

PAPILIONOIDEA (LEPIDOPTERA)

Jorge Llorente Bousquets^{1,3}, Armando Luis Martínez¹
Isabel Vargas Fernández¹ & Jorge Soberón Mainero^{2,3}

ABSTRACT. Butterflies, together with vertebrates and higher plants, are often used for conservation studies and monitoring worldwide. This is due to the advanced development of their systematics, ecology and biogeography. In Mexico, the studies on butterflies go back to the XIX century (*Biologia Centrali Americana*) and since then knowledge has advanced significantly. Among the most important institutions and professionals we can count the Instituto de Biología (Carlos Hoffmann, Leonila Vazquez, Hector Perez and Carlos Beutelspacher), the Sociedad Mexicana de Lepidopterología (Roberto Sr., Roberto Jr. and Javier de la Maza and others) the Museo de Zoología, Facultad de Ciencias (Jorge Llorente, Armando Luis, Isabel Vargas), the American Lepidopterists Society, the Smithsonian Institution and the Carnegie, Allyn, San Diego and New York Museums. Among the foreign students of mexican butterflies we find Martin Brown, Hugh Freeman and Lee Miller.

The work of the above persons and institutions has lead to the recognition in Mexico of more than 2 000 species of butterflies in five families, 20 sub-families, 50 tribes and almost 500 genera. This information has appeared in more than one hundred monographs and books and in many papers published in at least 12 major periodical journals. Among the main journals that publish papers on mexican butterflies we mention the *Journal of the Lepidopterist's Society*, the *Journal of Research on the*

Lepidoptera, the *Bulletin of the Allyn Museum*, the *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, the *Anales del Instituto de Biología* (ser. Zoología) and the *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología* (Fac. de Ciencias, UNAM).

The main synthetic results of the above work are: 1. Mexico holds 10% of the Rhopalocera of the world and it ranks among the ten most butterfly-rich countries. 2. Our country and neighboring areas hold paleo and neoendemic groups of great interest, some of them relictuals, mainly in the xeric parts of the north and west and in the mountain ranges of the south. 3. The richness pattern is independent of the endemism pattern because the richest areas are the tropical humid lowlands. 4. The areas with higher endemism and richness are those with the greatest physiographic, climatic and vegetational heterogeneity, e.g. Los Tuxtlas and the Sierra de Juarez, each one with about 35% of the total species richness.

The conservation of butterfly diversity depends on habitat conservation because slight changes may induce local extinctions. We still lack in depth and long term studies about these problems.

Studies and methods leading to simplify and add quality to faunistic inventories, as well as research on empirical ecogeographic rules that may enable the prediction of taxonomic richness in complex areas will be of enormous value in the conservation and management of butterfly biodiversity.

¹Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM. Apartado Postal 70-399, México 04510, México D.F.

²Centro de Ecología, UNAM. México 04510, México, D.F.

³Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fernández Leal No. 43 Barrio La Concepción, Coyoacán 04020, México, D.F.

INTRODUCCIÓN

Entre los insectos, el grupo de los Papilionoidea (Lepidoptera) se ha convertido en un taxón modelo para estudios de biodiversidad y conser-

vación; en aspectos de impacto ambiental, monitoreo de poblaciones animales y muchos otros estudios ecológicos y genéticos, también es de gran utilidad. El avanzado conocimiento de la taxonomía de las mariposas, su conspicuidad, su abundancia y la facilidad de recolección e identificación en sus ambientes naturales han contribuido a que los ecólogos, biogeógrafos, conservacionistas y otros estudiosos de la biodiversidad las consideren como un taxón indicador del estado de los hábitats y su riqueza. En el caso de las mariposas, Brown (1991) mostró recientemente su valor importante en estudios de conservación de ambientes del neotrópico; para otras regiones del mundo existen trabajos sobre temas equivalentes (Balleto y Kudrna, 1985; Holloway, 1987; Balint, 1991) y las áreas geográficas citadas en la edición especial del *Journal of Research on the Lepidoptera* aparecida hace poco tiempo (Kulfan & Kulfan, 1992; Mattoni, 1992; New, 1992; Sibatani, 1992), o en otros trabajos para México (Raguso & Llorente, 1991; Brown, *et al.*, 1992 y Soberón, 1992).

El conocimiento científico de las mariposas de México tiene un punto de partida importante en las Reales Expediciones Científicas de la Nueva España, al término del siglo XVIII y principios del XIX, en la fase final de la vida colonial de nuestro país. Sin embargo, el interés por las mariposas se encuentra en distintas manifestaciones culturales de muchos grupos étnicos precolombinos. Existen varios trabajos que resaltan estos aspectos históricos y otros que resumen —directa o indirectamente— diversos pasajes o periodos de la historia de los estudios de las mariposas mexicanas (Maza, 1976; Lamas, 1981, 1986, 1992; Beutelspacher, 1989; Luis & Llorente, 1990; Llorente & Luis, 1992).

Si tuviéramos que dividir en grandes etapas la historia de la lepidopterología en México, haríamos una clasificación similar a la efectuada recientemente por Gerardo Lamas para la historia de la lepidopterología latinoamericana, aunque con algunas modificaciones de acuerdo con la historia de nuestra nación y de la entomología en México (Barrera, 1955). Los periodos históricos reconocidos pueden sintetizarse del modo siguiente:

