ecológica y evolutiva proporcionan los marcos teóricos de referencia para desarrollar las medidas adecuadas que resuelvan las cuestiones que hoy en día se plantean con relación a la conservación (Martín-Piera, 1997; Morrone, 2000b). No obstante, esta tarea no resulta nada sencilla pues es difícil documentar la estructura de la biodiversidad, aplicar esta información a problemas reales y brindar a la vez soluciones económicas eficaces (Grehan, 1990; Morrone, 2000b), más que nada por la falta de recursos y de tiempo para obtener resultados que ayuden en la toma de decisiones (Ríos, 2002).

En este contexto, la biogeografía histórica ofrece alternativas metodológicas que permiten analizar e interpretar los patrones de distribución biológicos, con lo que es posible identificar centros de diversidad y su importancia jerárquica, lo cual puede llegar a ser clave para determinar prioridades en la selección de áreas para su conservación y el uso sustentable de diferentes ecosistemas (Reynoso, 1994; Morrone y Espinosa, 1998; Morrone, 2000b; Escalante, 2003). Estos métodos pueden analizar grandes áreas geográficas a partir de relativamente pocos datos, ofreciendo resultados a corto plazo y con costos de presupuesto bajos (Reynoso, 1994).

En el presente trabajo se utilizarán dos métodos de la biogeografía histórica, panbiogeografía y Análisis de Parsimonia de Endemismos, con el propósito de encontrar zonas compuestas biótica y geológicamente para dos familias de mariposas, que puedan sustentar áreas ya propuestas para conservar o constituyan áreas novedosas e importantes en la toma de decisiones para la protección de la biodiversidad.

## ANTECEDENTES

La panbiogeografía ha permitido mediante análisis biogeográficos proponer áreas para la conservación de la diversidad biológica (Morrone y Crisci, 1992), los cuales han sido utilizados para muy pocos grupos biológicos y para muy pocas regiones del planeta. Grehan (2001) menciona que a partir de la segunda mitad de la década de los 90's, la panbiogeografía ha formado parte del interés de autores de América Latina, del sudoeste del Pacífico y Europa, donde se han realizado estudios con este método utilizando biota andina, flora colombiana, herpetofauna mesoamericana, escorpiones, chinches, crustáceos, compuestas, esponjas marinas, dípteros, ciempiés, odonatos, copépodos, cléridos, Cycadales y Conferales (Coscarón y Morrone, 1995; Cortes y Franco, 1997; Coscarón, 1997; Mattoni y Acosta, 1997; Hadju, 1998; Heads, 1998, 1999; Kolibáe, 1998; Matile, 1998, 1999; Wilson y McCranie, 1998; Contreras-Medina *et al.*, 1999; Katinas *et al.*, 1999; Morrone y Pereira, 1999; DeMarmels, 2000; Menu-Marque *et al.*, 2000). Katinas *et al.* (1999), Morrone (1999) y Franco (2001) aplicaron el método panbiogeográfico en América Latina utilizando taxones de plantas vasculares, animales y hongos.

En México, cada vez más se realizan trabajos utilizando este método *v. gr.* Contreras-Medina y Eloisa-León (2001) hicieron un estudio general del país utilizando diversos taxones tales como reptiles, gimnospermas, insectos, aves y mamíferos; además emplearon siete especies de lepidópteros: *Battus lycidas*, *Catasticta flisa*, *Dismorphia theucharila*, *Leptophobia aripa*, *Lieinix nemesis*, *Parides sesostris* y *Pereute charops*. Entre los estudios realizados con plantas vasculares y métodos biogeográficos para determinar trazos generalizados y nodos con un enfoque conservacionista se encuentran los de Contreras-Medina *et al.* (1999), Luna-Vega *et al.* (2000), Luna-Vega y Contreras-Medina (2000). En cuanto a taxones animales, Álvarez (2001) empleó al grupo de las aves, analizó su situación y propuso áreas para su conservación en el país y Aguilar-Aguilar y Contreras-Medina (2001) utilizaron a los mamíferos marinos y Escalante (2003) y Escalante *et al.* (2003) a los mamíferos terrestres, como modelos de estudio en investigaciones panbiogeográficas donde obtuvieron trazos generalizados y nodos. Dentro del grupo de los artrópodos, se citan los trabajos de Morrone y Márquez (2001), Gutiérrez y Acosta (2004) y Ochoa *et al.* (2003), los cuales usaron escarabajos, sifonápteros y lepidópteros, respectivamente, en los que además se usó el análisis de parsimonia de

endemismos, se propusieron áreas importantes para su conservación, se analizaron las relaciones con sus huéspedes y se sugirieron los límites entre las regiones Neártica y Neotropical.

El análisis de parsimonia de endemismos (PAE, por sus siglas en inglés) ha sido aplicado como indicador de áreas que resultan urgentes de conservar por su gran diversidad biológica. El método se ha utilizado básicamente para encontrar hipótesis de relaciones entre áreas y descubrir los trazos generalizados mediante cladogramas de áreas (Morrone y Escalante, 2002).

García-Barros *et al.* (2002) propusieron una modificación del método llamada PAE-PCE (*Parsimony analysis of endemicity with progressive character elimination*) para detectar áreas de endemismo por medio de la distribución de taxones de plantas y animales en las Islas Baleares y la Península Ibérica con un enfoque conservacionista.

Algunos trabajos realizados en México, con plantas vasculares de los bosques mesófilos de montaña y aplicando la panbiogeografía y el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) con el fin de postular hipótesis de relaciones a partir de la obtención de cladogramas de áreas son: Luna-Vega *et al.* (1999), donde encontraron que la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y Serranías Meridionales no representan unidades naturales; Luna-Vega *et al.* (2000) propusieron una localidad del estado de Hidalgo como importante para conservar mediante el uso del mismo método; y Luna-Vega y Alcántara-Ayala (2001) postularon una hipótesis de relación entre los fragmentos de bosques mesófilos de México.

Morrone y Márquez (2001) utilizaron el PAE con coleópteros de la Zona de Transición Mexicana propuesta por Halffter para clasificar áreas y obtener trazos generalizados, encontrando dos patrones: el Mesoamericano (más extendido hacia el norte) y el Neártico de Halffter.

En cuanto a los grupos de vertebrados, Escalante *et al.* (2003) realizaron un análisis de las ecorregiones de México usando a los mamíferos como modelo y utilizó el PAE para encontrar áreas de endemismo y proponerlas para su conservación. Escalante y Morrone (2003) usaron datos de mamíferos de México para hacer una evaluación del PAE y dieron un panorama general de las variantes que existen de este método. Rojas-Soto *et al.* (2003) analizan la distribución de las aves en Baja California, México, establecen relaciones entre áreas, mediante PAE de cuadrículas y GARP (*Genetic Algorithm for Rule-set Prediction*).

La entomofauna con demasiada frecuencia es excluida de muchas de las propuestas para la conservación de áreas en México. Existen varios trabajos en cuanto a la conservación

de lepidópteros en el Neotrópico (Brown, 1991) y otras regiones del mundo como Italia, Hungría, Australia y Japón (Llorente *et al.*, 1993), pero desafortunadamente no en nuestro país.

Dentro de las mariposas diurnas (Rhopalocera) y en especial dentro de la superfamilia Papilionoidea, las familias Papilionidae y Pieridae, han sido las más estudiadas hasta el momento, razón por la cual su taxonomía se encuentra en un nivel bastante aceptable o completo respecto al conocimiento morfológico grueso o tradicional de las especies (Llorente *et al.*, 1997; Oñate, 2004). Estas dos familias incluyen 161 subespecies, en 129 especies, y 46 géneros, pertenecientes a seis subfamilias; de este total 54 de ellas son consideradas como endémicas a México (Llorente *et al.*, 1997; Oñate, 2004)

A continuación se mencionan algunos de los trabajos taxonómicos y biogeográficos de estos grupos: Rothschild y Jordan (1906) hicieron una revisión de los trabajos referentes a los papilionidos americanos y trataron de corregir los errores existentes en la literatura, mostrando la variabilidad sexual secundaria y los genitalia. Klots (1931-1932) brindó una clasificación genérica de la familia Pieridae basada en los genitales de los machos y dio un panorama del conocimiento que hasta entonces se tenía, básicamente trabajos taxonómicos a nivel de especie. D'Almeida (1966) revisó la sistemática de las Papilionidae y en especial del género *Papilio*, actualizó la sistemática y la nomenclatura, además dio las distribuciones geográficas de los taxones e hizo una crítica a Rothschild; Beutelspacher y Howe (1984) ofrecieron una síntesis del origen y evolución de las mariposas y calculó el número de especies y de taxones endémicos de México. Scoble (1992) dió un panorama del conocimiento de las dos familias a nivel mundial, sugiriendo números de especies, filogenia, morfología, taxonomía y clasificación. Llorente *et al.* (1997) hicieron una revisión de las dos familias y brindaron literatura acerca de ellas, los sitios donde han sido colectadas, mapas de distribución geográfica e ilustraciones que sirven como claves de identificación. Ochoa *et al.* (2003) hicieron un análisis panbiogeográfico de los géneros *Adelpha*, *Hamadryas*, *Dismorphia*, *Enantia*, *Lieinix* y *Pseudopieris*; en el cual encontraron cinco trazos generalizados y dos nodos que propusieron como zonas importantes biótica y geológicamente.

En lo referente al estudio de los lepidópteros de estas dos familias resta efectuar trabajos de distribución geográfica, variabilidad geográfica, reconocimiento preciso de las subespecies o razas geográficas que componen a cada especie, filogenia y conservación (Llorente *et al.*, 1997).

## **Biogeografía y Conservación**

La biogeografía se define como la disciplina que se encarga de estudiar la distribución de los seres vivos en el tiempo y en el espacio, además de tratar de describir, comprender y explicar los procesos y patrones de tales distribuciones geográficas a diferentes niveles taxonómicos (Llorente y Espinosa, 1991; Morrone y Crisci, 1995; Crisci *et al.*, 2000; Crisci, 2001; Morrone, 2001b). Se ha propuesto la existencia de dos tipos de biogeografía, los cuales se diferencian en las escalas espaciales y temporales que maneja cada una. La biogeografía ecológica maneja escalas de tiempo relativamente cortas, ocurre en el espacio presente y explica los patrones de distribución mediante fuerzas físicas que operan actualmente; mientras que la biogeografía histórica se ocupa de cómo los procesos que sucedieron a escalas temporales muy grandes y cuyas fuerzas físicas afectaron a los patrones de distribución espaciales (Llorente y Espinosa, 1991; Morrone y Crisci, 1995; Crisci *et al.*, 2000; Crisci, 2001; Morrone, 2001b).

En su mayoría, los criterios prioritarios en la interpretación de la biodiversidad siguen siendo cuantitativos; dejando de lado los factores geográficos e históricos, razón por la cual resulta necesario y urgente elaborar programas de investigación que incluyan una perspectiva espacial y temporal bajo la cual se analice y evalúe a la biodiversidad (Ulfstrand, 1992; Brown y Lomolino, 1998).

Existen en el planeta diversas áreas que tienen una representación taxonómica diferente, esta variación geográfica de los organismos se refleja en sus patrones de distribución y es en este esquema donde la biogeografía aplica métodos que permiten mapear, entender y explicar los componentes que se están dando en la distribución geográfica de la biodiversidad (Grehan, 1993; Morrone y Espinosa, 1998).

La biogeografía se relaciona con la conservación de los seres vivos en el sentido en que toma en cuenta las dimensiones espacial y temporal de las distribuciones geográficas de los organismos. Esta disciplina ha desarrollado métodos que constituyen herramientas ideales para planificar y diseñar áreas naturales protegidas (Grehan, 1997; Craw *et al.*, 1999; Morrone, 1999; Crisci *et al.*, 2000).

De acuerdo con Crisci *et al.* (2000), el papel de la biogeografía en la conservación apunta hacia dos sentidos fundamentales: uno descriptivo, el cual se enfoca exclusivamente al estudio de los patrones de distribución de las especies, en la determinación de las áreas de distribución, áreas de endemismo y en la comparación de biotas correspondientes a distintas

áreas. El segundo es más analítico, en donde se reconocen homologías espaciales y se determinan las relaciones existentes entre diferentes áreas.

El reto de la biología de la conservación es el de documentar el carácter espacio-temporal, el cual representa la estructura evolutiva de la biodiversidad a través de un sistema de clasificación natural, lo que implica la monofilia de las unidades estudiadas (Morrone, 2000b).

## **Panbiogeografía**

En la década de 1950, Léon Croizat observó que algunos organismos que mostraban diferentes formas de dispersión también mostraban similitudes en sus patrones de distribución, lo que lo llevó a inferir que estas similitudes en los patrones de distribución sugerían que taxones diferentes podían mostrar historias comunes, en virtud de que sus ancestros ocuparon el mismo espacio geográfico y estuvieron sujetos a las mismas fuerzas físicas pasadas, como cambios climáticos, geomorfológicos y geológicos (Craw *et al.*, 1999). Croizat desarrolló una metodología para representar la geometría espacial de la diversidad en mapas a la que llamó panbiogeografía, la cual se basa en la idea que la Tierra y la biota evolucionan juntas (Morrone y Crisci, 1990, 1995; Llorente y Espinosa, 1991; Craw *et al.*, 1999; Llorente *et al.*, 2000; Morrone, 2000a; Crisci, 2001).

El enfoque panbiogeográfico reafirma la importancia de la distribución en el espacio-tiempo para cualquier intento de comprensión de la historia de la vida sobre la Tierra (Craw *et al.*, 1999; Crisci, *et al.*, 2000); además de que la correlación entre gráficos de distribución y atributos geomorfológicos conduce a la formulación de hipótesis contrastables acerca de las relaciones históricas entre la evolución de las distribuciones y la historia de la Tierra (Grehan, 2001), lo que vino a modificar la forma de pensar de ese momento, que básicamente era dispersalista.

La panbiogeografía es un método de la biogeografía histórica que permite determinar las relaciones históricas entre las áreas biogeográficas (Morrone y Crisci, 1992), considerando que cuando los factores climáticos y geográficos son favorables las especies se encuentran en un estado de movilidad por lo que su área de distribución se expande activamente. Si los organismos han ocupado todo el espacio geográfico o ecológico disponible, su distribución se estabiliza y entonces pueden ocurrir casos de especiación producidos por eventos vicariantes (Croizat, 1958; Morrone y Crisci, 1990; Craw *et al.*, 1999; Morrone, 2000 a,b). Por esto, los

patrones de distribución constituyen una base de datos empírica para el análisis biogeográfico, al mismo tiempo que proveen información acerca de dónde, cómo y cuándo evolucionó la biota (Grehan, 2001).

Existen varias formas de realizar un estudio aplicando la metodología panbiogeográfica, en donde una de las variantes es realizar un análisis de una área determinada utilizando un grupo en particular de organismos (Aguilar-Aguilar y Contreras-Medina, 2001), la cual se ajusta a los propósitos perseguidos en este estudio.

El método panbiogeográfico consiste básicamente en hacer mapas de puntos de distribución de los taxones en estudio a partir de sus coordenadas geográficas, las cuales representan los sitios en el espacio donde se sabe que los organismos existen. Las localidades más cercanas se unen mediante líneas que siguen el criterio de distancia mínima, generando un grafo acíclico denominado trazo individual. Los trazos individuales se comparan al superponerlos y aquellos que coinciden generan patrones de distribución que muestran ser homologías espaciales llamadas trazos generalizados, y que representan biotas pasadas que se encontraban distribuidas en ese espacio extensamente y que posteriormente sufrieron eventos vicariantes, ya sea por factores climáticos o geológicos. En los lugares en los que los trazos generalizados se juntan o cruzan, encontramos zonas compuestas llamadas nodos, con diferentes orígenes tanto bióticos como geológicos, lo cual significa que éstos interactuaron en espacio y tiempo como consecuencia de colisiones o arribos de tierra, y que además se caracterizan por una gran riqueza de especies (Llorente y Espinosa, 1991; Morrone y Crisci, 1992, 1995; Craw *et al.*, 1999; Crisci *et al.*, 2000; Morrone, 2000b; Contreras-Medina y Eloisa León, 2001; Crisci, 2001).

Los conceptos y métodos de la panbiogeografía son aplicables a problemas de biodiversidad tanto locales como globales, porque proporcionan criterios útiles para la documentación, mapeo y reconocimiento de las características espaciales naturales de la biodiversidad, además con este método se expresa la riqueza relativa en el área y la riqueza de orígenes históricos en forma simultánea, lo que hace de ella una herramienta que brinda una visión novedosa sobre el problema de la determinación de áreas a conservar en un periodo corto de tiempo (Craw, 1989; Morrone y Crisci, 1992; Craw *et al.*, 1999). También constituye una primera etapa para encontrar patrones de distribución que permiten establecer homologías espaciales y no necesita la filogenia de los taxones involucrados para la elaboración de éstos. El método se aplica de manera inmediata, aporta elementos de juicio para la sistemática en la búsqueda de relaciones de parentesco entre los taxones y genera predicciones novedosas de

la historia tectónica, además de proveer de una base biogeográfica en el desarrollo actual de la teoría evolutiva, ecología del comportamiento y morfología (Contreras-Medina y Eloisa-León, 2001).

### **Análisis de Parsimonia de Endemismos**

El análisis de parsimonia de endemismos (PAE por sus siglas en inglés) constituye una herramienta de la biogeografía histórica que clasifica localidades, áreas o cuadrículas (análogas a taxones) de acuerdo con los taxones que comparten (análogos a caracteres), mediante el criterio de simplicidad o parsimonia (Rosen, 1988; Rosen y Smith, 1988; Morrone y Crisci, 1995; Crisci *et al.*, 2000; Crisci, 2001; Escalante y Morrone, 2003). Este método expresa trazos panbiogeográficos en un esquema jerárquico (Smith, 1992), lo cual es uno de los objetivos perseguidos en el presente estudio.

Crisci *et al.* (1999) mencionaron la existencia de tres tipos de análisis que utilizan algoritmos de simplicidad: el de Rosen (1988), llamado análisis de simplicidad de endemismos basado en localidades; el de Craw (1988), nombrado análisis de simplicidad de endemismos basado en áreas de endemismo; y el propuesto por Morrone (1994), denominado análisis de simplicidad de endemismos basado en cuadrículas. Un área de endemismo resulta de la superposición de la distribución de dos o más taxones, lo cual corresponde con el concepto de trazo generalizado en panbiogeografía, que es producto de la superposición de más de dos trazos individuales de diferentes taxones (Crisci *et al.*, 2000). Con base en este argumento, se utilizó la propuesta de Craw (1988) tomando como áreas de endemismo un sistema de regionalización del país, las provincias biogeográficas de Morrone *et al.* (2002).

## ¿Y los insectos?

Los insectos son el componente mayoritario de la biodiversidad, la cual se integra tanto por el número de especies como por todas las interacciones intra e interespecíficas que sostienen (Erwin, 1992; Martín-Piera, 1997). El grupo de los insectos incluye más de la mitad (53%) del total de los organismos vivos conocidos en el planeta (Halffter *et al.*, 2001). Se estima que existen entre dos y 40 millones de insectos que aún no se describen, donde la mayor diversidad se concentra en las regiones tropicales y de transición (Erwin y Scott, 1980; Morón y Valenzuela-González, 1993).

Es importante desde una perspectiva científica, que se incluya a los insectos en el reparto geográfico, evaluación y conservación de la biodiversidad, por lo que resulta necesario tener conocimiento de su distribución geográfica en el espacio para tomar decisiones sobre su conservación y preservación (Erwin, 1992; Martín-Piera, 1997), donde la estrategia será encontrar las áreas con mayor diversidad en linajes evolutivos y endemismo.

Algunos grupos de insectos han recibido mayor interés en nuestro país. De acuerdo con Morón y Valenzuela-González (1993) los órdenes de Collembola, Odonata, Thysanoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera (Papilionoidea), Psocoptera, Hymenoptera, Siphonaptera y Diptera han sido los más estudiados.

Dentro del orden Lepidoptera, la superfamilia Papilionoidea o mariposas diurnas representa el 13% del total de los lepidópteros mundiales. Esta fauna presenta patrones de riqueza y endemismo diferentes dentro del territorio mexicano, de este modo la mayor riqueza se encuentra en la región sureste de la República, principalmente asociada a bosques tropicales perennifolios; mientras que la fauna endémica está asociada principalmente con comunidades xéricas del noroccidente del país y a los bosques húmedos de montaña (Llorente y Luis, 1993; Luis *et al.*, 2000, 2003). Esta superfamilia contiene taxones que han demostrado ser importantes en aspectos de impacto ambiental como indicadores de perturbación del hábitat, en el monitoreo de poblaciones animales y muchos otros estudios ecológicos y genéticos en hábitats terrestres; además de ser fáciles de recolectar e identificar, lo que los convierte en un taxón modelo para estudios de biodiversidad y conservación (Llorente *et al.*, 1996; Luis *et al.*, 2000; Oñate, 2004). Sin embargo la conservación de las mariposas depende de cuánto se conserve el hábitat, de su continuidad y de que tan estable sea el ecosistema; por ejemplo cambios ligeros en el hábitat pueden ocasionar extinciones locales, pero algunos tipos de perturbación favorecen el incremento de ciertas poblaciones (Llorente *et al.*, 1993), por lo

que el análisis y la interpretación histórica y ecológica de las áreas donde se distribuyen es de gran relevancia para la protección de éste grupo de taxones.

### Regionalización

El territorio mexicano es una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Ramamoorthy *et al.*, 1998). De acuerdo con Morrone (2001a), la región Neártica comprende las áreas templado-frías de América del Norte, desde Canadá hasta el norte de México. Las cinco provincias incluidas en esta región se encuentran representadas en nuestro país y se extienden hasta el sur de los Estados Unidos de América; excepto la provincia de Baja California. Estas provincias son agrupadas por Morrone (2001a) en la subregión Pacífica Norteamericana y forman un grupo peninsular (California y Baja California) y otro continental (Sonora, Altiplano Mexicano y Tamaulipas) (Cuadro 1).

La Región Neotropical abarca los trópicos americanos, desde el norte de México hasta el centro de Argentina y comprende cuatro subregiones: Caribeña, Amazónica, Chaqueña y Paraense. La subregión Caribeña comprende 29 provincias de las cuales nueve se encuentran representadas en el centro y sur de México (Cuadro 1).

REGIÓN	SUBREGIÓN	PROVINCIAS
Neártica	Pacífica Norteamericana	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ California</li> <li>◆ Baja California</li> <li>◆ Sonora</li> <li>◆ Altiplano Mexicano</li> <li>◆ Tamaulipas</li> </ul>
Neotropical	Caribeña	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>Sierra Madre Occidental</b></li> <li>◆ <b>Sierra Madre Oriental</b></li> <li>◆ <b>Eje Volcánico Transmexicano</b></li> <li>◆ <b>Depresión del Balsas</b></li> <li>◆ <b>Sierra Madre del Sur</b></li> <li>◆ Costa Pacífica Mexicana</li> <li>◆ Golfo de México</li> <li>◆ Península de Yucatán</li> <li>◆ Chiapas</li> </ul>

**Cuadro 1. Clasificación biogeográfica de México.** Regiones, subregiones y provincias biogeográficas presentes en México de acuerdo con Morrone (2001a). En negritas se muestran las provincias que conforman la Zona de Transición Mexicana.

## **Zona de Transición Mexicana**

Algunos autores han intentado establecer los límites entre la región Neártica y Neotropical en el continente Americano (por ejemplo, Escalante *et al.*, en prensa) basados en la observación de que distintos taxones presentan distribuciones espaciales similares y por lo tanto los límites de tales distribuciones también son parecidos, ya que coexistieron en un mismo espacio y tiempo y han estado sometidos a las mismas presiones ecológicas y geológicas, lo que les confiere una historia biogeográfica común (Halffter, 1976, 1978).

Desde sus primeras obras, Halffter se interesó por los patrones espaciales que se presentan en las dos grandes regiones zoogeográficas que entran en contacto en México (Reyes-Castillo, 2003), especialmente la de los insectos y vertebrados (Halffter, 1962, 1964, 1965). De este modo, él postuló la existencia de la Zona de Transición Mexicana como el área que va del río Bravo (frontera de México y Estados Unidos de América) a Guatemala y las tierras altas del Salvador y Nicaragua (Halffter, 1964). El 70% del territorio comprendido dentro de esta zona, se encuentra a los 1000 msnm y las principales cordilleras al norte del Istmo de Tehuantepec son la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur (Cuadro 1; Fig. 1); hacia el sur del Istmo de Tehuantepec se encuentra el Núcleo Centroamericano que se compone de los sistemas montañosos del sureste de México y de América central (Reyes-Castillo, 2003). Las condiciones ecológicas y climáticas son variadas debido a las diferentes historias geológicas, lo que se ve reflejado en los distintos patrones espaciales que se presentan (neártico, paleoamericano y mesoamericano de montaña) (Halffter, 1976, 1978).

## **Provincias Biogeográficas**

Desde principios del siglo XIX surgieron diferentes propuestas de regionalización biogeográfica para el país con el objeto de desarrollar una clasificación de unidades naturales. Estas propuestas se basaron tanto en criterios abióticos como bióticos (Espinosa *et al.*, 2000). Actualmente, las provincias bióticas constituyen unidades biogeográficas menores que se definen por un conjunto particular de especies y endemismos en común, así como por presentar un clima, una fisiografía, una fisonomía vegetal y un suelo muy parecidos (Espinosa *et al.*, 2000). Sin embargo, para que una unidad se considere como natural, es necesario proponerla tomando en cuenta su origen histórico.

