BIODIVERSIDAD DE LAS MARIPOSAS: SU CONOCIMIENTO Y CONSERVACIÓN EN MÉXICO

JORGE LLORENTE BOUSQUETS
ARMANDO LUIS MARTINEZ
ISABEL VARGAS FERNANDEZ
Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera"
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado Postal 70-399
México 04510, D.F.
JORGE SOBERON MAINERO
Centro de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado Postal 70-275
México 04510, D.E

RESUMEN

Las mariposas diurnas junto con las plantas y los vertebrados han sido los grupos más solicitados para estudios de monitoreo y conservación de la biodiversidad a nivel mundial. El buen desarrollo de su sistemática, biogeografía y ecología, su relativamente fácil identificación en estudios de campo, así como la abundancia poblacional que presentan, los han puesto como uno de los grupos taxonómicos ideales en el análisis de la conservación de hábitats terrestres (Llorente y Luis, 1992). En México los estudios de mariposas se remontan al siglo pasado. cuando se publicaron magníficas obras v. *gr. la Biología Centrali Americana;* durante este siglo el trabajo de muchas instituciones nacionales y extranjeras permitió un gran avance en el conocimiento del grupo. Entre las principales instituciones y sociedades se pueden citar: el Instituto de Biología de la UNAM (Carlos Hoffmann, Leonila Vázquez y Carlos Beutelspacher), la Sociedad Mexicana de Lepidopterología (Roberto (senior), Roberto G. y Javier De la Maza), el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias UNAM (Jorge Llorente, Armando Luis e Isabel Vargas), la Sociedad de Lepidopterólogos con sede en los Estados Unidos, la Institución Smithsonian, los Museos de Carnegie, San Diego, Allyn y el Americano de Historia Natural en Nueva York están entre los más importantes por sus contribuciones al conocimiento de los Rhopalocera de México en estos últimos 50 años. Mas de una veintena de investigadores extranjeros han destacado por sus trabajos, entre los principales están: F. Martin Brown, Hugh A. Freeman y Lee D. Miller. El resultado de todos estos trabajos ha permitido que a la fecha se reconocen alrededor de 2,000 especies de ropalóceros mexicanos, que se ubican en 5 familias, 20 subfamilias, 50 tribus y casi 500 géneros. En más de un centenar de monografías, revisiones y libros, además de una docena de publicaciones periódicas donde han aparecido cientos de descripciones morfológicas, hábitos, hábitats y distribución, se tiene documentado el conocimiento taxonómico, biogeográfico, etológico y ecológico de las mariposas de México. Entre las principales revistas que presentan los resultados están: Journal of the Lepidopterist's Society, Journal of Research on the Lepidoptera, Bulletin of the Allyn Museum, Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología, Anales del Instituto de Biología UNAM (Serie Zoología) y Publicaciones Especiales del Museo de Zoología (Fac. Ciencias, UNAM). Una síntesis taxonómica-evolutiva de los resultados de todo ello se puede expresar así: **1**. México posee el 10 % de la fauna ropalocerológica mundial, eso significa que esta entre los diez países más diversos del mundo. **2**. Nuestro país y el área contigua a sus fronteras posee grupos paleo y neoendémicos de gran interés, algunos son relictuales, sobre todo en las áreas xéricas de su mitad norte y occidental y en las comunidades de montaña en su mitad sur, **3**. La distribución de la riqueza guarda un patrón distinto al del endemismo, ya que las áreas más ricas se encuentran al sur y en sus vertientes costeras, principalmente en los bosques tropicales perennifolios, caducifolios y húmedos de montaña, mientras que los endemismos son proporcionalmente mayores en su mitad norte o más antiguos, **4**. Las áreas geográficas más ricas en especies y endemismos son áreas con gran heterogeneidad fisiográfica, climática y vegetacional, en un mosaico

de ambientes conservados y subalterados, *v. gr.* Los Tuxtlas, Veracruz, Chajul en la Lacandonia, Chiapas y, la Sierra de Juárez en Oaxaca, alcanzan cada una de ellas, más de un tercio de la diversidad ropalocerológica de México. En contraste, hay estados o provincias fisiográficas enteras como la Península de Baja California que poseen menos del 9 % de la fauna de mariposas mexicanas.

