

Una megabase de datos de mariposas y la regionalización biogeográfica de México

Armando Luis Martínez, Jorge Llorente Bousquets e Isabel Vargas Fernández

La colección del Museo de Zoología 'Alfonso L. Herrera' de la Facultad de Ciencias de la UNAM en la actualidad resguarda la mayor colección de Papilionoidea (*sensu* Kristensen, 1976) de México, la hemerobiblioteca más completa sobre este grupo taxonómico y una base de datos relacional con la información de cerca de medio millón de ejemplares (León *et al.*, 1994; Luis *et al.*, 2000, 2003). Por contener del orden de magnitud de 10^5 registros es que la denominamos megabase; registro es un conjunto de ejemplares de la misma especie con los mismos datos en las etiquetas (localidad, fecha, colector). La finalidad de este conjunto de información es la de realizar estudios sobre la sistemática y la biogeografía de México, así como de aspectos de bioconservación. Un primer paso en su conformación fue la realización de estudios faunísticos con una metodología rigurosa en las áreas más diversas de bosques húmedos de México y en gradientes altitudinales, climáticos y vegetacionales (*v. gr.* Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1994, 1999). De modo simultáneo a los estudios faunísticos, se compilaron los datos de colecciones lepidopterológicas en instituciones de México y los Estados Unidos de América y algunos de los depositados en el Museo de Historia Natural (Londres); también se incorporaron datos de la literatura taxonómica especializada. Lo anterior corresponde con tres principales fuentes de datos (Escalante *et al.*, 2000) en estudios biogeográficos: (1) el trabajo de campo histórico que se encuentra almacenado en las colecciones de museos, es decir, los ejemplares, las etiquetas y los itinerarios asociados con los mismos; (2) la literatura, que incluye la bibliografía especializada de alta confiabilidad, como monografías, catálogos descripciones, 'checklists', etc.; y (3) los datos directos del trabajo en campo bajo la teoría y técnicas actuales, sin las limitaciones del pasado.

La cantidad de datos representados en las colecciones y la literatura ha resultado de un proceso de

alta complejidad para reunirlos, manejarlos, consultarlos, actualizarlos y analizarlos con herramientas adecuadas. En las dos últimas décadas se ha generado un medio para sistematizar esas fuentes de datos: las bases de datos, que permiten compilar la información en formato electrónico, lo cual facilita el acceso a los datos para ser analizados, y, a su vez, puede generar más información (Escalante *et al.*, 2000). En estas últimas dos décadas, se ha vivido el incremento de programas computacionales para el apoyo del análisis de la distribución geográfica y la riqueza potencial de la fauna. Tal instrumento está caracterizado por una evolución de hardware y software con el cual se desarrolló nuestra base de datos, lo que nos facilita el acceso a los datos para ser analizados, y está permitiendo generar mayor generación de hipótesis y visualizaciones que pueden confrontarse tanto en los nuevos programas (simulaciones) como en el campo (faunística predictiva). Entre los elementos más frecuentes para el análisis y manejo de los datos hemos utilizado un Sistema de Información Geográfico (SIG) y metodologías de ordenamiento, clasificación y relación en biogeografía cuantitativa. Con la creación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en 1992, se obtuvo el apoyo necesario para que estas actividades se desarrollaran. La primera base de datos que se formó para este grupo, a mediados de la década de 1980, estaba formada únicamente por elementos de la familia Papilionidae, constaba de poco menos de 8000 registros y solo contenía los datos de los ejemplares preparados en alfiler de la colección del Museo de Zoología. Esta pequeña base estuvo soportada en Dbase III, programa que a menudo no tenía la capacidad de resolver las consultas requeridas. Así fue el inicio de la megabase MARIPOSA, que actualmente consta de alrededor de 500 000 registros. Ésta se encuentra dividida en tres grandes te-

mas: curatorial, taxonómica y bibliográfica. Llegar a esta etapa fue un camino arduo, que ha involucrado cerca de 25 años, llevando a cabo intermitentemente las siguientes acciones: (1) la compilación de la información hemerobibliográfica; (2) la recopilación de los datos de los ejemplares contenidos en las principales colecciones de México y del extranjero; y (3) el desarrollo de más de una decena de trabajos faunísticos, cada uno con 4000 a 20 000 ejemplares recolectados, empleando metodologías de recolección estandarizadas y que en total han alcanzado casi los 300 000 ejemplares de 1200 especies aproximadamente.

El proceso que llevó a la formación de la base de datos MARIPOSA, se puede dividir en dos subprocesos. El primero se refiere a cómo se obtuvieron y depuraron los datos de los ejemplares, provenientes las principales fuentes: (1) los datos de los ejemplares depositados en la colección del Museo 'Alfonso L. Herrera', en su mayoría obtenidos a través de trabajos faunísticos; (2) los registros de los especímenes depositados en las principales colecciones de México y el extranjero; y (3) los datos obtenidos de la literatura de los papilionoideos mexicanos. El segundo subproceso corresponde al progreso de los programas (software) y el de las computadoras (hardware) en las que han estado soportadas las diferentes bases de datos que se elaboraron durante estos últimos 15 años. Por otra parte, una tarea simultánea y fundamental ha sido la conformación de archivos maestros o de autoridades: taxonómica (nomenclatural), geográfica (toponimia y georreferenciación) y bibliográfica.

Con apoyo de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx>), las bases de datos que se habían desarrollado en el Museo de Zoología hasta 1999 comenzaron su migración al modelo que desarrolló esta institución: Biótica. Un esfuerzo por unificar, sintetizar y homogeneizar la información taxonómica y biogeográfica, que en la actualidad está soportado en el programa Microsoft Access. El 'Sistema de Información Biótica' (Biótica®) fue creado para el manejo de datos curatoriales, nomenclaturales, geográficos y bibliográficos, además del empleo de parámetros ecológicos. Biótica está desarrollado en forma modular, tanto en la estructura de la base de datos como en su sistema (programas); de tal forma que se divide en nueve módulos: Base de datos, Directorio, Nomenclatural, Curatorial, Ecológica, Georreferencia-

ción, Bibliografía, Herramientas y Ayuda. Recuérdese que para el manejo de la base y las preguntas que se efectúan, ésta debe estar estructurada y ligada o relacionada de manera óptima en cada una de sus tablas. En la figura 1 se muestra un diagrama de flujo sobre la creación de una base de datos.

A continuación se listan los principales aspectos que tomamos en cuenta cuando formamos la base de datos: (a) obtención y revisión de la literatura, (b) recursos para visitar diversas colecciones, (c) acceso a las distintas colecciones, (d) revisión de la colección, (e) actualización de la nomenclatura y verificación de la determinación taxonómica, (f) procesamientos de las etiquetas de los ejemplares, (g) verificación de que los registros sean confiables, (h) georreferenciación, confianza y precisión de los datos geográficos, (i) administración del personal que interviene en la creación de la megabase, y (j) ¿cuáles bases de datos usar?

Obtención de la literatura. Una parte fundamental en la formación de la base de datos fue contar con

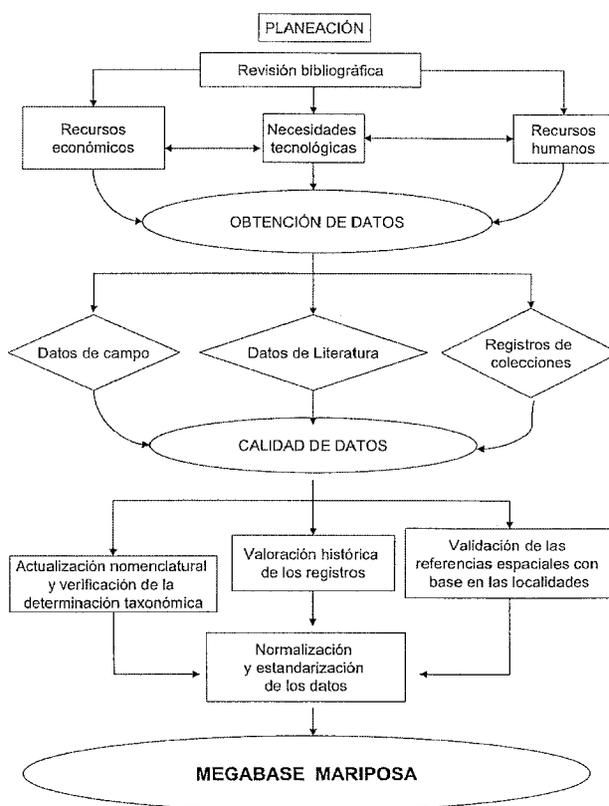


Fig. 1. Diagrama de flujo de la megabase MARIPOSA.

una hemerobiblioteca completa, que nos permitió el acceso a toda la información básica del grupo a tratar. Con ella se pudo obtener información relevante sobre la distribución geográfica de las especies y a la vez nos permitió saber de las colecciones en las que existe material importante del grupo que estamos trabajando.

Recursos para visitar diversas colecciones. Un requisito fundamental al desarrollar nuestra base de datos fue la obtención de recursos materiales y financieros para la realización de estancias de consulta en diferentes colecciones (nacionales y extranjeras). Siempre permaneciendo el tiempo suficiente para revisar y redeterminar el material, cuando fue requerido, así como la compilación de los datos de los rótulos de los ejemplares y, si los hay, de las libretas de campo o registros de bitácora.

Acceso a las distintas colecciones. Por principio fue necesario reconocer cuáles eran las colecciones e instituciones más importantes para nuestros objetivos, tomando en cuenta que es casi imposible visitar cada una de ellas. Una vez que se seleccionaron las más relevantes o significativas, solicitamos al curador información y el permiso para realizar una estancia de investigación, indicándole nuestros propósitos. Lo anterior es fundamental para preparar una visita exitosa, ya que de preferencia es importante saber números aproximados de los ejemplares y/o especies que contiene cada colección. Al tomar en cuenta que los recursos eran limitados, fue imprescindible estimar el tiempo necesario para hacer el levantamiento computarizado de cada colección.

Revisión de la colección. Al arribar a una colección es recomendable hacer una revisión rápida durante los primeros días, para hacer una evaluación o cálculo del esfuerzo a realizar en la obtención de todos los registros o la gran mayoría de ellos, selectivamente. Uno debe considerar la cantidad de información en los rótulos, el tamaño de la letra, algunos datos en clave y otros datos. En ocasiones se debe priorizar la captura de la información de los grupos bien conocidos, mejor determinados o con rótulos sin problemas.

Actualización nomenclatural y verificación de determinaciones taxonómicas. Muchas veces la tarea

de formar una base de datos dependerá de una combinación de los objetivos taxonómicos y biogeográficos, los investigadores, la disponibilidad de tiempo para viajar y la obtención de los recursos necesarios para sufragar los gastos que esta actividad genera. Esto representa bastante tiempo y esfuerzo, pero se debe reconocer que, con ello, a la par se está dando un avance en la sistemática y en la compilación de datos de distribución para analizar la biogeografía del grupo y las áreas donde habitan. Por estos motivos, y por el estado de avance del conocimiento taxonómico de muchos subgrupos, es necesario contar con una lista nomenclatural actualizada, con la finalidad de reconocer los distintos nombres que se le asignan a las especies bajo distintas concepciones. Además, se debe considerar que en muchas ocasiones el curador de cada colección, cuando lo hay, va a seguir la clasificación más cercana a sus preferencias, conocimiento, criterios y tendencias. Así, se hace indispensable que la base de datos tenga un módulo nomenclatural, que sea completo y fácil de manejar, para poder actualizar la nomenclatura de forma expedita: un diccionario de autoridad taxonómico-nomenclatural, en la forma de una tabla central en la relación de la base de datos. Este punto es uno en los que más cuidado se debe de tener, tomando en cuenta que los subtaxones y especies de Papilionoidea pueden contar con numerosas subespecies, y más sinonimias, lo que a menudo provoca cambios, según sea la concepción, conocimiento y el estado de análisis de cada grupo, sobre todo cuando se trata de interpretar la distribución geográfica con base en la literatura. Para el caso de esta megabase se manejó información bibliográfica que alcanza un periodo de más de 130 años.

Procesamientos de las etiquetas de los ejemplares. Éste es uno de los subprocesos más importantes, ya que la mayoría de las veces no se podrá volver a revisar el material. Por ende es importante copiar fielmente los datos de las etiquetas, y es necesario conservar un respaldo de la primera versión de captura (en papel o en versión electrónica); hoy la fotografía digital se ha convertido en un instrumento excelente, pues es posible que se puedan corregir los errores en los que se incurre cuando se comienza a 'depurar' la base de datos. Con los datos originales de las etiquetas, se puede reconstruir la historia de las

colecciones y la recolecta de los ejemplares en función de los recolectores y sus itinerarios, y con ello determinar la ubicación de localidades, las cuales en ocasiones han cambiado de nombre, se han transformado o han desaparecido. Además, se pueden reconocer datos erróneos provocados por la etiquetación deficiente o los datos falsos o inexactos que introdujeron algunos de los recolectores de la primera parte del siglo XX. Éste es uno de los problemas principales en la formación de una base de datos, puesto que uno de los objetivos básicos es contar con la mayor cantidad y calidad de información sobre la distribución geográfica, que sea lo más precisa posible.

Reconocer la mayor aproximación de cada una de las localidades es la meta ideal; sin embargo, con frecuencia el máximo que se obtiene oscila entre 80 y 85% del total de los sitios. El porcentaje restante, en general, representa áreas ambiguas que describen una región, un estado o un país o localidades que son de ubicación difícil o bien no se pueden localizar ni histórica ni geográficamente. Muchas de estas localidades a menudo están representadas por especies de amplia distribución o gran cantidad de ejemplares. No obstante, debe considerarse que, dependiendo de la época de las recolectas, las localidades pueden haber recibido un nombre nuevo, fueron descritas de diferente forma o aproximación de acuerdo con cada recolector, ya habrá desaparecido el ambiente original o, como sucede en muchos países, pueden haber muchas localidades con el mismo nombre: la sinonimia geográfica, que para propósitos de análisis por sistemas de información geográfica la georreferenciación precisa es fundamental. Se debe tomar en cuenta que tal ubicación nos permitirá descubrir, describir y proponer áreas de distribución, formular patrones de distribución geográfica, así como conceptualizar la descripción de regiones y provincias bióticas, además de otros estudios biogeográficos.