**Análisis panbiogeográfico de Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) en México**

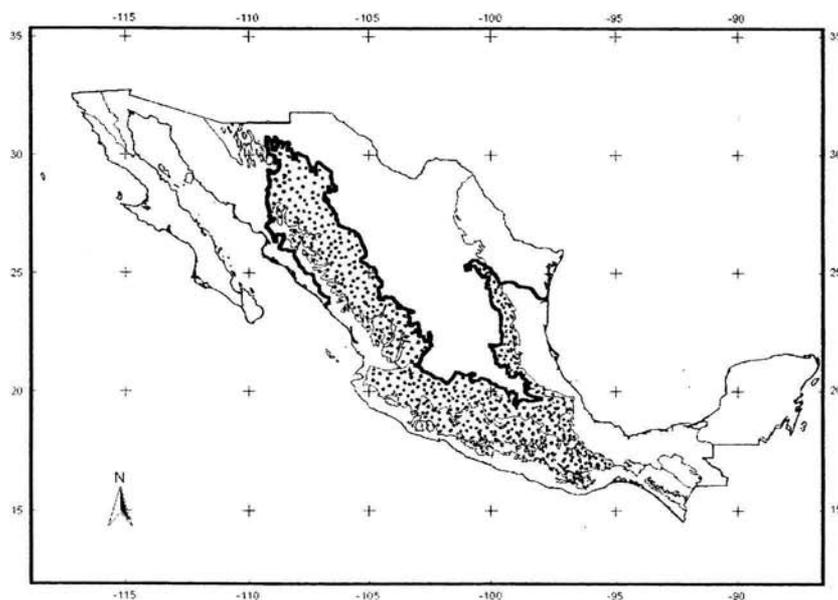
En este contexto, Morrone *et al.* (2002), mediante un análisis de trazos, propusieron una regionalización basada tanto en criterios ecológicos como históricos que consiste en 14 provincias biogeográficas (Cuadro 2 y Figura 1).

REGIÓN NEÁRTICA		
PROVINCIA	DESCRIPCIÓN	TAXONES DE PAPILIONIDAE Y PIERIDAE QUE LA DEFINEN
California (CAL)	Cubre la porción norte de la Península de Baja California, desde las Sierras de San Pedro Mártir y Juárez, extendiéndose hacia el norte a lo largo de la Sierra Nevada y entrando en el sudoeste de los Estados Unidos Americanos.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
Baja California (BC)	Ocupa todo el resto de la Península de Baja California.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
Sonora (SON)	Se encuentra en la costa noroeste de México, desde la porción noreste de la Península de Baja California hasta el sur del río Piaxtla.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
Altiplano Mexicano (MPL)	Centro de México, en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo México (EUA), así como pequeñas zonas de Nuevo León y Sonora, por encima de los 4,000 m de altitud.	<i>Troilides torquatus tolus</i> (Papilionidae) y <i>Anthocharis cethura</i> (Pieridae).
Tamaulipas (TAM)	Se sitúa en la región norte de la costa del Golfo Mexicano y norte del río Pánuco.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
REGIÓN NEOTROPICAL		
Sierra Madre Occidental (SMO)	Se aloja en el oeste de México, en los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco; por encima de los 1,000 m de altitud.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
Sierra Madre Oriental (SME)	Ocupa el este de México, en los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Tlaxcala y Querétaro; por encima de los 1,500 m de altitud.	<i>Pterourus palamedes leontis</i> (Papilionidae).
Eje Volcánico Transmexicano (VOL)	Se encuentra en el centro de México, en los estados de Guanajuato, México, Jalisco, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala, Veracruz y Distrito	No está definido por ninguna especie de mariposa.

**Análisis panbiogeográfico de Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) en México**

	Federal.	
Depresión del Balsas (BAL)	En el centro de México, en los estados de Guerrero, México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla, por debajo de los 2,000 m de altitud.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
Sierra Madre del Sur (SMS)	Se localiza en el centro-sur de México, desde el sur de Michoacán a Guerrero y Oaxaca y parte de Puebla, arriba de los 1,000 m de altitud.	No está definido por ninguna especie de mariposa.
Golfo de México (MGU)	Abarca la costa del Golfo de México, Belice y norte de Guatemala.	<i>Troilides tolus</i> (Papilionidae) y <i>Dismorphia eunoe popoluca</i> (Pieridae).
Costa Pacífica Mexicana (MPA)	Ocupa el oeste de México, en la costa del Pacífico en los estados de Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.	<i>Battus eracon</i> , <i>Mimoides ilus occiduus</i> y <i>Pyrrhosticta abderus baroni</i> (Papilionidae); y <i>Dismorphia amphiona lupita</i> , <i>D. a. isolda</i> , <i>D. crisis alvarezii</i> , <i>Enantia lina ssp.</i> , <i>Pierballia viardi</i> y <i>Prestonia clarki</i> (Pieridae).
Península de Yucatán (YUC)	Abarca la Península de Yucatán y Quintana Roo, por debajo de los 400 m de altitud.	<i>Priamides pharnases</i> y <i>P. rogeri</i> (Papilionidae).
Chiapas (CHI)	Ocupa el sur de México, Guatemala y Nicaragua, básicamente corresponde a la Sierra Madre de Chiapas, desde 500 a 2,000 m de altitud.	<i>Baronia brevicornis rufodiscalis</i> , <i>Parides panares lycimenes</i> y <i>Priamides e. erostratus</i> (Papilionidae); y <i>Colias alexandra harfordii</i> , <i>C. philodice</i> , <i>Dismorphia eunoe chamula</i> , <i>D. eunoe eunoe</i> , <i>Perrhybris pamela chajulensis</i> y <i>Pseudopieris nehemia irma</i> (Pieridae).

**Cuadro 2. Provincias biogeográficas de México.** Localización y especies de Papilionidae y Pieridae que definen cada provincia en nuestro país, de acuerdo con Morrone (2001a), Morrone y Márquez (2003) y Morrone *et al.* (2002).



**Figura 1.** Provincias biogeográficas de México (Morrone *et al.*, 2002) en la que se muestra el límite entre las regiones Neártica y Neotropical (línea gruesa) y la Zona de Transición Mexicana (área punteada) (Escalante *et al.*, en prensa).

## Conservación

La pérdida de la biodiversidad en México ha llevado a la inminente necesidad de diseñar estrategias para recuperar, manejar y conservar áreas de importancia biológica (Ceballos y Rodríguez, 1993; Grehan, 1993; Arita *et al.*, 1997; Martín-Piera, 1997; Morrone, 2000b; Álvarez, 2001; Escalante, 2003). Los criterios con que estas áreas se eligen son de muy diversa índole; éstos pueden ser estéticos, políticos, sociales, de recreación y/o recursos económicos (Morrone y Crisci, 1992). Los ensayos de conservación en los diferentes ecosistemas involucran diferentes instituciones y organizaciones con el objeto de recabar un mayor conocimiento acerca de los recursos naturales con los que contamos para planear su adecuado manejo (Salinas Gutiérrez, 1999).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) conserva la biodiversidad de los ecosistemas mediante las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los Programas de Desarrollo Regional Sustentable en Regiones Prioritarias para la Conservación

(RCP); en ambas zonas se trata de implementar modelos de organización alternos en los que la sociedad local se vea incluida (CONANP, 2002).

Debido a que las ANP no pueden proteger toda la biodiversidad, se han propuesto zonas que destaquen por su importancia biológica, ya sea por las especies endémicas o amenazadas, que presentan con el fin de considerarlas en un esquema de planeación nacional y de aprovechamiento de sus recursos como son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves y las Regiones Terrestres Prioritarias de México (CONABIO, 2002).

### **Áreas Naturales Protegidas**

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son los instrumentos con mayor carácter jurídico para la conservación de la biodiversidad en la política ambiental de México (CONANP, 2002) y se crean mediante un decreto presidencial que regula estrictamente el uso del suelo y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas, además de estar sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo según categorías establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (SEMARNAT, 2002) (Figura 2). Las Áreas Naturales Protegidas se definen como fragmentos del territorio mexicano, terrestres o acuáticos, en los que se representa a los diferentes ecosistemas y su biodiversidad y en los que el ambiente original no ha sido fundamentalmente alterado por el hombre y tienen como objeto mantener la estructura y los procesos ecológicos y salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, particularmente las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción (CONANP, 2002).

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANP) reconoce hasta el momento 127 áreas federales que constituyen más del 8% del territorio bajo esquemas reales de protección las cuales se clasifican en 5 categorías (CONANP, 2002):

- ◆ Reservas de la Biosfera
- ◆ Parques Nacionales
- ◆ Monumentos Naturales
- ◆ Áreas de Protección de los Recursos Naturales
- ◆ Áreas de Protección de Flora y Fauna

Además de las zonas federales, existen algunas otras reconocidas localmente que se encuentran bajo evaluación con la finalidad de clasificarlas en un nivel más alto (SEMARNAP-INE, 1999).

Los ecosistemas protegidos en el país son Bosque Mesófilo de Montaña, Manglar, Selva Húmeda, Zonas Áridas, Selva Subhúmeda, Bosque Templado, otras asociaciones naturales (vegetación de galería, acuática, etc.) y zonas perturbadas (agricultura, pastizal inducido, etc.) (SEMARNAP-INE, 1999).

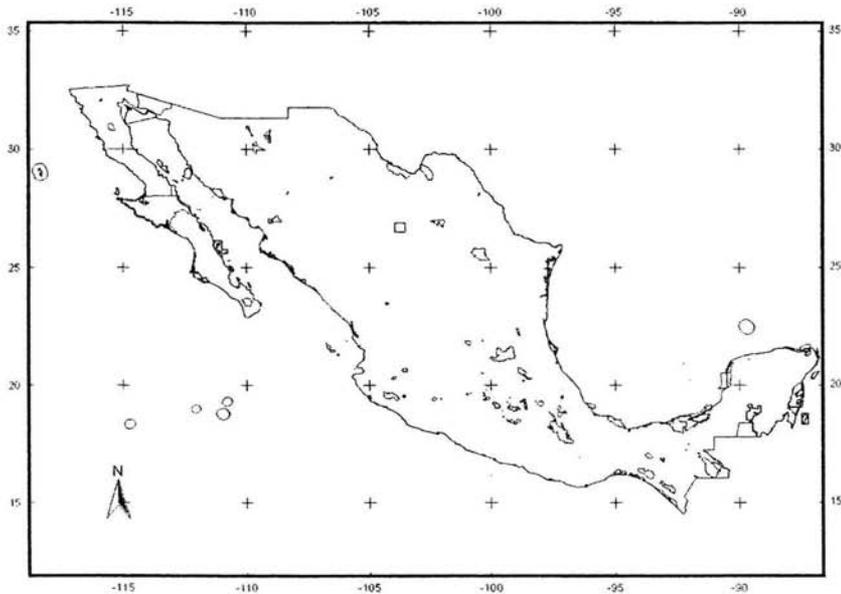


Figura 2. Áreas Naturales Protegidas de México (INE-SEMARNAP, 2001).

### Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) surgieron de un programa de Birdlife, el cual es manejado por la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (CIPAMEX). Éste pretende crear una red a nivel mundial de sitios que sean importantes en el mantenimiento de las poblaciones de las aves a largo plazo así como proporcionar una herramienta para los sectores encargados de regir la priorización y la asignación de recursos para la conservación de este grupo taxonómico (CONABIO, 2002)

Para que un AICA sea válida debe de ser suficientemente grande para soportar poblaciones viables de las especies que se pretende conservar, debe de considerar las actuales ANPs y deben de ser parte de un plan general de conservación (Álvarez, 2001).

Actualmente se cuenta con un total de 230 AICAs (Fig. 3), las cuales tienen una descripción biótica y abiótica, un listado de la avifauna que ahí se localiza, su abundancia, y su estacionalidad en el área (CONABIO, 2002).

Existen cinco categorías para la designación de estas áreas (Arizmendi y Márquez, 2000):

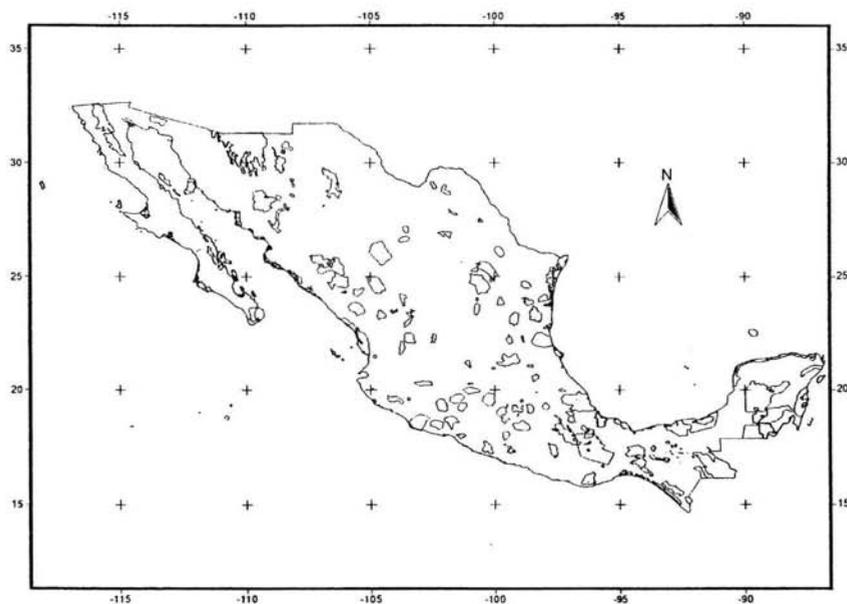
*Categoría 1.* Sitio en donde se presentan números significativos de especies catalogadas como amenazadas, en peligro de extinción, vulnerables o declinando numéricamente.

*Categoría 2.* Sitio que mantiene poblaciones locales con rangos de distribución restringido.

*Categoría 3.* Sitio que mantiene conjuntos de especies restringidos a un bioma o hábitat único o amenazado.

*Categoría 4.* Sitio caracterizado por la presencia de congregaciones grandes de individuos.

*Categoría 5.* Sitios de importancia para la investigación ornitológica.



**Figura 3.** Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (INE-SEMARNAP, 2001).

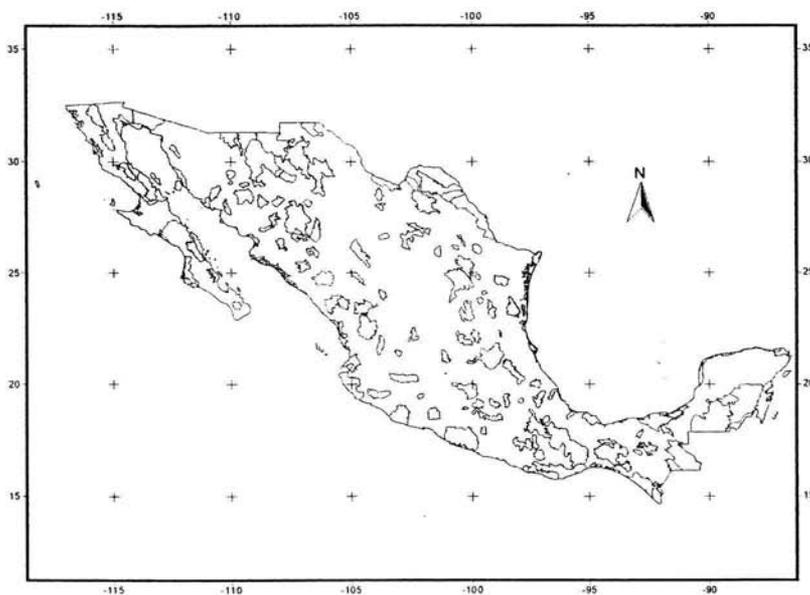
## **Regiones Terrestres Prioritarias de México**

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) surgieron como una propuesta para cubrir una mayor cantidad de áreas que fortalecieran los esfuerzos de conservación de regiones con alta diversidad. Actualmente se consideran 151 áreas (Fig. 4) que se localizan en la parte continental del país y cubren más de la cuarta parte del territorio nacional (504 634 km<sup>2</sup>). Se destacan por su riqueza de ecosistemas y de especies endémicas, además de ser estables física y temporalmente desde el punto de vista ambiental y contar con una oportunidad real para su conservación (Arriaga *et al.*, 2000).

Para la delimitación de las áreas se tomaron en cuenta los elementos del medio físico, tales como la topografía, la presencia de divisorias de aguas, el sustrato edáfico y geológico y el tipo de vegetación, contemplando además otras regionalizaciones como el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) del Instituto Nacional de Ecología (INE), y la regionalización por cuencas de la Comisión Nacional de Aguas (CNA) (Arriaga *et al.*, 2000).

La mayor concentración de RTP se localiza en los estados de mayor extensión del país: Chihuahua, Sonora y Coahuila, ya que cuentan con una baja densidad demográfica y por lo tanto disponen de grandes espacios relativamente inalterados. Sin embargo, destacan Oaxaca y, en especial, Quintana Roo por la alta proporción de su superficie incluida. Las zonas montañosas presentan ambientes poco atractivos para los asentamientos humanos y han mantenido niveles de integridad ecológica adecuados. En estas RTP predominan bosques templados y selvas tropicales, mientras el matorral xerófilo y los humedales se concentran primordialmente en las de zonas no montañosas. Es importante mencionar que más del 95% de la superficie de las áreas naturales protegidas decretadas está correlacionada espacialmente con las RTP. Estas áreas pretenden ayudar en la toma de decisiones de áreas prioritarias a ser conservadas (Arriaga *et al.*, 2000).

**Análisis panbiogeográfico de Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) en México**



**Figura 4.** Regiones Terrestres Prioritarias de México (CONABIO, 2000).

## JUSTIFICACIÓN

La alteración y destrucción de los ecosistemas, así como el uso irracional y la sobreexplotación de los recursos, hacen necesario que se revalore la necesidad de incrementar el conocimiento de la biota. Como resultado de dichos procesos, se están modificando las áreas de distribución de muchas especies y una gran parte de ellas desaparece, provocando que el conocimiento actual de la biota y de las condiciones que imperan en los diferentes ecosistemas sea parcial (Salinas Gutiérrez, 2001), y nos lleven a especulaciones acerca de la cantidad de biodiversidad que conocemos y de la que se calcula que existe que ignoramos aún, además de las cifras calculadas para las especies que se pierden día con día (Erwin y Scott, 1980; Berthold, 1993). En este sentido, la biogeografía histórica brinda herramientas útiles para el análisis espacial y temporal de la biodiversidad enfocados a la conservación.

La entomofauna cumple un importante papel en el ámbito ecológico y en el económico; sin embargo existen muchas lagunas en el conocimiento acerca de sus ciclos de vida, en sus hábitos, enemigos naturales y demás factores ecológicos que determinan su distribución espacio-temporal (Morón y Valenzuela-González, 1993) por lo que han sido pobremente considerados en las propuestas de áreas a conservar.

Por estas razones se utilizan en el presente estudio dos métodos biogeográficos históricos, la panbiogeografía y el análisis de parsimonia de endemismos, con el propósito de encontrar zonas compuestas biótica y geológicamente para dos familias de mariposas de México, las cuales sustenten áreas ya propuestas para conservar o constituyan áreas novedosas importantes en la toma de decisiones para la protección de la biodiversidad.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis panbiogeográfico para las familias Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera) en México con el fin de encontrar zonas con orígenes compuestos y destacar su importancia en la conservación desde la perspectiva de la biogeografía histórica.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- Reunir y actualizar la información geográfica existente para las familias Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera) en México.
- Obtener el área de distribución geográfica de los taxones (trazos individuales) mediante la aplicación del método panbiogeográfico.
- Encontrar las homologías geográficas mediante la aplicación del PAE y definir la existencia de biotas ancestrales de lepidópteros por medio de los trazos generalizados.
- Descubrir los nodos panbiogeográficos como indicadores de orígenes bióticos y geológicos distintos y caracterizarlos con base en el tipo de vegetación y uso de suelo.
- Comparar los nodos resultantes con los de otros grupos taxonómicos; en particular mariposas, aves, mamíferos, pulgas y plantas y con áreas importantes en la conservación (Áreas Naturales Protegidas de México, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves y Regiones Terrestres Prioritarias), para establecer su valor en la preservación de la biodiversidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Con base en los trabajos de Llorente y Luis, 1993; Llorente *et al.*, 1993; 1996; 1997) y de la base de datos de la Colección Lepidopterológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias (MZFC), UNAM, se obtuvo la información geográfica existente de las especies de las familias Papilionidae y Pieridae en México. Esta base de datos se considera una de las más completas ya que reúne la información de la propia colección, la del Instituto de Biología de la UNAM y la de los museos más importantes de los Estados Unidos de América, por ejemplo el American Museum of Natural History, Nueva York; Carnegie Museum of Natural History, Pennsylvania; San Diego Natural History Museum, California; Los Angeles County Museum, California; Museo Allyn de Entomología, Sarasota, Florida; National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C. y California Academy of Sciences, San Francisco, California.

La base de datos de la colección del MZFC cuenta aproximadamente con 425 000 registros, de los cuales 21 019 corresponden a Papilionidae y 78 546 a Pieridae de México, dando un total para ambas familias de 99 565 registros. Papilionidae cuentan con 60 subespecies contenidas en 34 especies, y 10 géneros pertenecientes a dos subfamilias; mientras que Pieridae contiene 80 subespecies en 55 especies, y 27 géneros pertenecientes a tres subfamilias reportadas para México (Apéndice I).

A partir de lo anterior se construyó una base de datos relacional de las localidades de recolecta expresada en coordenadas geográficas (latitud y longitud). Se corrigieron las georreferencias de algunas localidades reportadas utilizando la lista de localidades de la CONABIO y el gacetero de INEGI (1995), y otras cuantas se georreferenciaron directamente de la Carta Topográfica de México escala 1: 250, 000 (INEGI, 1988). La distribución de algunas especies fue corregida mediante las obras de Llorente *et al.* (1997) y Brown *et al.* (1992), finalmente, algunos registros fueron eliminados de la base de datos ya que el año de registro era muy antiguo y en otros no se contaba con el ejemplar para corroborar los datos.

Después de llevar a cabo la revisión, depuración y corroboración de la base, se obtuvo una base de datos con la información propia de los ejemplares: nombre del taxón, localidad de recolecta, estado, latitud y longitud en grados decimales, que cuenta con un total de 31 873 registros, de los cuales 17 890 pertenecen a Papilionidae y 13 983 a Pieridae.

La base de datos fue exportada al Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio, Arc View® 3.2a (ESRI, 1999). Los archivos de datos con la información de ubicación geográfica de las 171 especies y subespecies fueron relacionados con cartografía digitalizada (mapas), básicamente con la División Política Estatal escala 1:250 000 (CONABIO, 1998a) y el límite Nacional escala 1:250 000 (CONABIO, 1998b) con el fin de visualizar los registros puntuales de las especies. A partir de estos registros se hizo nuevamente una selección con la finalidad de decidir cuáles taxones se analizarían excluyendo un total de 31 taxones no informativos (ampliamente distribuidos, con escasas localidades o se encontraban en una sola localidad de recolecta) (Apéndice I). Por lo tanto se utilizaron 52 subespecies en 40 especies y 10 géneros para Papilionidae y 70 subespecies en 58 especies y 31 géneros para la familia Pieridae, lo que da un total de 140 taxones con una base de datos de 22 008 registros.

### **Trazos Individuales**

Los trazos individuales se obtuvieron mediante la aplicación del método panbiogeográfico (Morrone y Crisci, 1990, 1992, 1995; Craw *et al.*, 1999; Crisci *et al.*, 2000; Aguilar-Aguilar y Contreras-Medina, 2001; Contreras-Medina y Eloisa-León, 2001; Grehan, 2001). Utilizando el mapa de distribución puntual de cada taxón se dibujó el árbol de tendido mínimo en Arc View® 3.2a que permite medir la distancia exacta entre dos puntos. La elaboración de los trazos fue por dos vías: la primera se realizó a mano, midiendo las distancias entre los puntos y uniendo con una línea aquellos que presentaban una mínima distancia; la segunda fue de manera automática mediante un algoritmo que implementa la teoría de grafos llamado "*Minimum spaning tree*", desarrollado por Rojas (en prep.), el cual actúa escogiendo un punto a partir del cual mide las distancias entre éste y todos los demás puntos y las compara, trazando una línea entre aquellos que se encuentren más cercanos uno del otro. Cabe mencionar que ambas herramientas arrojaron los mismos resultados pero la diferencia en el tiempo empleado en la construcción del trazo es notable.

## **Análisis de Parsimonia de Endemismos con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE)**

El Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) es un método biogeográfico que produce de una forma simple cladogramas de áreas a partir de los cuales se postulan hipótesis de relación, de historia y de clasificación de las áreas, y que además permite descubrir los patrones naturales de distribución de los organismos (Rosen, 1988; Rosen y Smith, 1988). El PAE clasifica áreas de acuerdo con el cladograma más parsimonioso con base en sus taxones compartidos, en donde los conjuntos anidados de áreas pueden ser representados como trazos generalizados (Luna-Vega *et al.*, 2000; Morrone y Márquez, 2001).

De las tres variedades de PAE existentes (Crisci *et al.*, 2000) se aplicó la propuesta por Craw (1988), utilizando como unidades de estudio a las provincias biogeográficas (Morrone *et al.*, 2002), basados en el criterio de que es la única regionalización del país hasta ahora propuesta que conjunta los enfoques ecológicos e históricos y toma en cuenta diversos grupos taxonómicos como plantas, vertebrados e invertebrados y utiliza algunas especies de mariposas.