La conservación de la diversidad de las mariposas al igual que la mayor parte de los grupos animales y vegetales, depende de la conservación del hábitat, de su continuidad y de la estabilidad del ecosistema. Cambios ligeros en el hábitat a menudo pueden causar extinciones locales, pero no existen estudios profundos y de larga duración sobre el efecto cuantitativo y cualitativo de las alteraciones poblacionales en mariposas a causa de distintos tipos de uso de los ambientes naturales. No obstante, se sabe que algunos tipos de alteraciones favorecen el incremento de las poblaciones de imagos en varios taxones.

Los estudios o técnicas que simplifiquen y rigoricen la percepción y registro de los individuos en los trabajos de inventario faunístico, así como las investigaciones de reglas ecogeográficas empíricas, que puedan predecir riqueza taxonómica en áreas geográficas complejas como las hay en México, serán de enorme valor metodológico en proyectos de conservación y manejo de la biodiversidad de mariposas.

ABSTRACT

Butterflies, together with vertebrates and higher plants, are often used for conservation studies and monitoring worldwide. This is due to due advanced development of their systematics, ecology and biogeography. In Mexico, the studies on butterflies go back to the last century *(Biologia Centrali Americana)* and since than knowledge has advanced significantly Among the most important institutions and professionals we can count the Instituto de Biología (Carlos Hoffmann, Leonila Vázquez, 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" Lepidopterist t 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 of more than 2,000 specie) of butterflies in five families, 20 subfamilies, 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 Due main journals that publish papers on mexican butterflies we mention Due Journal of the Lepidopterist's Society, Due Journal of Research on the Lepidoptera, Due Bulletin of the Allyn Museum, Due Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología, the Anales del Instituto de Biología (ser. Zoología) and the Publicaciones Especiales del Museo Zoología (Fact de Ciencias, UNAM).

The main synthetic results of Due above work are: **1**. México holds 10% of Due rophalocera of Due world and it ranks among Due ten most butterfly rich countries. **2**. Our country and neighboring areas hold paleo and neoendemic groups of the 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, o. *gr.* Los Tuxtlas and the Sierra de Juarez, each one with about 35% of the 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 able to predict taxonomic richness in complex areas will be of enormous value in the conservation and management of butterfly biodiversity.

Introducción

Entre los insectos el grupo de los Papilionoidea (Lepidoptera) se ha convertido en un taxón modelo para estudios de biodiversidad y su conservación. En aspectos de impacto ambiental, monitoreo de poblaciones animales y muchos otros estudios ecológicos y genéticos, también son 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, los consideren como un taxón indicador del estado de los hábitats y su riqueza. En el caso de las mariposas, Keith Brown (1991) mostró recientemente su importante valor en estudios de conservación de ambientes del neotrópico; para otras regiones del mundo existen trabajos sobre tópicos equivalentes (Balleto y Kudrna, 1985; Holloway, 1987 y Balint, 1991) y las áreas geográficas citadas en la edición especial del *Journal of Research on the Lepidoptera* aparecida hace poco tiempo (New, 1992; Kulfan y Kulfan, 1992; Mattoni, 1992 y Sibatani, 1992), o en otros trabajos para México (Raguso y Llorente, 1991; Brown, Real y Faulkner, 1992 y Soberon, 1992).

El conocimiento científico de las mariposas de México tiene un punto de partida importante en las Reales Expediciones Científicas hacia la Nueva España, al termino, del siglo XVIII y principios del siglo 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 y Llorente, 1990; Llorente y Luis, 1992).

Si tuviéramos que dividir en grandes etapas a 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; 2001520 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 enciclopedia francesa es claramente manifiesta,

4. El México independiente y la influencia europea (Periodo decimonónico), cuando se hacen las primeras recolecciones por naturalistas alemanes, franceses, austríacos e ingleses que culminan con la magna obra *Biologia Centrali Americana* de Godman y Salvin (1869-1901),

5. La obra enciclopédica de Seitz (19061924) 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 norteamericana 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 acotarse entre 1943 y 1973,

7. La época contemporánea caracterizada por el arraigo o mayor influencia de los norteamericanos que trabajan en grandes colecciones y museos (u *gr.* 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 y 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 *v gr.* El Atlas de los Lepidoptera de América, por aparecer en 101 volúmenes, en donde participaran varias decenas de los lepidopterólogos más prestigiados de la región.