La captura de los datos (etiquetas de ejemplares o bibliografía), la georreferenciación de las localidades, así como ciertos aspectos del manejo de la base de datos, en muchas ocasiones es dejada a técnicos que no tienen en cuenta la historia de las localidades y la asociación de éstas con los taxones, los colectores y/o los autores de un trabajo. Por tal motivo, se incurre en una serie de errores en la interpretación y ubicación geográfica de las localidades, los cuales

comprometen el valor potencial de la base, sobre todo cuando debemos reconocer que en ocasiones se está hablando de datos históricos que requieren una interpretación correcta. Este proceso lo han padecido algunas instituciones, que al final han declarado inservibles sus bases de datos, por la confusión de localidades, que a la postre produjo distribuciones erróneas de los taxones. Para el caso particular de la base MARIPOSA, solo con registros provenientes de México, se alcanzaron más de 9000 nombres de localidades que, al depurarse por la historia de las recolectas y sus recolectores, el análisis de las sinonimias y la georreferenciación de cada una de ellas, produjo un poco más de 6300 sitios únicos georreferenciados.

Procesos para verificar que los registros sean confiables. Una de las demandas esenciales en la creación y el crecimiento de una base de datos, tiene que ver con la confiabilidad y precisión de los mismos. A lo largo de la historia del estudio de este grupo y otros, existen un sin número de eventos o informaciones que nos permiten afirmar que ciertos ejemplares contienen datos erróneos en sus etiquetas, sean de manera intencional o por la forma en que ha sido manipulado el material. También se generó este problema por el método de recolecta que empleaban muchos de los colectores clásicos, quienes empleaban gentes de la región; los cuales con frecuencia falseaban los datos al no entender la importancia de los registros precisos, por la facilidad de recolectar en otras áreas relativamente lejanas y/o mezclar ejemplares de varias localidades. Esta situación se debe tomar en cuenta para elaborar procesos que generen mayor confiabilidad y precisión de la información, que resulte en mejor calidad de la base de datos. Una opción es categorizar, por niveles de confiabilidad, a las fuentes de información, sean instituciones, colectores, publicaciones, colecciones, determinadores o taxónomos, etc., según sea la información dudosa: determinación, ubicación geográfica, fecha, u otros datos. Otra opción no excluyente es definir siempre el origen o fuente de los datos, pues así se pueden reconocer calidades y categorías de error.

Georreferenciación, confianza y precisión de los datos geográficos. En los últimos 10 años las localidades de recolecta se han ubicado por medio de un

geoposicionador (aparato que nos indica la posición geográfica: altitud, latitud y longitud), cuya exactitud es bastante precisa hasta segundos. Su uso facilita la asignación de sinonimias en los nombres de las localidades, con respecto a un 'punto geográfico' (cuadrante de 180 x 180 m aproximadamente, en nuestra latitud de 20° N). Sin embargo, esta tecnología es muy reciente, por lo que las localidades muestreadas en los últimos 120 años previos (95% del total) requieren de una ubicación geográfica precisa, tomando en cuenta que a menudo las localidades han sido señaladas con errores, ambigüedad o confusión. No obstante, de muchas de éstas se han recuperado los puntos geográficos con base en interpretaciones ecológicas, fisiográficas e históricas, que han ayudado a ubicar con precisión de donde fueron capturados los ejemplares.

La georreferenciación de cada una de las localidades históricas (en ejemplares de colecciones) puede ser una de las tareas más complicadas de efectuar y de gran responsabilidad dentro de cada uno de estos subprocesos, debido a que esta ubicación es la base de 'hechos' para cualquier análisis sobre la distribución de la fauna; por este motivo, buscamos veracidad y bastante aproximación. En la mayoría de los casos las coordenadas fueron tomadas de un nomenclátor y/o un mapa, que no tenía todas las localidades; a menudo usamos varios mapas, con escalas diferentes; el detalle cambió en función de la escala del mapa, de su calidad y del encargado de georreferenciar los sitios. Por otra parte, varias de las localidades compiladas estuvieron representadas por varios nombres, unos actuales y otros en desuso (sinónimos), lo cual prevenimos para evitar errores, al monitorear al personal y verificar sus tareas. El uso del Sistema de Información Geográfica fue útil al examinar los resultados con rutinas de consistencia de los datos geográficos.

Personal que interviene en la creación de la megabase. Uno de los elementos críticos en la creación, formación, desarrollo y mantenimiento de una base de datos es saber la composición, el número y la formación de las personas que intervienen, la responsabilidad de cada una de ellas y su historia en el grupo de trabajo. Como no se cuenta con los recursos ideales para la contratación de personal especializado en estas tareas, se debe de tener una supervisión rigurosa de cada una de las

tareas que efectúan. Así tuvimos que mantener un seguimiento cuidadoso que nos permitió conservar y mejorar la calidad de la información acopiada.

Se sabe de varios casos en que la formación de bases de datos ha fracasado, debido a los factores relacionados con la creación, mantenimiento y crecimiento de la misma, a causa de las personas que participan en ella. Entonces, uno de los principales problemas es la responsabilidad de cada uno de los individuos que tienen acceso en decisiones o modificaciones de la base. Por tal motivo, fue imprescindible la presencia de una persona responsable o administrador de cada uno de los subprocesos que se llevaron a cabo, y que estuvo plenamente imbuido de los alcances de cada una de las tareas que realizaron cada uno de los asociados con el proyecto. El administrador llevó una bitácora o documentación de la historia de la base de datos y los respaldos de los cambios o transformaciones que se efectuaron; así también, se responsabilizó de los respaldos de la última versión del momento y de cada una de las bases obtenidas de cada colección o fuente de información.

¿Cuáles bases de datos usar?: Estructura, relaciones entre tablas y manejadores de las bases. En la actualidad existen varios programas de bases de datos y manejadores disponibles en el mercado. La historia de nuestra información en base de datos es distinta, pues fue migrando por varios programas y modificando su estructura, de acuerdo con los avances o evolución de los programas y la información que se incorporaba, entre otros aspectos. Ahora es más sencillo y fácil adquirir una versión comercial que comenzar de cero y pasar por todas estas experiencias, pues las tecnologías tienden a ser más estables y 'bondadosas'. La megabase MARIPOSA en la actualidad está soportada en *Microsoft Access*, bajo la programación y asesoría de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en su programa Biótica© versión 4.1 (http://www.conabio.gob.mx/informacion/biotica_espanol/doctos/acerca_biotica.html).

Megabase de datos MARIPOSA

¿Cómo es nuestra base de datos, tablas y qué contienen?: (a) Base de datos, (b) Directorio, (c) Nomencla-

tural, (d) Curatorial, (e) Ecología, (f) Georreferenciación, (g) Bibliografía, (h) Herramientas y (i) Ayuda (CONABIO, 2001) (Fig. 2).

Base de datos. Aquí se realizó la conexión del sistema con la base de datos donde se ingresó la información. La configuración o predeterminación de algunos datos utilizados con frecuencia permitió hacer más rápido el ingreso de los mismos y la seguridad del sistema, en donde fue posible el alta de usuarios y la definición de permisos para cada uno de ellos. Este módulo se divide en conexión base de datos, configuración, seguridad, cambio de usuario y salir.

Directorio. En este módulo se ingresó la información referente a las instituciones y colecciones involucradas en el proyecto, como son el nombre, siglas, dirección, etc., así como el ingreso al sistema de grupos de determinadores, grupos de colectores y

autores de publicaciones. Este módulo se divide en institución, colección y grupos o personas.

Nomenclatural. Aquí se realizó la captura y actualización de los nombres científicos con su correspondiente categoría taxonómica, relaciones entre taxones (sinonimia, homonimia, etc.), asociación con archivos externos (imágenes, páginas www, hojas de cálculo, etc.), nombre común, región y catálogos personalizables por el usuario, que contienen características físicas, del ambiente biótico, etc., para la nomenclatura. Además de citas bibliográficas para el nombre, la relación entre taxones y los catálogos asociados. Este módulo se divide en Categoría Taxonómica, Catálogo de relaciones, Catálogos de características, Nombre y Catálogos Asociados.

Curatorial. Este módulo comprende información relacionada con la recolecta, la observación, o el

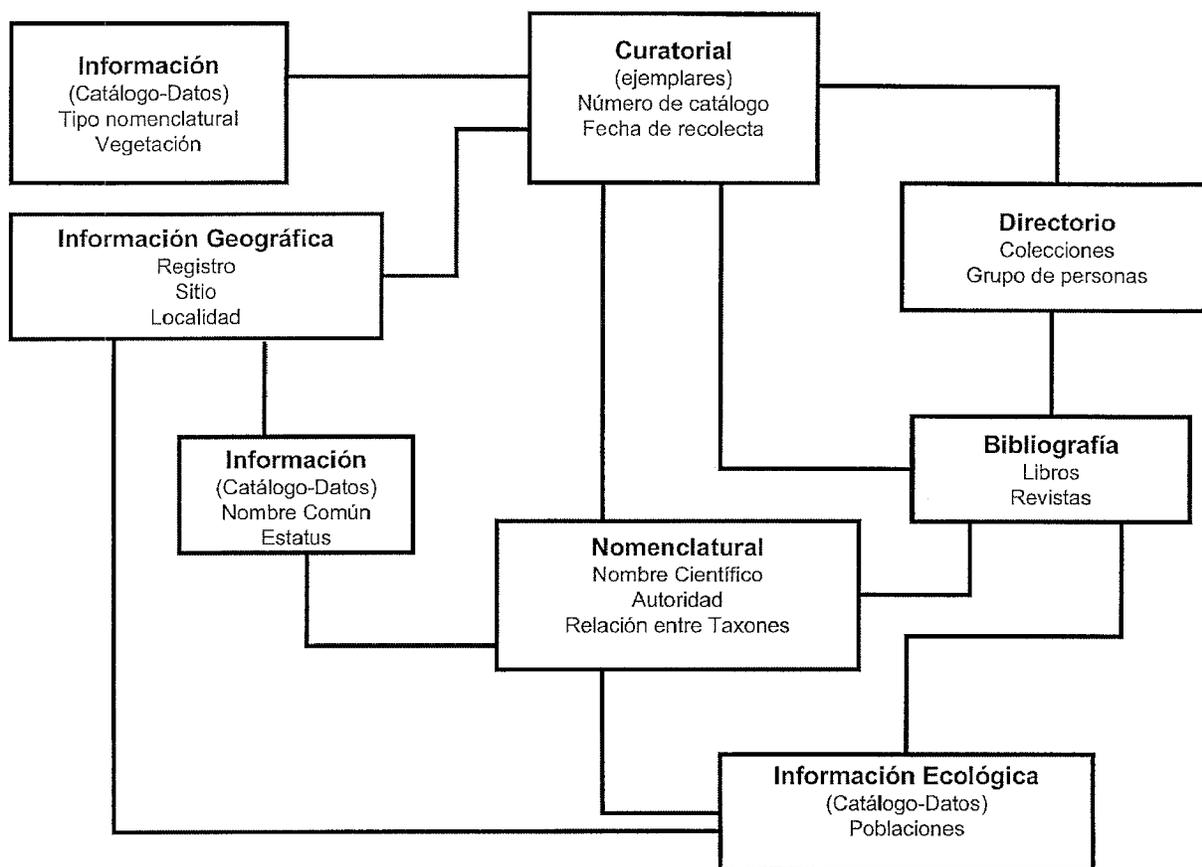


Fig. 2. Estructura de la megabase MARIPOSA (Biótica, Versión 4.1).

registro bibliográfico del ejemplar (nombre científico, la colección a la cual pertenece, georreferencia, hábitat, microhábitat, grupo de recolecta, grupo de determinación, histórico de determinaciones, etc.); su información biótica y abiótica (organizada en su mayoría por catálogos) es posible de asociación: el ejemplar con archivos externos (imágenes, páginas www, hojas de cálculo, etc.). Existe un catálogo de tipos nomenclaturales (holotipo, paratipo, etc.), uno de tipos de interacción (huésped-asociado, mutualismo, etc.) y uno de características (físicas, hábitos, tipo de vegetación, etc.), en los cuales el usuario puede agregar los elementos que sean necesarios para la captura de su información. Además es posible definir interacciones entre ejemplares, o bien entre ejemplares y taxones. Este módulo está dividido en: Catálogos de características, Tipo nomenclatural, Catálogo de interacciones, Ejemplar e Interacciones.

Ecología. En este módulo puede ingresarse información del siguiente tipo: taxón, área de distribución y tiempo (periodo), es decir, información poblacional. Este módulo está dividido en Catálogo de parámetros asociados con la población que contiene parámetros diversos que podrían capturarse de una población (p. ej. demografía, conducta, ecomorfología, reproducción, aspectos físicos del ambiente, etc.); catálogos de estudio sobre... donde es posible clasificar al organismo asociado con el estudio (organismo vivo modificado, silvestre, etc.); catálogo de investigadores donde es posible ingresar los nombres de los especialistas que llevan a cabo el estudio y poblaciones por taxón donde es posible ingresar datos de una población, ya sea para toda el área de distribución, o para regiones definidas dentro del área de distribución de la población ('plots'), estos datos pueden registrarse para todo el periodo del estudio o para una fecha específica.

Georreferenciación. Aquí es posible ingresar regiones (área geográfica que se define en función de sus características, por ejemplo ambientales), sitios (coordenadas geográficas –en grados, minutos y segundos o en formato decimal– definidas mediante una latitud y una longitud) y localidades. Éstos pueden ser datos referentes a la localización geográfica de

los lugares de observación, registro o recolecta del ejemplar; a la distribución de taxones (regiones); a los nombres comunes (regiones) y al estudio poblacional (datos de la población, muestreos). Además es posible definir distribución de taxones mediante la asociación de éstos con objetos geográficos (líneas, polígonos y 'puntos') de mapas digitalizados. Existe un catálogo de tipos de distribución (actual y original) donde el usuario puede ingresar los tipos que sean necesarios. Este módulo se divide en Catálogo de regiones, Catálogo de tipo de distribución, Regiones, Sitios y localidades, Catálogo de localidades, Sitios y Nombre-Región.

Bibliografía. En este módulo se ingresaron las publicaciones (libros, memorias, tesis, etc.) y subpublicaciones (artículos, capítulos, etc.) que se relacionan con el ejemplar, el nombre científico, las relaciones entre nombres (sinonimia, homónimo, etc.), los catálogos para la nomenclatura y el módulo ecológico. Aquí se especifican los datos de cada cita bibliográfica como: título, volumen, número, año, etc. Se divide en Catálogo, Ficha bibliográfica por título y Ficha bibliográfica por autor.

Herramientas. Se puede consultar la información por medio de 'Reportes dinámicos', los cuales pueden construirse por el usuario y definirles un formato de acuerdo con sus necesidades, utilizando para esto el diseñador de informes; es posible la creación de etiquetas de Códigos de barras; utilizar el Sistema de Información Geográfica (SIG), revisar un Registro de actividades de todos los usuarios dentro del sistema (LOG), utilizar una herramienta para cambiar el tipo de dato de tipo texto a memo –disponible para algunos campos de observaciones que pueden requerir de más espacio– e insertar niveles nuevos para los catálogos de tipo de región, parámetros poblacionales, características del ejemplar, características del taxón y de relaciones entre taxones. Este módulo se divide en Reportes dinámicos, SIG, Registro de actividades, Código de barras, Cambia tipo de dato y Agrega nivel.