Para la obtención de los trazos generalizados se construyó una matriz de presencia-ausencia de provincias biogeográficas (filas) por taxones (columnas) (Crisci *et al.*, 2000). Los trazos individuales de cada taxón fueron sobrepuestos con el mapa de Provincias biogeográficas escala 1:4 000 000 (Morrone *et al.*, 2002) mediante el uso de Arc View® 3.2a. La presencia del trazo en cada una de las 14 provincias biogeográficas se codificó como un "1" y la ausencia como un "0". Se añadió un área hipotética que funciona como grupo externo la cual se codificó con "0" en todas las columnas y que tuvo como fin enraizar el árbol. Se eliminaron de la matriz los trazos individuales que se presentaban solamente en una provincia biogeográfica por representar autapomorfias, y aquellos trazos que se encontraron en todas las provincias; ambos por considerarse que no ofrecen ninguna información de relación entre las áreas geográficas en estudio y con el fin de optimizar la resolución biogeográfica (Rosen, 1988; Luna-Vega *et al.*, 1999; Gacía-Barros *et al.*, 2002).

El análisis cladístico se llevó a cabo en el programa PAUP versión 4.0 (Swofford, 1999) aplicando un algoritmo de parsimonia con la opción de búsqueda heurística. De acuerdo con Luna-Vega *et al.* (2000) y aplicando el PAE-PCE (García-Barros *et al.*, 2002), se efectuó un procedimiento repetitivo en el cual cada vez que se obtuvo un cladograma, se identificaron las especies que definían cada uno los clados del árbol (sinapomorfias) y se eliminaron de la

matriz original. La matriz resultante se sometió nuevamente a la búsqueda heurística hasta no encontrar más sinapomorfías. Cuando se obtenía más de un árbol igualmente parsimonioso (para descartar las sinapomorfías nuevas), se escogía aquel que tenía menos conflicto con el árbol original. Para cada cladograma se obtuvieron los estadísticos básicos: longitud del árbol, que es el número de pasos necesarios para sustentar las relaciones genealógicas de los taxones en el árbol; el índice de consistencia (IC) que cuantifica la homoplasia relativa de un carácter y el índice de retención (IR) que cuantifica la homoplasia observada en un carácter en función de la homoplasia posible (Morrone, 2000c).

A partir de los resultados arrojados por el PAE, se tomaron los clados definidos por al menos dos sinapomorfías, lo que indica que al menos dos trazos individuales de los taxones se sobreponen (Crisci, 2001; Escalante y Morrone, 2003).

El PAE es una herramienta que permitió la aproximación a los trazos generalizados posibles. Todavía no se encuentra bien establecida la manera de dibujar las homologías espaciales por lo que el criterio que se utilizó fue superponer en la vista de Arc View® 3.2a los trazos individuales de las especies que figuran como sinapomorfías de cada uno de los clados y dibujar con base en éstos el trazo generalizado.

Es importante mencionar que aún así, resulta un poco complicado visualizar el patrón que presentan; en algunos casos las especies agrupadas por el PAE no registraban ningún trazo pues sus distribuciones eran muy distintas; en otros más, sólo se llegaban a tocar en ciertos puntos y tampoco constituían un trazo; a veces tampoco agrupaban todas las provincias que indicaba el clado. También había especies cuya distribución sólo participaba en una parte del trazo generalizado y es controversial la discusión acerca de si tomar en cuenta a estas especies como parte del trazo o no; en el presente estudio sí se tomaron como parte del trazo generalizado.

Cuando se tuvieron los trazos generalizados se observó un patrón muy general que incluía a varios de estos trazos, por lo que se realizó una jerarquización de ellos logrando patrones anidados.

### **Nodos panbiogeográficos y su comparación con otros taxones y con áreas de importancia biológica**

La intersección de los patrones más extensos determinó los nodos resultantes, los cuales se dibujaron en mapas de México de acuerdo con Fortino y Morrone (1997) y se le nombró conforme a la actual geografía del país. Los nodos fueron definidos con base en las provincias

biogeográficas sugeridas por Morrone *et al.* (2002) para México, las provincias morfotectónicas propuestas para el país (Ferrusquía-Villafranca, 1998), a la vegetación y uso de suelo y a la altitud. Los mapas utilizados fueron el de provincias morfotectónicas (Ferrusquía-Villafranca, 1998), provincias fisiográficas (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990), hipsometría escala 1:4 000 000 (INEGI, 1990), y uso de suelo y vegetación modificados por CONABIO escala 1:1 000 000 (CONABIO, 1999).

Con el objeto de apoyar los nodos obtenidos en el presente estudio, se llevó a cabo una comparación con los nodos hallados para otros grupos taxonómicos tales como mariposas, aves, mamíferos y pulgas. También se compararon los nodos encontrados con áreas de importancia biológica ya establecidas como las Áreas Naturales Protegidas de México, las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves y con las Regiones Terrestres Prioritarias de México, con la finalidad de ratificar con criterios históricos la importancia de la conservación de estas áreas en caso de ser coincidentes con los nodos hallados o bien resaltar la necesidad de conservación de otras posibles áreas.

Los mapas utilizados con este fin son: Áreas Naturales Protegidas (ANP), escala 1:4 000 000, (INE-SEMARNAP, 2001); Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), escala 1:250 000 (CIPAMEX-CONABIO, 1999), y el de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) escala 1:1 000 000 (CONABIO, 2000).

## RESULTADOS

### Trazos individuales

Al aplicar el método panbiogeográfico se obtuvieron 140 trazos individuales, uno por cada taxón seleccionado para el presente estudio. Estos trazos se agruparon de acuerdo con su distribución en 13 grupos, que se describen a continuación, señalando el número de taxones que los integran. Los trazos se visualizan en mapas de límite nacional (CONABIO, 1998b).

#### **Península de Baja California**

Este grupo se compone de 14 especies y subespecies que se distribuyen en la Península de Baja California. Algunas solo ocupan el estado de Baja California, otras el estado de Baja California Sur y otras se encuentran a lo largo de la Península. Cabe mencionar que *Ganyra howarthi* ocupa también el estado de Sonora y Sinaloa, y que *Pontia sisymbrii sisymbrii* transita por el límite de la frontera con los Estados Unidos de América (Figs. 5-18).

#### **Costa del Pacífico Mexicano**

Se compone de 11 taxones, los cuales se distribuyen siguiendo la Costa del Pacífico, básicamente desde el estado de Sinaloa hasta Oaxaca; algunas se extienden más hacia el norte, hasta el estado de Sonora y llegan a ser registrados en la Península de Baja California (Figs. 19-29).

#### **Amplia Distribución**

Se trata de un grupo compuesto por 21 taxones que se distribuyen a lo largo de las Costas del Pacífico y del Golfo hasta la Península de Yucatán. Hay cuatro taxones que tocan el estado de Baja California Sur y otro toda la Península de Baja California (Figs. 30-50).

#### **Eje Volcánico Transmexicano**

Compuesto por 16 taxones que se distribuyen en el Eje Volcánico Transmexicano donde algunos lo cruzan por completo y otros solo en parte. Unos cuantos taxones se extienden hacia el norte por la Costa del Pacífico y hacia el sur hasta el estado de Oaxaca (Figs. 51-66).

#### **Sierra Madre Occidental**

Es un grupo con cuatro taxones, cuyos trazos individuales están en la Sierra Madre Occidental y se dirigen hacia el Eje Volcánico Transmexicano o hacia la Costa del Pacífico (Figs. 67-71).

#### **Costa del Pacífico y del Golfo Mexicano**

Este grupo se integra por siete taxones y que a diferencia de los anteriores, sus trazos se dibujan por las Costas del Pacífico y del Golfo de México y todos llegan al estado de Chiapas (Figs. 72-78).

#### **Noreste de México**

Este grupo se forma solo por dos taxones cuyos trazos se encuentran en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (Figs. 79 y 80).

#### **Costa del Golfo de México**

Se trata de un grupo formado por un gran número de especies (24 taxones). Se presentan tres distribuciones frecuentes: las que se encuentran a lo largo de la Costa del Golfo de México sin llegar al estado de Chiapas, las que se localizan en la Costa del Golfo de México y llegan a la región del Istmo y al estado de Chiapas y aquellas que se hallan en la Costa del Golfo de México pero que llegan hasta la Península de Yucatán (Figs. 81-104).

#### **Sierra Madre del Sur**

Compuesto por cinco taxones que se distribuyen solo en la Sierra Madre del Sur (Figs. 105-109).

#### **Chiapas**

Este grupo está formado por 12 taxones que se localizan en su mayor parte en el estado de Chiapas (Figs. 110-121).

#### **Istmo de Tehuantepec**

El grupo se integra por 15 taxones que se encuentran en la región del Istmo de Tehuantepec y cuyos trazos ocupan una pequeña parte de la Costa del Golfo de México (Figs. 122-136).

#### **Istmo de Tehuantepec y Yucatán**

Este grupo contiene seis taxones, que se hallan en la región del Istmo de Tehuantepec y se extienden hasta la Península de Yucatán (Figs. 137-142).

#### **Península de Yucatán**

El grupo contiene solo dos taxones, que se encuentran exclusivamente en la Península de Yucatán (Figs. 143 y 144).

**PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA**



Figura 5. *Anrthocharis cethura cethura*



Figura 6. *Anrthocharis sara sara*

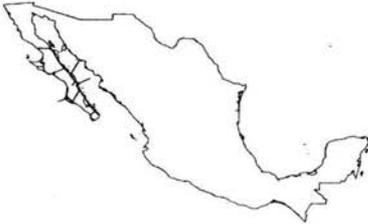


Figura 7. *Ascia monuste rasa*



Figura 8. *Colias alexandra harfordii*



Figura 9. *Euchloe lotta*



Figura 10. *Ganyra howarthi*



Figura 11. *Paramidea lanceolata*



Figura 12. *Phoebis agarithe fisheri*



Figura 13. *Pontia beckerii*



Figura 14. *Pontia sisymbrii sisymbrii*



Figura 15. *Zerene cesonia eurydice*



Figura 16. *Papilio polyxenes zelicaon*



Figura 17. *Pterourus antinous*



Figura 18. *Pterourus glaucus rutulus*

**COSTA DEL PACÍFICO MEXICANO**



Figura 19. *Dismorphia amphiona lupita*



Figura 20. *Eurema daira sidonia*



Figura 21. *Lieinix nemesis nayaritensis*



Figura 22. *Prestonia clarki*



Figura 23. *Pereute charops leonilae*



Figura 24. *Battus eracon*

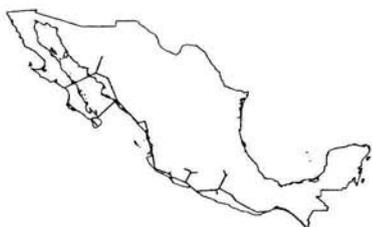


Figura 25. *Heraclides astyalus bajaensis*



Figura 26. *Heraclides ornythion ssp.*



Figura 27. *Mimoides ilus occiduus*



Figura 28. *Protographium agesilaus fortis*



Figura 29. *Pieris rapae rapae*

**AMPLIA DISTRIBUCIÓN**



Figura 30. *Aphrissa statira statira*



Figura 31. *Ascia monuste monuste*



Figura 32. *Eurema albula celata*



Figura 33. *Ganyra josephina josepha*



Figura 34. *Glutophrissa drusilla tenuis*



Figura 35. *Kricogonia lyside*



Figura 36. *Phoebis agarithe agarithe*



Figura 37. *Phoebis argante ssp*



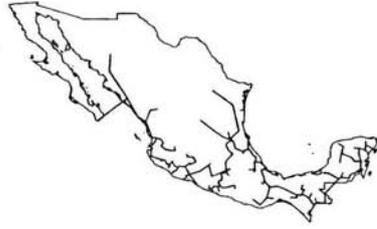
Figura 38. *Phoebis neocypris virgo*



Figura 39. *Phoebis philea philea*



**Figura 40.** *Pieriballia viardi viardi*



**Figura 41.** *Pyrisitia dina westwoodi*



**Figura 42.** *Pyrisitia lisa centralis*



**Figura 43.** *Pyrisitia nise nelphe*



**Figura 44.** *Rhabdodryas trite ssp.*



**Figura 45.** *Battus polydamas polydamas*



Figura 46. *Heraclides androgeus epidaurus*



Figura 47. *Parides montezuma*



Figura 48. *Protesilaus macrosilaus penthesilaus*



Figura 49. *Protographium philolaus philolaus*



Figura 50. *Catasticta nimbice nimbice*

EJE VOLCÁNICO TRANSMEXICANO



Figura 51. *Anthocharis limonea*



Figura 52. *Catasticta teutila teutila*



Figura 53. *Enantia mazai diazi*



Figura 54. *Eucheira socialis sociales*



Figura 55. *Hesperocharis rocea jaliscana*



Figura 56. *Hesperocharis graphites avivolans*



Figura 57. *Baronia brevicornis brevicornis*



Figura 58. *Battus laodamas iopas*



Figura 59. *Heraclides erostratus vazquezae*



Figura 60. *Heraclides torquatus mazai*



Figura 61. *Mimoides thymbraeus aconophos*



Figura 62. *Parides erithalion trichopus*



Figura 63. *Protographium epidaus fenochionis*



Figura 64. *Pterourus garamas garamas*



65. *Pterourus menatius morelius*



Figura 66. *Pterourus menatius ssp*

### SIERRA MADRE OCCIDENTAL



Figura 67. *Eucheira socialis westwoodi*



Figura 68. *Neophasia terlooii*



Figura 69. *Parides alopius*



Figura 70. *Protographium epidaus tepicus*



Figura 71. *Colias philodice philodice*

**COSTA DEL PACÍFICO Y DEL GOLFO MEXICANO**



Figura 72. *Catasticta flisa flisa*



Figura 73. *Hesperocharis costaricensis pasion*



Figura 74. *Itaballia demophile centralis*



Figura 75. *Melete lycimia isandra*



Figura 76. *Heraclides anchisiades idaeus*



Figura 77. *Parides photinus*



Figura 78. *Pterourus pilumnus*

**NORESTE DE MÉXICO**



Figura 79. *Pterourus glaucus garcia*



Figura 80. *Pterourus palamedes leontis*

**COSTA DEL GOLFO DE MÉXICO**



Figura 81. *Catasticta nimbice ssp.*



Figura 82. *Dismorphia amphione praxinoe*



Figura 83. *Dismorphia eunoe eunoe*



Figura 84. *Dismorphia eunoe popoluca*



Figura 85. *Enantia albania albania*



Figura 86. *Enantia jethys*



Figura 87. *Enantia mazai mazai*



Figura 88. *Eurema दौरा Eugenia*

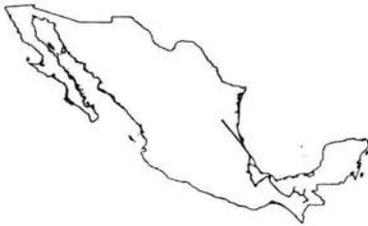


Figura 89. *Eurema xantochlora xantochlora*



Figura 90. *Ganyra phaloe tiburtia*



Figura 91. *Hesperocharis crocea crocea*



Figura 92. *Pereute charops charops*



Figura 93. *Heraclides astyalus pallas*



Figura 94. *Heraclides erostratus erostratus*



Figura 95. *Heraclides torquatus tolus*



Figura 96. *Heraclides ornythion ornythion*



Figura 97. *Mimoides phaon phaon*



Figura 98. *Mimoides thymbraeus thymbraeus*



Figura 99. *Parides erithalion polyzelus*



Figura 100. *Protographium calliste calliste*



Figura 101. *Protographium epidaus epidaus*



Figura 102. *Pterourus garamas abderus*



Figura 103. *Pterourus glaucus alexiarses*



Figura 104. *Pterourus menatius victorinus*

**SIERRA MADRE DEL SUR**



Figura 105. *Catasticta teutila flavifaciata*



Figura 106. *Catasticta teutila* spp. 1



Figura 107. *Dismorphia amphione isolda*



Figura 108. *Pereute charops sphocra*



Figura 109. *Pterourus garamas baroni*

**CHIAPAS**



Figura 110. *Catasticta nimbice ochracea*



Figura 111. *Catasticta teutila* ssp. 2



Figura 112. *Colias philodice guatemalena*



Figura 113. *Enantia lina* ssp.



Figura 114. *Hesperocharis graphites graphites*



Figura 115. *Lieinix lala lala*



Figura 116. *Pereute charops nigricans*



Figura 117. *Baronía brevicornis rufodiscalis*



Figura 118. *Eurytides salvini*



Figura 119. *Heraclides erostratus erostratus*



Figura 120. *Parides pnares lycimenes*



Figura 121. *Pterourus garamas electryon*

### ISTMO DE TEHUANTEPEC



Figura 122. *Aprissa boisduvalii*



Figura 123. *Archonias brassolis approximata*



Figura 124. *Charonias eurytele nigrescens*



Figura 125. *Disorphia criscia virgo*

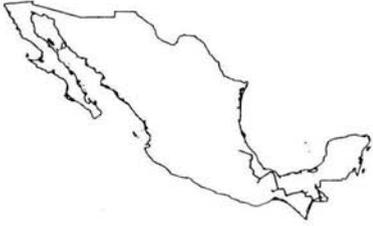


Figura 126. *Dismorphia theucharila fortunata*



Figura 127. *Enantia lina marion*



Figura 128. *Eurema agave millerorum*



Figura 129. *Itaballia pandosia kicaha*



Figura 130. *Lieinix nemesia atthis*



Figura 131. *Perryhybris pamela chajulensis*



Figura 132. *Battus ingenuus*



Figura 133. *Battus lycidas*



Figura 134. *Parides seostris zestos*



Figura 135. *Protographium dioxippus lacandones*



Figura 136. *Protographium thyastes marchandii*

ISTMO DE TEHUANTEPEC Y YUCATÁN



Figura 137. *Battus laodamas copanae*



Figura 138. *Mimoides ilus branchus*



Figura 139. *Parides eurimedes mylotes*



Figura 140. *Parides iphidamas iphidamas*



Figura 141. *Parides panares panares*



Figura 142. *Protographium agesilaus neosilaus*

**PENÍNSULA DE YUCATÁN**



Figura 143. *Battus philenor acauda*



Figura 144. *Heraclides rogeri rogeri*

### Trazos generalizados

A partir del análisis de PAE-PCE se obtuvo una matriz de datos de 14 provincias biogeográficas y un grupo externo, por 140 taxones. Se realizaron 10 búsquedas heurísticas sucesivas que produjeron los cladogramas de áreas. Éstos son descritos de acuerdo con el número de taxones informativos y no informativos (sinapomorfías del cladograma de la búsqueda anterior y autapomorfías) que formaron parte de cada una de las búsquedas, los estadísticos básicos de cada árbol, el número de sinapomorfías que participan y que definen cada uno de los clados (se tomaron al menos dos sinapomorfías para definir un clado); y por último, el total de trazos generalizados que se obtuvo así como la identidad de cada uno de ellos (Cuadro 3). El análisis finalizó cuando no se encontraron más sinapomorfías en los cladogramas obtenidos.

BÚSQUEDA	TAXONES INFORMATIVOS	SINAPOMORFIAS PARTICIPANTES	IC	IR	LONGITUD DEL ÁRBOL	TRAZOS DIBUJADOS
1	131	38	0.51	0.71	272	I - IX
2	93	20	0.44	0.66	207	X, XI
3	73	12	0.41	0.62	178	XII, XIII, XIV
4	61	13	0.39	0.59	154	XV, XVI, XVII
5	48	5	0.41	0.63	115	XVIII
6	43	4	0.40	0.62	105	XIX
7	39	5	0.40	0.61	97	XX
8	34	2	0.39	0.59	87	NINGUNO
9	32	2	0.39	0.60	82	NINGUNO
10	30	0	0.40	0.60	75	NINGUNO

**CUADRO 3. Resultados obtenidos a partir del análisis de PAE-PCE.** Se proporcionan los taxones informativos, las sinapomorfías participantes por cada búsqueda, los estadísticos básicos y los trazos generalizados obtenidos. IC= índice de consistencia; IR= índice de retención.

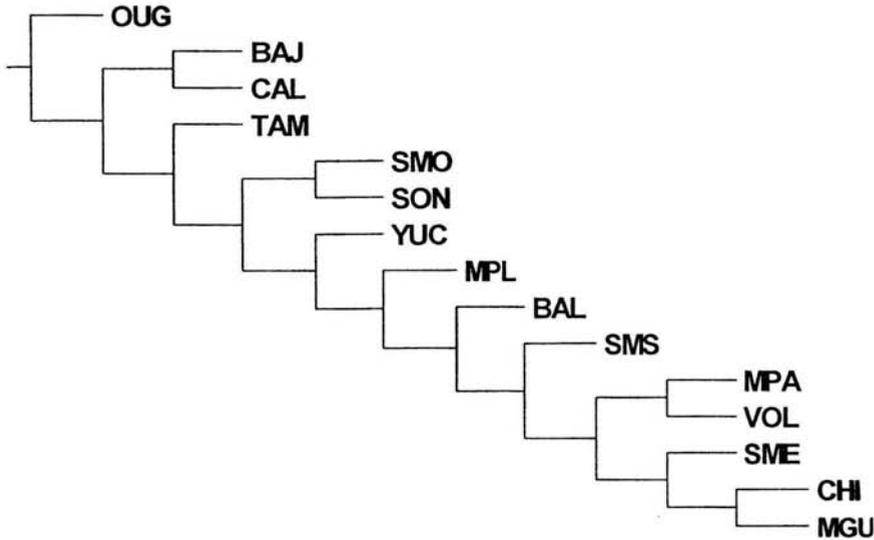
#### Primera búsqueda

Se empezó con un total de 140 taxones de los cuales nueve se eliminaron por considerarse no informativos ya que estaban presentes en todas las provincias o bien se encontraban en una sola; por lo tanto se tuvieron 131 taxones informativos.

Se obtuvo un único cladograma más parsimonioso, con 272 pasos, IC= 0.5147 e IR= 0.7137 (Fig. 145).

**NÚMERO DE SINAPOMORFIAS:** Participan 38 sinapomorfías pero sólo 36 definen clados (Con base en el criterio de que un clado está formado por al menos dos sinapomorfías para poder representar una homología biogeográfica).

**TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS:** Se mapearon los principales clados obteniendo nueve trazos generalizados (Figs. 146-154).



**Figura 145. Cladograma de áreas obtenido de la matriz original mediante PAUP.** El cladograma generado a partir de la matriz original separa a las provincias neárticas en dos grupos; uno formado por Baja California y California y el otro constituido por Tamaulipas la cual se relaciona estrechamente con Sonora y con la Sierra Madre Occidental. Las provincias neárticas y neotropicales se relacionan entre ellas siguiendo básicamente el esquema descrito por Morrone (2001a). **Provincias biogeográficas Neárticas:** BAJ. Baja California; CAL. California; MPL. Altiplano Mexicano; SON. Sonora; TAM. Tamaulipas. **Provincias biogeográficas Neotropicales:** BAL. Depresión del Balsas; CHI. Chiapas; MGA. Costa del Pacífico; MGU. Costa del Golfo; SME. Sierra Madre Oriental; SMO. Sierra Madre Occidental; SMS. Sierra Madre del Sur; VOL. Eje Volcánico Transmexicano; YUC. Península de Yucatán. OUT. Grupo externo.

### Segunda búsqueda

Se eliminaron 47 taxones de los cuales 38 representaron sinapomorfías en el cladograma anterior y nueve son autapomorfías; por lo tanto se utilizaron 93 taxones informativos.

Se obtuvo un único cladograma más parsimonioso con 207 pasos, IC= 0.4493 e IR= 0.6607.

**NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS:** Participan 20 sinapomorfías, 14 definen clados.

**TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS:** Se produjeron dos trazos generalizados (Figs. 155 y 156).

### Tercera búsqueda

Se eliminaron 20 taxones no informativos y se utilizaron 73 taxones informativos.

Se obtuvieron tres cladogramas igualmente parsimoniosos, de los cuales se describió el árbol número dos: con 178 pasos, IC= 0.4101 e IR= 0.6290.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan 12 sinapomorfías, 11 definen clados.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Se mapearon tres trazos generalizados (Figs. 157-159).

#### **Cuarta búsqueda**

Se eliminaron 12 taxones no informativos y se usaron 61 taxones informativos.

Se obtuvo un único cladograma más parsimonioso con 154 pasos, IC= 0.3961 e IR= 0.592.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan 13 sinapomorfías, todas definen clados.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Un total de tres trazos generalizados (Figs. 160-162).

#### **Quinta búsqueda**

Se eliminaron 13 taxones no informativos y se emplearon 48 taxones informativos.

Se obtuvo un único cladograma más parsimonioso con 115 pasos, IC= 0.4174 e IR= 0.6319.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan cinco sinapomorfías, tres definen clados.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Un único trazo generalizado (Fig. 163).

#### **Sexta búsqueda**

Se eliminaron cinco taxones no informativos y se emplearon 43 taxones informativos.

Se obtuvieron dos cladogramas igualmente parsimoniosos con los mismos estadísticos y sinapomorfías: 105 pasos, IC= 0.4095 e IR= 0.6242.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan cuatro sinapomorfías, sólo dos definen clados.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Se dibujó un trazo generalizado (Fig. 164).

#### **Séptima búsqueda**

Se eliminaron cuatro taxones no informativos y se utilizaron 39 taxones informativos.

Se obtuvo un único cladograma más parsimonioso con 97 pasos, IC= 0.4021 e IR= 0.6159.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan cinco sinapomorfías, dos definen clados.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Un sólo trazo generalizado (Fig. 165).

### Octava búsqueda

Se eliminaron cinco taxones no informativos y se usaron 34 taxones informativos.

Se obtuvieron dos cladogramas igualmente parsimoniosos con los mismos estadísticos y sinapomorfías. Se describe el árbol número dos: 87 pasos, IC= 0.3908 e IR= 0.5985.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan dos sinapomorfías pero ninguna define clados.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Ninguno.

### Novena búsqueda

Se eliminaron dos taxones no informativos y se utilizaron 32 taxones informativos.