TOTAL DE ESPECIES DE PAPILIONOIDEA Y LEPIDOPTERA

(1758-1990)* EN LAS REGIONES BIOGEOGRÁFICAS CLASICAS

	N	NL	P	E	O	A	TOTAL
TOTAL PAPILIONOIDEA	765	7927	1896	3267	4157	1226	19238
TOTAL DE ESPECIES DESCRITAS							
LEPIDOPTERA	11532	46313	2315	19528	26794	18945	146227
(27 Superfamilias)	7.9	31.4	15.9	13.4	18.4	13.0	100 %
TOTAL DE ESPECIES ESTIMADAS							
	14000	90000	25000	38000	50000	38000	155000
	5.5	35.3	9.8	14.9	19.6	14.9	100 %

Cuadro 1. 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.

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 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 estas, 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, Hesperiidae cuenta con el mayor número de especies conocidas y estimadas, le sigue Lycaenidae y Nymphalidae con un numero similar y, finalmente, están Pieridae y Papilionidae (Cuadro 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 Heppner (1991) o la de Shields (1989). sólo en nuestro país existen mas 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 2).

RIQUEZA DE ESPECIES EN LAS FAMILIAS DE PAPILIONOIDEA PARALAS REGIONES BIOGEOGRAFICAS CLASICAS Y MÉXICO*

	N	NL	P	E	O	A	TOTAL
Hesperiidae	290	2106(800)	155	437	569	191	3658
Papilionidae	33	120(56)	84	87	178	70	572
Pieridae	64	323(90)	167	174	307	187	1222
Lycaenidae	164	2611(430)	407	1413	1540	429	6564
Nymphalidae	214	2857(440)	1083	1156	1563	349	7222

TOTAL	765	7927(1816)	1896	3267	4157	1226	19238**

Cuadro 2. *México entre paréntesis y negritas adjunto a las cifras de NL, se trata de un número estimado

**Shields (1989) refiere un total de 17280

Ver siglas en el Cuadro 1

Algunos Resultados y Principales Areas de Estudio

Resultados Taxonómicos

Colecciones y Literatura Taxonómica. 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, 1990). Colecciones, literatura taxonómica y especialistas conforman un conjunto básico e interdependiente, para la investigación de la biodiversidad; en las colecciones esta 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 las 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 y Llorente, 1991). A pesar de ello, el ultimo 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 produjeron en México durante la primera mitad de este siglo, actualmente forman parte de los museos americano 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. Solo cerca de 3,000 ejemplares fueron donados póstumamente por su heredero, junto con parte de la literatura taxonómica que poseía, al Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Todas ellas las ha podido consultar uno de los autores de este escrito, excepto los ejemplares que se encuentran en Europa; el número de mariposas que las integran posiblemente alcance cerca de 40,000 ejemplares.

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 diezmadas o ya son extintas.

En las colecciones americanas también se encuentran grandes cantidades de ejemplares 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 esas colecciones americanas, sobre todo de ejemplares originarios de la mitad sur de México. Posiblemente una cantidad aproximada de ejemplares suministrados por ellos alcanza la cifra de los 50,000.

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 a la lepidopterología mexicana.

La labor de varios años de recolección de Wind, Welling y Hubbell seguramente supera la cantidad de ejemplares anotada previamente y es probable que otros museos y colecciones norteamericanas alojen mucho más ejemplares que los que se han citado.

Desde los años cuarenta hasta la fecha, varios grupos de investigadores norteamericanos 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, edemas de otras en Carnegie, San Diego, Los Angeles, Louisiana, Austin (Texas) y más colecciones de los Estados Unidos. En el Cuadro 3 pueden

apreciarse los colectores de material mexicano más importantes en cada uno de los museos (Allyn, Americano y Smithsoniano).