- 1) Las mariposas entre las antiguas culturas mexicanas (Periodo precolombino; 200-1520 d.C.).
- 2) La época colonial temprana o prelineana (1521-1750).
- 3) La época colonial tardía (1750-1820) donde la influencia de Linneo, Buffon y la ilustración francesa es claramente manifiesta.
- 4) El México independiente y la influencia europea (periodo decimonónico), cuando naturalistas alemanes, franceses, austriacos e ingleses hacen las primeras recolecciones, que culminan con la magna obra *Biologia Centrali Americana* de Godman y Salvin (1869-1901).
- 5) La obra enciclopédica de Seitz (1906-1924) y su efecto en décadas posteriores, que coincide con la primera etapa del proceso posrevolucionario mexicano (1921-1942) y termina con la aparición del Catálogo de Hoffmann (1940, 1941).
- 6) La influencia de Carlos Hoffmann, el inicio de la institucionalización del estudio académico de los ropalóceros en México, la influencia estadounidense temprana y los avances que se iniciaron desde principio de siglo por aficionados, grandes coleccionistas y comerciantes como Müller, Tarsicio Escalante y otros, periodo que puede demarcarse entre 1943 y 1973.
- 7) La época contemporánea, caracterizada por el arraigo o mayor influencia de los estadounidenses que trabajan en grandes colecciones y museos (*e.g.* Carnegie, Smithsonian, Nueva York, San Diego y Allyn), el origen y desarrollo de grandes recolectas y colecciones institucionales, la creación, evolución y debilitamiento de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología, la proliferación de grandes y pequeños comerciantes nacionales y extranjeros, el notable incremento de publicaciones y revistas lepidopterológicas y el reconocimiento de numerosas extinciones locales o notable abatimiento de poblaciones naturales de mariposas endémicas, a causa del gran deterioro del hábitat. Esta época ha sido de enorme auge y grandes cambios, uno de ellos es el importante significado evolutivo, genético, biogeográfico, ecológico y etológico que adquieren las mariposas como modelo de estudio biológico (Ackery & Vane-Wright, 1984). Los últimos años se caracterizan por la toma de conciencia en la conservación de la biodiversidad de mariposas

y sus hábitats naturales, así como por la consecución o conclusión de grandes proyectos mundiales o continentales e.g. El *Atlas de los Lepidoptera de América*, por aparecer en 101 volúmenes, en donde participarán varias decenas de los lepidopterólogos más prestigiados de la región.

Distribución de la riqueza de los Lepidoptera y los Papilionoidea

Lepidoptera

Los lepidópteros están integrados por 27 superfamilias, una de ellas la constituye Papilionoidea con el 13.1% del total del orden (cuadro 33.1). México cuenta con parte de la riqueza de dos regiones, la Neártica y la Neotropical, que juntas tienen el 40% del total mundial, cuya estimación es de más de 100 000 especies; de éstas, un cálculo de 25 000 especies para el país es un aproximación conservadora. El conocimiento de las especies del neotrópico se estima en un 50%, mientras que para la región Neártica es de más del 82% (Heppner, 1991).

Papilionoidea

Entre las cinco familias de Papilionoidea, Hesperidae cuenta con el mayor número de especies conocidas y estimadas, le sigue Lycaenidae y Nymphalidae con un número similar y, finalmente, están Pieridae y Papilionidae (cuadro 33.2). Excepto Papilionidae en la región Oriental, la región Neotropical también es la más rica de todas las regiones biogeográficas clásicas. México cuenta con alrededor del 10% de la riqueza mundial de especies de Papilionoidea, tomando en cuenta la cifra de Shields (1989) o Heppner (1991). Sólo en nuestro país existe más del doble de especies de toda la región Neártica, un número considerablemente mayor al de la región Australiana y similar al de toda la región Paleártica (cuadro 33.2).

Algunos resultados y principales áreas de estudio

Resultados taxonómicos

Colecciones y publicaciones taxonómicas. Las colecciones son una herramienta fundamental, objeto de estudio y a la vez un producto terminado durante la investigación taxonómica de cualquier grupo animal o vegetal (Llorente,

Cuadro 33.1. Total de especies de Papilionoidea y Lepidoptera (1758-1990)* en las regiones biogeográficas clásicas.

	N	NL	P	E	O	A	Total
Papilionoidea	765	7 927	1 896	3 267	4 157	1 226	19 238
Lepidoptera (27 Superfamilias)	Total de especies descritas						
	11 532	46 313	23 165	19 528	26 794	18 945	146 277
	7.9	31.4	15.9	13.4	18.4	13.0	100%
	Total de especies estimadas						
	14 000	90 000	25 000	38 000	50 000	38 000	255 000
	5.5	35.3	9.8	14.9	19.6	14.9	100%

N: Neártica, NL: Neotropical, P: Paleártica, E: Etiópica, O: Oriental, A: Australia/Oceanía. El 13.1 % de las especies descritas en el mundo corresponden a Papilionoidea.

*Tomado de Heppner, 1991.

Cuadro 33.2. Riqueza de especies en las familias de Papilionoidea para las regiones biogeográficas clásicas y México.

	N	M*	NL	P	E	O	A	Total
<i>Hesperiidae</i>	290	800	2 016	155	437	569	191	3 658
<i>Papilionidae</i>	33	56	120	84	87	178	70	572
<i>Pieridae</i>	64	90	323	167	174	307	187	1 222
<i>Lycaenidae</i>	164	430	2 611	407	1 413	1 540	429	6 564
<i>Nymphalidae</i>	214	440	2 857	1 083	1 156	1 563	349	7 222
Total	765	1 816	7 927	1 896	3 267	4 157	1 226	19 238**

* Especies en México, se trata de un número estimado (ver siglas en el cuadro 33.1).

** Shields (1989) refiere un total de 17 280.

1990). Colecciones, publicaciones taxonómicas y especialistas conforman un conjunto básico e interdependiente para la investigación de la biodiversidad; en las colecciones está depositado un enorme bagaje de conocimientos, pues los ejemplares que las componen han servido de base para la mayor parte de las publicaciones científicas que se han generado en sistemática y biogeografía. Además, el potencial de información que guardan para que otros investigadores la examinen, las hace imprescindibles en la investigación taxonómica (Barrera, 1974).

Sin embargo, en México las colecciones científicas durante el periodo decimonónico y las primeras décadas de este siglo tuvieron una historia accidentada (Navarro & Llorente, 1991). A pesar de ello, el último medio siglo ha visto crecer enormemente las colecciones biológicas, principalmente a partir de 1975.

Respecto a mariposas, las antiguas colecciones de Müller, C. Hoffmann y Tarsicio Escalante, tal vez las mayores que se formaron en México durante la primera mitad de este siglo, forman actualmente parte de los museos nor-

Cuadro 33.3. Ejemplares depositados en las colecciones de Estados Unidos.