Se obtuvieron nueve cladogramas, de los cuales se escogen cinco: el uno, dos, tres, seis y nueve por no tener politomías. De éstos el uno, el tres y el seis tienen los mismos estadísticos y ninguna sinapomorfía: 80 pasos, IC= 0.4, IR= 0.6190 y Goloboff *fit* = -21.65. Los árboles dos y nueve tienen los mismos estadísticos y sí tienen sinapomorfías: 82 pasos, IC= 0.3902 e IR= 0.6032.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Participan dos sinapomorfías que son proporcionadas por los árboles dos y nueve y definen un clado.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Ninguno.

### Décima búsqueda

Se eliminaron dos taxones no informativos y se usaron 30 taxones informativos.

Se obtuvieron 10 cladogramas, de los cuales se escogen cuatro: el uno, dos, seis y 10 por no tener politomías y presentan los mismos estadísticos: 75 pasos, IC= 0.4 e IR= 0.6053.

NÚMERO DE SINAPOMORFÍAS: Ninguna.

TRAZOS GENERALIZADOS DIBUJADOS: Ninguno.

Se dibujaron 20 trazos generalizados en los que participaron nueve especies y 68 subespecies. Dos trazos se ubican en la región Neártica, 14 en la región Neotropical y cuatro trazos en ambas regiones; tres de ellos (IV, XVIII y XIX) apenas tocan una pequeña parte de la región Neártica y el trazo generalizado II se extiende hacia el norte dentro de esta región. Algunos trazos generalizados se encuentran incluidos dentro de otros (Cuadro 4).

TRAZO GENERALIZADO	NUMERO DE ESPECIES	NEÁRTICA					NEOTROPICAL										
		CAL	BC	SON	MPL	TAM	SMO	MPA	VOL	BAL	SMS	SME	MGU	CHI	YUC		
I	5	•	♦														
II	7			•		•				•	•	•	•	•	•	•	•
III	2									•	•	•	•	•	•	•	•
IV	2				♦		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
V	3							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
VI	3							•	♦		•	♦	•	•	•	•	•
VII	8							•	♦		♦	•	•	•	•	•	•
VIII	2								♦			♦	•				
IX	4														•		
X	10							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
XI	2							•			•						
XII	2								♦		•	♦	•				
XIII	5							•	♦		♦	♦	•	•	•	•	•
XIV	2	•	•														•
XV	4							•	♦		♦	•	•	•	•	•	•
XVI	2												•	•	•	•	•
XVII	7							•					•	•	•	•	•
XVIII	3				♦	•						•	•				
XIX	2				♦		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
XX	2							♦	•	•	•						

CUADRO 4. Trazos generalizados y provincias biogeográficas. Se detallan las provincias que ocupa cada trazo generalizado así como el número de especies que los conforman. •= ocupa la provincia, ♦= toca la provincia solamente en una pequeña parte; en negritas se especifican los trazos que no forman parte de los patrones generales.

Los trazos generalizados se describen con base en su localización en el territorio mexicano, a las provincias biogeográficas de Morrone *et al.* (2002) que cruzan y a los taxones que los definen (Cuadro 5 y Apéndice 2).

Trazo generalizado	Provincias Biogeográficas	Taxones que los definen
I	CAL, BC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Papilio polyxenes zelicaon</i></li> <li>- <i>Paramidea lanceolata</i></li> <li>- <i>Pontia beckerii</i></li> <li>- <i>Pterourus glaucus rutulus</i></li> <li>- <i>Zerene cesonia erydice</i></li> </ul>
II	SON, VOL, BAL, SMS, TAM, SME, MGU, CHI y YUC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Ascia monuste monuste</i></li> <li>- <i>Battus polydamas polydamas</i></li> <li>- <i>Ganyra josephina josepha</i></li> <li>- <i>Glutophrissa drusilla tenuis</i></li> <li>- <i>Parides montezuma</i></li> <li>- <i>Phoebis agarithe agarithe</i></li> <li>- <i>Pyrisitia lisa centralis</i></li> </ul>
III	VOL, BAL, SMS, MGU, CHI y SME	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Aphrissa statira statira</i></li> <li>- <i>Parides photinus</i></li> </ul>
IV	SMO, MPA, VOL, BAL, SMS, MGU, SME, MPL, CHI y YUC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Pieriballia viardi viardi</i></li> <li>- <i>Protographium philolaus philolaus</i></li> </ul>
V	MPA, VOL, BAL, SMS, MGU, SME y CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Eurema albula celata</i></li> <li>- <i>Protesilaus macrosilaus penthesilaus</i></li> <li>- <i>Rhabdodryas trite ssp.</i></li> </ul>
VI	SME, VOL, SMS, MGU, MPA y CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Archonias brassolis approximata</i></li> <li>- <i>Ganyra phaloe tiburtia</i></li> <li>- <i>Itaballia demophile centralis</i></li> </ul>
VII	SME, MGU, VOL, SMS, MPA y CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Battus ingenuus</i></li> <li>- <i>Charonias eurytele nigrescens</i></li> <li>- <i>Dismorphia theucharila fortunata</i></li> <li>- <i>Enantia lina marion</i></li> <li>- <i>Enantia mazai mazai</i></li> <li>- <i>Lieinix nemesis atthis</i></li> <li>- <i>Parides sesostris zestos</i></li> <li>- <i>Protographium thyastes marchandii</i></li> </ul>
VIII	SME, MGU y VOL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Enantia jethys</i></li> <li>- <i>Eurema xantochlora xantochlora</i></li> </ul>
IX	CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Catasticta teutila ssp. 2</i></li> <li>- <i>Colias philodice guatemalena</i></li> <li>- <i>Eurytides salvini</i></li> <li>- <i>Lieinix lala lala</i></li> </ul>
X	MPA, VOL, BAL y SMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Baronia brevicornis brevicornis</i></li> <li>- <i>Battus eracon</i></li> <li>- <i>Heraclides erostratus vazquezae</i></li> <li>- <i>Heraclides ornythion ssp.</i></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Hesperocharis crocea jaliscana</i></li> <li>- <i>Lieinix nemesis nayaritensis</i></li> <li>- <i>Mimoides thymbraeus aconophos</i></li> <li>- <i>Parides erithalion trichopus</i></li> <li>- <i>Protographium agesilaus fortis</i></li> <li>- <i>Pterourus menatius morelius</i></li> </ul>
XI	SMS y MPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dismorphia amphione isolda</i></li> <li>- <i>Pereute charops sphocra</i></li> </ul>
XII	SME, MGU y VOL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Battus laodamas copanae</i></li> <li>- <i>Protographium epidaurus epidus</i></li> </ul>
XIII	SME, MGU, SMS, VOL, MPA, CHI y YUC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Heraclides torquatus tolus</i></li> <li>- <i>Mimoides ilus branchus</i></li> <li>- <i>Parides eurimedes mylotes</i></li> <li>- <i>Parides iphidamas iphidamas</i></li> <li>- <i>Protographium agesilaus neosilaus</i></li> </ul>
XIV	CAL y BC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Anthocharis cethura cethura</i></li> <li>- <i>Colias alexandra harfordii</i></li> </ul>
XV	SME, MGU, VOL, SMS, MPA y CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dismorphia amphione praxinoe</i></li> <li>- <i>Enantia albania albania</i></li> <li>- <i>Mimoides phaon phaon</i></li> <li>- <i>Mimoides thymbraeus thymbraeus</i></li> </ul>
XVI	MGU y CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Battus lycidas</i></li> <li>- <i>Protographium dioxippus lacandonae</i></li> </ul>
XVII	MGU, MPA y CHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Baronia brevicornis rufodiscalis</i></li> <li>- <i>Catasticta nimbice ochracea</i></li> <li>- <i>Eurema agave millerorum</i></li> <li>- <i>Heraclides erostratus erostratus</i></li> <li>- <i>Parides panares lycimenes</i></li> <li>- <i>Pereute charops nigricans</i></li> <li>- <i>Pterourus garamas electryon</i></li> </ul>
XVIII	TAM, SME, MGU y MPL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Heraclides erostratus erostratinus</i></li> <li>- <i>Pterourus glaucus garcia</i></li> <li>- <i>Pterourus palamedes leontis</i></li> </ul>
XIX	MPA, SMO, VOL, BAL, SMS, SME, MPL, MGU, CHI y YUC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Phoebis argante ssp.</i></li> <li>- <i>Phoebis philea philea</i></li> </ul>
XX	MPA, VOL y BAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Eucheira socialis socialis</i></li> <li>- <i>Hesperocharis graphites avivolans</i></li> </ul>

**CUADRO 5. Provincias biogeográficas y especies que definen a los trazos generalizados.** Se describe a los trazos generalizados con base en las provincias que ocupan y a los taxones que los definen. Abreviaturas igual que en el texto.

TRAZOS GENERALIZADOS

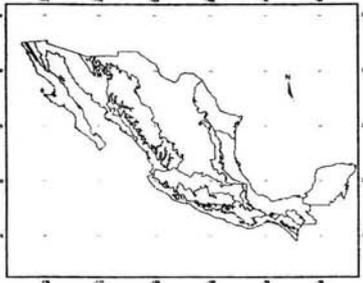


Figura 146. Trazo generalizado I

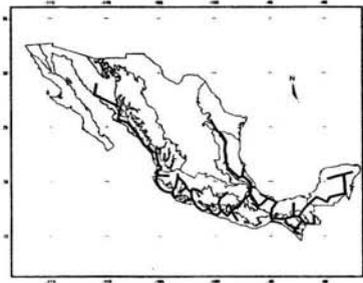


Figura 147. Trazo generalizado II

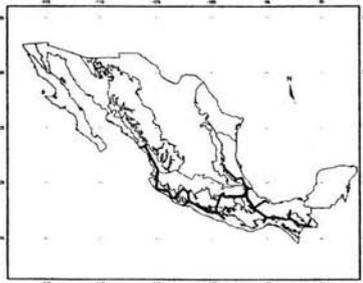


Figura 148. Trazo generalizado III

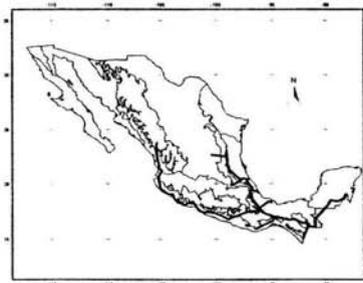


Figura 149. Trazo generalizado IV

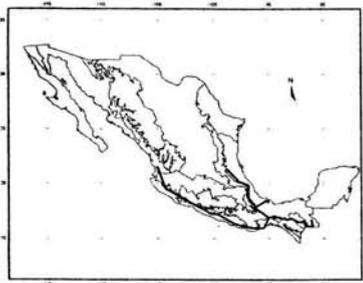


Figura 150. Trazo generalizado V

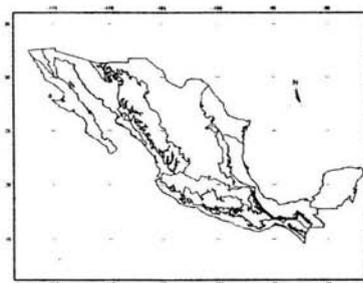


Figura 151. Trazo generalizado VI

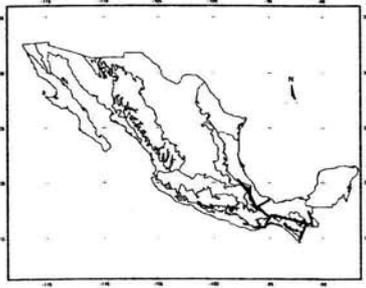


Figura 152. Trazo generalizado VII

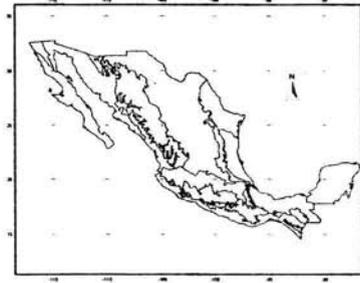


Figura 153. Trazo generalizado VIII

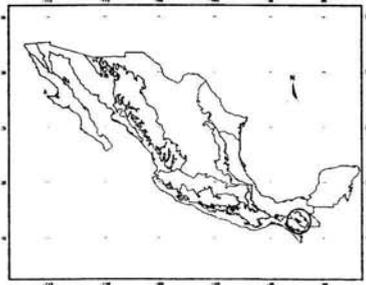


Figura 154. Trazo generalizado IX

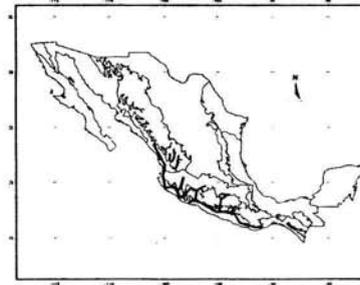


Figura 155. Trazo generalizado X

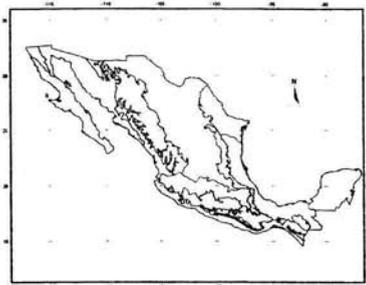


Figura 156. Trazo generalizado XI

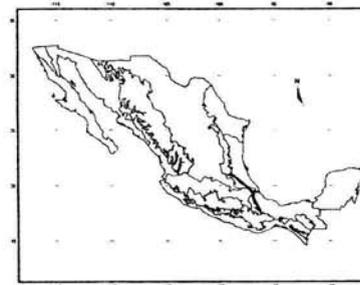


Figura 157. Trazo generalizado XII

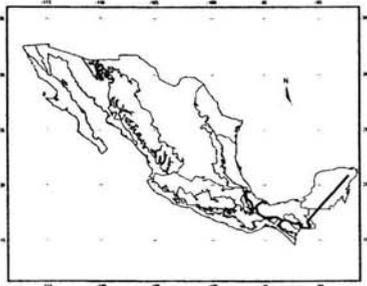


Figura 158. Trazo generalizado XIII

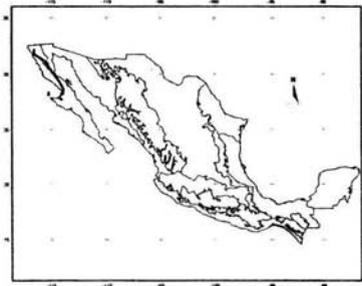


Figura 159. Trazo generalizado XIV

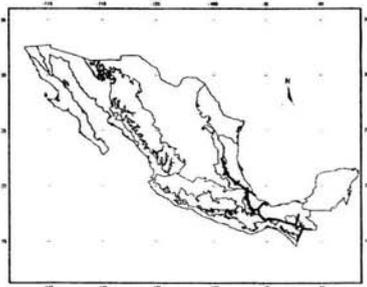


Figura 160. Trazo generalizado XV

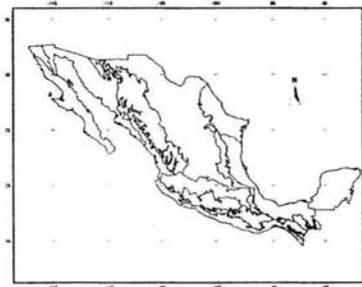


Figura 161. Trazo generalizado XVI

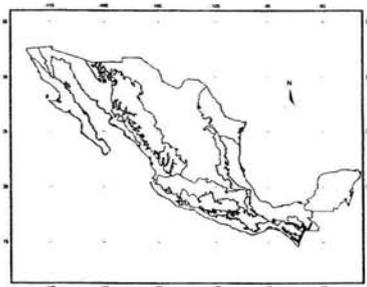


Figura 162. Trazo generalizado XVII

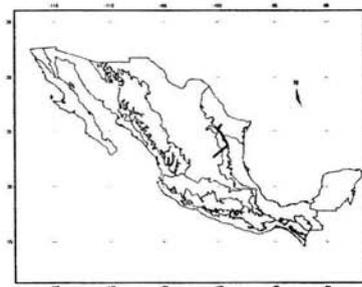


Figura 163. Trazo generalizado XVIII

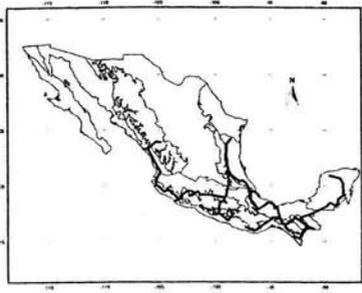


Figura 164. Trazo generalizado XIX

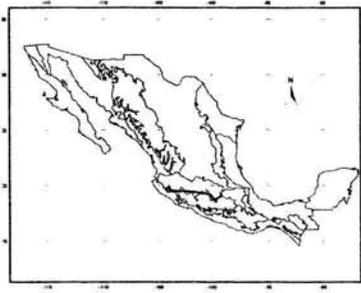


Figura 165. Trazo generalizado XX

Se observó que algunos trazos generalizados mostraban ser parte de patrones más generales los cuales se resumieron en tres trazos únicos. Uno es completamente neártico y los otros dos ocupan ambas regiones, uno de ellos es en su mayoría neotropical y se extiende hacia el norte por el lado oeste del país y el otro toca ambas regiones por su parte noreste (Cuadro 6).

TRAZO	TRAZOS GENERALIZADOS QUE LOS DEFINEN	NÚMERO DE ESPECIES	NEÁRTICA					NEOTROPICAL									
			CAL	BC	SON	MPL	TAM	SMO	MPA	VOL	BAL	SMS	SME	MGU	CHI	YUC	
<b>Componente Neotropical</b>	II - XIII, XV – XVII, XIX y XX	67			•		♦		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Componente Baja Californiano	I, XIV	7	•	•													
<b>Trazo Nuevo León-Tamaulipas</b>	XVIII	3				♦	•							•	•		

**CUADRO 6. Patrones más generalizados.** Se especifican los trazos generalizados y el número de especies que conforman a los patrones, así como las regiones y provincias biogeográficas que ocupan. •= ocupa la mayor parte de la provincia, ♦= toca la provincia solamente en una pequeña parte. En negritas se especifican los patrones que convergen.

A continuación se da una descripción de estos patrones, donde se detalla su localización en el territorio, las provincias biogeográficas de Morrone *et al.* (2002) que ocupan, los trazos generalizados que los definen y los taxones que los conforman.

### Componente Neotropical

**UBICACIÓN:** Se extiende desde el noroeste hasta el sur del país por la Costa del Pacífico a través de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca; por la Costa del Golfo desde Tamaulipas, San Luis Potosí, norte de Hidalgo, norte de Puebla y centro de Veracruz; estos dos trazos se unen en el este de Oaxaca hasta el centro de Chiapas en donde se bifurca, una parte va hacia el sureste de Tabasco, sureste de Campeche, Quintana Roo y Yucatán; la otra parte se dirige al límite de la frontera sur de México con Guatemala.

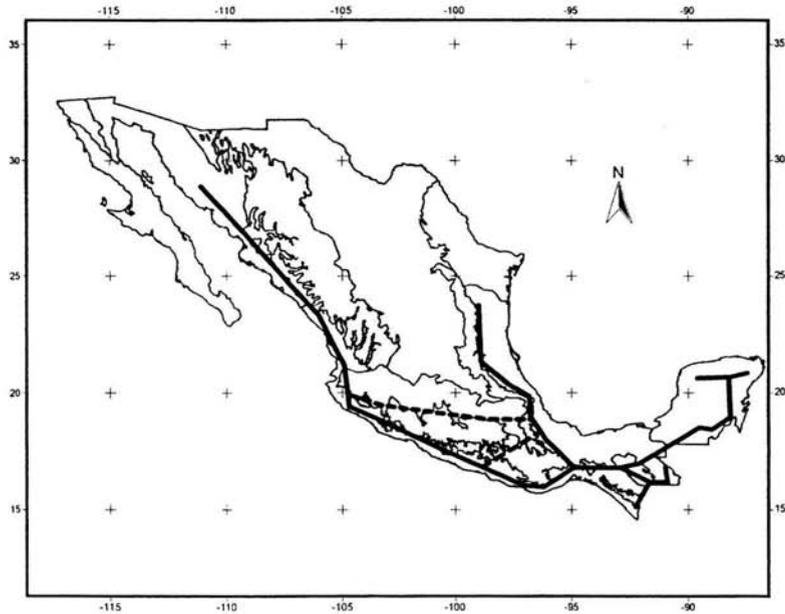
Existen dos cruces que unen los patrones de las costas; uno pasa por el Eje Volcánico Transmexicano a través de los estados de Jalisco, Michoacán, Estado de México, Morelos y Puebla hasta el centro de Veracruz y el otro por la Sierra Madre del Sur por los estados de Guerrero y Oaxaca; estos cruces se visualizan como líneas punteadas en el mapa de la figura 166.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Es un trazo que en general se encuentra en la Zona de Transición Mexicana (Halffter, 1964), ocupa ocho provincias biogeográficas: Costa del Pacífico Mexicano, Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, el límite entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México, Chiapas y Península de Yucatán; sin embargo, ocupa la provincia de Sonora en la región Neártica.

**TRAZOS GENERALIZADOS:** Esta formado por 17 trazos generalizados que son el II - XVIII, XV - XVII, XIX y XX.

**TAXONES:** Participan 67 taxones de los cuales 18 lo definen (en negritas):

- **Aphrissa statira statira**
- *Archonias brassolis approximata*
- **Ascia monuste monuste**
- *Baronia brevicornis brevicornis*
- *Baronia brevicornis rufodiscalis*
- *Battus eracon*
- *Battus ingenuus*
- *Battus laodamas copanae*
- *Battus lycidas*
- **Battus polydamas polydamas**
- *Catasticta nimbece ochracea*
- *Catasticta teutila* ssp. 2
- *Colias philodice guatemalena*
- *Charonias eurytele nigrescens*
- *Dismorphia amphione isolda*
- *Dismorphia amphione praxinoe*
- *Dismorphia theucharila fortunata*
- *Enantia albania albania*
- *Enantia jethys*
- *Enantia lina marion*
- *Enantia mazai mazai*
- **Eucheira socialis socialis**
- *Eurema agave millerorum*
- **Eurema albula celata**
- *Eurema xantochlora xantochlora*
- *Eurytides salvini*
- **Ganyra josephina josepha**
- *Ganyra phaloe tiburtia*
- **Glutophrissa drusilla tenuis**
- *Heraclides erostratus erostratus*
- *Heraclides erostratus vazquezae*
- *Heraclides ornythion* ssp.
- *Heraclides torquatus tolus*
- *Hesperocharis crocea jaliscana*
- **Hesperocharis graphites avivolans**
- *Itaballia demophile centralis*
- *Lieinix lala lala*
- *Lieinix nemesis atthis*
- *Lieinix nemesis nayaritensis*
- *Mimoides ilus branchus*
- *Mimoides phaon phaon*
- *Mimoides thymbraeus aconophos*
- *Mimoides thymbraeus thymbraeus*
- *Parides erithalion trichopus*
- *Parides eurimedes mylotes*
- *Parides iphidamas iphidamas*
- **Parides montezuma**
- *Parides panares lycimenes*
- **Parides photinus**
- *Parides sesostris zestos*
- *Pereute charops nigricans*
- *Pereute charops sphocra*
- **Phoebis agarithe agarithe**
- **Phoebis argante** ssp.
- **Phoebis philea philea**
- **Pieriballia viardi viardi**
- **Protesilaus macrosilaus penthesilaus**
- *Protographium agesilaus fortis*
- *Protographium agesilaus neosilaus*
- *Protographium dioxippus lacandones*
- *Protographium epidaus epidus*
- **Protographium philolaus philolaus**
- *Protographium thyastes marchandii*
- *Pterourus garamas electryon*
- *Pterourus menatius morelius*
- **Pyrisitia lisa centralis**
- **Rhabdodryas trite** ssp.



**Figura 166.** Componente Neotropical

### **Componente Baja Californiano**

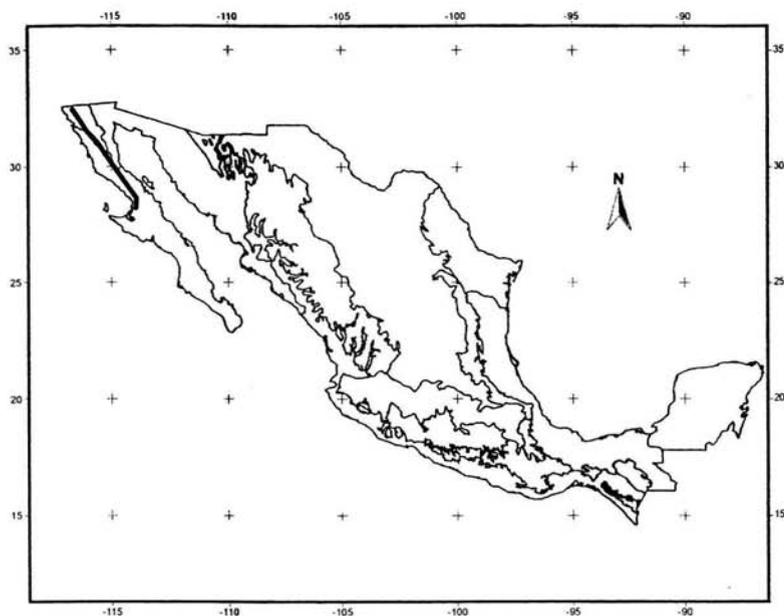
**UBICACIÓN:** Se localiza a lo largo del estado de Baja California.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Es un trazo totalmente neártico, que ocupa dos provincias biogeográficas; California y Baja California (Fig. 167).

**TRAZOS GENERALIZADOS:** Esta formado por dos trazos generalizados: el I y el XIV.

**TAXONES:** Definido por siete taxones:

- *Anthocharis cethura cethura*
- *Colias alexandra harfordii*
- *Papilio polyxenes zelicaon*
- *Paramidea lanceolata*
- *Pontia beckerii*
- *Pterourus glaucus rutulus*
- *Zerene cesonia erydice*



**Figura 167.** Componente Baja Californiano

### **Trazo Nuevo León-Tamaulipas**

Este trazo generalizado queda aislado del resto, razón por la cual se analiza junto con los componentes.