NOMBRES DE COLECTORES CON MAYOR NÚMERO DE EJEMPLARES EN COLECCIONES DE ESTADOS UNIDOS

MUSEO ALLYN Escalante, A. Díaz Francés, Wind, Miller, L. & J. Miller, Welling, Kendall, King

MUSEO AMERICANO Welling, Hubbell, Hoffmann, E Johnson, Rindge, Howe, Hertsch, Edwards, T Escalante

SMITHSONIAN INSTITUTION Schaus, Müller, Owen, Howe, Robbins, Welling, Gibson, Darrow,

Neumögen, McGuire, McInnis, Hevel, Flint

Cuadro 3. Los nombres tienen un orden de mayor a menor frecuencia de aparición.

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 la provincia que mantienen licenciaturas en Biología se hallan colecciones de mariposas, al igual que en algunas instituciones agrícolas, pero en todas estas las colecciones son relativamente pequeñas.

Las colecciones de varios lepidopterólogos "aficionados" son muy importantes*, v. gr*. cols. De la Maza, González, White y otras más la cantidad de ejemplares y especies así como el numero 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 Papilionoide a (excepto Hesperioidea) descubiertas en los últimos 15 años para México, se deba a la labor de tres miembros de la Fam. 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.

La literatura taxonómica sobre mariposas se encuentra bien representada en la UNAM (Facultad de Ciencias e Instituto de Biología) y en el col. De la Maza; pero sin duda, la hemerobiblioteca más completa esta 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.

Publicaciones y Conocimiento de los Papilionoidea

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

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 (Fact. 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, juntas contienen más del 70% de los trabajos originales relevantes para la lepidopterología mexicana de las ultimas tres décadas.

ESTADOS MEJOR REPRESENTADOS

EN COLECCIONES DE ESTADOS UNIDOS

MUSEO ALLYN	Veracruz, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Morelos, Tamaulipas, Colima, Michoacán
MUSEO AMERICANO	Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, San Luis Potosí, Guerrero, Jalisco Sonora, Yucatán, Colima
SMITHSONIAN INSTITUTION	Veracruz, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Morelos, Tamaulipas, Michoacán, Colima

Cuadro 4. Los estados se citan, en cada caso, en orden de mayor a menor representación de ejemplares

El conocimiento de las especies de Papilionoidea de México posiblemente se tenga en un 90%. Las familias mejor conocidas son Papilionidae y Pieridae y las menos conocidas son Lycaenidae y Hesperiidae. Los trabajos filogenéticos o evolutivos aún son escasos pero año con año aumentan.

Una cifra global y conservadora de especies de Papilionoidea de México alcanza las 1,800, pero existen cálculos previos de 2,000 o 2,200 especies (Llorente y Luis, 1993). Estas 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, Literatura, Endemismo y Riqueza biótica. Una revisión de la literatura taxonómica y de las colecciones norteamericanas (Cuadro 4) muestra que los estados mejor recolectados y con mayor número de publicaciones son Veracruz, Chiapas, Guerrero y San Luis Potosí. Las colecciones particulares y las colecciones institucionales en México también presentan el patrón descrito. Luis y 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 y Salvin 1868-1901).

Maza y Maza (1985), Raguso y Llorente (1991 y en prep.), Luis, Vargas y Llorente (1991) y Llorente y Luis (1993), 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 (ver mapa). Las áreas geográficas más diversas para mariposas coinciden con lo descubierto para otros grupos de vertebrados (Flores y Gerez, 1989) y fanerógamas (Rzedowski, 1991).

El conocimiento de las mariposas de otros estados de la República solo se definió recientemente. Por ejemplo, Vargas, Llorente y Luis (1991) y Brown, Real y Faulkner (1992) publicaron 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, comprenden gradientes de gran complejidad pues integran mosaicos de ambientes conservados y subalterados, lo que aumenta la diversidad de hábitats.

Mapa 1.

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 u. *gr.* los Megathyminae que sólo existen en México y los Estados Unidos; *Baronia brevicornis* que es el papiliónido viviente con mayor número de caracteres plesiomórficos entre las mariposas y es exclusivo de México.