Ayuda. En este módulo se encuentra la información relacionada con el Número de registro de Biótica® (que es requerido para el uso del sistema), Acerca de

Biótica, Información sobre la base de datos y una opción para enviar Comentarios a CONABIO con respecto al sistema.

La megabase de datos además incluye los siguientes catálogos: (a) Nombres de algunos grupos biológicos hasta género o especie, (b) Nombres de autores de los taxones, (c) Colecciones e instituciones, (d) Estados y municipios según INEGI para México, (e) Regiones terrestres prioritarias de México, de acuerdo con las normas de la CONABIO, (f) Catálogos que podrán asociarse con el ejemplar y son personalizables por el usuario como: tipos de vegetación, formas de nutrición, formas de vida, hábitos, etc., (g) Catálogo de parámetros poblacionales que es personalizable por el usuario, y (h) Tipos nomenclaturales.

¿Qué podemos obtener de una base de datos en asociación con un Sistema de Información Geográfica? Se pueden efectuar desde preguntas simples como listar las especies que existen en una localidad, región o estado (diversidad alfa), hasta el recambio de especies que se sucede en una región o provincia biogeográfica, así como los procesos que conlleva a la interpretación de las áreas de distribución de los diferentes taxones. Muchos de los resultados se pueden obtener a través de informes o reportes programados. Entre las preguntas y análisis que podemos plantearnos están:

(a) Análisis de los patrones de riqueza por taxones y por áreas o polígonos a diferentes escalas: (i) estados, (ii) regiones geográficas, (iii) límites latitudinales y muchas otras con ayuda del Sistema de Información Geográfica para visualizar los resultados.

(b) Utilización de diferentes estimadores o estadísticas para evaluar la calidad de los datos en términos de muestreo, densidad, depuración y otros.

(c) Análisis de zonas de alta diversidad o endemismo e identificación de áreas potenciales de gran riqueza a través de programas predeterminados para diseños de protección.

(d) Clasificación de áreas por su endemismo, riqueza, representación y muchas formas más.

(e) Itinerarios de colectores.

(f) Composiciones entre áreas, previamente diseñadas, y gran cantidad de preguntas o cuestionamientos.

(g) Abastecer programas diseñados para predecir áreas de distribución de los taxones.

Algunos resultados (muestreo y faunística)

Por el momento, la megabase de datos MARIPOSA tiene tres módulos activos: (a) curatorial, (b) nomenclatural, y (c) bibliográfico, y está en desarrollo el banco de imágenes de cada taxón (especie-subespecie) presente en México. El módulo curatorial cuenta con aproximadamente el registro de 500 000 ejemplares provenientes de los estudios faunísticos desarrollados en el Museo de Zoología, los ejemplares depositados en las principales colecciones institucionales de México y Estados Unidos de América e Inglaterra, y los registros curatoriales de la literatura. En México reconocemos 2179 taxones de nivel específico (spp. y sspp.) de Papilionoidea, descritos desde Linneo (1758); 97 de ellos están reconocidos, pero aún innominados, de este modo el módulo nomenclatural contiene 2082 sinónimos senior y un poco más de 5000 sinónimos junior. El módulo de bibliografía cuenta con más de 1000 citas bibliográficas, que van del siglo XVIII a la fecha, en el que se alistan las publicaciones que contienen algún tipo de referencia a los ropalóceros que ocurren en México.

La parte fundamental del módulo curatorial se basa en la distribución geográfica de cada uno de los taxones de nivel específico (spp. y sspp.) y de la fauna en su conjunto. Esto se puede observar sobre el número de localidades que han sido visitadas desde el siglo XIX a la fecha para reconocer la distribución de este taxón. En la actualidad, el número de localidades registradas en la base de datos apenas rebasa las 6300 (Luis *et al.*, 2003), lo que se considera una representación muy pobre para un país con una superficie de casi 2 millones de km² y gran heterogeneidad ambiental (*v. gr.* altitudinal, climática y vegetacional, entre otros factores); además que muchas de estas localidades están próximas, lo que reduce aún más la cobertura geográfica sobre el conocimiento de la distribución geográfica de los Papilionoidea de México *v. gr.* La región de Los Tuxtlas, en el estado de Veracruz tiene registradas más de 100 sitios (Luis, *et al.*, 1996). Esto se debe a que desde finales del siglo XIX, investigadores, diletantes y comerciantes de insectos basaron sus recolectas en un conjunto de localidades 'clásicas' (repetidas), que se caracterizan por su gran riqueza o en muchos casos contienen 'especies raras' que tuvieron gran demanda en el mercado internacional (Llorente y Luis, 1992; Llorente *et al.*, 1996).

Escalante *et al.* (2000), Luis *et al.* (2000) y Soberón *et al.* (2000) han indicado que el síndrome de apiñamiento de localidades en un mapa es causado por la facilidad de las vías de acceso, la insistencia en estas localidades 'clásicas' y la proximidad a instituciones biológicas, que en gran medida han determinado el aglutinamiento de las localidades en unas cuantas regiones y sistemas carreteros (Fig. 3). No obstante, esta cantidad de localidades registradas (6321) constituye casi quince veces más que las reconocidas a principio del siglo XX en la 'Biología Centrali Americana' (Selander y Vaurie, 1962) y son una buena base para modelar distribuciones geográficas tanto de la fauna de Papilionoidea en general, como de la mayoría de las especies que ocurren en México, si se toman en cuenta los aproximadamente 500 000 registros que cuenta la megabase MARIPOSA.

En la figura 4 se observa la distribución de la riqueza en función del esfuerzo de recolecta; de las 6321 localidades el 90% corresponden a puntos de muestreo ocasionales, con pocos registros y un menor número de especies, lo que se refleja en la riqueza

registrada por cuadrante. El país fue dividido en seis grupos a intervalos, desde la ausencia de registros en un cuadrante, hasta aquellos cuadrantes que van de 301 a 400 especies, esta última categoría está representada por menos del 2% de los cuadrantes a nivel nacional.

Las áreas geográficas más ricas para las mariposas en México coinciden con lo descubierto para otros grupos de vertebrados (Flores y Gerez, 1989) y fanerógamas (Rzedowski, 1991). Éstas se encuentran en el sur y sureste, específicamente en la Lacandonia en Chiapas, Los Tuxtlas en Veracruz y la Sierra de Juárez en Oaxaca, donde cada una de estas regiones comprende poco más del 40% de la riqueza total del país (De la Maza y De la Maza, 1985a,b; Luis *et al.*, 1991, 2000, 2003; Llorente y Luis, 1992; Raguso y Llorente, 1997).

El número de localidades muestreadas por entidad federativa y el esfuerzo de recolecta en cada una es bastante heterogéneo; sin embargo, se pueden considerar seis grandes grupos de acuerdo con el Cuadro I: (1) comprende al estado de Veracruz, tomando

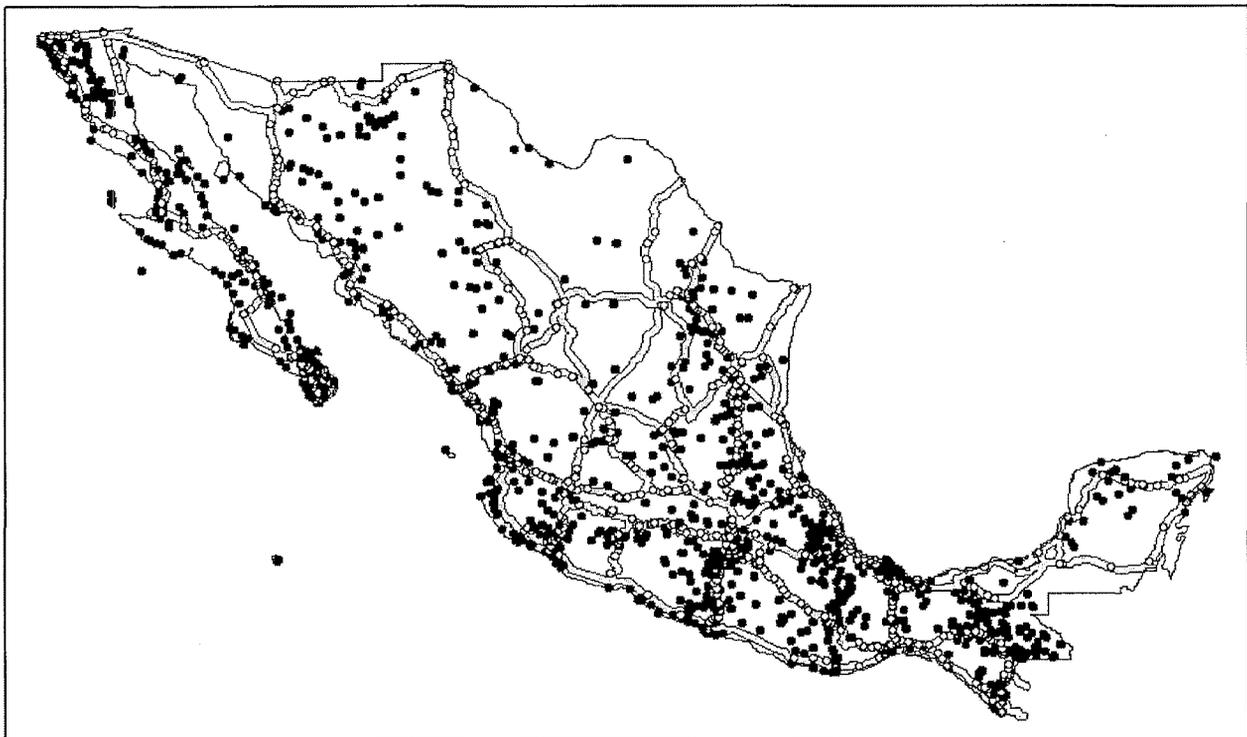


Fig. 3. Distribución de las localidades en función al sistema carretero nacional.

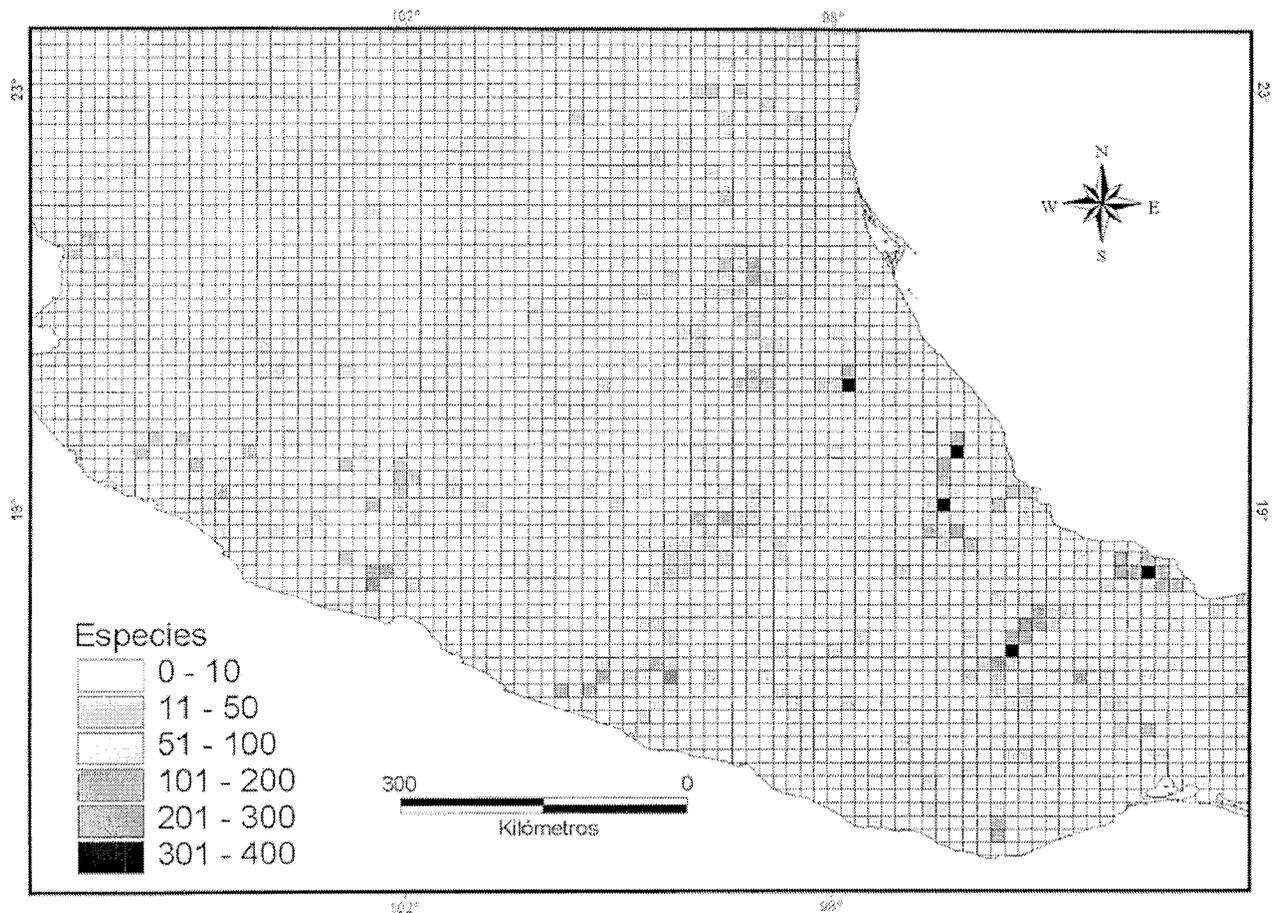


Fig. 4. Diagnóstico de muestreo de Papilionoidea (Lepidoptera) en el centro de México.

en cuenta que es el único que rebasa las 700 localidades; (2) Chiapas, Oaxaca y Baja California Sur con más de 500 localidades registradas, tanto en la literatura como en las colecciones nacionales y extranjeras, para cada estado; (3) Baja California y Michoacán con más de 300 localidades; (4) cuatro estados se encuentran entre las 207 y 274 localidades: Guerrero, Sonora, Sinaloa y Jalisco; (5) diez estados tienen registrados más de 100 sitios; y (6) doce estados con menos de 91 lugares georreferidos, cinco de éstos con menos de 30 sitios (Zacatecas, Querétaro, Aguascalientes, Guanajuato y Tlaxcala). Esto significa que solo cinco estados contienen el 50% de los sitios visitados para Papilionoidea en México (Llorente *et al.*, 1996; Luis *et al.*, 2000, 2003). Todo esto sin considerar el apiñamiento. La riqueza de especies y localidades registradas por estado, también se debe a que fueron objeto de estudios faunísticos estatales im-

portantes: Colima (Warren *et al.*, 1998), Guerrero (Vargas *et al.*, 1991, 1994; Luis y Llorente, 1993; Llorente *et al.*, 1996;), Jalisco (Vargas *et al.*, 1996) y Veracruz (Luis *et al.*, 1996).