Colección	<i>Papilionidae</i>	<i>Pieridae</i>	<i>Nymphalidae</i>	<i>Lycaenidae</i>	Total
AME	994	1 773	4 599	1 840	9 207
AMNH	2 165	2 818	5 154	1 909	12 046
CAS	382	1 469	2 682	785*	5 318*
SDNHM	761	2 803	3 216	1 542	8 322
UCB	172	839	1 378	no revisado	2 394*
USNM	602	874	2 837	3 491	7 804
CMNH	368	4 317	4 417	5 176*	14 278*
LACM	871	2 359	4 814	1 440	9 484
TOTAL	6 315	17 252	29 097	16 183	68 847

* Falta revisar más especies de estas familias.

AME: Museo Allyn, AMNH: Museo Americano de Historia Natural, CAS: Academia de Ciencias de San Francisco, SDNHM: Museo de Historia Natural de San Diego, UCB: Colección "Essig" del Depto. de Ciencias Entomológicas de la Universidad de California (Campus Berkeley); USNM: Smithsonian Institution; CMNH: Museo Carnegie de Historia Natural, Pittsburgh, Pennsylvania; LACM: Los Angeles County Museum.

Cuadro 33.4. Nombres de colectores con mayor número de ejemplares en colecciones de Estados Unidos.

AME	T. Escalante, A. Díaz Francés, Wind, Miller, L. & J. Miller, Welling, Kendall, King
AMNH	Welling, Hubbell, Hoffmann, F. Johnson, Rindge, Howe, Hertsch, Edwards, T. Escalante
USNM	Schaus, Müller, Owen, Howe, Robbins, Welling, Gibson, Darrow, Neumögen, McGuire, McInnis, Hevel, Flint
CMNH	Welling, Clench & Miller, Townsend, H.A. Freeman, Wind, Antipovitch
SDNHM	P. Spade, Brown & Faulkner, Welling
CAS	M.P. Levin, D. Patterson, Real y Main, L.W. Swan, P.A. Opler, J. Lochead, D. Giuliani
LACM	W. Howe, E.C. Olson, J.C. Spencer, E.Y. Dawson, J.T. y K.E. Donahue, J.T. McBurney

Los nombres tienen un orden de mayor a menor frecuencia de aparición.

teamericanos y europeos. La colección Hoffmann se encuentra en Nueva York; la Colección Müller se encuentra dispersa en museos europeos, en el Museo Nacional de los Estados Unidos (Smithsonian) y otra parte aún queda en el Museo Historia Natural de la Ciudad de México; finalmente, la Colección Escalante, cuando menos la última que formó que era la más completa y reconocida, es parte del Museo Allyn que recientemente se integró con las colecciones de la Universidad de Florida. Sólo cerca de 3 000 ejemplares fueron donados póstumamente por su heredero, junto con parte de las publicaciones taxonómicas que poseía, al Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Todas ellas se han podido consultar en el marco de los proyectos de investigación del Museo de Zoología, excepto los ejemplares que se encuentran en Europa.

De acuerdo con el cuadro 33.3, el número de ejemplares depositados en los museos de los Estados Unidos puede ser mayor de 75 000 especímenes, si se considera que hasta el momento únicamente se han revisado siete colecciones, algunas de ellas incompletas. Además, de acuerdo con el doctor John Rawlins en el Museo Carnegie se encuentran más de 10 000 especímenes mexicanos por preparar. En esas colecciones se hallan ejemplares de gran valor por las razones previamente citadas y porque constituyen los vestigios de poblaciones que actualmente están severamente diezgadas o

ya son extintas, provenientes de colectores o naturalistas comerciales, que a lo largo de muchos años exploraron la fauna lepidopterológica nacional, principalmente en las décadas de 1960 y 1970. Robert Wind, Eduardo Welling y Peter Hubbell fueron los principales recolectores que nutrieron tanto colecciones de museos estadounidenses, como de aficionados, sobre todo de ejemplares originarios de la mitad sur de México.

La labor de varios años de recolección de Wind, Welling y Hubbell seguramente supera los 50 000 ejemplares y es probable que otros museos y colecciones estadounidenses alojen mucho más ejemplares que los que se han citado. En esas colecciones se registraron una gran cantidad de localidades que sirvieron para la recolección de muchos otros grupos de animales, algunas de ellas son sitios clásicos, pero en otros casos fueron pioneros en áreas completamente desconocidas para la lepidopterología mexicana.

Desde los años cuarenta hasta la fecha, varios grupos de investigadores estadounidenses incursionaron en territorio mexicano con el propósito de explorar, recolectar y estudiar las mariposas. F. Martin Brown, L. & J. Miller, John Brown, Gary Ross, Richard Holland, Paul Spade y muchos otros están entre los que recolectaron gran cantidad de ejemplares que integran también las colecciones referidas, además de otras en Los Ángeles, Louisiana, Austin (Texas)

Cuadro 33.5. Estados mejor representados en colecciones de Estados Unidos.

AME	Veracruz, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Morelos, Tamaulipas, Colima
AMNH	Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, San Luis Potosí, Guerrero, Jalisco, Sonora, Yucatán
USNM	Veracruz, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Morelos, Tamaulipas, Michoacán
CMNH	Yucatán, Baja California Sur, Veracruz, San Luis Potosí, Sinaloa, Chihuahua, Oaxaca
SDNHM	Baja California, Baja California Sur, Colima, Oaxaca, Veracruz, Chiapas
CAS	Chiapas, Baja California Sur, Baja California, Veracruz, San Luis Potosí, Oaxaca, Morelos
LACM	Veracruz, San Luis Potosí, Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Hidalgo, Baja California Sur

Los estados se citan en orden de representación de ejemplares.

y mas colecciones de los Estados Unidos. En el cuadro 33.4 pueden apreciarse los colectores de material mexicano más importantes en cada uno de los museos.