Dentro del país se manifiestan varios patrones insulares intracontinentales (polipátridos). 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 de 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 genealógica 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 5 y Mapa 1 se pueden apreciar varias de las áreas mejor conocidas para la fauna de mariposas en México. En algunas de estas se han obtenido curvas de acumulación de especies (Clench, 1979; Soberón y Llorente, en prensa; Raguso y Llorente, 1991; Vargas, Llorente y Luis, 1991; Luis, Vargas y Llorente, 1991), que permiten afirmar con objetividad que los métodos utilizados para el área muestreada arrojan un conocimiento de al 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 (*v. gr.* Maza, 1975; Maza y 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 endemicidad, u otros parámetros de interés, con características biogeográficas relevantes. La utilización de estos métodos multivariados, cuando resulten exitosos,

puede proporcionar una herramienta de la mayor utilidad para predecir el valor de estos parámetros en áreas mal muestreadas o poco conocidas (Soberón, 1992). Por ejemplo, utilizando los datos del cuadro 5 se realizo un análisis de regresión múltiple tomando como variable dependiente la riqueza de los Papilionoidea (sin Hesperiidae), 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 por pasos —manualmente— permitió desechar como predictores malos a algunas de estas variables. El modelo final, ilustrado en la figura 1, esta basado en la precipitación, la altitud y el intervalo de altitudes recolectado; este explica un 82% de la variancia de la regresión en una escala aritmética. La utilización de este modelo para predecir la riqueza de los Papilionoidea de un sitio previamente no recolectado en el Ajusco arrojó resultados correctos dentro de un 15% de error (Maza y Soberón, en prep.)

Los modelos empíricos como el descrito arriba pueden ser de gran utilidad en tareas de conservación y evaluación de recursos en un país de la complejidad geográfica del nuestro y aún no suficientemente explorado. La posibilidad de utilizar modelos empíricos con fines predictivos subraya 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 1 se hubieran añadido otros sitios ya recolectados, pero con un grado variable de certidumbre en el numero total de especies, la regresión hubiera sido mucho más ruidosa y posiblemente hubiera resultado inútil.

RIQUEZA DE PAPILIONOIDEA EN ALGUNAS

DE LAS ÁREAS MEJOR CONOCIDAS PARA MÉXICO

1	Altiplano Potosino, SLP	76				
2	Sierra de Álvarez, SLP			188		
3	Tamazunchale, SLP			270		
4	Tamasopo, SLP		207			
5	Ciudad Valles, SLP			298		
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	Ocuilan, 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		

Tabla 5. No incluye a Hesperiidae. El asterisco en las citas bibliográficas al final del trabajo son las que sirvieron para integrar los datos de este cuadro. De algunos sitios se trata de información no publicada y suministrada por Roberto De la Maza y los autores del trabajo.

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 habitas es muy grande; por ejemplo, en los trópicos mexicanos es de más del 4% desde 1967, u gr. Los Tuxtlas, Veracruz (Dirzo y García, 1992). En aparente contradicción a lo esperado, no se conocen extinciones en los Tuxtlas, sino al contrario, el número de las especies conocidas para la región se ha incrementado paulatinamente (Raguso y Llorente, 1991 y en prep.), aunque este incremento se debe a especies generalmente raras o localizadas y a especies colonizadoras de ambientes subalterados. Otros casos similares los hemos advertido 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 y 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 endémicas. 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 tenemos (provincial y distritos bióticos), o con la simple ubicación de áreas de endemismo o riqueza, no es posible pasar o priorizar la importancia relativa de las áreas. Actualmente existen metodologías biogeográficas cuya aplicación puede ser relevante en este sentido (Grehan, 1989; Crisci, en prep.). Otra aproximación métrica que puede ser de valor, es alcanzar clasificaciones cuyas categorías tengan una base geológica o biogeográfica como propuso De Souza (1992). Las clasificaciones de este tipo tienen una base en unidades ecológicas con la misma historia biogeográfica.

Considerando que la distribución de la riqueza y el endemismo no guardan una distribución similar en México, que no hay una clasificación natural de las áreas y biotas, aceptando que ignoramos mucho de la ecología, la genética y la biogeografía de las mariposas, aún cuando es uno de los grupos mejor conocidos, debemos definir una estrategia ante las altas tasas de conversión de los hábitats naturales. Por principio podemos demandar la protección total de algunos de los vestigios de ambientes naturales que aún nos quedan y la erradicación de practicas extremas en el uso de la tierra. ¿Pero cuales áreas debemos y podemos, en realidad, proteger en su

totalidad?, y cuales practicas extremas debemos y podemos controlar o eliminar?, ¿qué tanto conocemos de la riqueza genética de las poblaciones para tomar una estrategia de conservación?