Veracruz, aun con el mayor número de localidades (Cuadro I) y el segundo lugar en cuanto al número de ejemplares registrados con 87 291 (Cuadro II), no se puede considerar el estado con la mejor representación geográfica, a pesar del esfuerzo que se ha realizado históricamente y en función de los trabajos faunísticos desarrollados desde la década de 1970. Más de la mitad de los registros se concentran en tres regiones del estado: la región de Los Tuxtlas, la zona de Orizaba-Córdoba-Presidio, y Jalapa-Teocelo-Coatepec (Luis *et al.*, 1996), lo que contrasta con los estados de la Península de Baja California, en los cuales no se han realizado trabajos sistemáticos para una región o área determinada, pero tiene mayor repre-

Cuadro I. Número de localidades por estado.

Estado	Localidades
Veracruz	735
Chiapas	521
Oaxaca	517
Baja California Sur	502
Baja California	494
Michoacán	319
Guerrero	274
Sonora	256
Sinaloa	237
Jalisco	207
San Luis Potosí	192
Durango	175
Nayarit	169
Nuevo León	168
Hidalgo	156
Chihuahua	156
Tamaulipas	149
Puebla	145
Sin estado definido	144
Morelos	123
Colima	105
Estado de México	90
Quintana Roo	85
Distrito Federal	82
Yucatán	72
Campeche	56
Tabasco	49
Coahuila	46
Zacatecas	29
Querétaro	21
Aguascalientes	19
Guanajuato	18
Tlaxcala	10
Total	6321

Cuadro II. Número de ejemplares por estado.

Estado	Registros*	Individuos
Michoacán	176902	181878
Veracruz	80186	87291
Oaxaca	25137	26994
Guerrero	24044	25174
Chiapas	19147	21395
Jalisco	17795	18629
Puebla	13340	13590
Morelos	11684	12219
Nayarit	8357	8764
Distrito Federal	6703	6909
Baja California Sur	4098	6436
Colima	5746	6426
Yucatán	3455	5672
Tabasco	5105	5656
San Luis Potosí	4718	5579
Hidalgo	4219	4503
Baja California	2179	4008
Tamaulipas	2188	2971
Sinaloa	1904	2767
Sonora	1905	2474
Nuevo León	1979	2311
Estado no disponible	1526	1924
Durango	1165	1578
Chihuahua	1049	1470
Quintana Roo	1027	1187
Estado de México	929	989
Campeche	652	685
Querétaro	450	464
Coahuila	259	386
Zacatecas	131	204
Guanajuato	136	145
Aguascalientes	83	101
Tlaxcala	20	20
Total	428218	460799

* un registro contiene uno o más individuos

sentación sobre la heterogeneidad ambiental, aun cuando apenas se alcanzan los 7000 ejemplares. Debe tomarse en cuenta que Veracruz tiene más de cinco veces el número de especies que toda la Península de Baja California (Llorente *et al.*, en prep.). El esfuerzo de recolecta es bastante variable para cada estado, si se con-

sidera que una localidad puede significar un muestreo sistemático a través de un tiempo prolongado, o bien puede representar una recolecta ocasional y fortuita de un ejemplar o varios, en uno o pocos días.

Michoacán, con más de 180 000 ejemplares repartidos en 319 localidades (Cuadros I y II), compren-

de cerca del 40% de los ejemplares registrados en la base de datos del Museo de Zoología. El 90% de los ejemplares de Michoacán proviene de la década de 1990. Gran diferencia ocurre con el estado de Veracruz, que ocupa el segundo lugar con 15.9% de los ejemplares; sin embargo, muchos de los registros son históricos con más de 100 años de tradición *v. gr.* Xalapa, lo cual significa que muchas de las localidades han desaparecido o se han transformado notablemente, tal como es el caso de Presidio, Veracruz, con 392 especies, que es la segunda localidad con mayor riqueza para México de acuerdo con la base MARIPOSA, y que hoy al estar transformada ecológicamente es simplemente una localidad que ha quedado 'en la historia'.

Los últimos 24 estados del Cuadro II suman 52 536 ejemplares, lo cual equivale al 13% del total. Los estados de Campeche, Querétaro, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes y Tlaxcala, juntos hacen el 0.6% de los registros aproximadamente, lo que los hace entidades bastante mal muestreadas. Sin embargo, cabe aclarar para este punto que el Museo de Zoología de El Colegio de la Frontera Sur con sede en Chetumal, Quintana Roo, en la última década ha llevado a cabo trabajos faunísticos sistemáticos en la Península de Yucatán en donde se tiene una base de datos con más de 100 000 registros, de los cuales aproximadamente la mitad son registros visuales, bajo un tratamiento riguroso, y 50 000 ejemplares se encuentran depositados en esta Institución, con lo cual se enriquece el conocimiento de la distribución geográfica de cerca de 500 especies de esta región.

De acuerdo con la base de datos, casi el 74% de los registros proviene de las dos últimas décadas del siglo XX (Cuadro III), debido a la implementación de estudios faunísticos de forma sistemática y con diversas técnicas, principalmente por parte de los miembros de nuestro equipo en diferentes estados *v. gr.* Guerrero, (Vargas *et al.*, 1994), Jalisco (Vargas *et al.*, 1998), Colima (Warren *et al.*, 1998), Distrito Federal (Luis y Llorente, 1990) y Oaxaca (Luis *et al.*, 1991), entre otros, y de Lamberto González Cota quien, en colaboración con esta Institución y la CONABIO, realizó más de una decena de estudios faunísticos en Michoacán (datos no publicados). Esto contrasta claramente con los 100 años anteriores, en los cuales era más frecuente que se realizaran exploraciones con base en recolectas esporádicas y solo en la estación más favorable.

El número de ejemplares recolectados por persona se advierte en el Cuadro IV, en éste destaca Lamberto González Cota, con aproximadamente el 40% de los registros. Sin embargo, se debe considerar lo que han indicado algunos lepidopterólogos a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, respecto a la gran cantidad de ejemplares que fueron capturados en México en regiones de alta diversidad a lo largo del siglo XX por diferentes aficionados, comerciantes y los propios investigadores asociados a instituciones, y de los cuales existen pocos registros en los diferentes museos, tanto nacionales como en el extranjero. Esto está asociado con la contratación de comunidades rurales para la captura exhaustiva de mariposas de una región dada (*v. gr.*, sierras de Juárez y de Miahuatlán en Oaxaca, la región de los Tuxtlas en Veracruz; así como las áreas cafetaleras de estos dos estados y las zonas de bosque tropical perennifolio en el estado de Chiapas), entre los que se destacaban Tarsicio Escalante, Alberto Díaz Francés, Eduardo Welling y otros. Cuando se comparan los números de ejemplares que están registrados en la literatura y las colecciones, parece no existir concordancia con los métodos empleados, ya que el número de ejemplares depositados, al menos en las colecciones institucionales, es muy reducido en relación

Cuadro III. Número de ejemplares por década.

Década	Registros	Ejemplares
< 1900	580	702
1900-1909	1211	2208
1910-1919	461	576
1920-1929	1088	1546
1930-1939	2054	2822
1940-1949	4034	5574
1950-1959	10830	14002
1960-1969	18575	23395
1970-1979	35673	40037
1980-1989	116921	120383
1990-1999	219126	223950
> 2000	389	389
s/año	17276	25215
Total	428218	460799

No están incluidos los datos de la literatura

Cuadro IV. Principales recolectores del siglo XX.

Luis Lamberto González Cota*	161 105
Máximo Martínez*	49 323
Moisés Armando Luis Martínez*	44 612
Jorge Llorente Bousquets*	25 899
Alma Garcés Medina*	14 134
Jorge David González González*	13 887
Luis Guillermo González González*	13 753
Isabel Vargas Fernández*	13 406
Tarsicio Escalante**	10 044
John Kemner**	7 645
Eduardo Cecilio Welling	7 441
Valentín Maldonado	6 971
Rogelio Maldonado	6 965
Jesús Saldaña Martínez**	6 832
José Luis Salinas Gutiérrez*	6 160
Alberto Díaz Francés**	5 357
Linda Arteaga Garibay*	4 842
Adolfo Ibarra Vázquez	4 488
Inés Villegas*	3 635
Odalís Robert Montes de Oca*	3 397
UMSP	3 209
E.C. Olson	2 881
William H. Howe	2 767
David K. Faulkner	2 767
Mauro Omar Vences Blanco*	2 567
Roberto de la Maza Elvira	2 440
William Schaus	2 152
John W. Brown	2 150
Carlos Rommel Beutelspacher B.	1 945
Robert G. Wind**	1 651
Silvia Valencia Garduño*	1 571
Carlos Christian Hoffmann	1 553
Lee Denmark Miller	1 515
Paul Spade	1 428
Peter Hubbell	1 368
Héctor Pérez R.	1 295
George T. Austin	1 155
Leonila Vázquez García	1 080
Harry Kendon Clench	1 055

*Realizaron recolectas sistemáticas **Basaron sus recolectas en colectores locales.

con los años que recolectaron o les recolectaron en México, *v. gr.* Tarsicio Escalante con más de 50 años de dedicarse a esta actividad, presenta menos de 11 000 ejemplares depositados en colecciones, lo que representaría a la recolecta de un poco menos de 20 ejemplares por mes durante este lapso de tiempo. Seguramente la gran mayoría de los ejemplares obtenidos de las diferentes regiones fueron a parar a la industria del ornato y a colecciones particulares, más que a las colecciones científicas.

El resumen sistematizado de la base de datos se ofrece aquí para considerar los límites de las generalizaciones posibles que puedan realizarse con la heterogeneidad aquí reconocida. Otros usos de la base de datos pueden verse en los trabajos de Michán y Llorente (2002) y Michán *et al.* (2004).

Análisis distribucional

México ha sido cartografiado bajo diferentes conceptualizaciones de acuerdo con objetivos, escalas y temas variados (*v. gr.* tipos de vegetación, climáticos, altitudinales o modelo del terreno, geológicos, etc.). La historia de la clasificación o regionalización biogeográfica de México se inicia con Humboldt, y a la fecha hay más de 30 trabajos que han tenido la finalidad de dividir el territorio nacional en función de sus límites físicos y biológicos, siendo de los más recientes los trabajos de Espinosa *et al.* (2000) y Morrone *et al.* (2002). Los esquemas biogeográficos propuestos para México se basan en criterios diferentes (geográficos, paleontológicos, faunísticos o florísticos), y a la concepción de cada autor acerca del origen de los elementos que caracterizan o dan identidad a cada provincia, de acuerdo con el taxón estudiado (mamíferos, aves, reptiles, plantas vasculares, helechos e insectos) o el momento histórico, lo que hace complejo obtener un consenso en su arreglo jerárquico.

Aun con las limitaciones de nuestra base, puede ser importante ensayar y poner a prueba los resultados obtenidos en el taller desarrollado por la CONABIO: "Provincias Biogeográficas de México" y "Clasificación de Regiones Naturales", con un grupo que se ha considerado como buen indicador de diferentes parámetros, entre los que se destacan aspectos de diversidad biótica y estimación de la conservación

del ambiente. Los mapas producidos y ya digitalizados (CONABIO), los hemos usado para explorar la eficiencia de la base de datos MARIPOSA, y, con base en la representación geográfica sistematizada, se superpusieron las distribuciones de este taxón en los mapas de: a) provincias biogeográficas, b) regiones naturales, y c) ecorregiones. Éstos fueron tomados de la página web de la CONABIO, creados a través de sus proyectos: "Provincias Biogeográficas de México" y "Clasificación de Regiones Naturales" (<http://www.conabio.gob.mx>).

En la actualidad la base de datos MARIPOSA está sirviendo para realizar inter y extrapolaciones sobre la diversidad y distribución de la fauna de este taxón y subtaxones, con base en el conocimiento de la distribución que se tiene de éste, así como en la comprobación de hipótesis biogeográficas a través de la distribución de un grupo, *v. gr.* Luis *et al.* (2003) y Ochoa *et al.* (2003), tal y como se están realizando para diversos

grupos de vertebrados. De acuerdo con lo expresado, se seleccionaron y utilizaron 858 taxones para la construcción de tres matrices, las cuales se corrieron en los programas Winclada y Nona. La primera corresponde al de provincias biogeográficas (19 x 858), la segunda al de las regiones naturales (87 x 858) y por último la matriz de ecorregiones (44 x 858). Además se está preparando un análisis de estas tres divisiones utilizando el método cladístico del PAE, con base en las especies endémicas a México y aquellas con una distribución restringida o puntual a condiciones mesomontanas.

En las figuras 5 y 6 se observa el mapa de provincias bióticas (Fig. 5) propuestas por la CONABIO (1997) y la distribución de las localidades en función a estas provincias (Fig. 6). Este mapa es un sistema conformado por 19 provincias biogeográficas, resultado del análisis elaborado por 15 especialistas de diferentes instituciones nacionales y extranjeras. La metodología del estudio se realizó con base en cuatro sistemas de

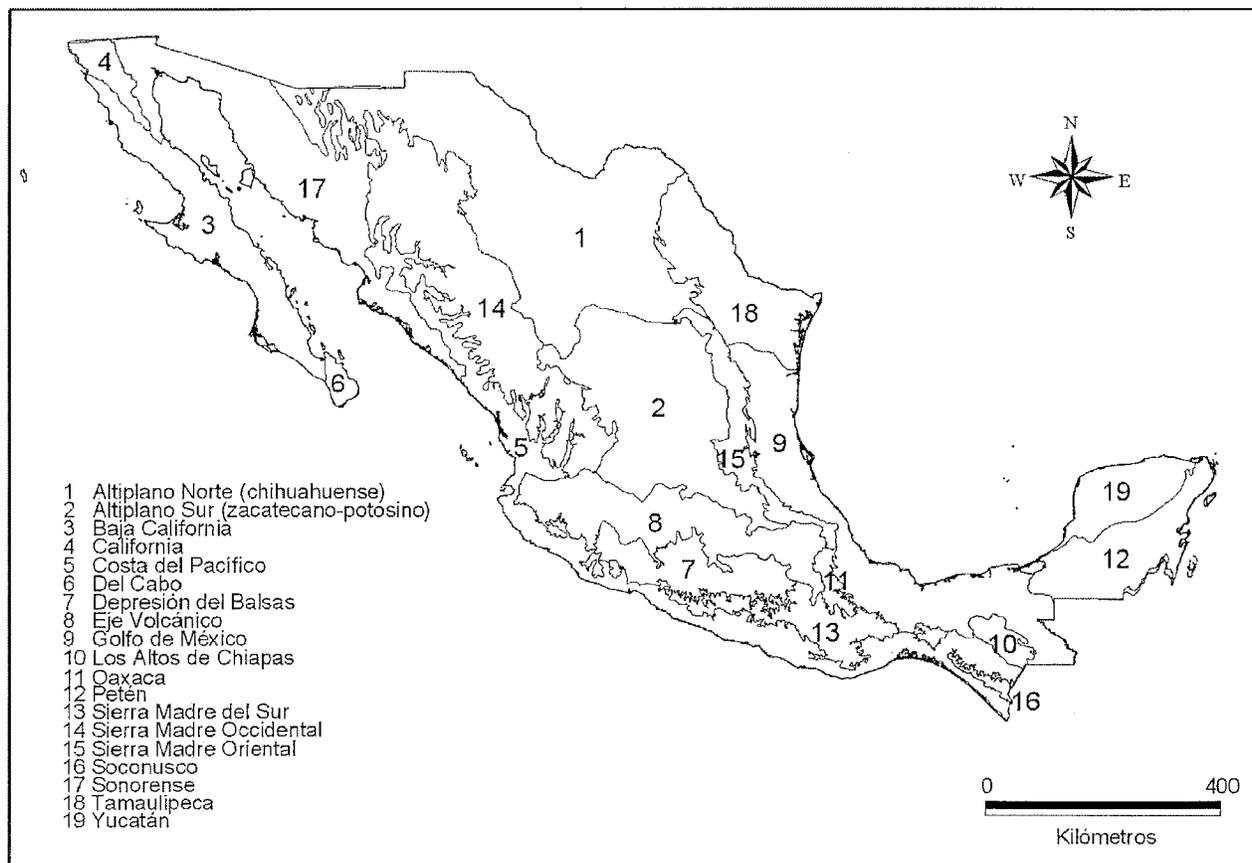


Fig. 5. Provincias bióticas (CONABIO, 1997).