En México las colecciones institucionales más importantes se encuentran en la Universidad Nacional Autónoma: el Instituto de Biología y la Facultad de Ciencias; adicionalmente, el Museo de Historia Natural de la Ciudad de México cuenta con la colección Müller y una colección propia. En algunas universidades de provincia que imparten licenciaturas en biología se hallan colecciones de mariposas, al igual que en algunas instituciones agrícolas, pero en todas ellas las colecciones son relativamente pequeñas.

Las colecciones de varios lepidopterólogos "aficionados" son muy importantes, e.g. colecciones De la Maza, White, Saldaña, y otras más. La cantidad de ejemplares y especies así como el número de localidades, especialmente del sur y sureste de México, compiten muy bien con cualquiera de las colecciones institucionales. Por otra parte, la colección De la Maza ha servido de base para numerosas publicaciones. Es posible que el mayor número de especies de Papilionoidea (excepto Hesperioidea) descubiertas en los últimos 15 años para México, se deba a la labor de tres miembros de la familia De la Maza. Los resultados se encuentran, en su mayor parte, en los 15 volúmenes de la *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*,

así como en las publicaciones especiales y el boletín que editó la misma sociedad.

En México las tres colecciones más importantes cuentan con alrededor de 100 000 ejemplares: *a)* Colección de la familia De la Maza, con 40 000 ejemplares aproximadamente (Dr. Gerardo Lamas com. pers.), *b)* Colección del Instituto de Biología de 15 000 a 20 000 especímenes y *c)* Colección del Museo de Zoología 35 000 ejemplares preparados.

Publicaciones y conocimiento de los Papilionoidea. Un recuento preliminar de las citas bibliográficas que comentan o refieren aspectos sobre Papilionoidea de México alcanza un número cercano a los 3 800 trabajos. Hasta 1970, las publicaciones trataban principalmente de morfología y taxonomía, en los últimos treinta años se han incrementado los temas ecológicos, conductuales, biogeográficos, genéticos y otros más.

Las publicaciones taxonómicas sobre mariposas se encuentra bien representadas en la UNAM (Facultad de Ciencias e Instituto de Biología) y en la colección De la Maza; pero sin duda, la hemerobiblioteca más completa está en el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias. Otras hemerobibliotecas, entre los aficionados, son relativamente pequeñas y carecen de las obras más básicas de los trabajos de descripciones originales, revisiones taxonómicas y muchos libros o revistas fundamentales.

Cuadro 33.6. Riqueza de Papilionoidea en algunas de las áreas mejor conocidas para México.

1	Altiplano Potosino, SLP	76
2	Sierra Álvarez, SLP	118
3	Tamazunchale, SLP	270
4	Tamasopo, SLP	207
5	Ciudad Valles, SLP	198
6	El Naranjo, SLP	224
7	Sierra de San Juan, Nayarit	175
8	Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima	300
9	Los Chorros del Varal, Michoacán	171
10	Santa Rosa, Uruapan, Michoacán	180
11	Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero	160
12	Sierra de Atoyac, Guerrero	339
13	Sierra de Taxco, Guerrero	125
14	Los Dínamos, D.F.	65
15	Valle de México	133
16	Cascada de los Diamantes, México	45
17	Ocuilán, Morelos-México	120
18	Chichinautzin, Morelos	70
19	Cañón de Lobos, Morelos	120
20	Tepoztlán, Morelos	150
21	El Chico, Hidalgo	65
22	San Nicolás Tolentino, México	142
23	Los Tuxtlas, Veracruz	450
24	Teocelo-Jalapa, Veracruz	370
25	Sierra de Juárez, Oaxaca	452
26	Chajul, Chiapas	396

NOTA: No incluye a Hesperiiidae. De algunos sitios se trata de información inédita y suministrada por Roberto de la Maza y los autores del trabajo.

Las publicaciones periódicas más importantes para el conocimiento moderno de los Papilionoidea de México son las siguientes: *Journal of Research on the Lepidoptera*, *Journal of Lepidopterist's Society*, *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, *Bulletin of Allyn Museum*, *Anales del Instituto de Biología (Serie Zoología)*, *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología* (Fac. Ciencias, UNAM), *Annals of Carnegie Museum*, *Folia Entomológica Mexicana* y *Smithsonian Contributions to Zoology*. Estas revistas, más las

publicaciones especiales y los noticieros o boletines informativos juntos, contienen más del 70% de los trabajos originales importantes para la lepidopterología mexicana de las últimas tres décadas.

Posiblemente se conozca el 90% de las especies de Papilionoidea de México. Las familias mejor conocidas son Papilionidae y Pieridae (apéndice 33.1) y las menos conocidas son Lycaenidae y Hesperiiidae. Los trabajos filogenéticos o evolutivos aún son escasos, pero aumentan año con año. Una cifra global y conservadora de especies de Papilionoidea de México alcanza las 1 800, aunque existen cálculos previos de 2 000 o 2 200 especies (Llorente & Luis, 1992). Éstas se encuentran incluidas en cinco familias, alrededor de 20 subfamilias, poco más de 50 tribus y casi 500 géneros. Considerando los conceptos de especie biológica y especie politípica, el número de subespecies o razas geográficas puede alcanzar alrededor de 3 000 taxones en nuestro país.

Resultados biogeográficos

Localidades en colecciones, publicaciones, endemismo y riqueza biótica. Una revisión de los estudios taxonómicos y de las colecciones estadounidenses (cuadro 33.5) muestra que los estados mejor recolectados y con mayor número de publicaciones son Veracruz, Chiapas, Guerrero, y las Baja California. Las colecciones particulares y las colecciones institucionales en México también presentan el patrón descrito. Luis & Llorente (1990) mencionan que ello se debe a que por más de 400 años la ruta hacia México era por tierra, vía los puertos de Veracruz y Acapulco. Una parte importante de las localidades clásicas se encuentran en estos dos estados (Godman & Salvin, 1868-1901).