Agradecimientos

A Roberto De la Maza por los datos no publicados; a Fred Rindge del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, a Lee D. en Washington por permitirnos estudiar las Miller Curador del Museo Allyn en Sarasota y colecciones a su cargo. A los programas a Robert K. Robbins del Museo Smithsoniano CONACyT D11-903646 y DGAPA IN-201789.

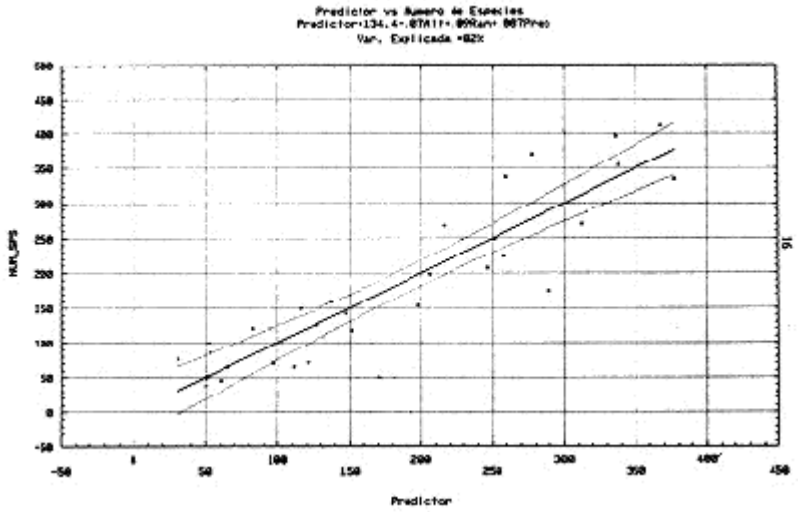

Fig. - 1 Modelo de regresión múltiple de riqueza de Papilionoidea.

BIBLIOGRAFÍA

Ackery, PR. y R. I. Vane-Wright (eds.). 1984. *The Biology of butterflies.* Symposium of the Royal Entomological Society of London. Number II. Academic Press. 429 pp.

Balint, Z. 1991. Conservation of Butterflies in Hungary. *Oedippus,* 3: 5-36

Balletto, E. y 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. *Revista de la Sociedad Mexicana de Entomología,* 1 (1-2): 23-38.

Barrera, A. 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 y D.K. Faulkner. 1992. *Butterflies of Baja California.* The Lepidoptera Research Foundation, INC. California 129 pp + 8 lams.

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.

Dirzo, R. y M.C. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast México.

Conservation Biology, 6 (1):

Erwin, T. 1991. An evolutionary Basis for Conservation Strategies. *Science,* 253: 750-752.

Flores, O. y P Gérez. 1988. *Conservación en México; Síntesis sobre Vertebrados Terrestres, Vegetación y Uso del Suelo.* INIREB-Conservation International. México.

Godman, F. D. e I. O. Salvin. 1869-1901. Biología Centrali Americana. Zoología, Insecta, Lepidoptera Rhopalocera. Vol. I, II (texto) y III (laminas).

Grehan, R.1989. Panbiogeography and conservation science in New Zealand. J. *Zool.,* 16: 731 -748.

Halmer, G. 1976. Distribución de los insectos en la zona de Transición Mexicana. Relaciones con la entomofauna de Norteamerica. *Folia Entomol. Mex.,* 35: 1-64.

Heppner, J.B.1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. Tropical Lepidoptera, 2 (Suppl. 1): 1 -85.

Hoffmann, C.C. 1940. Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros mexicanos. Primera Parte. Papilionoidea. *An. Inst. Biol. U.N.A.M.,* 11 (2): 639-739.

Hoffmann, C.C. 1941. Catálogo Sistemático y Zoogeográfico de los Lepidópteros mexicanos. Segunda Parte. Hesperioidea. *An. Inst. Biol. U.N.A.M.*, 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. y J. Kulfan.1992. Changes of distribution of thermophilous butterflies in Slovakia. *J. Res. Lep.,* 29 (4): 254-266.