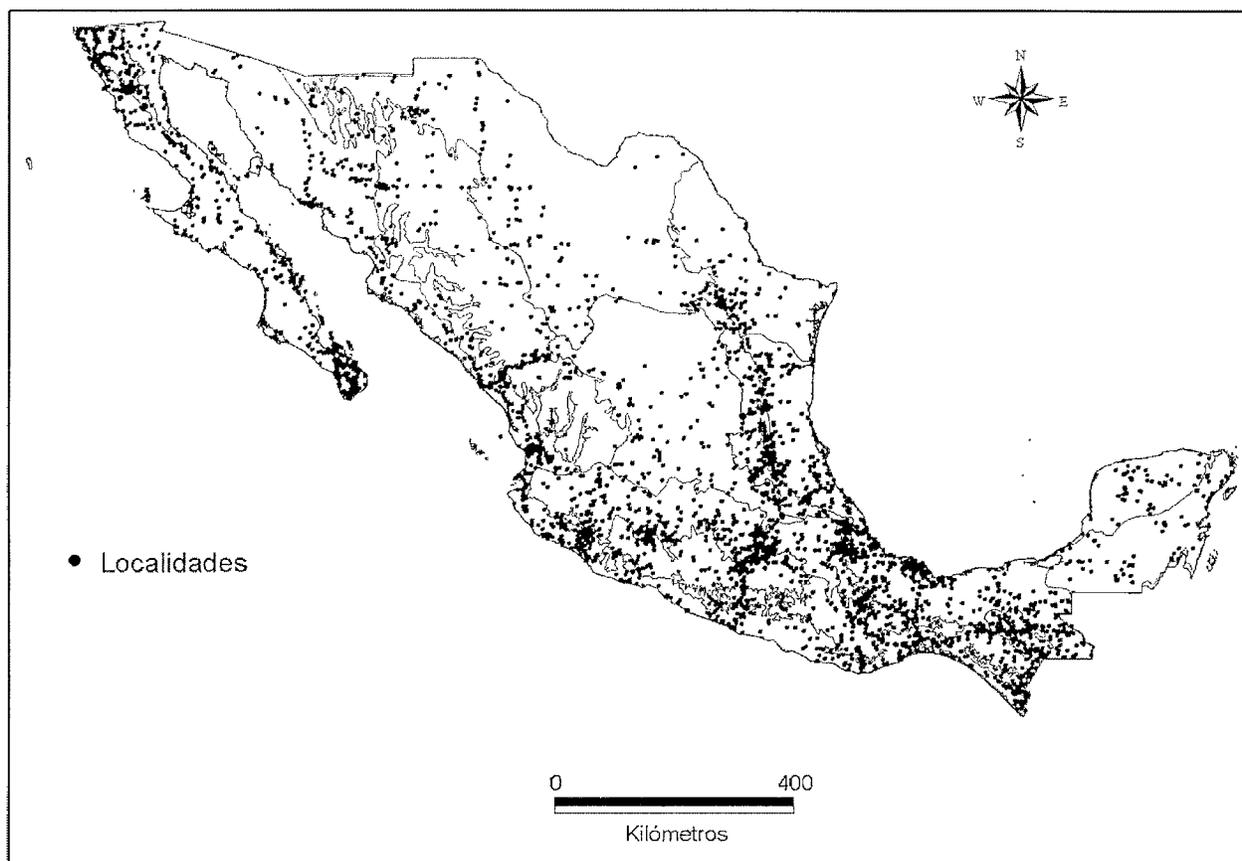


Fig. 6. Distribución de las localidades en función de las provincias bióticas.

clasificación, tres biogeográficas aplicadas a plantas vasculares, anfibios y reptiles y mamíferos, y la cuarta sobre los rasgos morfotectónicos principales. El mapa se presenta en una escala de 1: 4 000 000. En la figura 7 se observa el cladograma, resultado del análisis de la distribución geográfica de 858 taxones, presentándose dos grandes grupos, los cuales en general corresponden con la división clásica del país en las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical.

Cada uno de estos clados está representado por provincias afines con el origen biogeográfico de su fauna. Para la región Neártica tenemos la excepción del clado que reconoce las provincias del Petén (12), Yucatán (19) y Soconusco (16), que en la literatura se consideran de origen neotropical, pero nuestros resultados la ubican en la región Neártica, lo que puede deberse a que son tres de las provincias con número menor de especies y localidades registradas, las dos primeras con una fisonomía similar a las condi-

ciones semidesérticas de la zona norte del país, y que se confirma al ser clado hermano de las provincias que se enmarcan en la Península de Baja California. Esta asociación fenética entre ambas penínsulas también se observa cuando se hace el análisis por ecorregiones (Fig. 18, ver más adelante), uniendo las regiones de ambas penínsulas. El clado que reconocemos como región Neotropical está representado por diez provincias, las cuales a excepción de la del Altiplano Sur, la cual puede no corresponder por su historia biogeográfica a éste, se encuentran distribuidas al sur del Eje Neovolcánico, subiendo por ambas costas hasta el desierto de Sonora (provincia Sonorense) por su vertiente pacífica y hasta los Estados Unidos de América a través de la provincia Tamaulipeca, por el Golfo de México. Se observa que las provincias costeras, se encuentran muy asociadas al igual que las de las zonas montañas (Altos de Chiapas, Oaxaca, Sierra Madre Oriental y Sierra Ma-

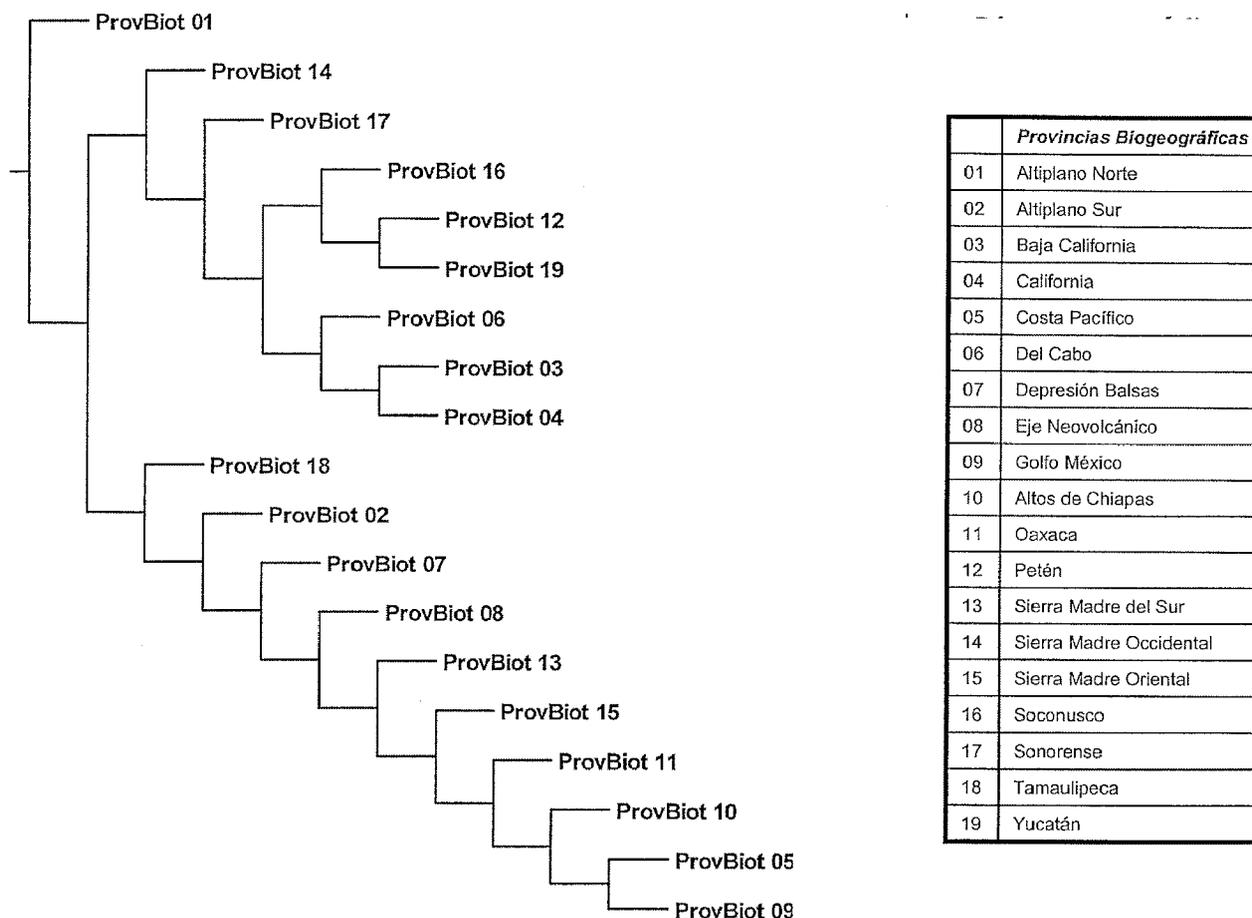


Fig. 7. Cladograma de las provincias biogeográficas.

dre del Sur), tal y como han propuesto para mariposas y coleópteros Llorente (1984) y Halffter (1987), respectivamente, en donde señalan los orígenes de la entomofauna y su distribución en función de su historia biogeográfica. En ambos cladogramas se observa que faltan definiciones, las cuales se van a resolver cuando se comiencen a realizar estudios faunísticos en aquellas regiones en las que se desconoce la distribución de su lepidopterofauna, como se destaca en las figuras 3 y 4. Muchas de las especies con las que se contó para la determinación de estas provincias son especies que se caracterizan por su distribución amplia y no por ser elementos estenoecoc o endémicos que nos puedan mostrar la división de las provincias biogeográficas en función de su historia, la cual debe estar definida por los elementos que contienen.

Al tomar como base el mapa de Cervantes-Zamora *et al.* (2003, <http://www.conabio.gob.mx>), en el que se clasifica al territorio nacional en regiones naturales, se procedió a generar el cladograma de acuerdo con la distribución de este taxón. Los criterios de clasificación tomados para la elaboración de este mapa fueron: (1) las principales zonas climáticas que imperan en el país: árida, trópico subhúmedo, trópico húmedo y la zona templada; y (2) las formas del relieve: sierras, mesetas, lomeríos, llanuras, etc. La escala en que se presenta es 1: 4 000 000. El total de regiones que se reconocen son 87 provincias, cuyos límites corresponden bastante bien a las subprovincias y discontinuidades fisiográficas de INEGI. El cladograma resultante muestra varios grupos bien definidos y un peine que involucra 15 regiones y cinco cladogramas; el último de ellos comprende 14 regiones en dos sub-grupos, e integra la asociación de la fauna

del norte del Altiplano Mexicano de acuerdo con sus zonas climáticas y las formas del relieve (Fig. 8). La figura 9 muestra el clado que asocia las regiones naturales del Altiplano Norte de la República Mexicana, en éste se observan dos clados que muestran la división del Altiplano en occidental y oriental de acuerdo con la distribución de las regiones naturales resultantes del análisis, en el primero se tiene a la Llanura costera tamaulipeca, Sierras y llanuras occidentales, Lomeríos costa golfo norte, Llanuras y lomeríos y Gran Sierra Plegada. Las dos últimas son las más cercanas y como base de este clado la primera región. Éste está unido al clado que representa a las regiones occidentales del Altiplano, mostrando (Fig. 9) tres grupos, dos de ellos representados por dos regiones y el tercero por la región de las Sierras y llanuras de Durango.