**UBICACIÓN:** Se localiza en el noreste de México en la región centro y este de Nuevo León y suroeste de Tamaulipas y San Luis Potosí

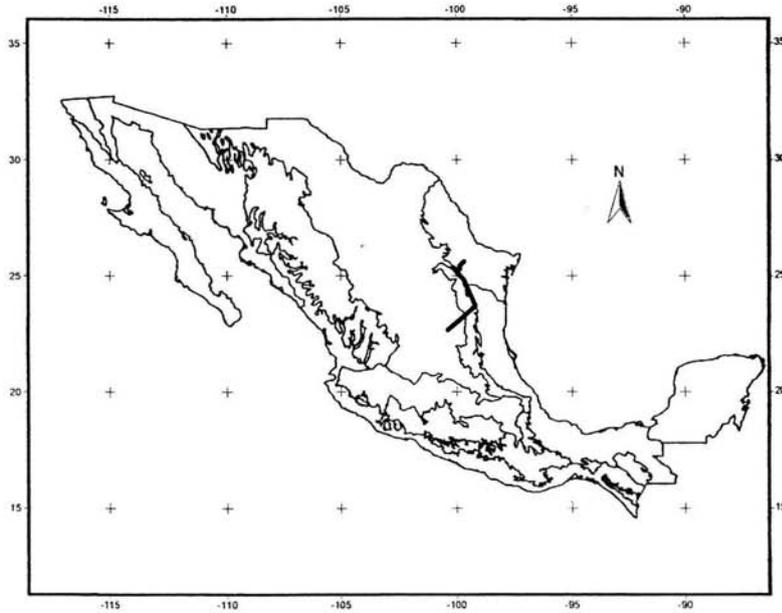
**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Es un trazo que se encuentra en los límites de las regiones Neártica y Neotropical, tocando básicamente las partes noreste de ambas. Ocupa cuatro provincias biogeográficas; el límite entre la Sierra Madre Oriental y Tamaulipas, el noroeste del Golfo de México y una pequeña región al este del Altiplano Mexicano (Fig. 168).

**TRAZOS GENERALIZADOS:** Formado por el trazo generalizado XVIII.

**TAXONES:** Formado por tres taxones, el primero participa y los dos últimos lo definen:

- *Heraclides erostratus erostratinus*

- *Pterourus glaucus garcia*
- *Pterourus palamedes leontis*



**Figura 168.** Trazo Nuevo león-Tamaulipas

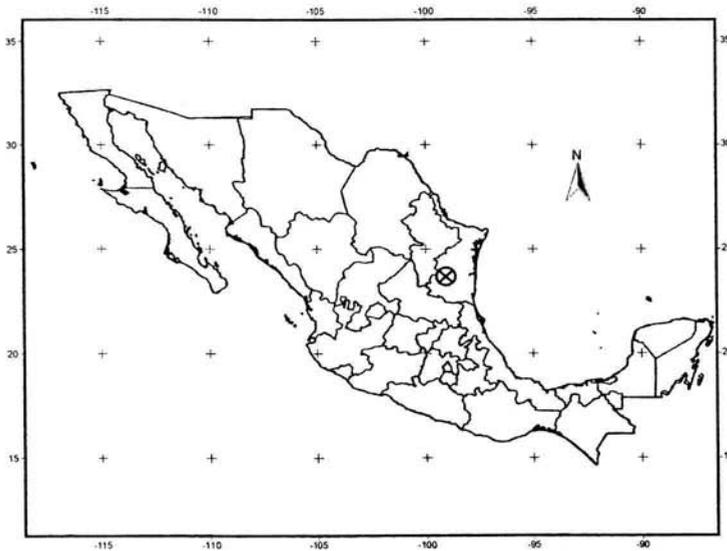
### **Nodos panbiogeográficos**

De la intersección del componente Neotropical y del trazo generalizado Nuevo León-Tamaulipas se obtuvo un único nodo en la Zona de Transición Mexicana (Halffter, 1964) al que se le nombró nodo Sierra Madre Oriental. Este nodo se localiza en la región oeste del estado de Tamaulipas (Fig. 169) en el parteaguas norte de la cuenca del río Pánuco (Espinosa *et al.*, 2004) y ocupa dos de las provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.* (2000) para México, el límite de la Sierra Madre Oriental y el norte del Golfo de México dividiendo a la Sierra Madre Oriental en una zona norte y una zona sur (Fig. 170).

Este nodo se define por 14 taxones:

- *Aphrissa statira statira*
- *Ascia monuste monuste*
- *Battus polydamas polydamas*
- *Ganyra josephina josepha*
- *Glutophrissa drusilla tenuis*
- *Heracides erostratus erostratinus*
- *Parides montezuma*
- *Phoebis agarithe agarithe*
- *Phoebis argante ssp.*
- *Phoebis philea philea*
- *Pyrisitia lisa centralis*
- *Protographium philolaus philolaus*
- *Pterourus glaucus garcia*
- *Pterourus palamedes leontis*

El nodo ocupa dos de las provincias morfotectónicas propuestas para el país por Ferrusquía-Villafranca (1998), la Sierra Madre Oriental (Gran Sierra Plegada) y la Planicie Costera del Golfo (Apéndice 3). Se encuentra en un rango altitudinal que comienza en los 200msnm y se va incrementando hacia el oeste hasta los 1000 msnm; algunos picos elevados llegan a los 1500 msnm. El bosque de coníferas y de encinos y el matorral xerófilo son los tipos de vegetación predominantes y la perturbación del suelo se debe al manejo agrícola, pecuario y forestal (CONABIO, 1999).



**Figura 169.** Nodo Sierra Madre Oriental

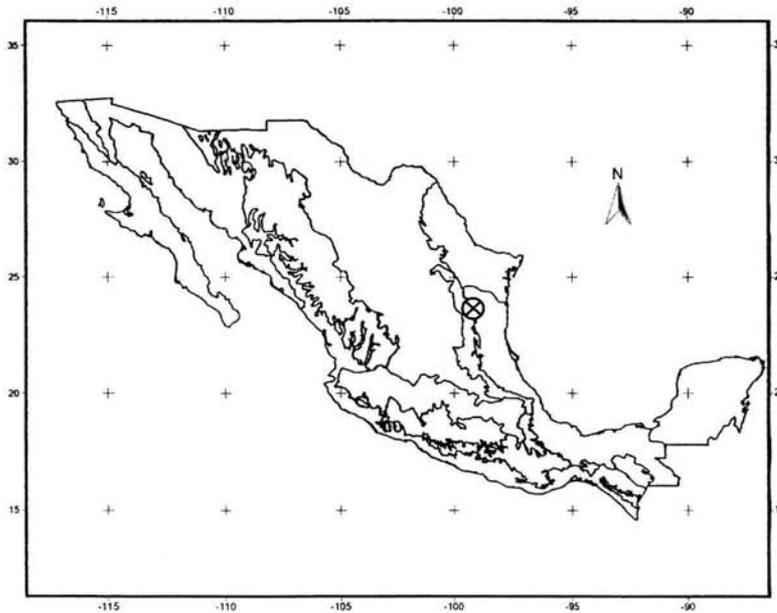


Figura 170. Nodo Sierra Madre Oriental y las provincias biogeográficas Sierra Madre Oriental y Golfo de México (Morrone *et al.*, 2002)

### Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con otros grupos taxonómicos

El nodo Sierra Madre Oriental se comparó con los obtenidos por Álvarez (2001) para aves, Escalante *et al.* (2003) para mamíferos neárticos, Gutiérrez y Acosta (2004) para pulgas de la Sierra Madre Oriental y Ochoa *et al.* (2003) para mariposas; encontrándose que solamente el grupo de las aves presenta un nodo coincidente con el producido en el presente estudio (Fig. 171); sin embargo existen nodos cercanos al hallado para bosques mesófilo de montaña y mamíferos neárticos (Luna *et al.*, 1999; Escalante *et al.*, 2003), específicamente el nodo 8 Gómez-Farías, Tamaulipas para plantas y el nodo 6 para mamíferos ubicado en la Sierra Madre Oriental caracterizado por *Cryptotis mexicana*, *C. parva*, *Microtus mexicanus*, *Sorex milleri*, *S. Veraepacis* y *S. Ventralis*; aunque éste se encuentra en un rango altitudinal mayor.

El nodo de aves se denomina nodo 10, Nuevo León-Tamaulipas y se ubica en el sureste del estado de Nuevo León, limitando con Tamaulipas. Atraviesa la Provincia de la Sierra Madre Oriental y en él se combinan especies de orígenes desérticos y tropicales. Las especies de aves que lo definen son: *Piculus aeruginosus*, *Xiphorhynchus flavigaster*, *Cyanocorax luxuosa*, *Cyanocorax mexicanus-morio*, *Thryothorus maculipectus*, *Turdus grayi*, *Basileuterus culicivorus*, *Campylorhynchus gularis*, *Basileuterus rufifrons*, *Melanerpes formicivorus*, *Myadestes occidentalis*, *Turdus migratorius* *Melanerpes formicivorus*, *Myadestes occidentalis*, *Turdus migratorius* y *Atlapetes pileatus*.

Ochoa *et al.* (2003), utilizan a la subfamilia Dismorphiinae y encuentran dos nodos en el sureste de México que proponen como zonas relevantes para su conservación. En el presente estudio, a pesar de utilizar a esta subfamilia entre otras, no se encuentran dichos nodos quizás por los taxones que se incluyeron en cada análisis.



**Figura 171.** Nodo Sierra Madre Oriental y nodos de otros grupos taxonómicos. Comparación de los nodos de mariposas (1. Guerrero-Oaxaca, 2. Chiapas este, 3. Sierra Madre Oriental) con el de aves (10. Nuevo León-Tamaulipas), mamíferos (6) y plantas (8. Gómez-Farías)

## Comparación de los nodos panbiogeográficos con las áreas importantes para la conservación en México

### Áreas Naturales Protegidas (ANP's)

La ubicación del nodo Sierra Madre Oriental no coincide con ninguna Área Natural Protegida (Fig. 172).

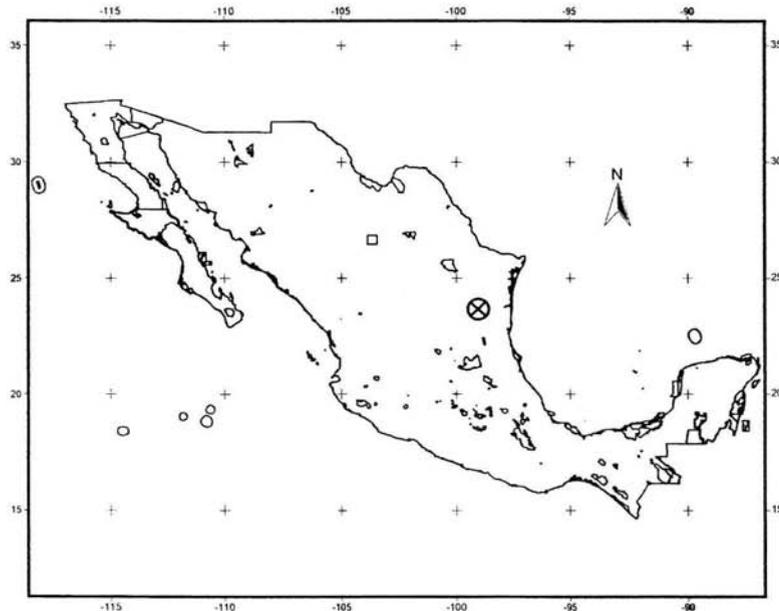
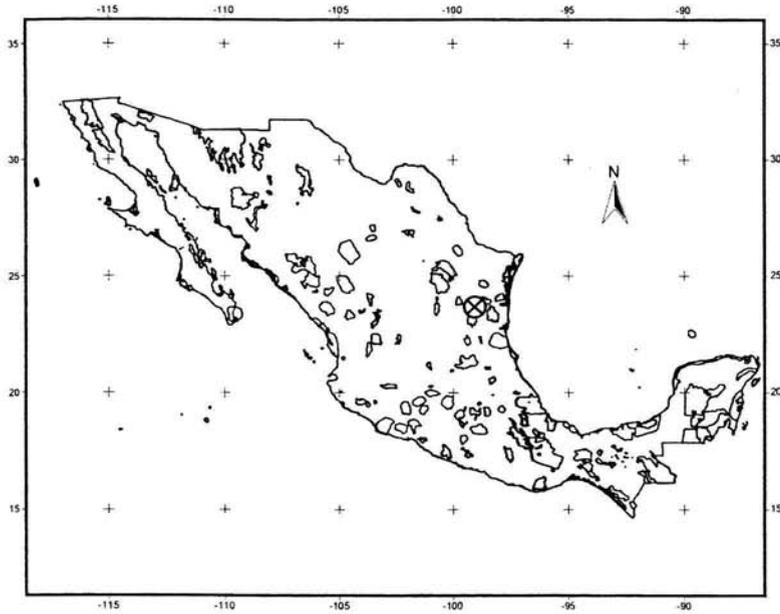


Figura 172. Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las Áreas Naturales Protegidas de México

### Áreas de Importancia en la Conservación de las Aves (AICAS)

El nodo Sierra Madre Oriental coincide con el nodo Nuevo León-Tamaulipas encontrado para aves (Fig. 173). Se relaciona con cuatro AICAS: al noreste con la Presa Vicente Guerrero en Tamaulipas (NE-24), al sureste con la Sierra Madre de Tamaulipas (NE-27), al suroeste con El Cielo (NE-26) y al noroeste con San Antonio Peña Nevada (NE-23). Además, el nodo de aves toca la región este de esta última AICA.



**Figura 173.** Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

### **Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's)**

Al igual que con las AICAS, el nodo Sierra Madre Oriental, se encuentra cercano a cuatro Regiones Terrestres Prioritarias y cubre totalmente a otra (Fig. 174). Al norte se encuentra cercano de la RTP Sierra de San Carlos (RTP-84), al sureste con la Sierra de Tamaulipas (RTP-91), al sur con El Cielo (RTP-90), cubre Valle de Jaumave (RTP-89), al oeste con San Antonio Peña Nevada (RTP-86) y al noroeste con Puerto Purificación (RTP-85).

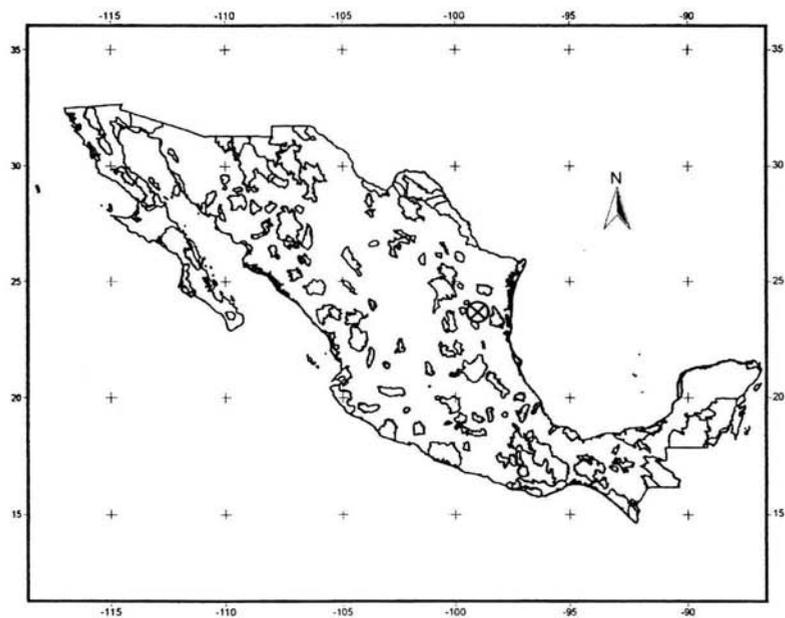


Figura 174. Comparación del nodo Sierra Madre Oriental con las Regiones Terrestres Prioritarias de México

## DISCUSIÓN

La biodiversidad se pierde constantemente por distintas causas, pero la principal amenaza de destrucción de los hábitats es sin duda la presión económica que ejerce el hombre sobre ellos (agricultura, ganadería, industria, extracción forestal, tráfico ilegal de especies, etc.), lo que con frecuencia conduce a un serio deterioro de la calidad de los ecosistemas y trae como consecuencia la perturbación y la extinción de muchas especies (Escalante *et al.*, 1998; Flores, 1998).

De acuerdo con algunas estimaciones acerca de la diversidad biológica existente en el mundo, cerca de 80% de las especies tropicales y un tercio de las templadas están aún fuera de nuestro conocimiento, lo que resulta en más de 5 millones de organismos que habitan la Tierra (Toledo y Ordóñez, 1998). Como es de suponerse, esta cantidad es enorme para poder inventariarla y de este modo conocerla, pese a los intentos que se han pretendido llevar a cabo. Es por eso que la planeación de un sistema de reservas *in situ* ha sido la respuesta para que muchas especies conocidas y desconocidas puedan permanecer y así mantener una buena parte de la biodiversidad que nuestro país aloja.

Son varios los factores que se requieren para poder tener claridad acerca del área que se va a conservar, donde la comprensión de los patrones geográficos y ecológicos juegan un papel decisivo, ya que si no se cuenta con la información precisa acerca de la riqueza del área y de los centros de endemismo tanto a nivel regional como local (Escalante *et al.*, 1998; Flores, 1998), así como de las áreas de distribución de los taxones y de sus relaciones filogenéticas, es difícil saber cuales áreas resultan prioritarias para la conservación (Reynoso, 1994). El reconocimiento de estos patrones espaciales de distribución nos permiten en primera instancia, inferir acerca de la historia evolutiva y los procesos que la han afectado (Rojas-Soto *et al.*, 2003), y es la biogeografía la que se hace cargo de la descripción y de la comprensión de dichos patrones (Morrone, 2001b). El método panbiogeográfico y el PAE permitieron el reconocimiento de homologías espaciales (biotas ancestrales), que reflejan historias geológicas comunes (Craw *et al.*, 1999), y a partir de la intersección de éstas, la identificación de una zona biótica y geológicamente compleja mediante el uso de la información almacenada en bases de datos de colecciones científicas.

Los vertebrados terrestres, los hongos, las plantas y las mariposas diurnas, en especial los Papilionoidea, representan el 12% de la biodiversidad total del planeta en México (Toledo y Ordóñez, 1998). A pesar de que el mayor número de taxones en el

planeta son insectos, éstos no son tomados en cuenta en materia de conservación (Erwin, 1992; Martín-Piera, 1997). Las mariposas conforman un taxón que pese a su gran capacidad de dispersión posee patrones de distribución muy compatibles con los de las plantas, debido a sus hábitos fitófagos, en los que muchas de ellas son específicas (Brown *et al.*, 1992), por lo que su estudio es relevante en cuestiones de impacto ambiental y en la indicación del grado de perturbación de los ecosistemas (Llorente *et al.*, 1996; Luis *et al.*, 2000). Actualmente la NOM-059-ECOL-2002 (SEMARNAT, 2002) reconoce a *Danaus plexippus plexippus* como la única especie de mariposa diurna sujeta a protección especial. Oñate (2004) mencionó que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) cita algunas especies raras o en peligro de extinción de papiliónidos que están amenazadas por la pérdida de su hábitat.

### **Los métodos biogeográficos históricos**

Los métodos biogeográficos permiten inferir acerca de los procesos geológicos que han tenido lugar y que han originado los actuales patrones de distribución geográfica de los organismos a partir de la información disponible, brindando resultados significativos y rápidos a un bajo costo comparados con las expediciones científicas redundantes para la compilación del inventario biológico (Craw *et al.*, 1999). Por esta razón han surgido este tipo de herramientas enfocadas a la predicción de la evolución de las biotas, al reconocimiento de patrones históricos y de los procesos responsables de las distribuciones actuales (Craw y Weston, 1984). De este modo, las bases de datos se han orientado hacia un enfoque cada vez más biogeográfico, con la finalidad de recabar la información espacial de los organismos necesaria para éste tipo de análisis.

En este trabajo se utilizaron dos métodos biogeográficos históricos: la panbiogeografía y el análisis de parsimonia de endemismos. El método de la panbiogeografía permitió visualizar los patrones de distribución de los taxones y a partir de éstos inferir las homologías espaciales sin necesidad de contar con la información filogenética de las dos familias de mariposas que aquí se analizan (Contreras-Medina y Eloisa-León, 2001). Asimismo, se observó la riqueza de orígenes históricos, por lo que este método puede aplicarse a problemas de biodiversidad en diferentes escalas geográficas, ya que proporciona criterios útiles para la documentación, mapeo y reconocimiento de las características espaciales naturales de la biodiversidad lo que hace de ella un instrumento que ofrece un enfoque novedoso sobre el problema de la

designación de áreas a conservar en un periodo corto de tiempo (Morrone y Crisci, 1992; Craw *et al.*, 1999).

El PAE también rescata la relevancia del espacio en los análisis referentes al entendimiento de la biota sobre la Tierra, por que permite descubrir los patrones de distribución de los taxones (Rosen, 1998), sobre todo en los estudios donde se busca la reconstrucción histórica de las áreas que comparten taxones (Crisci *et al.*, 2000; Escalante y Morrone, 2003). Este método resulta ser una herramienta útil para la categorización de áreas si existen datos geográficos confiables (Craw *et al.*, 1999; Rojas-Soto, 2003) y debido a la analogía que existe entre el concepto de trazo generalizado y el área de endemismo (Crisci *et al.*, 2000), el PAE constituye una buena aproximación a los trazos generalizados panbiogeográficos de manera jerárquica (Crisci, 2001; Escalante *et al.*, 2003) y por lo tanto contribuye a la aportación de la información necesaria para la conservación (Crisci *et al.*, 2000). No existe una manera formal de cómo representar gráficamente los trazos generalizados a partir de los resultados arrojados por el PAE, aunque si nos aproxima a éstos. Rojas (en prep.), está desarrollando una herramienta en un sistema de información geográfica que al parecer facilitará esta tarea sin tener que realizar un análisis de PAE previo.

En el presente trabajo se presentaron las siguientes situaciones al dibujar los trazos generalizados a partir de los clados formados: en algunos casos las especies agrupadas por el PAE no dibujaban ningún trazo pues sus distribuciones eran muy distintas; en otros, la coincidencia de los trazos individuales era sólo de una pequeña porción, por lo que considerar un trazo generalizado a partir de ésta información no resultaría confiable; a veces tampoco se agrupaban todas las provincias que indicaba el clado y por último, algunas especies presentaban una distribución que sólo participaba en una parte del trazo generalizado por lo que es debatible el punto acerca de si tomar en cuenta a estas especies como parte del trazo o no. En el presente estudio se hizo la distinción entre especie que definía el trazo y aquella que sólo participaba. La primera se define como el taxón cuya distribución era todo el trazo generalizado y la segunda como aquella que contribuía solo en una pequeña parte del trazo.

### Homologías biogeográficas

El hecho de que varios organismos no relacionados filogenéticamente presenten rasgos característicos repetidos nos habla de un patrón (Escalante *et al.*, 2003), el cual se define tanto por variables ecológicas (suelo, clima, temperatura, humedad) como históricas (básicamente la evolución tectónica del planeta).

El descubrimiento, la visualización, descripción y comprensión de las coincidencias geográficas que presentan los organismos así como las causas que han producido tales disposiciones en el espacio a través del tiempo son los objetivos que persigue la biogeografía (Crisci *et al.*, 2000; Escalante *et al.*, 2003), que combina los conocimientos de la distribución geográfica con principios evolutivos, geológicos y geomorfológicos (Craw *et al.*, 1999). La especiación, el surgimiento de clados supraespecíficos, la dispersión, la vicarianza y la extinción son eventos que han ocurrido en las mismas escalas de tiempo y espacio, lo que indica que los patrones históricos de la distribución geográfica de los organismos pueden observarse por completo a través del tiempo y del espacio (Craw *et al.*, 1999).

En un análisis de la diversidad, lo primero es determinar si los taxones analizados pertenecen a la misma biota, lo cual es posible mediante el método panbiogeográfico y el PAE, al encontrar los trazos generalizados, los cuales representan biotas ancestrales y homologías espaciales. Además se evita patrones incongruentes lo que resultaría de mezclar biotas con distintas historias en un mismo análisis (Crisci *et al.*, 2000).

El concepto de homología biogeográfica introduce una nueva perspectiva a los estudios de biodiversidad donde el contexto espacio-temporal esta representado en los trazos y nodos (Crisci *et al.*, 2000). Este aprovechamiento es diferente de una simple comparación de las distribuciones y los patrones geográficos que se sobreponen (Craw *et al.*, 1999) además nos muestran historias comunes que han tenido lugar a través del tiempo.

El análisis de parsimonia de endemismos realizado mostró dos clados principales (Fig. 145), en uno se encuentran las provincias neárticas de California y Baja California, que de acuerdo con Morrone (2001) se encuentran estrechamente relacionadas y podrían constituir una subregión dentro de la región neártica y forman el grupo hermano de la provincia de Tamaulipas. Ésta a su vez forma el grupo hermano de dos clados: uno contiene a la Sierra Madre Occidental (porción norte) y Sonora y el otro clado incluye básicamente las provincias neotropicales de acuerdo con la clasificación de Morrone *et al.* (2002). La provincia de Yucatán está relacionada con todas las provincias neotropicales y

en este trabajo aparece como grupo hermano del Altiplano Mexicano, provincia que a pesar de considerarse como neártica, aparece cercanamente relacionada con las provincias neotropicales. La depresión del Balsas se muestra como el grupo hermano de la Sierra Madre del Sur y ésta a su vez de dos clados más: uno formado por la costa pacífica mexicana y el Eje Volcánico Transmexicano y el otro se integra por la Sierra Madre Oriental, la cual guarda una estrecha relación con el último clado formado por las provincias de Chiapas y de la costa del Golfo de México las cuales aparecen a lo largo del análisis como un clado muy bien definido lo que es congruente con las relaciones entre las provincias que propone Morrone (2001a).