Lamas, C. 1981. Pasado, presente y futuro de los estudios sobre mariposas neotropicales en América Latina. Simp. Conf. IV Congr. Latinoamer. Entom. (Maracay), pp. D39-D57.

Lamas, G. 1986. Ilustraciones ineditas de lepidópteros mexicanos de la Expedición de Sesse y Mozino (1787-1803). *Rev. Soc. Mex. Lepid.,* 10 (2): 27-34.

Lamas, G. 1992. Síntesis histórica de la Lepidopterologíia en Latinoamerica. *Publ. Esp. Mus.* Zool., 5: 75-97.

*Luis M.A. y J. Llorente. 1990. Mariposas en el Valle de México: Introducción e Historia. 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Canadá de los Dinamos, Magdalena Contreras, D.F., México. *Folia Entomol. Mex.,* 78: 95-198.

*Luis, A., I. Vargas y J. Llorente.1991. Lepidopterofauna de Oaxaca I: distribución y fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez. *Publ. Esp. Mus.* Zool. (Fact Ciencias, UNAM), 3: 1 -119.

Llorente, J.B. 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.

Llorente, J.B. 1990. *La búsqueda del método natural.* Col. La Ciencia desde México 95 (SEP-CONACYT-UNAM). Fondo de Cultura Económica. México. 157 pp.

*Llorente, J., A. Garces y A. Luis. 1986. Paisaje Teoceleño IV. Las mariposas de Jalapa-Teocelo, Veracruz. *Teocelo,* 3: 14-37.

Llorente, J. y A. Luis. 1993. Conservation-oriented analysis of mexican butterflies: Papilionidae (Lepidoptera: Papilionoidea). En *Biological Diversity of México:* origins and distributions. (T.P. Ramamoorthy, R.Bye, A. Lot y J. Fa eds.) Oxford University Press. 147-177 p.

Mattoni, R.H.T. 1992. The endangered El Segundo Blue butterfly. *J. Res. Lep.,* 29 (4): 277-304.

*Maza, R.G. de la.1975. Notas sobre los lepidpópteros de Rancho Viejo y Tepoztlan, Morelos, México. 1a. Parte: Papilionoidea. *Rev. Soc. Mex. Lep., I* (2): 42-61.

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 l1): 39-48.

*Maza, R.G. de la y A. White.1990. Rhopalocera de la Huasteca Potosina, su distribución, composición, origen y evolución. *Rev. Soc. Mex. Lep.,* 13 (2): 31-88.

*Maza, J. de la y R.G. Maza de la. 1985. La fauna de mariposas de Boca de Chajul, Chiapas, México. (Rhopalocera) I y 11. *Rev. Soc. Mex. Lep. 9 (2*): 23-44, 10: 1-24.

*Maza, J. de la y J. de la Maza. 1988. Notas sobre los Rhopalocera de la Sierra de Alvarez, San Luis Potosí, México. (Lepidoptera). *Rev. Soc. Mex. Lep.,* 11 (2): 33-59.

Navarro, A. y J.B. Llorente.1991. Museos, colecciones biológicas y la conservación de la biodiversidad: una perspectiva para México. WWF-UNAM. *Memorias de I 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. y J. Llorente. 19g1. 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 Botánica Mexicana.

Seitz, A. (Ed.). 1906-1924. Die Gross-Schmetterlinge der Erde. Vol. 5. Stuttgart, A. Kernen.

Shields, 0.1989. 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.

Soberon, J. 1992. El uso de reglas empíricas para la conservación biológica en México: una propuesta. En Las Areas Naturales Protegidas de México. 57-65 pp. (Coord. A.L. Anaya). Publicaciones Especiales de la Sociedad Botánica de México.

Soberon, J. y J. Llorente. (en prensa). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conservation Biology, 7.

*Vargas, I., J. Llorente y A. Luis.1991. Lepidopterofauna de Guerrero I: distribución y fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Atoyac. *Publ. Esp. Mus.* Zool. (Fact Ciencias, UNAM), 2: 1-127.

Williams, P. H., C. J. Humphries y R. I. Vane-Wright.1991. Measuring Biodiversity Taxonomic Relatedness for Conservation Priotities. *Aust. Syst. Bot.,* 4: 665-679.