En la figura 10 se observan las regiones naturales que corresponden al occidente de México. Esta zona

del país es una de las áreas mejor recolectadas para este taxón en los últimos 20 años, le corresponde aproximadamente el 40% de los ejemplares registrados en la base de datos MARIPOSA. La figura 11 muestra el cladograma de esta región, en donde se observan dos grupos bien definidos: el primero une a la Depresión del Balsas con el grupo hermano formado por las Sierras y valles guerrerenses con Lagos y volcanes del Anáhuac y el segundo lo componen las Sierras de la costa de Jalisco y Colima con el clado formado por la región de las Costas del sur con la Cordillera costera del sur; en su base se encuentran tres regiones que comprenden la zona norte de toda esta área (Volcanes de Colima, Sierras neovolcánicas nayaritas, Depresión del Tepalcatepec). Las nueve regiones se pueden enmarcar dentro de una unidad natural con un proceso histórico único, que está circunscrita al norte por la Sierra Madre Occidental, al

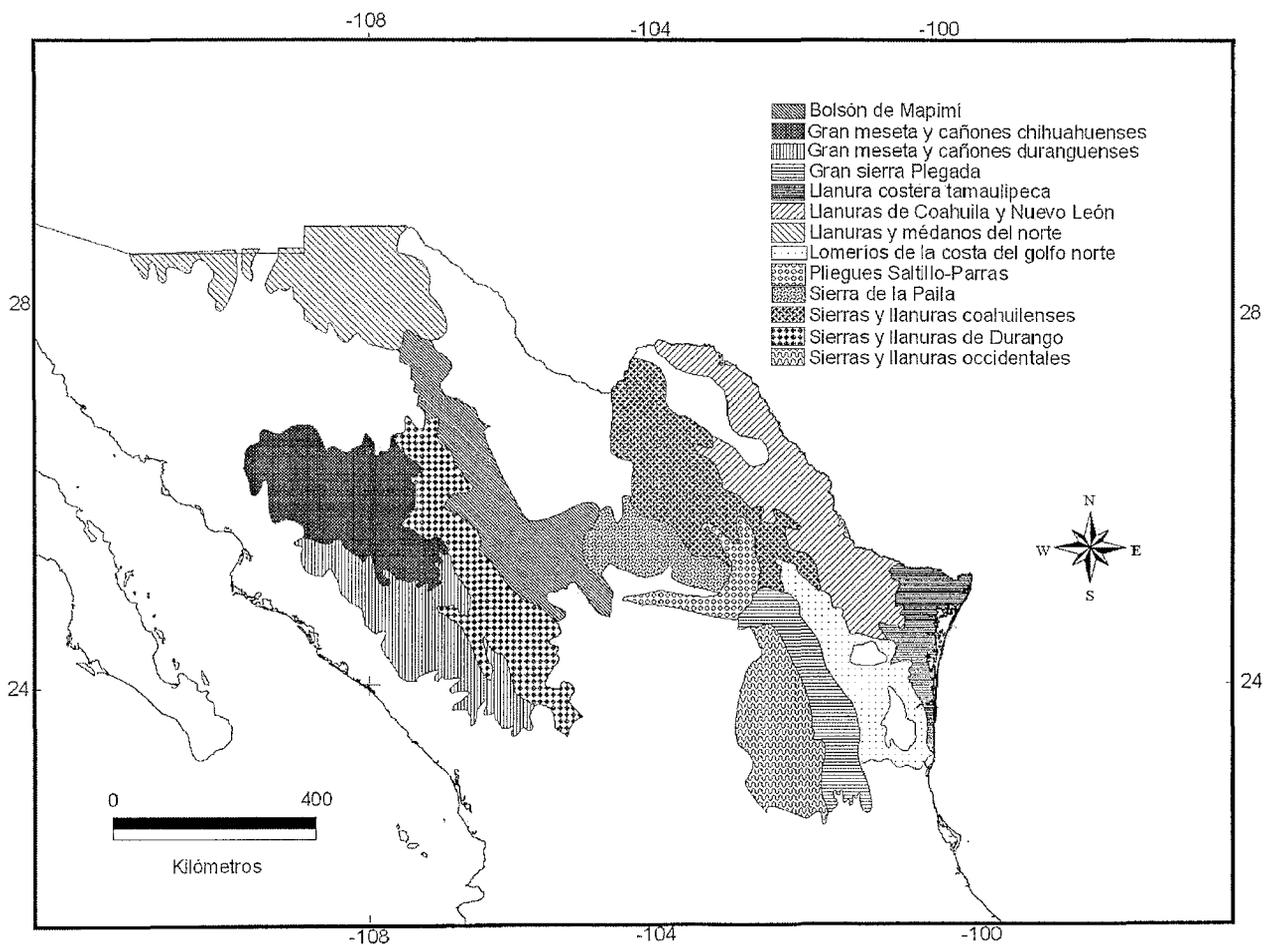


Fig. 8. Mapa de la región norte de México (regiones naturales).

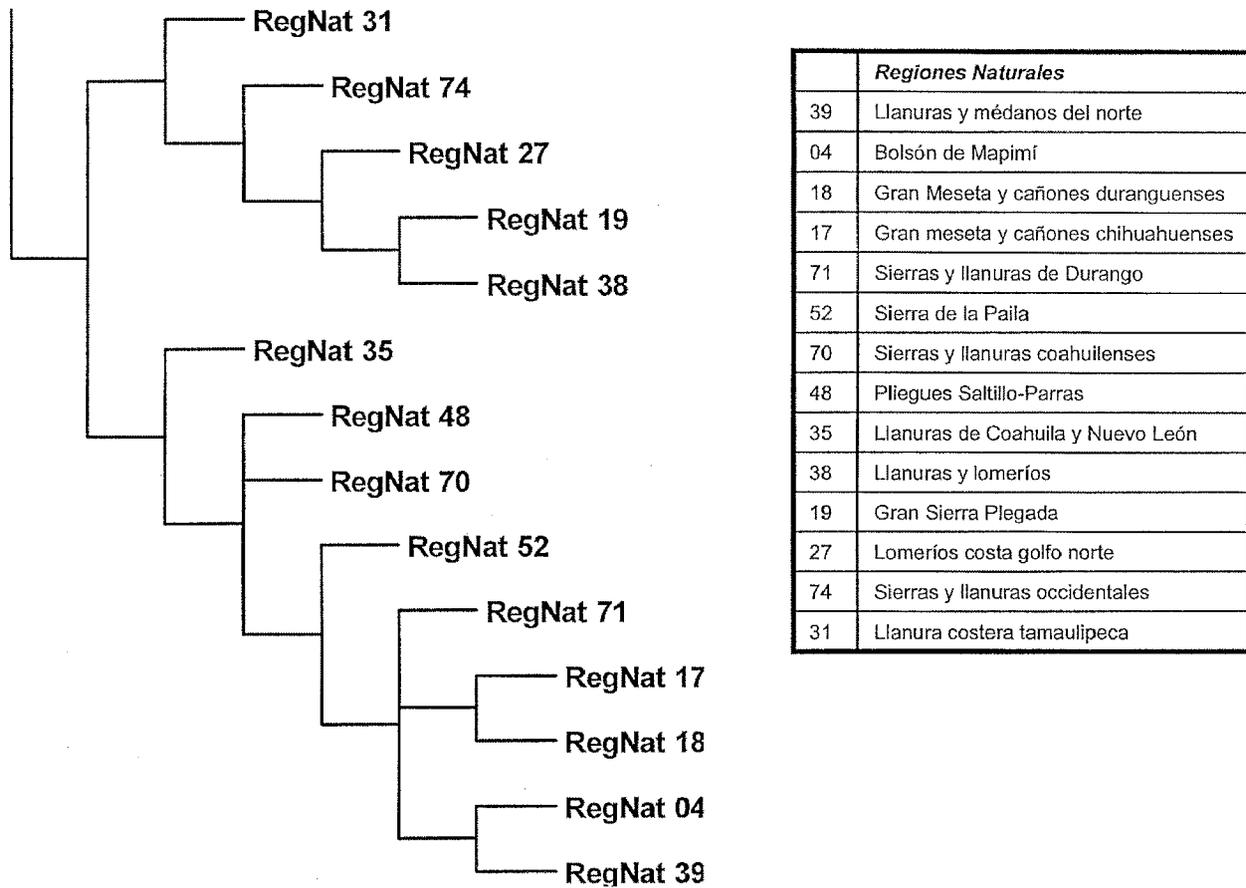


Fig. 9. Clado de la de región norte de México.

este por el Sistema Volcánico Transversal y al sur por la Sierra Madre del Sur, lo que históricamente ha permitido una evolución *in situ* de la biota del occidente de México; en otro trabajo destacaremos los endémicos y sus distribuciones en esta región. El mayor esfuerzo de recolecta efectuado en esta área ha permitido reconocer en el cladograma (Fig. 11) las uniones naturales divididas de acuerdo con sus características fisiográficas en dos áreas (norte y sur). La región sur coincide con el límite norteño de muchas especies de origen neotropical y el clado que representa el área norteña comprende un grupo de endémicos que se encuentran aislados por la fisiografía.

El mapa de ecorregiones de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx>), divide al país en 44 regiones. Esta clasificación está basada en los aspectos fenéticos de cada una de ellas, de tal forma que muestra las características generales de cada región, posiblemente asociando áreas con procesos histórico-biogeográficos

distintos, pero que debido a su parecido tenemos una correspondencia. El resultado obtenido una vez corrida la matriz (44 ecorregiones x 858 taxones) se expresa en un cladograma (Fig. 12) en el que se advierten tres clados bien definidos (Figs. 13, 15 y 17), lo que fue respaldado por los mapas de las figuras 14, 16 y 18. Se observa en estos mapas que México, de acuerdo con su división por ecorregiones, se divide en: grandes sierras (Fig. 13), región del Altiplano Mexicano y zonas xéricas de Baja California (Fig. 15), y manglares de las penínsulas de Baja California y Yucatán. En la figura 13 se advierte el clado que muestra las regiones que se ubican principalmente sobre las sierras de México, siendo la base del clado los bosques de coníferas-encinos y mesófilos de los Altos de Chiapas; este último es rama hermana del clado general de este grupo, el cual se encuentra dividido en la región del Golfo de México (Bosques mesófilos de montaña de Oaxaca y los grupos her-

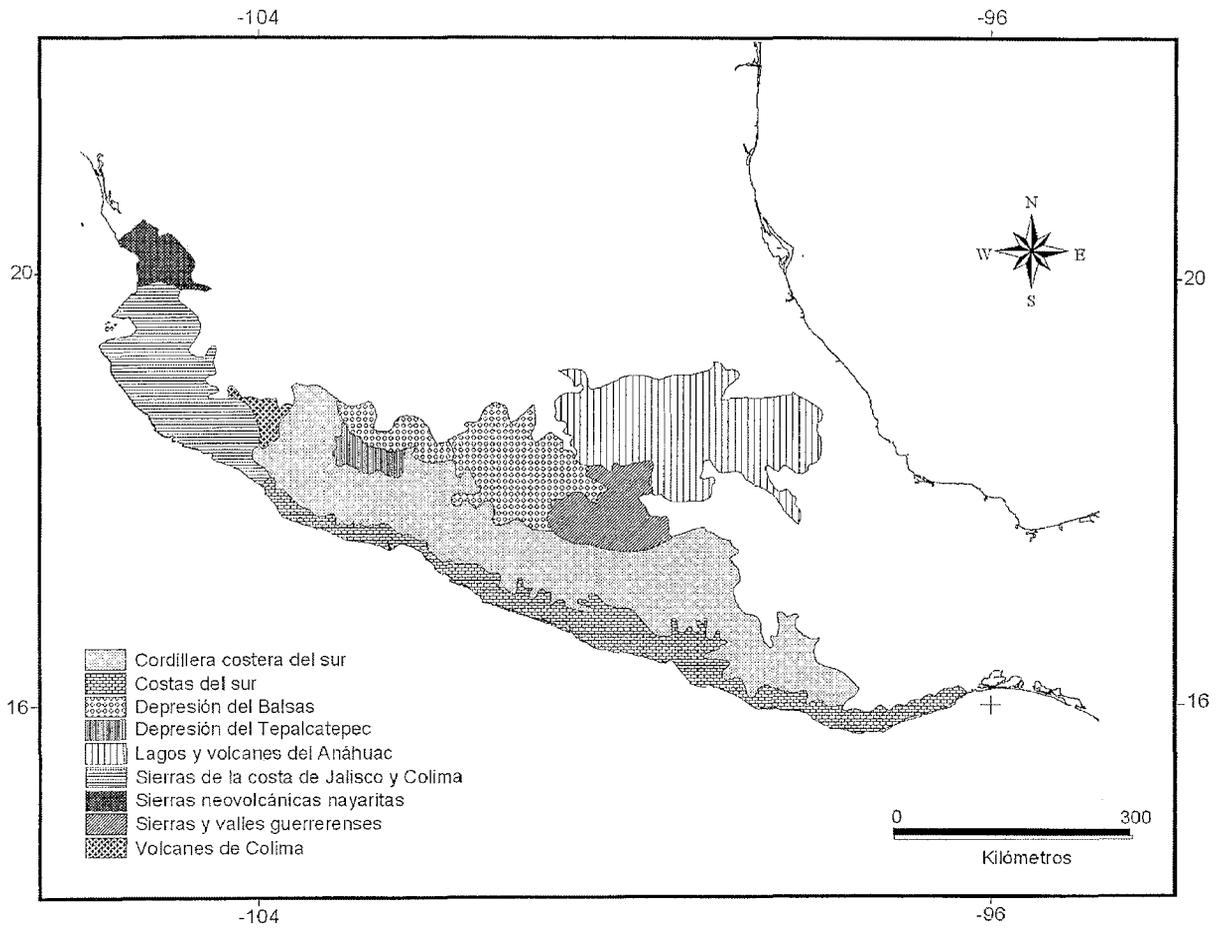


Fig. 10. Mapa de la región occidental de México (regiones naturales).

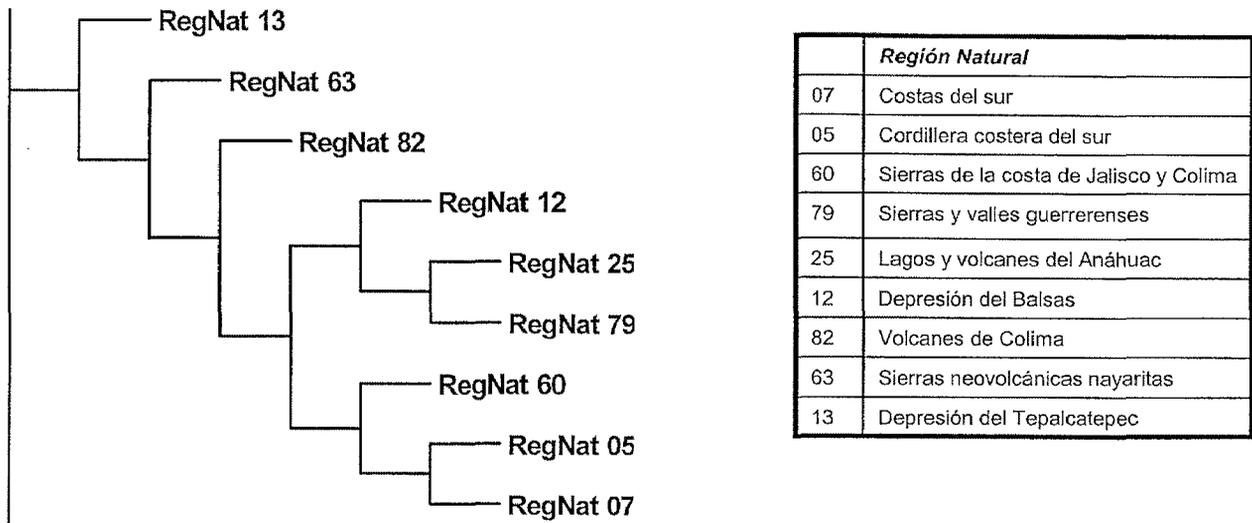


Fig. 11. Clado de la región occidental de México.