Diferentes grupos de organismos con distintas capacidades de dispersión exhiben los mismos patrones espaciales debido a que se han visto sometidos a los mismos procesos que han actuado a través del tiempo. Estas coincidencias espaciales nos señalan la existencia de una biota ancestral que sufrió las mismas presiones y la implicación de una correspondencia entre las edades de las barreras y el surgimiento de taxones (Escalante *et al.*, 2003). Existe una similitud entre los resultados que arrojó este estudio y aquellos que se han elaborado utilizando otros grupos taxonómicos, lo que nos indica que existe una historia común para explicar dichos patrones y que los insectos, en especial las mariposas, sí constituyen un grupo modelo que puede y debe de ser usado en los análisis de biogeografía y diversidad enfocados a la conservación.

Los 20 trazos que se hallaron en este estudio se reunieron dentro de tres grandes patrones geográficos: Componente Neotropical, Componente Baja Californiano y Trazo Nuevo León-Tamaulipas.

### **Componente Neotropical**

El componente Neotropical es la conjunción del 48% de los taxones utilizados en el análisis y el 85% de los trazos generalizados hallados. Este patrón corre a lo largo de las costas y por las laderas de las sierras del este del país y convergen en el Istmo de Tehuantepec, por lo que sigue una distribución espacial básicamente neotropical, la cual es similar a las reportadas por otros autores. Álvarez (2001) encontró un trazo parecido que se extiende hacia el norte por ambas costas utilizando aves terrestres en México. Contreras-Medina y Eloisa-León (2001) obtuvieron a partir de la distribución de plantas y animales (vertebrados e invertebrados), el trazo denominado sudamericano el cual abarca México, Centroamérica y Sudamérica; el nuestro estaría incluido dentro de este patrón. García (2003) y Escalante *et al.* (en prensa) utilizaron a los mamíferos neotropicales y

neárticos respectivamente; y hallaron patrones espaciales similares; Ochoa *et al.* (2003) encontraron un trazo para mariposas cuya distribución es sumamente parecida a la del componente hallado. Morrone y Márquez (2003) describieron el componente mesoamericano el cual corresponde al patrón de distribución aquí descrito; sin embargo el componente que encontramos ocupa la Sierra Madre Oriental y la Península de Yucatán las cuales corresponden al componente Mexicano de Montaña y Antillano respectivamente, descrito por los autores.

La similitud espacial entre diferentes taxones de plantas y animales (vertebrados e invertebrados) refleja una historia común compartida, resultado de las barreras geológicas y climáticas que actuaron en un mismo tiempo y que dieron lugar a la disyunción típica de la biota terrestre de México (Fa y Morales, 1998). El Cinturón Orogénico Laramídico o Hidalguense parece ser el evento geológico vicariante que separó a la biota restringiéndola hacia el oeste y este del país y que determinó los principales rasgos fisiográficos de las montañas de México (Halffter, 2003). Éste afectó el área comprendida desde Sonora hasta Chiapas desde finales del Cretácico (hace 77 millones de años) hasta el Eoceno Medio (hace 45 millones de años), edad posterior a la adhesión de los territorios que conforman México (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2000; Ortega *et al.*, 2000). Este período coincide con el tiempo en el que Norteamérica y Sudamérica estuvieron conectadas por el puente centroamericano abriendo la posibilidad de un intercambio de especies de norte a sur y viceversa. También coincide con el período donde se sitúa el origen de los lepidópteros como orden (Beutelspacher y Howe, 1984).

Durante parte del Eoceno superior (hace 42 millones de años) y principios del Mioceno, la conexión entre Norte y Sudamérica por el puente centroamericano se sumergió; sin embargo el Istmo de Tehuantepec permaneció. No obstante a finales del Mioceno y principios del Plioceno (hace 12 millones de años) el Istmo conformó la barrera geológica más importante en el intercambio de las biotas del norte y del sur de América, ya que permaneció hundido (Beutelspacher y Howe, 1984; Halffter, 2003) y climática en el cenozoico y actual (Halffter, 2003). Se ha propuesto que el Istmo de Tehuantepec es el límite sur entre la biota Neártica y Neotropical (Carlenton, Sánchez y Urbano-Vidales, 2002) y que actúa como un puente natural que une las biotas de las costas este y oeste del país (Leopold, 1983).

En cuanto al evento vicariante climático podemos mencionar que en el Terciario superior (Plioceno) existía en el continente Norteamericano un interior con clima seco y con limitada vegetación, separando el este del oeste y creando para la distribución actual

de los lepidópteros mexicanos la misma divergencia en el país (Beutelspacher y Howe, 1984). En este mismo período se encuentra un movimiento de la biota septentrional hacia el sur y de la biota neotropical hacia el norte. Cuando finalmente se establece de nuevo la conexión entre la parte norte y sur de América (Plioceno-Pleistoceno), aparece un moderno avance de los lepidópteros en ambas direcciones (Beutelspacher y Howe, 1984).

Con base en lo anterior se observa que el presente patrón se conforma tanto por elementos con afinidades sudamericanas antiguas (pre-eoceno) representados por líneas de especies evolucionadas en América del Norte; como por elementos sudamericanos modernos (post-plioceno) representados por especies que provienen del norte de América del Sur o Central y que se extienden por las tierras tropicales de las planicies costeras del golfo y del pacífico mexicano (patrón neotropical típico) (Halffter, 2003; Ochoa 2003).

Con respecto al muestreo que existe encontramos que, los estados mejor recolectados y con mayor número de endémicos son Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Veracruz figura como el estado con mayor número de localidades de recolecta y el segundo lugar en riqueza específica de papilionidos y piéridos (Oñate, 2004). Oñate (2004) consideró que el conocimiento de Papilionidae y Pieridae en el país es satisfactorio, al menos en los estados de Baja California, Baja California Sur, Jalisco, Veracruz, Colima, Michoacán, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Tabasco. La región del Istmo de Tehuantepec (Veracruz, Chiapas y la extensión hacia Oaxaca y Guerrero) ha tenido recolectas intensivas; por lo que tanto las especies de amplia distribución como las endémicas se conocen bien. Este patrón de riqueza en el sur del país expresa el origen neotropical predominante de los lepidópteros de México, principalmente el de los papilionidos (Oñate, 2004).

### **Componente Baja Californiano**

Este trazo se localiza en el estado de Baja California y ocupa las sierras del noroeste del país; específicamente las zonas occidentales de la Sierra de Juárez y de la Sierra de San Pedro Mártir.

Varios grupos taxonómicos han reportado este patrón peninsular. Escalante *et al.* (2003) reconocieron que este patrón constituye un área de endemidad importante para los mamíferos terrestres. En el caso de las aves, el patrón se localiza en las porciones norte y sur de la región de San Diego, las sierras norteñas de Baja California y el Desierto central y termina donde comienza el Desierto del Vizcaíno (Rojas-Soto *et al.*, 2003). De acuerdo con el análisis de Rojas-Soto *et al.* (2003), toda la península Baja Californiana

representa una única entidad avifaunística muy bien soportada. Álvarez (2001) también encontró tres trazos generalizados (3, 5 y 10) coincidentes en un análisis panbiogeográfico con aves terrestres residentes de México.

Morrone y Márquez (2003) establecieron con base en taxones animales y vegetales el componente Neártico Californiano, dentro del cual se aloja nuestro patrón, que muy seguramente se extiende hasta los Estados Unidos de América pero no se alcanza a ver en nuestro análisis debido a que no incluimos registros para ese país.

Estos trabajos junto con el nuestro muestran que las barreras geográficas y ecológicas (desierto) que se presentan en esta península fueron y son determinantes en la actual distribución geográfica de las mariposas y de otros organismos.

La Placa Farallón y Norteamericana tuvieron movimientos opuestos que produjeron la subducción de la primera bajo de la segunda. Tras varios eventos de colisión se presentó levantamiento regional y vulcanismo. En el Oligoceno estas dos placas se encontraron en el sitio ocupado actualmente por Sinaloa o Nayarit y esto puso fin a la subducción de la Placa Farallón y comenzó la separación y el desplazamiento de una porción suroccidental de Norteamérica, ahora conocida como Península de Baja California. El espacio formado se convirtió en el Golfo de California. El desplazamiento ocurrió mediante una serie de fallas dextrales escalanodas cuyos representantes actuales forman el Sistema de la Falla de San Andrés, que expresa el movimiento contemporáneo relativo de la Placas Norteamericana y del Pacífico (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

Debido a la posición y a las características geográficas de la península de Baja California (Apéndice 3), ésta exhibe dos faunas; una tropical americana (Neotropical) y una templada norteña (Neártica). De acuerdo con esto, el patrón encontrado en nuestro análisis estaría conformado por especies de origen Neártico correspondientes con la provincia Californiana de Brown *et al.* (1992); y otra parte que se extiende hacia el desierto del Vizcaíno presentaría una biota de origen mixto; la cual puede ser consecuencia de la disponibilidad que exista de la planta de alimentación.

De acuerdo con Brown *et al.* (1992) el origen de la fauna Neártica corresponde con el evento vicariante asociado con los movimientos de las placas a lo largo de la Falla de San Andrés y con la dispersión hacia el sur y el subsecuente regreso hacia el norte de las especies boreales debido al retroceso glacial y; la fauna mixta del Desierto del Vizcaíno también se explica mediante este evento tectónico el cual pudo haber movido una fauna neotropical *in situ* a la actual posición.

Baja California y Baja California Sur se encuentran entre los estados que exhiben un buen conocimiento respecto a los papiliónidos y piéridos de México (Oñate, 2004). Baja California a pesar de presentar un alto número de localidades recolectadas y un gran número de registros, no tiene una riqueza específica considerable, en cambio, sí presenta una gran riqueza de endemismos representados por varias especies y subespecies de piéridos, aunque la mayoría de sus especies son de amplia distribución y de origen neártico con su límite más sureño en México (Oñate, 2004).

### **Trazo Nuevo León-Tamaulipas**

Este trazo generalizado se analiza de manera independiente ya que no existe ningún otro que muestre la misma disposición espacial.

Al compararlo con los trazos de otros grupos taxonómicos solamente el grupo de las aves presenta trazos neotropicales y del Eje Volcánico Transmexicano que se extienden hacia el norte y es esta extensión la que resulta semejante a nuestro trazo (Álvarez, 2004).

*Heraclides erostratus erostratinus* (*Pirámides erostratus erostratinus*) y *Pterourus palamedes leontis* son dos especies reportadas como endémicas para la Sierra Madre Oriental (Delgado y Hernández, 1998; Llorente *et al.*, 1997), las cuales junto con *Pinus pinceana* y *Junglans mollis*, constituyen las cuatro especies que definen a la Sierra Madre Oriental como provincia biogeográfica (Espinosa *et al.*, 2004).

Espinosa *et al.* (2004) hicieron un estudio para identificar subdivisiones en la provincia de la Sierra Madre Oriental y de acuerdo con ellos la Sierra Madre Oriental se divide en una subprovincia septentrional y una meridional separadas entre sí por el Río Moctezuma (Pánuco medio). La distribución geográfica de *Pterourus palamedes leontis* y *Pterourus glaucus garcia* determinan la extensión del trazo Nuevo León-Tamaulipas en la zona septentrional en las subprovincias fisiográficas Pliegues Saltillo-Parras y Gran Sierra Plegada (Espinosa *et al.*, 2004). En el caso de los registros de *Heraclides erostratus erostratinus* que se continúan hacia el sur por los estados de Hidalgo y Veracruz, éstos ya no pertenecen al trazo generalizado y de hecho forman parte de la subprovincia del Carso Huasteco (meridional) (Espinosa *et al.*, 2004).

El trazo Nuevo León-Tamaulipas se ubica en el límite entre la región neártica y la Zona de Transición Mexicana (Halffter, 1958; Escalante *et al.*, en prensa), y su extremo más sureño dicta el límite meridional de muchas especies de papiliónidos y piéridos cuya

distribución se extiende desde América Central y se interrumpe abruptamente en el río Pánuco: *Protographium calliste calliste*, *Mimoides thymbraeus thymbraeus*, *M. ilus brachus*, *Enanita jethys*, *E. mazai* y *Lieinix nemesis*; (Espinosa *et al.*, 2004). Este patrón se presenta también en algunas especies de reptiles, aves terrestres y mamíferos (Escalante *et al.*, 1998; Fa y Morales, 1998; Flores, 1998; Luna *et al.*, 2000).

Al parecer el río Pánuco es el evento vicariante que separa a la biota de la provincia de la Gran Sierra Plegada y el Carso Huasteco, las cuales se componen por rocas de diferentes edades: jurásicas y cretácicas para la primera y paleozoicas hasta cretácicas para la segunda. También el clima es más húmedo y cálido en El Carso y menos húmedo y con temperaturas más extremosas en la Gran Sierra Plegada (Espinosa *et al.*, 2004). En cuanto a relaciones se refiere, la subprovincia septentrional, donde se ubica nuestro trazo; está más cercanamente relacionada con la Sierra Madre Occidental y el suroeste de los Estados Unidos Americanos.

Es importante señalar que la intensidad del muestreo ha sido desigual tanto en el espacio como en el tiempo; siendo los estados del norte los que han recibido menos atención y como consecuencia contienen bajos registros reflejando el efecto que provocan las vías de comunicación y de acceso a las distintas áreas (Oñate, 2004); sin embargo, el territorio ocupado por la Sierra Madre Oriental figura como recolectado aunque con pocos registros. El bosque de coníferas y de encinos son el tipo de vegetación más diverso, con respecto a los papiliónidos y los piéridos, y junto con el matorral xerófilo son los más recolectados aunque los más grandes en proporciones en nuestro país por lo que no resultan ser los mejor conocidos (Oñate, 2004).

### **Zonas de convergencia**

Los nodos se forman a partir de la intersección de las homologías biogeográficas primarias y representan zonas de alta conectividad. Por lo tanto son sitios con diversas relaciones biogeográficas, además de exhibir endemismos locales y ser reconocidos por su alta riqueza de especies (*hot spots*) y provenientes de orígenes históricos diversos (Heads, 1989; Craw *et al.*, 1999; Contreras-Medina *et al.*, 2003).

En el presente trabajo se encontró un único nodo que se denominó con base en su ubicación: Sierra Madre Oriental. Éste se localiza en los límites de dos provincias biogeográficas (Morrone *et al.*, 2002) y de dos provincias morfotectónicas (Ferrusquía, 1998), lo que manifiesta ser una característica propia de los nodos (Heads, 1989).

La Sierra Madre Oriental es el producto del levantamiento y deformación de rocas principalmente mesozoicas. Corresponde a una franja del frente plegado y cabalgado durante el período de deformación laramídico o Hidalguense (Cretácico tardío-Terciario temprano) (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2000; Ortega *et al.*, 2000). De acuerdo con los resultados de Ferrusquía-Villafranca (1998) nuestro nodo se localiza en el sector oriental de la Sierra Madre Oriental, lo cual le confiere características climáticas específicas (Apéndice 3).

Varios han sido los estudios que han tratado la identidad biogeográfica de la Sierra Madre Oriental con base en diferentes taxones de plantas y animales (Rzedowski, 1978; Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Escalante *et al.*, 1998; Campbell, 1999; Espinosa *et al.*, 2004); sin embargo, muchos otros han encontrado que la Sierra Madre Oriental no constituye una unidad natural. Luna *et al.* (1999) la dividieron en una porción norte y una sur utilizando a los bosques mesófilos de montaña. Márquez y Morrone (2004) propusieron una división norte y sur con dos cuadrantes cada una de ellas basados en la distribución geográfica de escarabajos; nuestro nodo se ubica en el límite entre el cuadrante uno y el dos; también mencionan que la Sierra Madre Oriental (norte) se encuentra más estrechamente relacionada con la región Neártica y el cuadrante dos con la provincia del Golfo de México. Espinosa *et al.* (2004) citaron que de las tres relaciones biogeográficas que guarda la Sierra Madre Oriental, muchas especies de piéridos y papiliónidos sostienen la relación con las Sierras Meridionales de México, América Central y las Antillas. Además dividen a la Sierra Madre Oriental en una zona septentrional y una meridional con dos distritos cada una, estas divisiones se apoyan en especies endémicas. De acuerdo a los trabajos anteriores, nuestro nodo se ubica en la porción norte de las divisiones encontradas con diferentes métodos y taxones. Algunos autores concluyen que la porción norte de la Sierra Madre Oriental no es natural debido a lo poco sustentada que está (Márquez y Morrone, 2004). Otros sugieren que debido a la distribución de los diversos taxones endémicos es posible distinguir la biota de la Sierra Madre Oriental como una unidad natural (Espinosa *et al.*, 2004); por lo que resulta importante incrementar los estudios de las regiones norteñas del país.

Los estados del norte, históricamente han recibido poca atención en cuanto a recolectas se refiere debido al difícil acceso a las áreas y la ubicación de los centros de investigación en el centro y sur del país. De tal forma podemos considerar que en el caso de las mariposas, Tamaulipas necesita mayor atención, no así para los grupos de aves y

mamíferos los cuales reportan una alta riqueza específica en este estado en función a su esfuerzo de recolecta. Por ejemplo, para las aves terrestres algunas regiones han sido intensamente muestreadas como son el bosque mesófilo de montaña de El Cielo, Tamaulipas (León-Paniagua *et al.*, 2004; Navarro *et al.*, 2004). León-Paniagua *et al.* (2004) sugirieron la necesidad de decretar zonas de reserva en los estados de Tamaulipas, Hidalgo y Puebla.

Con la problemática que México está presentando en la preservación de sus ecosistemas, ya no solamente es necesario tener una alta riqueza específica para poder conservar; sino que es de suma importancia conocer las zonas compuestas geológicamente, es decir, aquéllas áreas en las que confluyen y exhiben diferentes orígenes históricos. Los nodos son límites biogeográficos dinámicos donde los fragmentos remanentes de diferentes biotas ancestrales estuvieron en contacto (Crisci *et al.*, 2000) por lo que se ha propuesto que éstos deberían de tomarse en cuenta en la toma de decisiones para la conservación (Crisi *et al.*, 2000). Con base en esto, el nodo de la Sierra Madre Oriental, constituye una zona biótica y geológicamente compleja. A pesar de que no existe una gran cantidad de nodos que coincidan en su totalidad con él, si hay algunos de plantas y mamíferos neárticos (Luna *et al.*, 1999; Escalante *et al.*, 2003) que se encuentran cercanos y que resultan relevantes por ser de organismos con distintas capacidades de dispersión.

De igual forma sucede con las áreas de importancia para la conservación. En el caso de las ANP es notable que no se le haya prestado suficiente atención a la zona noreste del país ya que existe una carencia de zonas protegidas ahí. En cuanto a las AICA y RTP, son varias las que rodean el nodo hallado, lo que resulta importante pues las RTP han sido propuestas con base en taxones y criterios que se destacan por la presencia de la riqueza de ecosistemas y una integridad biológica importante (Arriaga *et al.*, 2000).

La valoración del nodo hallado se hizo de manera indirecta (datos históricos de localidades de registro y datos cartográficos de la vegetación), y la diversidad biológica es una entidad dinámica, por lo que su evaluación debe situarse lo más cercano posible al contexto espacio-temporal presente. Razón por la cual es necesario corroborar la información generada directamente en el campo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos sobre la distribución de Papilionidae y Pieridae, se encontraron tres patrones generales, los cuales coinciden con los hallados con otros métodos para otros grupos taxonómicos no relacionados filogenéticamente. Estos patrones son:

El Componente Neotropical, refleja el patrón típico de la biota neotropical que corre por las costas del Pacífico Mexicano y del Golfo de México, uniéndose en el Istmo de Tehuantepec y dirigiéndose hacia Centroamérica. Los taxones encontrados en estos lugares forman un mosaico de elementos antiguos y recientes.

El Componente Baja Californiano presenta una fauna de mariposas de afinidad neártica en el norte y mixto en la parte sur. Este patrón peninsular lo presentan también muchos taxones de aves y mamíferos.

El Trazo Nuevo León-Tamaulipas presenta una afinidad neártica y su extremo más sureño dicta el límite meridional de muchas especies de papiliónidos, piéridos, mamíferos, reptiles y aves.

La convergencia del componente Neotropical y del trazo Nuevo León-Tamaulipas, sugiere un origen compuesto de la Sierra Madre Oriental, lo cual se comprueba con la presencia del nodo del mismo nombre.

El nodo Sierra Madre Oriental se localiza en los límites de muchas de las subdivisiones propuestas para la provincia, coincide con un nodo hallado para aves terrestres y se encuentra cerca de muchos otros encontrados para mamíferos y plantas. También se localiza cerca de AICA y RTP y de ninguna ANP, lo que enfatiza la necesidad de mayores estudios para la zona.

La valoración del nodo hallado se hizo a partir de datos históricos de localidades de registro y datos cartográficos de la vegetación por lo que se debe evaluar la información generada directamente en el campo.

Aunque los insectos no han sido tomados en cuenta en las estrategias de conservación, el presente estudio demuestra que independientemente de las capacidades de dispersión, las mariposas coinciden en su mayoría con los patrones encontrados para otros organismos; lo que recalca la importancia de incluirlas en la toma de decisiones conservacionistas y manifiesta su papel como un taxón modelo.

El método panbiogeográfico resulta amable para reconocer, de primera instancia, zonas bióticamente compuestas que puedan proponerse para la conservación cuando no existen los elementos filogenéticos necesarios.

### Literatura citada

- Aguilar-Aguilar, R. y R. Contreras-Medina**, 2001. La distribución de los Mamíferos de México: Un Enfoque Panbiogeográfico, pp. 213-219. En: Llorente, J.B. y J.J. Morrone (eds). *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Fac. Ciencias, UNAM y CONABIO.
- Álvarez, M.E.**, 2001. *Propuesta de áreas para conservación de aves terrestres en México aplicando herramientas panbiogeográficas*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 78 p.
- Arita, H., F. Figueroa, A. Frisch, P. Rodríguez y K. Santos del Prado**. 1997. Geographical range size and the conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology*. 11: 92-100
- Arizmendi, M. Del C. y L. V. Márquez (eds.)**. 2000. *Áreas de Importancia para la Conservación de las aves en México (AICA's)*. CIPAMEX-CONABIO-CCA-FMCN. México, D.F., 440 p.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.)**. 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Berthold, P.** 1993. *Bird migration: A general survey*. Chapter 9. Threats and the conservation and future of migrants. Oxford Ornithology Series.
- Beutelspacher, C.R. y W.H. Howe**. 1984. *Mariposas de México. Fascículo I: Introducción y Generalidades Superfamilia Papilionoidea; Familia Papilionidae. I*. La Prensa Médica Mexicana, S.A. México, D.F. 128p. + 20 Láminas.
- Brown, K.S. Jr.** 1991. Conservation of neotropical environments: Insects as indicators. Pp. 349-404. En: N.M. Collins and J.A. Thomas (eds.). *Conservation of Insects and their environments*. Academic Press, Londres.
- Brown, J.W., H.G. Real, and D.K. Faulkner**. 1992. *Butterflies of Baja California. Faunal survey, natural history, conservation biology*. The Lepidoptera Research Foundation. Inc, Beverly Hills, California, 129 p.
- Brown, J. y M.V. Lomolino**. 1998. *Biogeography*. 2°ed., Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- Campbell,** 1999. Distributions patterns of amfibians in Middle America, pp. 111-210. En: Duellman W.E.(ed.). *Patterns of distributions of amphibians: A global perspective*. The John Hopkins University Press, Baltimore.
- Carlenton, M.D., Sánchez O. y Urbano-Vidales**. 2002. A new species of *Habromys* (Muroidea: Neotominae) from México, with generic review of species definitions and remarks on diversity patterns among Mesoamerican small mammals restricted to humid montane forest. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 115(3): 488-533
- Casas-Andreu, G. y Reyna- Trujillo**. 1990. Provincias herpetofaunísticas. Mapa IV. 8. 6. A. En: *Atlas Nacional de México, III*, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Ceballos, G. y P. Rodríguez**. 1993. Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II. Patrones de endemidad, pp. 87-107. En: R.A. Medellín y G Ceballos (eds). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Vol. I Publicaciones especiales, Asociación Mexicana de mastozoología A.C. México.
- Cervantes-Zamora, Y., S.L. Cornejo-Olgín, R. Lucero-Márquez, J.M. Espinoza-Rodríguez, E. Miranda-Viquez y A. Pineda-Velázquez**. 1990. Clasificación de Regiones Naturales de México II.IV.10.2. *Atlas Nacional de México*. Vol. II. Escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

- CIPAMEX-CONABIO (Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves-Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad). 1999. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves*. Escala 1:250 000. México.
- CONABIO, 1997. Provincias biogeográficas 1: 4 000 000
- CONABIO (Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad). 1998a División Política estatal Escala 1: 250 000. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad). 1998b Límite Nacional. Escala 1: 250 000. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad). 1999. Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO. Escala 1: 1 000 000. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad). 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias*. Escala 1:1 000 000. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad). 2002. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves*. <http://www.conabio.gob.mx>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2003. *Áreas Naturales Protegidas de México*. <http://www.conanp.gob.mx>
- Contreras-Medina, R. y H. Eloisa-León. 2001. Una visión Panbiogeográfica preliminar de México, pp. 197-211. En: Llorente, J.B. y J.J. Morrone (eds). *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las prensas de Ciencias, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Contreras-Medina, R., I. Luna Vega y J.J. Morrone. 1999. Biogeographic análisis of the genera of Cycadales and Coniferales (Gymnospermae): a panbiogeographic approach. *Biogeographica*, 75(4): 163-176.
- Contreras-Medina, J.J. Morrone e I. Luna Vega. 2003. Uso de herramientas biogeográficas para el reconocimiento de 'hot spots'. Un ejemplo de aplicación con briofitas y gimnospermas, pp. 155-158. En: Llorente, J.B. y J.J. Morrone (eds). *Una perspectiva latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Fac. de Ciencias, UNAM. 307 p.
- Cortés, R. y P. Franco. 1997. Análisis panbiogeográfico de la Flora de Chiriquete, Columbia. *Caldasia*, 19: 465-478
- Coscarón, M. Del C. 1997. Revisión of the genus *Peirates* Serville, with a cladistics, and biogeographic analysis (Heteroptera: Reduviidae, Peiratinae). *Ent. Scand.*, 26: 191-228.
- Coscarón, M. Del C. y J.J. Morrone. 1995. Systematics, cladistics, and biogeography of the *Peirates collarti* and *P. lepturoides* species groups (Heteroptera: Reduviidae, Peiratinae). *Ent. Scand.*, 26: 191-228.
- Craw, R.C. 1985. Classic problems of southern hemisphere biogeography re-examined. *Zeit. Zool. Syst. Evolutionsf.*, 23: 1-10.
- Craw, R.C. 1988. Panbiogeography: method and synthesis in biogeography. In: *Analytical biogeography* (ed. A.A. Myers and P.S. Giller), pp. 437-481. Chapman and Hall, London.
- Craw, R.C. 1989. Quantitative panbiogeography: introduction to methods. *New Zealand Journal of Zoology*, 16: 485-495.
- Craw, R.C. 1992. Margins of cladistics: Identity, difference and place in the emergence of phylogenetic systematics, pp. 65-107. En: Griffiths, P. (ed.), *Tree of life*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Craw, R.C. y P. Weston. 1984. Panbiogeography: a progressive research program? *Syst. Zool.* 33: 1-33
- Craw, R.C., J.R. Grehan and M.J. Heads. 1999. Panbiogeography. Tracking the history of life. *Oxford Biogeography Series No. 11*. Oxford University Press, 229 p.