Esto último ha traído como consecuencia y, a pesar de la gran tradición que se tiene en el estudio de las mariposas en México y en especial el grupo de los Papilionoidea, que el número de localidades de donde se cita material no rebase las 3 500, muchas de las cuales se encuentran muy próximas entre ellas, reduciendo



Mapa 33.1. Distribución de áreas con mayor riqueza de mariposas.

do con ello la cobertura que se pueda tener sobre el conocimiento de su distribución geográfica, debido a que desde el siglo pasado investigadores, aficionados y comerciantes, han basado sus recolectas en un mismo conjunto de localidades a lo largo de este siglo, por tratarse principalmente de áreas con una gran diversidad o porque de ellas se extraen especies raras de gran belleza y con un gran costo en el mercado internacional.

El número de localidades muestreadas por estado y el esfuerzo de recolecta en cada una es muy heterogéneo, de tal forma se pueden considerar cinco grandes grupos: el primero comprende los estados de Veracruz, Baja California y Baja California Sur con el mayor número de localidades registradas tanto en los estudios como en las colecciones nacionales y extranjeras con alrededor de 500 localidades cada uno. En segundo lugar, Chiapas y Oaxaca que tie-

nen de 300 a 400 localidades muestreadas; en tercer sitio se tiene siete estados, que registran de 100 a 200 localidades, destacan Guerrero, Tamaulipas y San Luis Potosí; en cuarto lugar se consideran ocho estados que tienen muestreadas de 50 a 99 zonas y por último, 11 estados con menos de 50 áreas, en algunos casos menos de diez *e.g.* Aguascalientes, Guanajuato y Tlaxcala. Esto significa que en cinco estados se ubiquen 60% de los sitios muestreados en México desde el siglo pasado.

Maza & Maza (1985), Raguso & Llorente (1991 y datos inéditos), Luis, Vargas & Llorente (1991) y Llorente & Luis (1992), mostraron que las áreas más ricas en mariposas son: la Lacandonia en Chiapas, Los Tuxtlas en Veracruz y la Sierra de Juárez en Oaxaca, cada una de éstas comprende poco más del 40% de la riqueza total del país (véase mapa 33.1). Las áreas geográficas más diversas para mariposas coinciden

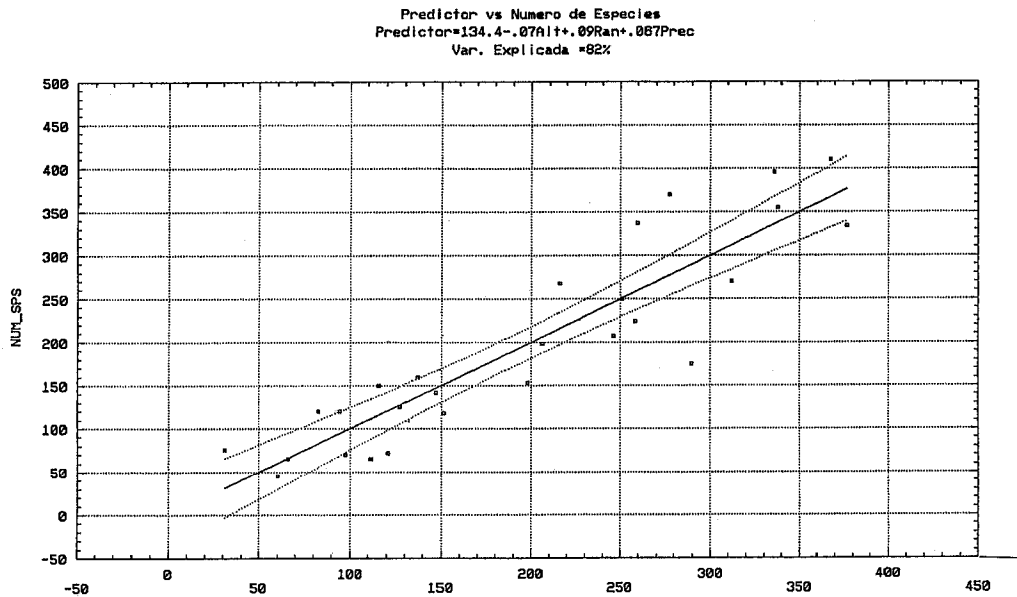


Figura 33.1. Predictor vs. Número de especies.

con lo descubierto para otros grupos de vertebrados (Flores & Gerez, 1989) y fanerógamas (Rzedowski, 1991).

El conocimiento de las mariposas de otros estados de la República sólo se definió recientemente. Por ejemplo, Vargas, *et al.* (1991) y Brown, *et al.* (1992) publicaron una síntesis sobre el estado de Guerrero y la Península de Baja California, respectivamente.

Las áreas geográficas más ricas en especies se encuentran en sitios del sur y sureste de México; se trata de áreas de enorme heterogeneidad fisiográfica, climática y vegetacional, que comprenden gradientes de gran complejidad, pues integran mosaicos de ambientes conservados y subalterados, lo que aumenta la diversidad de hábitats.

El endemismo tiene una distribución distinta al de la riqueza en México. El norte de México y las áreas xéricas del sur y occidente mantienen el mayor número de paleoendémicos con un grado de diversificación considerable *e.g.* los Megathyminae que sólo existen en Mé-

xico y los Estados Unidos; *Baronia brevicornis* que es el papiliónido viviente con mayor número de caracteres plesiomórficos entre las actuales mariposas y es exclusivo de México.

Dentro del país se manifiestan varios patrones insulares intracontinentales. Ellos se deben a la heterogénea distribución de los ambientes xéricos, húmedos y de montaña que resultan de la compleja historia biogeográfica del país. En las montañas de la mitad del sur de México, por ejemplo, se encuentra un patrón de diferenciación de las mariposas, para los sitios de distribución archipelágica o polipátrida del bosque mesófilo de montaña (Llorente, 1984). Como este patrón, existen varios; algunos que mantienen la vicariancia generada por la partición de las faunas que siguen las dos costas, otros por la disyunción entre los desiertos y semidesiertos, y algunos más por la discontinuidad de las biotas de alta montaña de México. En todos los casos, encontramos patrones de distribución recurrentes con interrelación de mariposas endémicas.

Finalmente, varios géneros de mariposas son endémicos o cuasiendémicos a México y se han diversificado en el área considerada como Megaméxico por Rzedowski (1991) o Zona de Transición Mexicana por Halffter (1976).