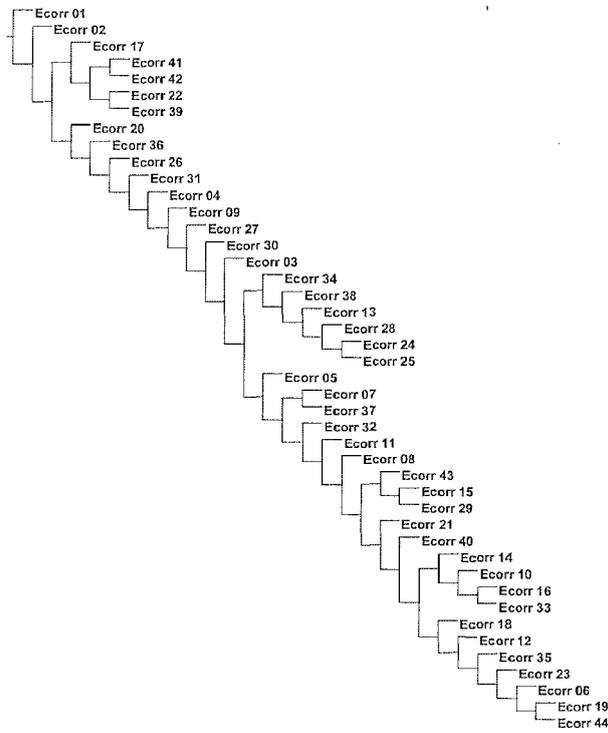


Fig. 12. Cladograma de las ecorregiones de México.

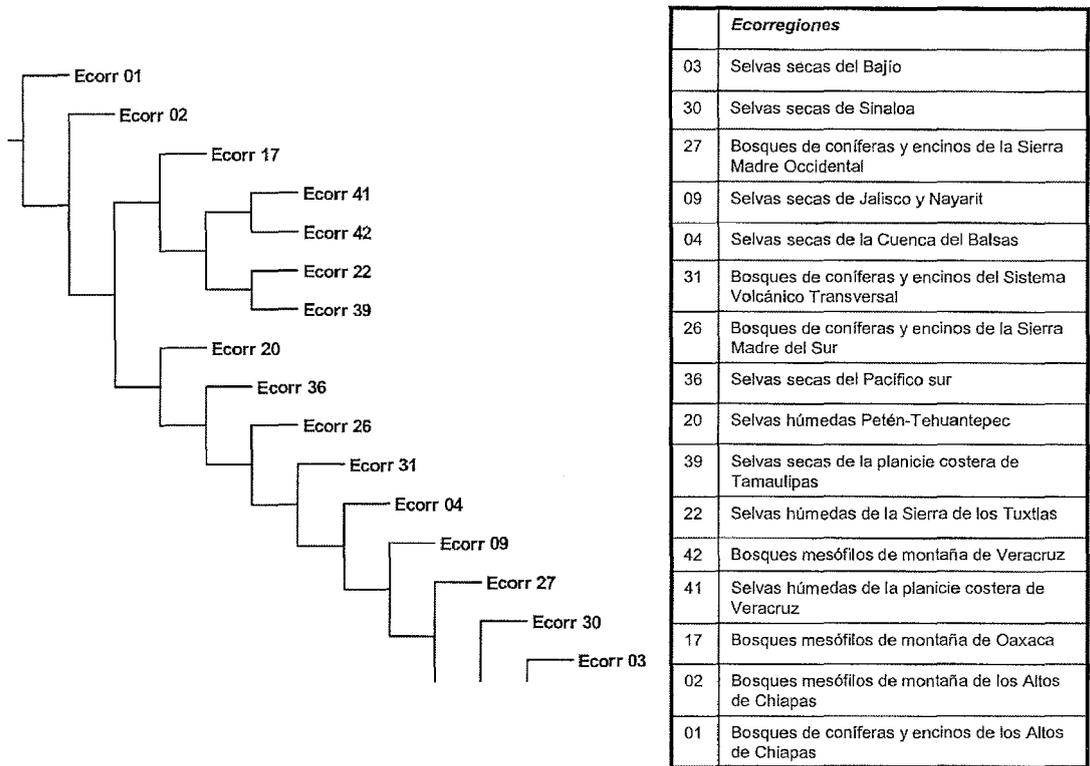


Fig. 13. Clado de las ecorregiones del centro y costas de México.

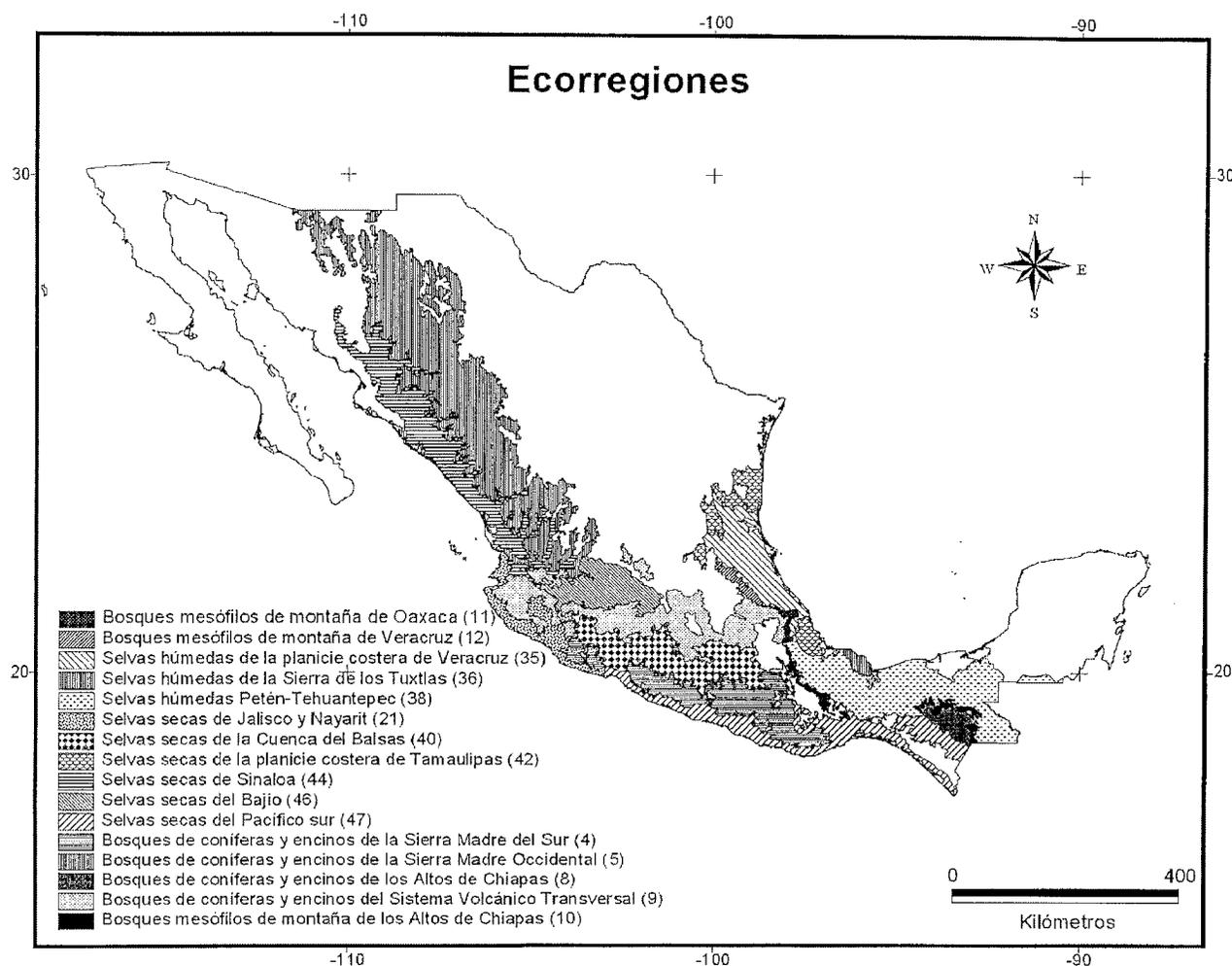


Fig. 14. Mapa de las ecorregiones del centro y costas de México.

manos: Veracruz, Selvas húmedas y bosques mesófilos; así como el de los Tuxtlas y las Selvas secas de Tamaulipas) y la del Pacífico y centro del país (Selvas húmedas de Petén-Tehuantepec, Selvas secas de Jalisco-Nayarit, Cuenca del Balsas, Sinaloa, Bajío y del Pacífico sur; así como de los Bosques de Coníferas y encinos de la Sierra Madre del Sur, Occidental y del Sistema Volcánico Transversal), en donde no se observan grupos hermanos como en el caso anterior. En la figura 15 se muestra un clado que está unido a las Selvas secas del Bajío. Este clado a su vez está dividido en dos, el primero representa a las ecorregiones del altiplano unidas con el grupo hermano que está representado en su parte terminal por las Selvas húmedas de la Sierra madre de Chiapas y los Bosques de coníferas-encinos de la Sierra Madre de Oaxaca,

el segundo clado ubica a las ecorregiones con matorrales xerófilos, espinosos y submontanos de Baja California, Tamaulipas-Nuevo León y el sur de la Meseta Central. En el mapa de la figura 16 se observa muy claramente el resultado de este clado en donde se puede reconocer los dos grandes grupos. En las figuras 17 y 18 tenemos un mapa de ecorregiones y su cladograma, en el mapa se muestran 16 áreas caracterizadas por sus condiciones xéricas, así como sus manglares, ubicados en ambas penínsulas (Baja California y Yucatán), y algunas zonas costeras del Golfo de México y el Pacífico. En el cladograma (Fig. 17) se observa el resultado de sus asociaciones fenéticas. Este clado muestra dos grupos el primero que une a tres ecorregiones de la Península de Baja California, el siguiente en su base contiene a dos áreas

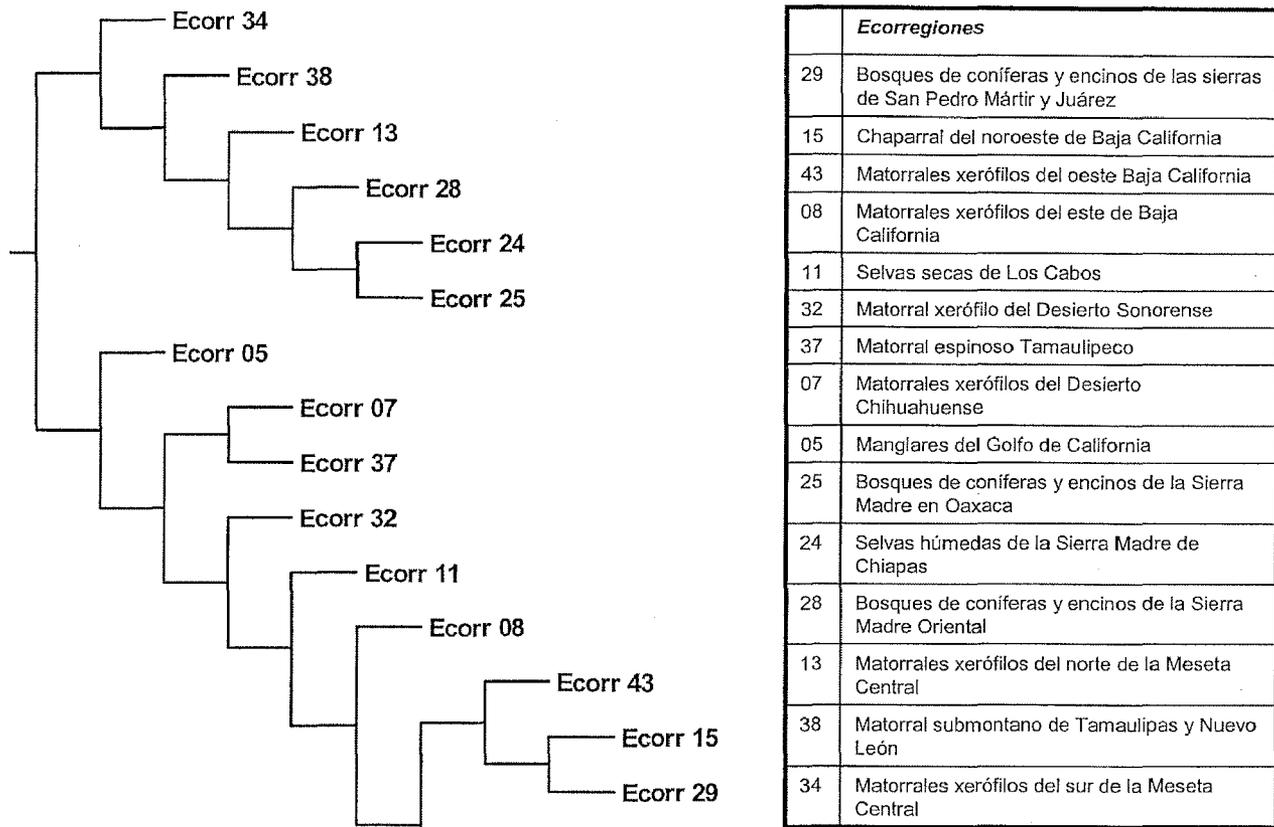


Fig. 15. Clado de las ecorregiones del Altiplano y Península de Baja California.

secas, el de los Bosques de coníferas-encinos de la Sierra de la Laguna y el de los Matorrales Xerófilos de Tehuacán, esta ecorregión está unida al clado que divide los manglares de ambas penínsulas contra los manglares del pacífico sur, de las marismas nacionales, Veracruz y los bosques de coníferas y encinos de la Sierra Madre de Chiapas (Fig. 17).

Discusión

Desde inicios del siglo XIX el territorio nacional ha sido dividido con base en diferentes criterios y parámetros, los cuales van del biológico, en donde se ha tomado en cuenta la distribución de las especies, tratando de describir sus áreas y patrones históricos de distribución, hasta aquellos que se basan en los aspectos fenéticos y ecológicos de las regiones, en los que se reconocen los patrones ecológicos de distribución. Con nuestros resultados, una vez corridas las

matrices, se puede observar que los Papilionoidea son un grupo idóneo para comparar y contrastar resultados previos, con base en otros taxones, para los tres casos de estudio (provincias, regiones y ecorregiones). Se advierte que nuestros resultados en su mayor parte concuerdan con los alcanzados por la CONABIO (1997); sin embargo, algunas inconsistencias que se encontraron se pueden deber a que a pesar de que se trata de un taxón con gran tradición en su estudio, aún faltan muchas regiones por ser estudiadas (Figs. 3 y 4) de una manera formal, a través de estudios faunísticos rigurosos. Muchas áreas están pobremente conocidas y aún faltan áreas por explorar para reconocer la distribución geográfica de numerosas especies, sobre todo las que presentan una distribución restringida o estenoeca con condiciones bióticas especializadas, tal vez un 50% de la lepidoptero fauna.