- Crisci, J.V.** 1998. Forma, espacio y tiempo: Los métodos modernos de reconstrucción filogenética. *Monogr. Syst. Bot. Gard. Proceedings of the VI Congreso Latinoamericano de Botánica* 68: 443-444.
- Crisci, J.V.** 2001. The voice of historical biogeography. *Journal of biogeography*, 28, 157-168.
- Crisci, J.V., P. Posadas, I. Katinas y D.R. Miranda-Esquivel.** 1999. Estrategias evolutivas para la conservación de la biodiversidad en América del sur austral, pp. 175-198. En: S.D. Matteucci, O. T. Solbrig, J. Morello y G. Halffter (eds.). *Biodiversidad y uso de la tierra: Conceptos y ejemplos de Latinoamérica*. EUDEBA-UNESCO. Buenos Aires.
- Crisci, J.V., L. Katinas y P. Posadas.** 2000. *Introducción a la Teoría y Práctica de la Biogeografía Histórica*. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires. 169 p.
- Croizat, L.** 1958. *Panbiogeography*. Publicado por el autor en Caracas.
- D'Almeida R.F.** 1966. Catalogo dos Papilionoidea Americanos. *Sociedad Brasileira de Entomologia*.
- De Marmels, J.** 2000. The larva of *Allopetalia pustulosa* Selys, 1873 (Anisoptera: Aeshnidae), with notes on aeshnoid evolution and biogeography. *Odonatologica*, 29: 113-128
- Eguiluz de Antuñano, M. Aranda García y R. Marrett.** 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México, pp. 1-26. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. V. LIII.
- Erwin, T.L.** 1992. A current vision of Insect Diversity, pp. 91-97. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (eds.) *México ante los retos de la Biodiversidad*. CONABIO, México.
- Erwin, T.L. y J.C. Scott.** 1980. Seasonal and size patterns, trophic structure and richness of Coleoptera in the tropical arboreal ecosystem: the fauna of the tree *luehea seemannii* Triana y Planch in the Canal Zone of Panama. *Coleop. Bull.* 34 (3): 305-322
- Escalante, P.P., A.G. Navarro y A.T. Peterson.** 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México, pp. 279-304. En: Ramamorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 792 p.
- Escalante T.E.** 2003. Avances en el Atlas Biogeográfico de los Mamíferos Terrestres de México, pp. 297-302. En: Morrone, J.J. y J.B. Llorente (eds.). *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 307 p.
- Escalante, T. y J.J. Morrone.** 2003. ¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos?, pp. 167-172. En: Morrone, J.J. y J. Llorente (eds.). *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 307 p.
- Escalante, T., D. Espinosa y J.J. Morrone.** 2003. Using Parsimony Analysis of Endemicity to Analyze the distribution of Mexican Land Mammals. *The Southwestern Naturalist* 48(4): 563-578.
- Escalante T., G. Rodríguez y J.J. Morrone.** En prensa. The diversification of Neartic mammals in the Mexican Transition Zone: A track analysis. *Biological Journal of the Linnean Society*.
- Espinosa, D.O., J.J. Morrone, C.Z. Aguilar y J.B. Llorente,** 2000. Regionalización Biogeográfica de México: Provincias Bióticas, pp. 61-94. En: *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. (II). Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Espinosa, D.O., C. Aguilar y S. Ocegueda.** 2004. Identidad biogeográfica de la Sierra Mare Oriental y posibles subdivisiones bióticas, pp. 487-499. En: Luna, I., J.J.

- Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Las Prensas de Ciencias, México.
- ESRI (Environmental System Research Institute). 1999. ArcView versión 3.2 GIS, Inc. Nueva York.
- Fa, J. Y L.M. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México, pp. 315-352. En: T.P. Ramamorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México, 792 p.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1998. Geología de México: una sinopsis, pp. 3-108. En: Ramamorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 792 p.
- Flores, V.O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo, pp. 251-278. En: Ramamorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 792 p.
- Flores, V.O.A. y A.G. Navarro S. 1993. Un análisis de los vertebrados terrestres endémicos de Mesoamérica en México. *Diversidad biológica en México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp. (XLIV): 387-395.*
- Fortino, A.D. y J.J. Morrone. 1997. Signos gráficos para la representación de análisis panbiogeográficos. *Biogeographica*, 73 (2): 49-56.
- Franco, R.P. 2001. Estudios Panbiogeográficos en Colombia, pp. 221-224. En: Llorente, J.B. y J.J. Morrone (eds). *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Fac. Ciencias, UNAM y CONABIO. 277 p.
- García, M.G. 2003. Áreas prioritarias para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México con base en métodos biogeográficos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 111 p.
- García-Barros, E., P. Gurrea, M.J. Lucíañez, J.M. Cano, M.L. Munguira, J.C. Moreno, H. Sainz, M.J. Sanz & J.C. Simón. 2002. Parsimony analysis of endemism and its application to animal and plant geographical distributions in the Ibero-Balearic region (western Mediterranean). *Journal of Biogeography*, 29: 109-124.
- Grehan, J.R. 1990. Panbiogeography and conservation science in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 16: 731-748.
- Grehan, J.R. 1993. Conservation biogeography and the biodiversity crisis: A global problem in space/time. *Biodiv. Lett.*, 1: 134-140.
- Grehan, J.R. 1997. Atlas of Biodiversity: Mapping the spatial structure of life. *Biodiversity*, 1(4): 21-24.
- Grehan, J.R. 2001. Panbiogeografía y la Geografía de la Vida, pp. 181-195. En: Llorente, J.B. y J.J. Morrone (eds). *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Fac. Ciencias, UNAM y CONABIO. 277 p.
- Gutiérrez, A.L. y R. Acosta. 2004. Sifonápteros de la Sierra Madre Oriental de México, pp. . En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Las Prensas de Ciencias, México.
- Hadju, E. 1998. Toward a panbiogeography of the seas: Sponge phylogenies and general tracks, pp. 95-108. En: Watanabe y Fusetani (eds.) *Sponge sciences-multidisciplinary perspectives*. Springer, Tokyo.
- Halfpter, G., C. E. Moreno y E.O. Pineda. 2001. *Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.2. Zaragoza, 80 p.
- Halfpter, G. 1962. Explicación preliminar de la distribución geográfica de los Scarabaeidae mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana* 5: 1-17
- Halfpter, G. 1964. La entomofauna americana: Ideas acerca de su origen y distribución. *Folia Ent. Mex.*, 6: 1-108.

- Halfpeter, G. 1965. Algunas ideas acerca de la zoogeografía de América. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 26: 1-16
- Halfpeter, G. 1976. Distribución de los insectos en la Zona de Transición Mexicana: Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Ent. Mex.*, 35: 1-64
- Halfpeter, G. 1978. Un nuevo patrón de dispersión de la Zona de Transición Mexicana: El Mesoamericano de Montaña. *Folia Ent. Mex.*, 39-40: 222-226
- Halfpeter, G. 2003. Biogeografía de la entomofauna de montaña de México y América Central, pp. 87-98. En: Morrone, J.J. y J.B. Llorente (eds.). *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 307 p.
- Heads, M. 1989. Integrating earth and life sciences in New Zealand natural history: the parallel arcs model. *New Zealand Journal of Zoology* 16: 549-585
- Heads, M. 1998. Biogeographic disjunction along the Alpine fault, New Zealand. *Biological Journal of the Linnean Society* 63: 161-176
- Heads, M. 1999. Vicariance biogeography and terrane tectonics in the south Pacific: Analysis of the genus *Abrotanella* (Compositae). *Biol. Linn. Soc.*, 67: 391-432
- INE-SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología – Secretaría del medio ambiente y Recursos Naturales). 2001. Mapa de Áreas Naturales Protegidas. Escala 1 : 4 000 000. SEMARNAT. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1988. *Carta de México Topográfica*, escala 1: 250 000. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1990. Lugo-Hupb J., Vidal Zepeda, R., Fernández- Equiarte, A., Gallegos García, A., Zavala H.. *Hipsometría escala 1: 4 00 000* extraído de Hipsometría y Batimetría, I.1.1. Atlas Nacional de México. Vol. I. Instituto de geografía, UNAM. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. *Conteo de población y Vivienda: resultados definitivos*. CONABIO. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1988. *Carta de México Topográfica*, escala 1: 250, 000. México, D.F.
- Katinas, L., J.J. Morrone y J. Crisci. 1999. Track analysis reveals the composite nature of the Andean biota. *Aust. J. Bot.* 47: 111-130.
- Klots, A.B. 1931-1932. A Generic Revision of the Pieridae (Lepidoptera). *Ent. Amer.* 12(3): 139-204; (4): 205-242, pls. 5-13.
- Kolibáe, J. 1998. New Australian *Thanerocledile* with notes on the biogeography of the subtribe Isoclerinae Kolibac (Coléoptera. Cleroidea). *Invert. Taxón.*, 12:951-975tribu
- León-Paniagua, E. García Trejo, J. Arroyo-Cabrerales y S.Castañeda-Rico. 2004. Patrones biogeográficos de la mastofauna, pp. 469-479. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Las Prensas de Ciencias, México.
- Llorente, J.B. y D.O. Espinosa. 1991. Síntesis de las controversias en la biogeografía histórica contemporánea. *Ciencia*, (42): 296-305.
- Llorente, J.B. y A.M. Luis. 1993. A conservation-oriented analysis of Mexican butterflies: the Papilionidae (Lepidoptera: Papilionoidea), pp. 247-177. En: T.P. Ramammorthy, J. Fa, R. Bye y A. Lot (eds.). *The biological diversity of Mexico: origins and distributions*. Oxford University Press. 792 p.
- Llorente, J., A. Luis, I. Vargas y J. Soberón. 1993. Biodiversidad de las Mariposas: su conocimiento y conservación en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp.*, 44: 313-324.
- Llorente, J.B., M.A. Luis, I.F. Vargas y J.M. Soberón. 1996. Papilionoidea (Lepidoptera), pp. 531-548. En: Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de

- Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Inst. **Biología**. UNAM, México.
- Llorente, J.B., L.O. Oñate, M.A. Luis e I.F. Vargas.** 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: Distribución Geográfica e Ilustración*. Facultad de Ciencias, UNAM-CONABIO. México. 235 p.
- Llorente, J.B., J.J. Morrone, A. Bueno, R. Pérez, A. Vitoria y D. Espinosa.** 2000. Historia del desarrollo y la recepción de las ideas panbiogeográficas de León Croizat. *Rev. Acad. Coloma. Cienc.* 24(93): 549-577
- Luis, M.A., J.B. Llorente, I.F. Vargas, A. Gutiérrez,** 2000. Síntesis Preliminar del Conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. *PRIBES-2000*. pp. 1-10.
- Luis, M.A., J.B. Llorente, I.F. Vargas, A. Warren.** 2003. Biodiversity and Biogeography of Mexican Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 105(1): 209-224.
- Luna-Vega I. y R. Contreras-Medina.** 2000. Distribution of genera Theaceae (Angiospermae: Theales): A Panbiogeographic Analysis. *Biogeographica.* 76(2): 79-88.
- Luna-Vega I. y O. Alcántara-Ayala.** 2001. Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE) para establecer un modelo de vicarianza preliminar del bosque mesófilo de montaña mexicano, pp. 273-277. En: Llorente, J.B. y J.J. Morrone (eds). *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, Fac. de Ciencias, UNAM. **Luna-Vega I., O. Alcántara-Ayala, D. Espinosa-Organista y J.J. Morrone.** 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of biogeography*, 26:1299-1305.
- Luna, V.I., O.A. Alcántara, J.J. Morrone y D.O. Espinosa.** 2000. Track análisis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, Mexico. *Biodiversity Research*, 6: 137-143.
- Matile, L.** 1998. First Palearctic record of the genus *Taurypta* Edwards (Diptera: Keroplatidae). *Tijds. T.*, 141: 241-244
- Matile, L.** 1999. New records of the genus *Parenpheriella* Matile from the Palearctic region (Diptera: Micetophilidae). *Rev. Fr. Ent. Nov- Ser.*, 21: 115-118
- Márquez J. y J.J. Morrone.** 2004. Relaciones biogeográficas de la Sierra Madre Oriental basadas en la distribución de Coleoptera (Insecta), pp. 1-21. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Las Prensas de Ciencias, México.
- Martín-Piera, F.** 1997. Apuntes sobre Biodiversidad y Conservación de Insectos: Dilemas, Ficciones y ¿Soluciones?. *Bol. S. E. A.*, No. 20. pp. 25-55.
- Martín-Piera, F.** 2001. Prólogo, pp. 5-10. En: *Manual para la evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. G. Halffter, C.E. Moreno & E.O. Pineda. Manuales & Tesis SEA, vol. 2, Zaragoza
- Mattoni, C. I., y L.F. Acosta.** 1997. Scorpions of the insular sierras in the Llanos district (Province of La Roja, Argentina) and their zoogeographical basis. *Biogeographical*, 73:67-80
- Menu-Marque, S., J. J. Morrone y C.L. Mitrovich.** 2000. Distribution patterns of the Sudamerican species of the *Boeckella* (Copepoda: Centropagidae): A Track analysis. *J. Crust. Biol.*, 20:262-272
- Mittermeier, R.A. y C. Goettsch.**, 1992. La importancia de la diversidad biológica en México, pp. 63-73. En: Sarukhán, J. Y R. Dirzo (eds.) *México ante los retos de la Biodiversidad*. CONABIO, México.

- Morón, M.A. y J.E. Valenzuela-González.** 1993. Estimación de la Biodiversidad de Insectos en México: Análisis de un caso. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad. *Rev. Suc. Mex. Hist. Nat.* Vol. Esp., XLIV: 303-312.
- Morrone, J.J.** 1994. On the identification of areas the endemism. *Syst. Biol.* 43: 438-441.
- Morrone, J.J.** 1999. How can biogeography and cladistics interact for the selection of areas for biodiversity conservation? A view from the Andean Weevils (Coleoptera: Curculionidae). *Biogeographica*, 75(2): 89-96.
- Morrone, J.J.** 2000a. Between the taunt and the eulogy: Leon croizat and the panbiogeography. *INTERCIENCIA* 25 (1): 41-47.
- Morrone, J.J.** 2000b. La importancia de los Atlas Biogeográficos para la Conservación de la Biodiversidad, pp. 69-78. En: F.M. Piera, J.J. Morrone, y A. Melic (eds.), 2000. *Hacia un Proyecto to CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES 2000*. m3m-Monografías Tercer Milenio, Vol. I, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza.
- Morrone, J.J.** 2000c. *El lenguaje de la cladística*. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. UNAM. 109 p.
- Morrone, J.J.** 2001a. *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. M&T-Manuales & Tesis SEA, Vol. 3.Zaragoza, 148 p.
- Morrone, J.J.** 2001b. *Sistemática, Biogeografía, Evolución. Los Patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 124 p.
- Morrone J.J. y J.V. Crisci.** 1990. Panbiogeografía: Fundamentos y métodos. *Evol. Biol.* Bogotá, 4: 119-140.
- Morrone J.J. y J.V. Crisci.** 1992. Aplicación de métodos filogenéticos y panbiogeográficos en la conservación de la diversidad biológica. *Evol. Biol.*, 6: 53-66.
- Morrone J.J. y J.V. Crisci.** 1995. Historical Biogeography: Introduction to Methods. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 26: 373-401.
- Morrone J.J. y D. Espinosa.** 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. *Ciencia. México.* 49(3): 12-16.
- Morrone y Pereira,** 1999. On the geographical distribution of the Neotropical and Andean species of *Schendylops* (Chilopoda: Geophilomorpha: Schendylidae). *Rev. Soc. Ent. Argent*, 58: 165-171
- Morrone J.J. y J Márquez.** 2001. Halffter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. *Journal of Biogeography*, 28, 635-650.
- Morrone, J.J. y T. Escalante.** 2002. Parsimony análisis of endemism (PAE) of Mexican Terrestrial mammals at different area units: When size matters. *J. Biogeogr.*, 29: 1-10
- Morrone J.J. y J. Márquez.** 2003. Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: Componentes bióticos principales y Provincias Biogeográficas, pp. 217-220. En: Morrone J.J. y J.B. Llorente, (eds.). *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 303 p.
- Morrone J.J., D. Espinosa y J.B. Llorente.** 1996. *Manual de biogeografía histórica*. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 155 p.
- Morrone J.J., D.O. Espinosa y J.B. Llorente.** 2002. Mexican Biogeographic Provinces: Preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 85:83-108.
- Navarro, A.G. , H.A. Garza-Torres, S. López de Aquino, O.R. Rojas-Soto y L.A. Sánchez González.** 2004. Patrones biogeográficos de la avifauna, pp. 440-455.

- En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Las Prensas de Ciencias, México.
- Ochoa L., B. Cruz, G. García y A. Luis Martínez. 2003. Contribución al Atlas Panbiogeográfico de México: los géneros *Adelpha* y *Hamadryas* (Nymphalidae), y *Dismorphia*, *Enantia*, *Lieinix* y *Pseudopieris* (Pieridae) (Papilionoidea: Lepidoptera). *Folia Entomol. Mex.*, 42(1): 65-77
- Oñate O.L. 2004. *Análisis de la distribución de papilionidos y piéridos (Lepidoptera: Papilionoidea) en México*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. 197 p.
- Ordóñez, D.M.J. y O.V. Flores. 1995. Áreas Naturales Protegidas. PRONATURA. Serie cuadernos de conservación, 4: 1-43
- Ortega, G.F., R.L. Sedlock y R.C. Speed. 2000. Evolución tectónica de México durante el fanerozoico, pp. 3-59. En: J. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). *Biodiversidad taxonómica y biogeográfica de artrópodos de México: Hacia una síntesis del conocimiento*. Vol. II. Facultad de Ciencias, Conabio. México.
- Page, R.D.M. 1987. Graphs and generalized tracks: Quantifying Croizat's panbiogeography. *Syst. Zool.*, 36: 1-17.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). 1998. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 792 p.
- Ramírez-Pulido y Castro-Campillo. 1990. Regionalización mastofaunística (mamíferos). Mapa IV.8.A. En: *Atlas Nacional de México*, volumen III. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.
- Reynoso, V. 1994. Principios y sistemas de clasificación biogeográfica de la Tierra, pp. 537-566. En: Llorente J. e I. Luna (eds.). *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica. Editoriales Científicas Universitarias. México,
- Reyes-Castillo, 2003. Las ideas biogeográficas de Gonzalo Halffter: Importancia e impacto, pp. 99-108. En: Morrone J.J. y J.B. Llorente, (eds.). *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 303 p.
- Ríos Muñoz, C.A. 2002. Caracterización geográfica de la familia Psittacidae (Aves) utilizando un modelo predictivo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM. 88 p.
- Rojas P.C. En preparación. Desarrollo de un algoritmo evolutivo para crear trazos individuales, *Minimum spanning tree* en lenguaje de programación avenu para Arcview GIS: aplicado a un análisis panbiogeográfico de los sistemas de alta montaña de México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Rojas-Soto, O., O. Alcántara-Ayala & A.G. Navarro. 2003. Regionalization of the Avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: A Parsimony Analysis of Endemism and Distributional Modeling Approach. *Journal of Biogeography*. 30: 449-461.
- Rosen, B.R. y A.B. Smith. 1988. Tectonics from fossils?, pp. 275-366. En: Audley M.G. - Charles and A. Hallam. *Gondwana and Tethys* (eds.), Oxford University Press, Oxford.
- Rosen, B.R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography, pp. 437-481. En: Myers A.A. y P.S. Giller (eds.) *Analytical biogeography*, Chapman and Hall, London
- Rothschild W. y K. Jordan. 1906. A revision of the American Papilios. En: *Novitates Zoologicae*. Vol. XIII.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.
- Salinas Gutiérrez, J.L. 1999. *Análisis de la diversidad de los Papilionoidea (Lepidoptera, Rhopalocera) de los Bosques Tropicales de la Vertiente Atlántica de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 65 p.

- Salinas Gutiérrez, J.L.** 2001. *Análisis de la diversidad y distribución de los Hesperioidea (Lepidoptera: Ropalocera) en Michoacán, México.* Tesis de Maestría. (Sistemática). Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- SEMARNAP-INE (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca-Instituto Nacional de Ecología).** 1999. *Áreas Naturales Protegidas.*
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales).** 2002. <http://www.semarnat.gob.mx>
- Scoble, M.J.** 1992. *The Lepidoptera Natural History Museum Publications.* Oxford University Press.
- Smith, A.B.** 1992. Echinoid distribution in the Cenomanian: an analytical study in biogeography. *Palaeogeography, palaeoclimatology, Palaeoecology*, 92: 263-276.
- Soberón, J. y J. Llorente.** 1993. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad. *Rev. Suc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp.*, XLIV: 3-17
- Swofford, D.L.** 1999. PAUP\*. Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods). Versión 4. Sinauer Associates. Sunderland.
- Toledo, V.M. y M. Ordóñez.** 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*, (81): 17-30.
- Ulfstrand, S.** 1992. Biodiversity-How to reduce its decline. *OIKOS*, 63: 3-5.
- Wilson, L.D. y McCranie.** 1998. The biogeography of the herpetofauna of the subhuid forest of Middle America (isthmus of Tehuantepec to northwestern Costa Rica) *Roy. Ont. Mus. Life Scie. Contrata* 163- Uno

## APÉNDICE I

**Lista de especies de Papilionidae y Pieridae.** Se muestran las especies y subespecies utilizadas en el análisis y los 31 taxones que se excluyeron del análisis: 19 se consideraron de amplia distribución (♦) ya que se encuentran en la mayor parte del territorio Mexicano y por lo tanto no muestran ningún patrón, nueve (\*) presentaron una distribución restringida (una sola localidad) y tres (♣) tuvieron datos insuficientes (dos localidades georreferenciadas).

### Papilionidae

#### BARONIINAE

<i>Baronia brevicornis brevicornis</i>	Salvin, 1893
<i>Baronia brevicornis rufodiscalis</i>	J. Maza & J. White, 1987

#### PARNASSIINAE

*Parnassius phoebus* ssp.