Sitios geográficos mejor conocidos, curvas de acumulación de especies y reglas empíricas. En el cuadro 33.6 y el mapa 33.1 se pueden apreciar varias de las áreas mejor conocidas para la fauna de mariposas en México. En algunas de éstas se han obtenido curvas de acumulación de especies (Clench, 1979; Soberón & Llorente, 1993; Raguso & Llorente, 1991; Vargas, *et al.*, 1991; Luis, *et al.*, 1991) que permiten afirmar con objetividad que los métodos utilizados para el área muestreada permiten el conocimiento de por lo menos 90% de las especies presentes. En otros casos, aunque no se cuenta con curvas de acumulación, se tienen datos obtenidos a lo largo de varios años por personal con la suficiente experiencia de campo para garantizar porcentajes muy altos de registro del total de especies (*e.g.* Maza, 1975; Maza & White, 1990).

Las faunas conocidas casi en su totalidad permiten realizar estudios estadísticos para correlacionar el número de especies dentro de algún taxón, su porcentaje de endemidad, u otros parámetros de interés, con características biogeográficas importantes. La utilización de estos métodos multivariados, cuando resulten exitosos, puede proporcionar una herramienta muy útil para predecir el valor de estos parámetros en áreas mal muestreadas o poco conocidas (Soberón, 1992). Por ejemplo, utilizando los datos del cuadro 33.5 se realizó un análisis de regresión múltiple, tomando como variable dependiente la riqueza de los Papilionoidea (sin Hesperioidea), y como posibles variables independientes la precipitación total anual, la temperatura promedio anual, la altitud promedio sobre el nivel del mar del sitio recolectado, el intervalo de altitudes recolectado, el tipo de vegetación y la latitud. La regresión manual por pasos permitió desechar como predictores malos a algunas de estas variables. El modelo final, ilustrado en la figura 33.1, está basado en la precipitación, la altitud y el intervalo de alti-

tudes recolectado; éste explica el 82% de la variancia de la regresión en una escala aritmética. Al utilizar este modelo para predecir la riqueza de los Papilionoidea de un sitio previamente no recolectado en el Ajusco se obtuvieron resultados correctos, con un 15% de error (Maza & Soberón, datos inéditos).

Los modelos empíricos como el descrito arriba pueden ser de gran utilidad en tareas de conservación y evaluación de recursos en un país con la complejidad geográfica del nuestro y aún no suficientemente explorado. La posibilidad de utilizar modelos empíricos con fines predictivos destaca aún más la necesidad de estandarizar los métodos y rigorizar los listados florísticos y faunísticos que se realizan en nuestro país, con el objetivo de contar con información confiable y comparable. Por ejemplo, si a la figura 33.1 se hubieran añadido otros sitios ya recolectados, pero con un grado variable de certidumbre en el número total de especies, la regresión hubiera sido mucho más "ruidosa" y posiblemente hubiera resultado inútil.

CONCLUSIONES

A la fecha sólo se tienen documentadas extinciones locales de mariposas debidas a la conversión profunda de los hábitats naturales; al carecer de medidas de la erosión de genes, al ignorar el peso o significado de la eliminación de las poblaciones de algunas especies, no podemos hacer una evaluación precisa del daño que han recibido las mariposas en México. Sin embargo, datos indirectos muestran que la tasa de transformación de los hábitats es muy grande; por ejemplo, en los trópicos mexicanos es de más del 4% anual desde 1967, *e.g.* Los Tuxtlas, Veracruz (Dirzo & García, 1992). En aparente contradicción a lo esperado, no se conocen extinciones en Los Tuxtlas, sino al contrario, el número de las especies conocidas en la región se ha incrementado paulatinamente (Raguso & Llorente, 1991 y datos inéditos), aunque este incremento se debe a especies generalmente raras o localizadas y a especies colonizadoras de ambientes subalterados. He-

mos advertido otros casos similares en Teocelo, Veracruz, Sierra de Atoyac, Guerrero y Sierra de Manantlán, Jalisco.

Una "combinación equilibrada" de ambientes conservados y subalterados son la fórmula para una mayor proporción de especies, pero no sabemos si la enorme erosión genética que posiblemente hayan sufrido algunas poblaciones de mariposas las conduzca a la extinción local. Necesitamos tener presente que la conservación de la biodiversidad implica conservar riqueza genética y taxonómica. De cualquier modo es indispensable avanzar en la obtención de medidas más precisas para medir, comparativamente, la diversidad de las especies entre varios lugares, con el propósito de evaluar prioridades de conservación taxonómica (Williams, Humphries & Vane-Wright, 1991), efectuar tareas de monitoreo y comparar efectos de perturbación.

Las medidas que se requieren para medir y evaluar la diversidad de especies, sin tomar en cuenta su base de variabilidad genética, deben ser de naturaleza evolutiva, deben comprender no sólo la riqueza de especies, sino también la variedad de linajes o estirpes (Erwin, 1991), sobre todo de los grupos de endemitas. Sin embargo, es necesario contar con una clasificación natural de las áreas de endemismo que reconozca las interrelaciones genealógicas de los endémicos, pues una clasificación ecológica como la que contamos (provincias y distritos bióticos), o con la simple ubicación de áreas de endemismo o riqueza, no es posible pesar o distinguir la importancia relativa de las áreas. Actualmente existen metodologías biogeográficas cuya aplicación puede ser importante en este sentido (Grehan, 1989; Crisci, datos inéditos). Otra aproximación métrica que puede ser de valor, es alcanzar clasificaciones cuyas categorías tengan una base geológica o biogeográfica, como propuso Amorim (1991). Las clasificaciones de este tipo tienen una base en unidades ecológicas con la misma historia biogeográfica.