La megabase MARIPOSA está siendo y será un instrumento de gran valor, ayuda e importancia,

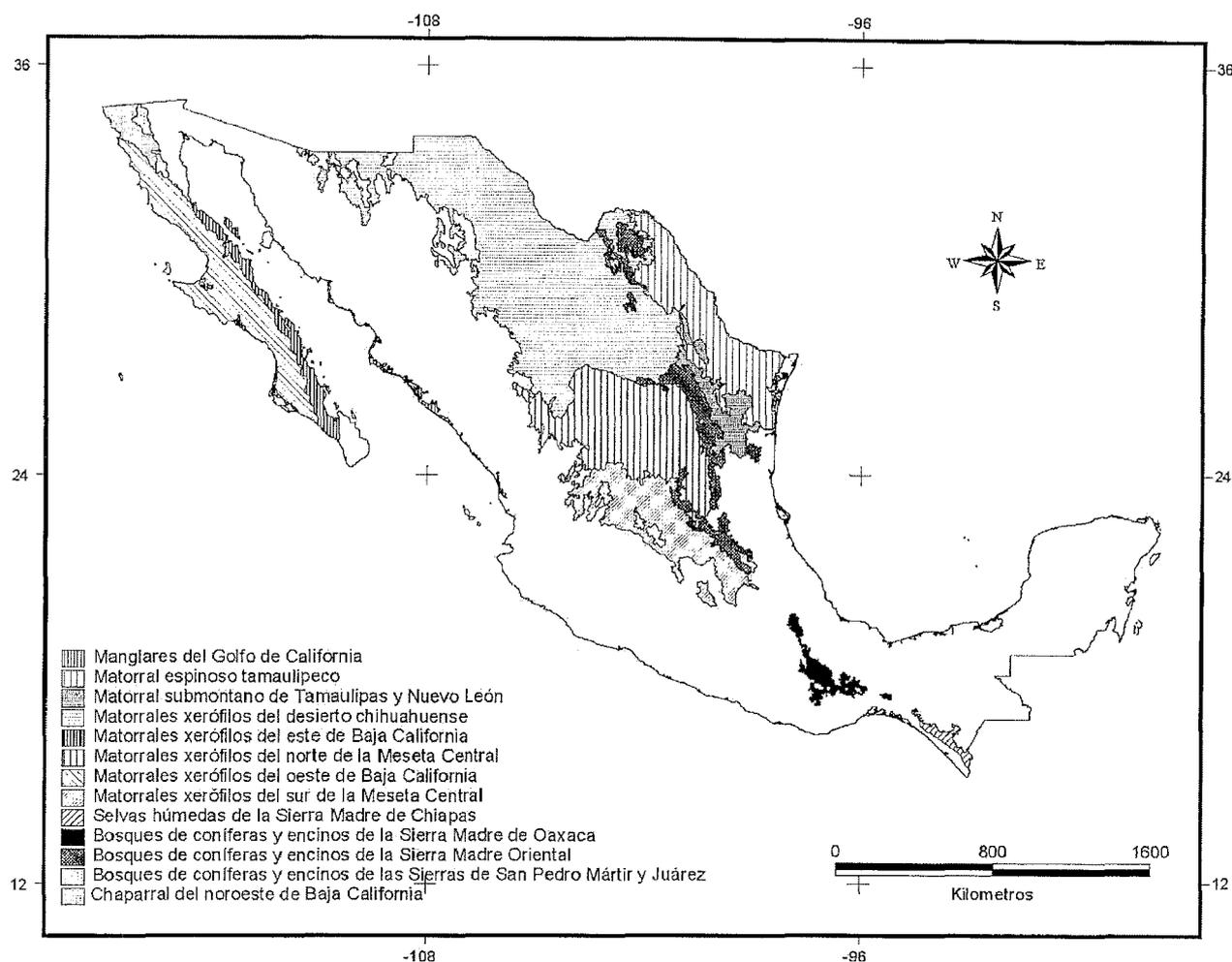


Fig. 16. Mapa de las ecorregiones del Altiplano y Península de Baja California.

pues además de reconocer las áreas que falta por recolectar y la calidad de recolecta de las que están conocidas, se pueden establecer hipótesis de distribución de taxones con base en modelos predictivos para la distribución geográfica y ecológica de las especies, a través de sistemas de información geográfica (SIG). Los SIG nos están permitiendo, con ayuda de la cartografía digitalizada, obtener generalizaciones de la ubicación de las especies y las condiciones ambientales que lo permiten, conduciendo de esta forma a detectar parámetros ambientales que influyen o determinan la distribución de la especies. A la fecha en pocos casos se cuenta con bases de datos confiables, que comprendan regiones amplias con gran cantidad de

registros de varios taxones. En muchas partes del mundo los curadores y asociados a las diferentes colecciones han comenzado a computarizar sus colecciones; sin embargo, la tarea aún está comenzando y experiencias como las que presentamos podrían ser de valor para acelerar la construcción de bases de datos y sus usos en la regionalización biogeográfica.

Es importante señalar que, a pesar del desarrollo de los sistemas de información geográfica y la cartografía digitalizada, con los cuales se puedan utilizar o generar programas para predecir la extensión y ubicación de áreas que potencialmente pueden ser utilizadas por las especies como parte del hábitat que utilizan, el elemento fundamen-

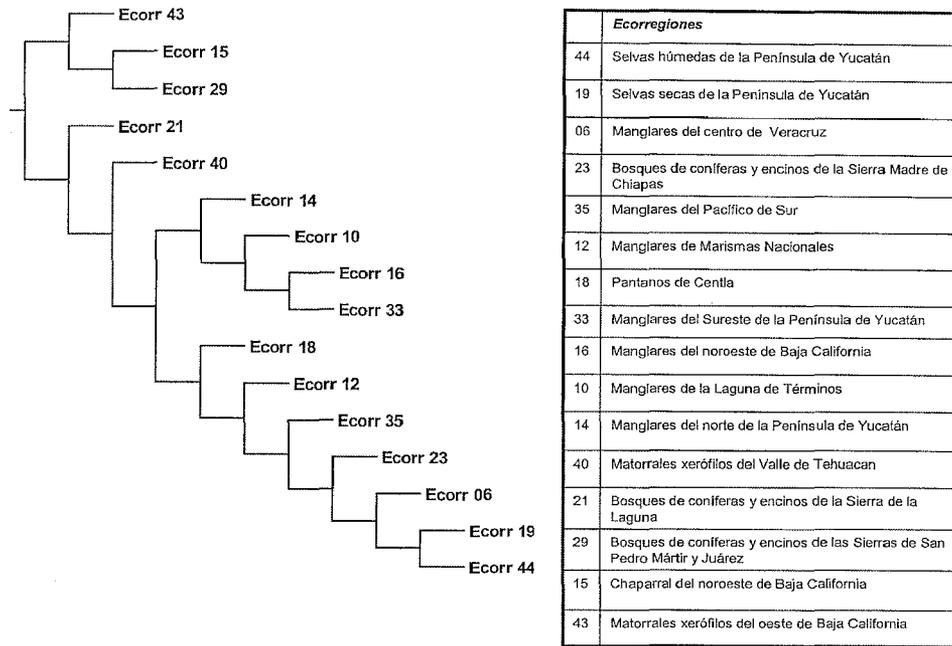


Fig. 17. Clado de las ecorregiones de las Penínsulas de Baja California y Yucatán (manglares y matorrales).

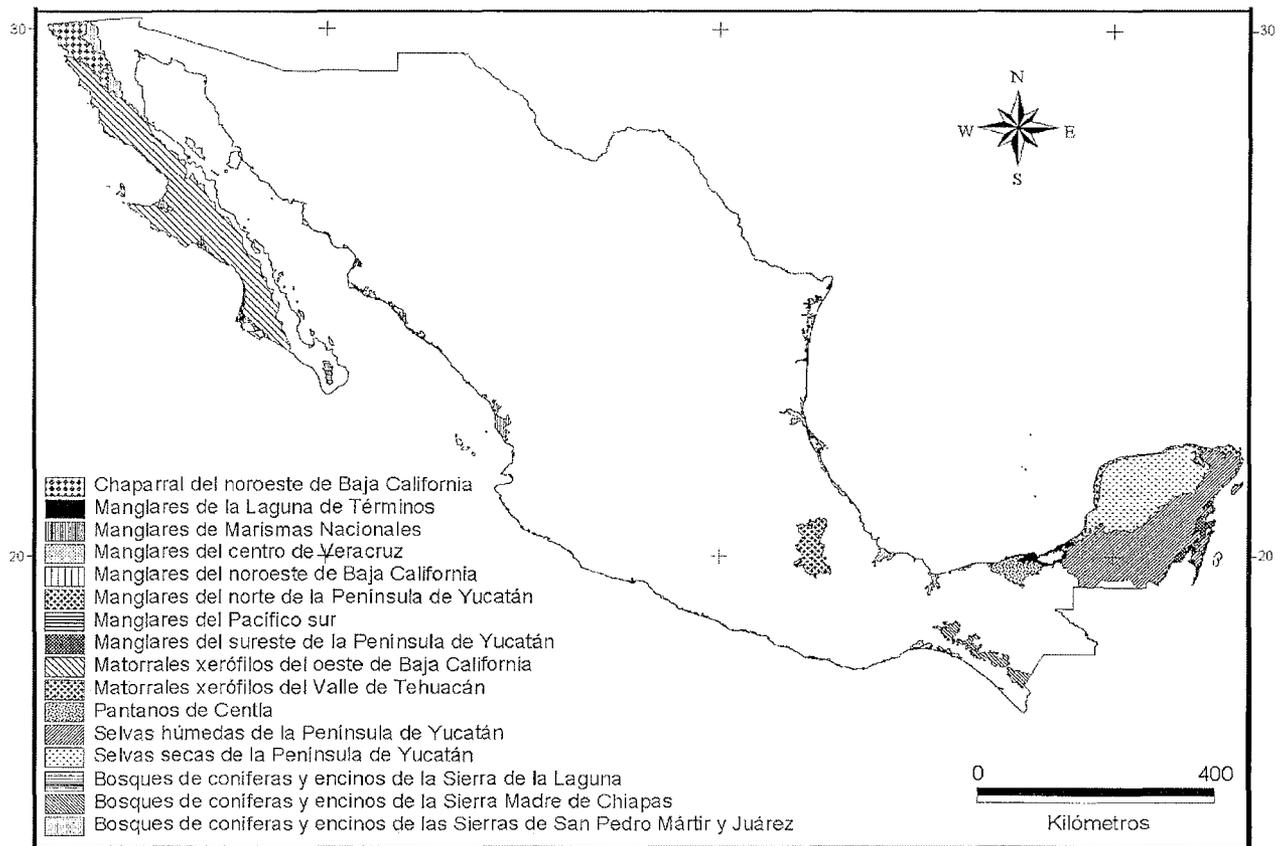


Fig. 18. Mapa de las ecorregiones de las Penínsulas de Baja California y Yucatán (manglares y matorrales).

tal sigue siendo la calidad de la información que está contenida en las etiquetas de los ejemplares depositados en las colecciones. En la actualidad existen millones de datos esparcidos en la literatura y en las diferentes colecciones a nivel mundial, que deben utilizarse y que, por no estar contenidos en bases de datos bien curadas, están careciendo de valor dentro de la nueva tecnología, ya que el funcionamiento de estos programas están basados en los puntos de presencia conocida de cada especie y los parámetros cartográficos asociados con estos puntos. Buena parte de la ciencia avanza cuando hay apoyos tecnológicos como éstos, que nos permiten convertir en rutinas de precisión lo que antes eran cálculos y aproximaciones groseras.

Agradecimientos

Agradecemos a Diana Jimena Castro Gerardino, Marysol Trujano Ortega, Ingrid Carolina Poveda Matallana y Camilo Andrés Rojas Parra por el apoyo en la elaboración de las ilustraciones, así como del apoyo recibido de los proyectos DGAPA IN-218502, PAPIIME 202504 y CONACYT 36488. De manera especial a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), cuyos proyectos A025, P063, P065, B150, H210, H209, J123, M099, T025, J083, R256 y V010 han sido de gran importancia para el desarrollo de la megabase MARIPOSA y por el desarrollo de su programa Biótica®. Gerardo Lamas, Bob Robbins y Curtis Callaghan a lo largo de estos años nos han apoyado en la elaboración de la lista taxonómica de los Papilionoidea de México.

Referencias

- Cervantes-Zamora Y., S.L. Cornejo-Olguín, R. Lucero-Márquez, J. M. Espinosa-Rodríguez, E. Miranda-Viquez y A. Pineda Velázquez.** 2003. Clasificación de Regiones Naturales de México, IV. 10. 2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4' 000, 000.
- CONABIO.** 1997. "Provincias biogeográficas de México". Escala 1:4 000 000. México.
- CONABIO.** 2003. Sistema de Información Biótica. Versión 4.1. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/> biotica_espagnol/doctos/acerca_biotica.html Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad.
- De la Maza, J. y R.G. De la Maza.** 1985a. La fauna de mariposas de Boca del Chajul, Chiapas, México. I. *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 9: 23-44.
- De la Maza, J. y R.G. De la Maza.** 1985b. La fauna de mariposas de Boca del Chajul, Chiapas, México. II. *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 10: 1-24.
- Escalante, T.E., J. Llorente, D.N. Espinosa y J. Soberón.** 2000. Bases de datos y sistemas de información: Aplicaciones en biogeografía. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 24(92): 325-341.
- Espinosa, D., J. Morrone, C. Aguilar y J. Llorente.** 2000. Regionalización biogeográfica de México: Provincias bióticas. Cap. 2, pp. 61-94. En: *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento Vol. II*. Fac. Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Flores, O. y P. Gerez.** 1989. *Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo*. INIREB-Conservation International. México, D.F.
- Halffter, G.** 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annu. Rev. Ent.*, 32: 95-114
- Kristensen, N.** 1976. Remarks on the family-level phylogeny of butterflies (Insecta, Lepidoptera, Rhopalocera). *Z. Zool. Syst. Evolutionsf.*, 14: 25-33.
- León, L., J. Llorente, H. Benítez, A. Navarro, O. Flores y A. Luis.** 1994. *El Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", 15 años de trayectoria académica*. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 81 p.
- Llorente, J.** 1984. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia del género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Ent. Mex.*, 58: 1-207.
- Llorente, J. y A. Luis.** 1992. Distribución de *Consul electra* (Westwood) y una nueva subespecie de México (Nymphalidae: Charaxinae; Anaeniini). *An. Inst. Biol., UNAM, Ser. Zool.*, 63 (2): 237-247.
- Llorente, J., A. Luis, I. Vargas y A.D. Warren.** 1996. Lista de las mariposas del estado de Jalisco, México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 46: 35-48.
- Luis, A. y J. Llorente.** 1990. Mariposas en el Valle de México: Introducción e Historia. 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, D.F., México. *Folia Ent. Mex.*, 78: 95-198.