#### PAPILIONINAE

<i>Protographium agesilaus fortis</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Protographium agesilaus neosilaus</i>	(Hopffer, 1865)
<i>Protographium calliste calliste</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Protographium dioxippus lacandones</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Protographium epidaus epidaus</i>	(Doubleday, 1846)
<i>Protographium epidaus fenochionis</i>	(Salvin & Godman, 1868)
<i>Protographium epidaus tepicus</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Protographium marcellus</i>	(Cramer, 1777)
<i>Protographium philolaus philolaus</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Protographium thyastes marchandii</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Protographium thyastes occidentalis</i>	(R.F. Maza, 1982)
<i>Eurytides salvini</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Protesilaus macrosilaus penthesilaus</i>	(C. Felder & R. Felder, 1865)
<i>Mimoides ilus branchus</i>	(Doubleday, 1846)
<i>Mimoides ilus occiduus</i>	(Vázquez, 1957)
<i>Mimoides phaon phaon</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Mimoides thymbraeus aconophos</i>	(Gray, [1853])
<i>Mimoides thymbraeus thymbraeus</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Battus eracon</i>	(Godman & Salvin, 1897)
<i>Battus ingenuus</i>	(Dyar, 1907)
<i>Battus laodamas copanae</i>	(Reakirt, 1863)
<i>Battus laodamas iopas</i>	(Godman & Salvin, 1897)
<i>Battus lycidas</i>	(Cramer, 1777)
<i>Battus philenor acauda</i>	(Oberthür, 1879)
<i>Battus philenor insularis</i>	Vázquez, 1957
<i>Battus philenor orsua</i> (*)	(Godman & Salvin, 1889)
<i>Battus philenor philenor</i> (♦)	(Linnaeus, 1771)
<i>Battus polydamas polydamas</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Parides alopis</i>	(Godman & Salvin, 1890)
<i>Parides anchises marthilia</i>	R.G. Maza, 1999

<i>Parides childrenae childrenae</i>	(Gray, 1832)
<i>Parides erithalion polyzelus</i>	(C. Felder & R. Felder, 1865)
<i>Parides erithalion trichopus</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Parides eurimedes mylotes</i>	(H.W. Bates, 1861)
<i>Parides iphidamas iphidamas</i>	(Fabricius, 1793)
<i>Parides montezuma</i>	(Westwood, 1842)
<i>Parides panares lycimenes</i>	(Boisduval, 1870)
<i>Parides panares panares</i>	(Gray, [1853])
<i>Parides photinus</i>	(Doubleday, 1844)
<i>Parides sesostris zestos</i>	(Gray, [1853])
<i>Heraclides anchisiades idaeus</i>	(Fabricius, 1793)
<i>Heraclides androgeus epidaurus</i>	(Godman & Salvin, 1890)
<i>Heraclides astyalus bajaensis</i>	(J.W. Brown & Faulkner, 1992)
<i>Heraclides astyalus pallas</i>	(Gray, [1853])
<i>Heraclides crespontes</i> (♦)	(Cramer, 1777)
<i>Heraclides erostratus erostratinus</i>	(Vázquez, 1947)
<i>Heraclides erostratus erostratus</i>	(Westwood, 1847)
<i>Heraclides erostratus vazquezae</i>	(Beutelspacher, 1986)
<i>Heraclides ornythion ornythion</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Heraclides ornythion</i> ssp. n.	
<i>Heraclides rogeri pharnaces</i> (♦)	(Doubleday, 1846)
<i>Heraclides thoas autocles</i> (♦)	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Heraclides torquatus mazai</i>	(Beutelspacher, 1977)
<i>Heraclides torquatus tolus</i>	(Godman & Salvin, 1890)
<i>Papilio indra pergamus</i> (*)	H. Edwards, 1874
<i>Papilio machaon bairdii</i>	W.H. Edwards, [1866]
<i>Papilio polyxenes asterius</i> (♦)	Stoll, 1782
<i>Papilio polyxenes coloro</i>	W.G. Wright, 1905
<i>Papilio polyxenes zelicaon</i>	Lucas, 1852
<i>Pterourus antinous</i>	(Donovan, 1805)
<i>Pterourus esperanza</i>	(Beutelspacher, 1975)
<i>Pterourus garamas abderus</i>	(Hopffer, 1856)
<i>Pterourus garamas baroni</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Pterourus garamas electryon</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Pterourus garamas garamas</i>	(Geyer, [1829])
<i>Pterourus garamas</i> ssp. n.	
<i>Pterourus glaucus alexiaries</i>	(Hopffer, 1865)
<i>Pterourus glaucus garcia</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Pterourus glaucus glaucus</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Pterourus glaucus rutulus</i>	(Lucas, 1852)
<i>Pterourus menatius morelius</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Pterourus menatius victorinus</i>	(Doubleday, 1844)
<i>Pterourus menatius</i> ssp. n.	
<i>Pterourus multicaudata grandiosus</i>	(Austin & J.F. Emmel, 1998)
<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i> (♦)	(W.F. Kirby, 1884)
<i>Pterourus palamedes leontis</i>	(Rothschild & Jordan, 1906)
<i>Pterourus pilumnus</i>	(Boisduval, 1836)

## PIERIDAE

### DISMORPHIINAE

<i>Pseudopieris nehemia ima</i>	Lamas, 1979
<i>Dismorphia amphione isolda</i>	Llorente, 1984
<i>Dismorphia amphione lupita</i>	Lamas, 1979
<i>Dismorphia amphione praxinoe</i>	(Doubleday, 1844)
<i>Dismorphia crisia alvarezi</i> (*)	J. Maza & R.G. Maza, 1984
<i>Dismorphia crisia virgo</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Dismorphia eunoe chamula</i> (*)	Llorente & Luis, 1988
<i>Dismorphia eunoe eunoe</i>	(Doubleday, 1844)
<i>Dismorphia eunoe popoluca</i>	Llorente & Luis, 1988
<i>Dismorphia theucharila fortunata</i>	(Lucas, 1854)
<i>Enantia albania albania</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Enantia jethys</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Enantia lina marion</i>	Godman & Salvin, 1889
<i>Enantia lina</i> ssp. n.	
<i>Enantia mazai diazi</i>	Llorente, 1984
<i>Enantia mazai mazai</i>	Llorente, 1984
<i>Lieinix lala lala</i>	(Godman & Salvin, 1889)
<i>Lieinix lala turrenti</i> (*)	J. Maza & R.G. Maza, 1984
<i>Lieinix neblina</i>	J. Maza & R.G. Maza, 1984
<i>Lieinix nemesis atthis</i>	(Doubleday, 1842)
<i>Lieinix nemesis nayaritensis</i>	Llorente, 1984

### COLIADINAE

<i>Colias alexandra harfordii</i>	H. Edwards, 1877
<i>Colias eurytheme</i> (♦)	Boisduval, 1852
<i>Colias philodice guatemalena</i>	Röber, 1909
<i>Colias philodice philodice</i>	Godart, 1819
<i>Zerene cesonia cesonia</i> (♦)	(Stoll, 1790)
<i>Zerene cesonia eurydice</i>	(Boisduval, 1855)
<i>Anteos clorinde</i> (♦)	(Godart, [1824])
<i>Anteos maerula</i> (♦)	(Fabricius, 1775)
<i>Phoebis agarithe agarithe</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Phoebis agarithe fisheri</i>	(H. Edwards, 1883)
<i>Phoebis argante</i> ssp. n.	
<i>Phoebis neocypris virgo</i>	(Butler, 1870)
<i>Phoebis philea philea</i>	(Linnaeus, 1763)
<i>Phoebis sennae marcellina</i> (♦)	(Cramer, 1777)
<i>Prestonia clarki</i>	Schaus, 1920
<i>Rhabdodryas trite</i> ssp. n.	
<i>Aphrissa boisduvalii</i>	(C. Felder & R. Felder, 1861)
<i>Aphrissa schausi</i> (♣)	(Avinoff, 1926)
<i>Aphrissa statira statira</i>	(Cramer, 1777)
<i>Abaeis nicippe</i> (♦)	(Cramer, 1779)
<i>Pyrisitia dina westwoodi</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Pyrisitia lisa centralis</i>	(Herrich-Schäffer, 1865)

<i>Pyrisitia nise nelphe</i>	(R. Felder, 1869)
<i>Pyrisitia proterpia</i> (♦)	(Fabricius, 1775)
<i>Eurema agave millerorum</i>	Llorente & Luis, 1987
<i>Eurema albula celata</i>	(R. Felder, 1869)
<i>Eurema arbela boisduvaliana</i> (♦)	(C. Felder & R. Felder, 1865)
<i>Eurema दौरa eugenia</i>	(Wallengren, 1860)
<i>Eurema दौरa sidonia</i>	(R. Felder, 1869)
<i>Eurema mexicana mexicana</i> (♦)	(Boisduval, 1836)
<i>Eurema salome jamapa</i> (♦)	(Reakirt, 1866)
<i>Eurema xantochlora xantochlora</i>	(Kollar, 1850)
<i>Nathalis iole</i> (♦)	Boisduval, 1836
<i>Kricogonia lyside</i>	(Godart, 1819)

#### PIERINAE

<i>Anthocharis cethura bajacalifornica</i>	J.F. Emmel, T.C. Emmel & Mattoon, 1998
<i>Anthocharis cethura cethura</i>	C. Felder & R. Felder, 1865
<i>Anthocharis cethura pima</i> (*)	W.H. Edwards, 1888
<i>Anthocharis sara inghami</i>	Gunder, 1932
<i>Anthocharis sara sara</i>	Lucas, 1852
<i>Anthocharis lanceolata desertolimbus</i>	J.F. Emmel, T.C. Emmel & Mattoon, 1998
<i>Anthocharis lanceolata australis</i>	(F. Grinnell, 1908)
<i>Anthocharis limonea</i>	(Butler, 1871)
<i>Anthocharis midea texana</i>	Gatrelle, 1998
<i>Euchloe guaymasensis</i> (♠)	Opler, 1987
<i>Euchloe lotta</i>	Beutenmüller, 1898
<i>Hesperocharis costaricensis pasion</i>	(Reakirt, [1867])
<i>Hesperocharis crocea crocea</i>	H.W. Bates, 1866
<i>Hesperocharis crocea jaliscana</i>	Schaus, 1898
<i>Hesperocharis graphites avivolans</i>	(Butler, 1865)
<i>Hesperocharis graphites graphites</i>	H.W. Bates, 1864
<i>Eucheira socialis socialis</i>	Westwood, 1834
<i>Eucheira socialis westwoodi</i>	Beutelspacher, 1984
<i>Neophasia terlooii</i>	Behr, 1869
<i>Archonias brassolis approximata</i>	(Butler, 1873)
<i>Charonias eurytele nigrescens</i>	(Salvin & Godman, 1868)
<i>Catasticta flisa arechiza</i>	(Reakirt, 1866)
<i>Catasticta flisa flisa</i>	(Herrich-Schäffer, [1858])
<i>Catasticta flisa flisandra</i> (*)	Reissinger, 1972
<i>Catasticta flisa flisella</i>	Reissinger, 1972
<i>Catasticta nimbice nimbice</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Catasticta nimbice ochracea</i>	(H.W. Bates, 1864)
<i>Catasticta nimbice</i> ssp. n.	
<i>Catasticta teutila flavifaciata</i>	Beutelspacher, 1986
<i>Catasticta teutila teutila</i>	(Doubleday, 1847)
<i>Catasticta teutila</i> ssp. n. 1	
<i>Catasticta teutila</i> ssp. n. 2	
<i>Catasticta</i> ssp. n.	
<i>Pereute charops charops</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Pereute charops leonilae</i>	Llorente, 1986

<i>Pereute charops nigricans</i>	Joicey & Talbot, 1928
<i>Pereute charops sphocra</i>	Draudt, 1931
<i>Melete lycimnia isandra</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Melete polyhymnia florinda</i> (*)	(Butler, 1875)
<i>Melete polyhymnia serrana</i>	R.G. Maza, 1984
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i>	(Lamas, 1981)
<i>Pieris napi castoria</i>	Reakirt, 1866
<i>Pieris napi mogollon</i>	Burdick, 1942
<i>Pieris rapae rapae</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Pontia beckerii</i>	(W.H. Edwards, 1871)
<i>Pontia protodice</i> (♦)	(Boisduval & Leconte, 1829)
<i>Pontia sisymbrii sisymbrii</i>	(Boisduval, 1852)
<i>Leptophobia aripa elodia</i> (♦)	(Boisduval, 1836)
<i>Itaballia demophile centralis</i>	Joicey & Talbot, 1928
<i>Itaballia pandosia kicaha</i>	(Reakirt, 1863)
<i>Pieriballia viardi viardi</i>	(Boisduval, 1836)
<i>Perryhbris pamela chajulensis</i>	J. Maza & R.G. Maza, 1989
<i>Perryhbris pamela mapa</i> (♣)	J. Maza & R.G. Maza, 1989
<i>Ascia monuste monuste</i>	(Linnaeus, 1764)
<i>Ascia monuste raza</i>	Klots, 1930
<i>Ganyra howarthi</i>	(Dixey, 1915)
<i>Ganyra josephina josepha</i>	(Salvin & Godman, 1868)
<i>Ganyra phaloe tiburtia</i>	(Fruhstorfer, 1907)

## APÉNDICE 2

Se describen los 20 trazos generalizados obtenidos con base en su ubicación en el país, a las provincias biogeográficas que atraviesan (Morrone *et al.*, 2002) y a las especies que los definen.

### Traza generalizado I (Fig. 146)

**UBICACIÓN:** Se encuentra en la región norte de Baja California colindando con la frontera norte con los Estados Unidos Americanos.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Se encuentra en la región Neártica en dos provincias, la de California y toca el extremo norte de la provincia de Baja California.

**TAXONES:** Definido por cinco taxones

- *Papilio polyxenes zelicaon*
- *Paramidea lanceolata*
- *Pontia beckerii*
- *Pterourus glaucus rutulus*
- *Zerene cesonia erydice*

### Traza generalizado II (Fig. 147)

**UBICACIÓN:** Se extiende a lo largo de las Costas del Pacífico y del Golfo por los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero; cruza el territorio por el límite entre Puebla y Oaxaca hasta llegar a Veracruz en donde por un lado sube hasta Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo; y por el otro lado desciende por la región sureste de Oaxaca cruzando Chiapas y ascendiendo por Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Se encuentra tanto en la región Neártica como en la Neotropical ocupando nueve provincias biogeográficas: Sonora, Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Tamaulipas, Sierra Madre Oriental, Golfo de México, Chiapas y Península de Yucatán.

**TAXONES:** Formado por siete taxones

- *Ascia monuste monuste*
- *Battus polydamas polydamas*
- *Ganyra josephina josepha*
- *Glutophrissa drusilla tenuis*

- *Parides montezuma*
- *Phoebis agarithe agarithe*
- *Pyrisitia lisa centralis*

#### **Trazo generalizado III (Fig. 148)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en la Costa del Pacífico desde la región sur de Sinaloa hasta Guerrero, atravesando Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán; cruza por el estado de Morelos y el sureste del D.F. y Estado de México hasta Puebla y Veracruz, donde asciende hacia Hidalgo y el sureste de San Luis Potosí, también baja hacia Oaxaca pasando por el estado de Chiapas hasta el límite con Guatemala.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa seis provincias biogeográficas; Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Golfo de México, Chiapas y Sierra Madre Oriental.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Aphrissa statira statira*
- *Parides photinus*

#### **Trazo generalizado IV (Fig. 149)**

**UBICACIÓN:** Se extiende por las costas del Pacífico atravesando los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca donde se une con el trazo que corre por la costa del Golfo por la región sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, norte de Hidalgo, norte de Puebla y Veracruz, baja por Oaxaca hasta cruzar el centro de Chiapas y llegar a la frontera sur de México por un lado y por el otro sube por el sureste de Campeche hasta el sur de Quintana Roo.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa 10 provincias biogeográficas; Sierra Madre Occidental, Costa del Pacífico Mexicano, Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Golfo de México, Sierra Madre Oriental, cruza la parte más sureste del Altiplano Mexicano, además de Chiapas y de la Península de Yucatán.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Pieriballia viardi viardi*
- *Protographium philolaus philolaus*

#### **Trazo generalizado V (Fig. 150)**

**UBICACIÓN:** Se ubica en las costas del Pacífico y Golfo, desde el sur de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca donde en su parte norte y noreste se une a Veracruz, Puebla y norte de Hidalgo y alcanza a tocar el sur de San Luis Potosí; y por su lado este a Chiapas.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa siete provincias biogeográficas; Costa del Pacífico Mexicano, cruza la región oeste del Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Golfo de México, Sierra Madre Oriental y Chiapas.

**TAXONES:** Formado por tres taxones

- *Eurema albula celata*
- *Protesilaus macrosilaus penthesilaus*
- *Rhabdodryas trite ssp.*

#### **Trazo generalizado VI (Fig. 151)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en el sur de México, desde la región centro de Veracruz, norte y este de Oaxaca hasta el noroeste y centro de Chiapas.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa seis provincias biogeográficas; toca una mínima parte de la Sierra Madre Oriental y del Eje Volcánico Transmexicano, la Sierra Madre del Sur, el Golfo de México, sureste de la Costa del Pacífico Mexicano y Chiapas.

**TAXONES:** Formado por tres taxones

- *Archonias brassolis approximata*
- *Ganyra phaloe tiburtia*
- *Itaballia demophile centralis*

#### **Trazo generalizado VII (Fig. 152)**

**UBICACIÓN:** Se ubica en la costa del Golfo de México, desde el noreste de Puebla, centro de Veracruz, norte y este de Oaxaca llegando a Chiapas hasta la frontera sur con Guatemala y sureste de Tabasco.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa seis provincias biogeográficas; sur de la Sierra Madre Oriental, Golfo de México, región este del Eje Volcánico Transmexicano y de la Sierra Madre del Sur, sureste de la Costa del Pacífico Mexicano y Chiapas.

**TAXONES:** Formado por ocho taxones

- *Battus ingenuus*
- *Charonias eurytele nigrescens*
- *Dismorphia theucharila fortunata*
- *Enantia lina marion*
- *Enantia mazai mazai*
- *Lieinix nemesis atthis*
- *Parides sesostris zestos*
- *Protographium thyastes marchandii*

**Trazo generalizado VIII** (Fig. 153)

**UBICACIÓN:** Se localiza en el centro de Veracruz y entra por la región norte de Oaxaca.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa tres provincias biogeográficas; sur de la Sierra Madre Oriental, Golfo de México y una mínima parte en el este del Eje Volcánico Transmexicano.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Enantia jethys*
- *Eurema xantochlora xantochlora*

**Trazo generalizado IX** (Fig. 154)

**UBICACIÓN:** Se localiza en el centro de Chiapas.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa una provincia biogeográfica; Chiapas.

**TAXONES:** Formado por cuatro taxones

- *Catasticta teutila* ssp. 2
- *Colias philodice guatemalena*
- *Eurytides salvini*
- *Lieinix lala lala*

**Trazo generalizado X** (Fig. 155)

**UBICACIÓN:** Se localiza en la costa del Pacífico desde el sur de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero por donde sube hacia el centro del país a través del Estado de México y Morelos por una parte y por otra se dirige hacia el sur de Oaxaca.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa cuatro provincias biogeográficas; Costa del Pacífico Mexicano, Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas y Sierra Madre del Sur.

**TAXONES:** Formado por 10 taxones

- *Baronia brevicornis brevicornis*
- *Battus eracon*
- *Heraclides erostratus vazquezae*
- *Heraclides ornythion ssp.*
- *Hesperocharis crocea jaliscana*
- *Lieinix nemesis nayaritensis*
- *Mimoides thymbraeus aconophos*
- *Parides erithalion trichopus*
- *Protographium agesilaus fortis*
- *Pterourus menatius morelius*

#### **Trazo generalizado XI (Fig. 156)**

**UBICACIÓN:** Se extiende del centro de Guerrero al suroeste de Oaxaca.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa dos provincias biogeográficas; los límites entre la Sierra Madre del Sur y el sur de la Costa del Pacífico Mexicano.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Dismorphia amphione isolda*
- *Pereute charops sphocra*

#### **Trazo generalizado XII (Fig. 157)**

**UBICACIÓN:** Se extiende por el norte de Hidalgo, norte de Puebla, centro de Veracruz y norte de Oaxaca.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa tres provincias biogeográficas; Sierra Madre Oriental y los límites entre el Golfo de México y una mínima parte del este del Eje Volcánico Transmexicano.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Battus laodamas copanae*
- *Protographium epidaus epidus*

**Trazo generalizado XIII (Fig. 158)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en el centro de Veracruz, en su frontera con Oaxaca y llega a Chiapas a partir de donde se bifurca hacia el sureste de Campeche, y el norte de Quintana Roo y hacia la frontera con Guatemala.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa siete provincias biogeográficas; sur de la Sierra Madre Oriental, el límite entre el Golfo de México y la Sierra Madre del Sur, una pequeña parte este del Eje Volcánico Transmexicano, sureste de la Costa del Pacífico Mexicano, Chiapas y Península de Yucatán.

**TAXONES:** Formado por cinco taxones

- *Heraclides torquatus tolus*
- *Mimoides ilus branchus*
- *Parides eurimedes mylotes*
- *Parides iphidamas iphidamas*
- *Protographium agesilaus neosilaus*

**Trazo generalizado XIV (Fig. 159)**

**UBICACIÓN:** Se extiende a lo largo de todo el estado de Baja California.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Se ubica en la región Neártica ocupando las provincias biogeográficas de California y Baja California.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Anthocharis cethura cethura*
- *Colias alexandra harfordii*

**Trazo generalizado XV (Fig. 160)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en la Costa del Golfo desde San Luis Potosí, norte de Hidalgo, norte de Puebla, Veracruz, noroeste de Oaxaca y Chiapas hasta la frontera con Guatemala.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa seis provincias biogeográficas; Sierra Madre Oriental, el límite entre el Golfo de México y el Eje Volcánico Transmexicano y la Sierra Madre del Sur, sureste de la Costa del Pacífico Mexicano y Chiapas.

**TAXONES:** Formado por cuatro taxones

- *Dismorphia amphione praxinoe*
- *Enantia albania albania*
- *Mimoides phaon phaon*
- *Mimoides thymbraeus thymbraeus*

#### **Trazo generalizado XVI (Fig. 161)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en el este de Chiapas.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa las provincias biogeográficas del Golfo de México y Chiapas.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Battus lycidas*
- *Protographium dioxippus lacandones*

#### **Trazo generalizado XVII (Fig. 162)**

**UBICACIÓN:** Se ubica en el centro, este y sur de Chiapas.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa tres provincias biogeográficas; sur del Golfo de México, sur de la Costa del Pacífico Mexicano y Chiapas.

**TAXONES:** Formado por siete taxones

- *Baronia brevicornis rufodiscalis*
- *Catasticta nimbice ochracea*
- *Eurema agave millerorum*
- *Heraclides erostratus erostratus*
- *Parides panares lycimenes*
- *Pereute charops nigricans*
- *Pterourus garamas electryon*

#### **Trazo generalizado XVIII (Fig. 163)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en el noreste de México, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa cuatro provincias biogeográficas; una mínima parte se encuentra en la región Neártica en el suroeste de la provincia Tamaulipas y en su mayoría se ubica en la región Neotropical en las tres provincias restantes: norte de la Sierra Madre Oriental, noroeste del Golfo de México y este del Altiplano Mexicano.

**TAXONES:** Formado por tres taxones

- *Heraclides erostratus erostratinus*
- *Pterourus glaucus garcia*
- *Pterourus palamedes leontis*

#### **Trazo generalizado XIX (Fig. 164)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en la costa del Pacífico desde el suroeste de Durango, sur de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero; centro del país en el Estado de México, D.F., Morelos y asciende por Hidalgo para unirse con el trazo de la Costa del Golfo por el centro y sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas a partir del cual se bifurca llegando a la frontera sur con Guatemala y al sureste de Tabasco, sureste de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa 10 provincias biogeográficas; Costa del Pacífico Mexicano, Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, una pequeña parte sur del Altiplano Mexicano, Golfo de México, Chiapas y Península de Yucatán.

**TAXONES:** Formado por dos taxones

- *Phoebis argante ssp.*
- *Phoebis philea philea*

#### **Trazo generalizado XX (Fig. 165)**

**UBICACIÓN:** Se localiza en el centro del país, a lo largo de Jalisco, Michoacán, Estado de México, D.F. y Morelos.

**PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:** Ocupa tres provincias biogeográficas; una pequeña parte del oeste de la Costa del Pacífico Mexicano y el límite entre el Eje Volcánico Transmexicano y la Depresión del Balsas.

TAXONES: Formado por dos taxones

- *Eucheira socialis socialis*
- *Hesperocharis graphites avivolans*

## APÉNDICE 3

**Provincias Morfotectónicas de la República Mexicana (Ferrusquía-Villafranca, 1998) donde se localiza el nodo y las agrupaciones de los trazos generalizados.** Debido al relieve, forma del terreno y otras características geográficas y físicas; es decir a la fisiografía de una región, nuestro país se ha dividido en 11 provincias morfotectónicas, las cuales tienen características fisiográficas y tectónico-geológicas lo suficientemente distintas que las diferencia de las adyacentes. A continuación se describen las utilizadas en el análisis de nuestro estudio:

### **Sierra Madre Oriental**

Esta provincia incluye las cordilleras y tierras bajas asociadas de México septentrional y de su prolongación occidental a partir del área Monterrey-Saltillo. Tiene un sector nort-sur (oriental) y otro este-oeste (transversal). El oriental, abarca los estados del norte de Querétaro e Hidalgo, oriente de San Luis Potosí, occidente de Tamaulipas, sur de Nuevo León y el rincón sureste de Coahuila.

La fluctuación altitudinal es amplia (200 a >3000 msnm) y desigual, donde el intervalo más bajo (200-1000 m) corresponde a las cuevas orientales que unen la Planicie del Golfo con las sierras de mayor elevación.

Su clima es variado y en el sector oriental predomina el clima templado y en el sector transversal predomina el clima desértico y estepario.

Las formas dominantes son las cordilleras plegadas y geomorfos asociados, que se extienden hacia el norte desde la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana.

### **Planicie costera del Golfo**

Incluye las tierras bajas que rodean el Golfo de México, con exclusión de la Plataforma de Yucatán: Se delimita al oeste y sur por regiones montañosas. El Macizo de Teziutlán divide a la provincia en un sector norte (Veracruz y Tamaulipas) y uno sur (Veracruz, Tabasco y Campeche).

Su rango altitudinal va de los 0 a los 200 msnm. Rodea sierras aisladas que no pertenecen a la provincia. El clima predominante es tropical y hacia el norte se vuelve templado.

Sus rasgos fisiográficos son líneas de costa, llanuras, sistemas fluviales y sierras asociadas. Sus sistemas fluviales son todos aquellos que desembocan en el Golfo de México. Las principales sierras son la Teziutlán y la de los Tuxtlas y entre las menores se encuentra la de San Carlos, Tamaulipas, Las Rusias y Otontepec, donde ninguna excede los 450 msnm. Esta provincia penetra profundamente al sur en la zona del Istmo de Tehuantepec.

### **Baja California**

Esta provincia se localiza en el extremo noroccidental de México, tiene 1260 Km de longitud y 95 Km de ancho, en promedio.

El clima dominante es desértico y templado hacia el norte. El intervalo altitudinal va de los 0 a los 2130 msnm.

La mitad sur de la vertiente pacífica presenta una amplia planicie costera y la mayor parte de las serranías bajas no pasan de los 1000 msnm. La mitad norte es más montañosa y elevada.