Si consideramos que la distribución de la riqueza y el endemismo no guardan una distribución similar en México, que no hay una clasi-

ficación natural de las áreas y biotas, si aceptamos que ignoramos mucho de la ecología, la genética y la biogeografía de las mariposas, aún así es uno de los grupos mejor conocidos. Debemos definir una estrategia ante las altas tasas de conversión de los hábitats naturales; por principio podríamos demandar la protección total de algunos vestigios de ambientes naturales que aún nos quedan y la erradicación de prácticas extremas en el uso de la tierra. ¿Pero cuáles áreas debemos y podemos, en realidad, proteger en su totalidad?, y ¿cuáles prácticas extremas debemos y podemos controlar o erradicar? ¿qué tanto conocemos de la riqueza genética de las poblaciones para definir una estrategia de conservación?

Agradecimientos

A Roberto de la Maza por los datos inéditos; a Fred Rindge del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York; a Lee D. Miller, curador del Museo Allyn en Sarasota y a Robert K. Robbins del Museo Smithsonian en Washington por permitirnos estudiar las colecciones a su cargo. A los programas CONACyT D11-903646 y DGAPA IN-200394 y 207995.

REFERENCIAS

- ACKERY, P.R. & R.I. VANE-WRIGHT (eds.). 1984. *The Biology of butterflies. Symposium of the Royal Entomological Society of London*. Number II. Academic Press. 429 pp.
- AMORIM, D. S. 1991. Refuge simulation: testing the theory. *Revta. Bras. Ent.*, 35 (4): 803-812.
- BALINT, Z. 1991. Conservation of Butterflies in Hungary. *Oedipus*, 3: 5-36
- BALLETTO, E. & O. KUDRNA. 1985. Some aspects of the conservation of butterflies in Italy, with recommendations for a future strategy. *Boll. Soc. Ent. Ital., Genova*, 117 (1-3): 39-59.
- BARRERA, A. 1955. Ensayo sobre el desarrollo histórico de la entomología en México. *Rev. Soc. Mex. Ent.*, 1 (1-2): 23-38.
- _____. 1974. Las colecciones científicas y su problemática en un país subdesarrollado: México. *Biología*, 4 (1): 12-19.

- BEUTELSPACHER, C.R. 1989. *Las mariposas entre los antiguos mexicanos*. México. Fondo de Cultura Económica.
- BROWN, J.W., H.G. REAL & D.K. FAULKNER. 1992. *Butterflies of Baja California*. The Lepidoptera Research Foundation, Inc. California 129 pp + 8 láms.
- BROWN, K.S. Jr. 1991. Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicators. In: N.M. Collins & J.A. Thomas (Eds.). *Conservation of insects and their environments*. Academic Press, London. 349-404.
- CLENCH, H. 1979. How to make regional list of butterflies: some thoughts. *J. Lep. Soc.*, 33 (4): 215-231.
- DIRZO, R. & M.C. GARCÍA. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6 (1): 84-90.
- ERWIN, T. 1991. An evolutionary Basis for Conservation Strategies. *Science*, 253: 750-752.
- FLORES, O. & P. GEREZ. 1988. *Conservación en México: Síntesis sobre Vertebrados Terrestres, Vegetación y Uso del Suelo*. INIREB-Conservation International. México.
- GODMAN, F.D. & I.O. SALVIN. 1869-1901. *Biología Central Americana*. Zoología, Insecta, Lepidoptera Rhopalocera. Vol. I, II (texto) y III (láminas).
- GREHAN, R. 1989. Panbiogeography and conservation science in New Zealand. *J. Zool.*, 16: 731-748.
- HALFFTER, G. 1976. Distribución de los insectos en la zona de Transición Mexicana. Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Entomol. Mex.*, 35: 1-64.
- HEPPNER, J.B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Trop. Lepid.*, 2 (Suppl. 1): 1-85.
- HOFFMANN, C.C. 1940. Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros mexicanos. Primera Parte. Papilionoidea. *An. Inst. Biol. UNAM*, 11 (2): 639-739.
- _____. 1941. Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros mexicanos. Segunda Parte. Hesperioidea. *An. Inst. Biol. UNAM*, 12 (1): 237-294.
- HOLLOWAY, J.D. 1987. Macrolepidoptera diversity in the Indo-Australian tropics: geographic, biotopic and taxonomic variations. *Biol. Jour. Linn. Soc.*, 30: 325-341.
- KULFAN, M. & J. KULFAN. 1992. Changes of distribution of thermophilous butterflies in Slovakia. *J. Res. Lep.*, 29 (4): 254-266.
- LAMAS, G. 1981. Pasado, presente y futuro de los estudios sobre mariposas neotropicales en América Latina. *Simp. Conf. IV Congr. Latinoamer. Entom. (Maracay)*, pp. D39-D57.
- _____. 1986. Ilustraciones inéditas de lepidópteros mexicanos de la Expedición de Sessé y Moziño (1787-1803). *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 10 (2): 27-34.
- _____. 1992. Síntesis histórica de la lepidopterología en Latinoamérica. *Publ. Esp. Mus. Zool., UNAM*, 5: 75-97.
- LUIS M.A. & J. LLORENTE. 1990. Mariposas en el Valle de México: Introducción e historia. I. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, D.F., México. *Folia Entomol. Mex.*, 78: 95-198.
- _____, I. VARGAS & J. LLORENTE. 1991. Lepidoptero-fauna de Oaxaca I: Distribución y fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez. *Publ. Esp. Mus. Zool., UNAM*, 3: 1-119.
- LLORENTE, J. 1984. Sinopsis Sistemática y Biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia al género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Entomol. Mex.*, 58: 1-207.
- _____. 1990. *La búsqueda del método natural*. (La Ciencia desde México 95, SEP-CONACYT-UNAM. Fondo de Cultura Económica. México. 157 pp.
- _____, A. GARCÉS & A. LUIS. 1986. Paisaje Teocoleño IV. Las mariposas de Jalapa-Teocelo, Veracruz. *Teocelo*, 3: 14-37.
- _____, & A. LUIS. 1992. Conservation-oriented analysis of mexican butterflies: Papilionidae (Lepidoptera: Papilionoidea). En: *Biological Diversity of Mexico: origins and distributions*. (T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa Eds.) Oxford University Press.
- MATTONI, R.H.T. 1992. The endangered El Segundo Blue butterfly. *J. Res. Lep.*, 29 (4): 277-304.
- MAZA, J. DE LA & R.G. DE LA MAZA. 1985. La fauna de mariposas de Boca de Chajul, Chiapas, México. (Rhopalocera) I y II. *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 9 (2): 23-44, 10:1-24.
- MAZA, R.G. DE LA. 1975. Notas sobre los lepidópteros de Rancho Viejo y Tepoztlán, Morelos, México. 1a. Parte: Papilionoidea. *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 1 (2): 42-61.
- _____, & J. DE LA MAZA. 1988. Notas sobre los Rhopalocera de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. (Lepidoptera). *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 11 (2): 33-59.
- _____, & A. WHITE. 1990. Rhopalocera de la Huasteca Potosina, su distribución, composición, origen y evolución. *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 13 (2): 31-88.
- MAZA, R.R. DE LA. 1976. La mariposa y sus estilizaciones en las culturas teotihuacana (200 a 750 D.C.) y azteca (1325 a 1521 D.C.). *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 2 (1): 39-48.
- NAVARRO, A. & J. LLORENTE. 1991. Museos, colecciones biológicas y la conservación de la biodiversidad: una perspectiva para México. *WWF-UNAM. Memorias del Seminario sobre Conservación de la Diversidad Biológica de México*. 3: 1-31.
- NEW, T.R. 1992. Conservation of butterflies in Australia. *J. Res. Lep.*, 29 (4): 237-253.
- RAGUSO, R. & J. LLORENTE. 1991. The butterflies (Lepidoptera) of the Tuxtlas Mts., Veracruz, México, Revisited: Species-Richness and Habitat disturbance. *J. Res. Lep.*, 29 (1-2): 105-133.
- RZEDOWSKI, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Bot.*, 15: 47-64.

- SEITZ, A. (Ed.). 1906-1924. *Die Gross-Schmetterlinge der Erde*. Vol. 5. Stuttgart, A. Kern.
- SHIELDS, O. 1989. World numbers of butterflies. *J. Lep. Soc.*, 43 (3): 178-183.
- SIBATANI, A. 1992. Decline and conservation OF butterflies in Japan. *J. Res. Lep.*, 29 (4):305-315.
- SOBERÓN, J. 1992. El uso de reglas empíricas para la conservación biológica en México: una propuesta. En: *Las áreas naturales protegidas de México*. 57-65 pp. (Coord. A.L. Anaya). Publicaciones Especiales de la Sociedad Botánica de México.
- _____ & J. LLORENTE. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7 (3): 480-488.
- VARGAS, I., J. LLORENTE & A. LUIS. 1991. Lepidoptero-fauna de Guerrero I: distribución y fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Atoyac. *Publ. Esp. Mus. Zool.*, UNAM, 2: 1-127.
- WILLIAMS, P.H., C.J. HUMPHRIES & R.I. VANE-WRIGHT. 1991. Measuring Biodiversity: Taxonomic Relatedness for Conservation Priorities. *Aust. Syst. Bot.*, 4: 665-679.

APÉNDICE 33.1. LISTA DISTRIBUCIONAL DE LA PAPILIONIDAE Y PIERIDAE DE MÉXICO. (Continúa)

ESPECIE/ESTADO	AGS	BC	BGS	CAM	CHIS	CHIH	COAH	COL	DF	DGO	GTO	GRO	HGO	JAL	MEX	MICH	MOR	NAY	NL	OAX	PUE	QRO	QR	SLP	SIN	SON	TAB	TAMP	TLAX	VER	YUC	ZAC				
<i>Lilix nemesis mayaritensis</i>							X	X						X	X			X		X							X									
<i>Melete lycimnia isandra</i>				X	X		X							X	X			X		X							X									
<i>Melete polyhymnia florinda</i>				X														X									X									
<i>Melete polyhymnia serrana</i>																																				
<i>Natralis iole iole</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Neophasia terfocii</i>						X			X																											
<i>Paramidea lanceolata</i>		X																																		
<i>Paramidea linonea</i>							X																													
<i>Pereute charops charops</i>								X																												
<i>Pereute charops leonilae</i>							X																													
<i>Pereute charops nigricans</i>																																				
<i>Pereute charops sphocra</i>					X																															
<i>Perrythbis pameia chajulensis</i>				X	X																															
<i>Perrythbis pameia mapa</i>				X	X																															
<i>Phoebis agarithe agarithe</i>	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Phoebis agarithe fisheri</i>		X	X																																	
<i>Phoebis argante argante</i>		X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Phoebis neocypris virgo</i>				X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Phoebis philea philea</i>				X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Phoebis sennae marcellina</i>	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Pierballia viardi laegore</i>																																				
<i>Pierballia viardi viardi</i>								X																												
<i>Pieris rapae rapae</i>	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Pontia beckeri</i>		X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Pontia protodice</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Pontis sisymbrii sisymbrii</i>	X	X	X	X	X																															
<i>Prestonia clarki</i>																																				
<i>Pseudopieris nehemia irma</i>			X	X	X																															
<i>Pyrisitia dina westwoodi</i>	X		X	X	X			X																												
<i>Pyrisitia lisa centralis</i>			X	X	X																															
<i>Pyrisitia nise neiphe</i>		X	X	X	X			X																												
<i>Pyrisitia proterpia proterpia</i>	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Rhabdodryas trite trite</i>				X	X			X																												
<i>Zerene cesonia cesonia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<i>Zerene eurydice</i>																																				
SUBTOTAL/PIERIDAE	18	21	26	15	60	19	13	35	31	23	14	45	31	43	32	39	36	37	26	58	46	20	19	43	34	28	30	34	2	56	26	11				
TOTALES ESTADO	24	28	32	24	100	25	19	63	38	29	22	78	50	70	43	64	59	61	43	97	77	32	48	69	52	37	53	57	2	97	42	13				
?	Registrada para el estado pero su presencia es dudosa																																			
*	En el caso de esta especie su status subspecifico esta en revision, correspondiendo posiblemente a tres subspecies para México																																			