

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"**

**Evaluación de la Importancia Biogeográfica del Parque  
Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl Zoquiapan aplicando  
análisis de trazos (Panbiogeografía).**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**B I O L O G A**

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

**ANA JOSEFINA ESCAMILLA JIMÉNEZ**

**DIRECTOR: M. en C. David N. Espinosa Organista**  
Adscripción: Carera de Biología, FES Zaragoza, UNAM.

**MÉXICO, D.F.**

**MAYO 2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

---

---

**DEDICATORIA**

**A DIOS**

Por prestarme la vida.

**A MIS PADRES**

**José Escamilla Vidals y Ernestina Jiménez Cruz**

Por su inagotable amor, comprensión, paciencia y valentía,  
pero sobre todo por estar siempre para sus hijos,  
por ser lo más grande que poseo, por ser mi alegría  
y la fuerza que me empuja a vivir. *Los amo.*

**A MIS HERMANOS**

**Maury, Ale, Foy, Ely y Lupita**

Por ayudarnos, alentarnos, cubrirnos, por que hemos luchado tanto  
pero siempre juntos y por que juntos hemos vencido todo.  
Especialmente para ti Ale por enseñarnos a ser fuertes, valientes,  
perseverantes, por enseñarnos a vivir.

**A MI NUEVA FAMILIA**

**Alex, Gerardo, Adri, Erick y Almendrita**

Por estar con nosotros en los momentos más difíciles,  
por su apoyo incansable y sus muestras de amor.

---

---

---

---

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México, FES Zaragoza** por la formación que me brindo y la oportunidad de superarme.

Al **M. en C. David N. Espinosa Organista** por compartir conmigo sus conocimientos, por su asesoría , pero especialmente por su infinita paciencia, confianza y comprensión.

A mis sinodales **M. en C. Eliseo Cantellano, M. en C. David N. Espinosa, Dra. Patricia Velasco, Dr. Alfredo Bueno** y **M. en C. Carlos Pérez** por dedicar un poco de su tiempo para mejorar esto que hoy concluyo.

A mis maestras, **Biól. Magdalena Ordóñez y Dra. Patricia Velasco**, por siempre impulsarme a seguir adelante, a desarrollarme profesionalmente, porque me han dado la oportunidad de contarlas como mis amigas y cómplices, muchísimas gracias por su invaluable ayuda e insistencia.

A **Eduardo González** por motivarme a terminar esto, por compartir conmigo sus conocimientos y proyectos de trabajo, por mostrarme lo que soy capaz de hacer, por contagiarme de su energía y ganas de triunfar, por hacerme sentir que yo puedo todo, por confiar en mi, por consentirme y ser mi amigo.

A mis amiguitos, con los que crecí y nos superamos juntos. **Ulises Beristain, Antelmo Ramírez, Elvira Hernández y Griselda Meléndez** porque me han hecho sonreír y alegrarme de verlos, a **Israel Domínguez, Alfredo Hernández, Enrique Salas, Genaro Montaña, Rigoberto Rodríguez y Yolanda Santiago**, por preocuparse y estar pendientes de mi y de este trabajo, porque me han ayudado a entender muchas cosas,

---

---

---

---

porque me han dado fuerzas para seguir adelante y no me han dejado caer cuando he pasado momentos tan difíciles, gracias por ser tan especiales.

Especialmente a **Julissa Rodríguez**, por todo lo anterior, por estar junto a mi en las buenas y en las malas durante tanto tiempo, por compartir las mismas metas y luchar para llegar a ellas, porque siempre, siempre he contado contigo y tu conmigo, gracias amiga.

**A TODOS GRACIAS!!!**

---

---

---



---

**CONTENIDO**

	<b>Págs</b>
<b>Contenido</b>	i
<b>Índice de figuras</b>	iii
<b>Índice de cuadros</b>	iv
<b>Resumen</b>	1
<b>Introducción</b>	2
<b>Antecedentes</b>	3
<b>Marco teórico</b>	8
<b>Zona de Estudio</b>	15
Ubicación y Fisiografía	15
Geología	17
Suelo	18
Hidrología	18
Clima	19
Flora	19
Fauna	21
<b>Justificación</b>	23
<b>Objetivos</b>	24
<b>Método</b>	25
Método Panbiogeográfico	25
Análisis de Complementariedad	28
Diversidad Filogenética	29
<b>Resultados</b>	32
Trazos Generalizados	32
Nodos Panbiogeográficos	37

---



---

Análisis de Complementariedad	43
Diversidad Filogenética	45
<b>Análisis de resultados</b>	47
<b>Conclusiones</b>	61
<b>Literatura citada</b>	63
<b>Anexo I</b>	78
<b>Anexo II</b>	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Págs</b>
1	Estructura y límite de las placas tectónicas	4
2	Localización del PNIPZ	16
3	Mapa de localidades analizadas	26
4	Provincias biogeográficas propuestas por Morrone	31
5	Traza generalizado 1	40
6	Traza generalizado 2	40
7	Traza generalizado 3	41
8	Traza generalizado 4	41
9	Traza generalizado 5	42
10	Nodos panbiogeográficos	42



---

---

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Págs</b>
1	Lista de localidades analizadas	30
2	Géneros y especies por trazo generalizado	36
3	Trazos generalizados que intervienen en cada nodo	39
4	Complementariedad de Humphries	43
5	Índice de Complementariedad de Colwell & Codington	44
6	Nodos panbiogeográficos ordenados según su prioridad	45
7	Diversidad filogenética por grupo de vertebrados y plantas	46
8	Nodos panbiogeográficos ordenados según su importancia	46

## RESUMEN

Con el fin de sentar las bases del conocimiento biológico, geológico y sistemático para la evaluación de la importancia biogeográfica del Parque Nacional Iztaccíhuatl, Popocatepetl, Zoquiapan y anexas se realizó un análisis Panbiogeográfico con veinticinco áreas similares ecológicamente a lo largo del continente Americano. Se elaboró una lista de especies de plantas vasculares, aves y mamíferos para cada área a partir de la consulta a las bases de datos de Colecciones Biológicas Científicas y de la revisión bibliográfica. La información taxonómica fue estandarizada, seleccionando 244 géneros y 560 especies totales. Se realizó un Análisis de Simplicidad de Endemismos para reconocer los trazos generalizados, mismos que se dibujaron en mapas de continente Americano y se superpusieron para localizar los nodos panbiogeográficos, se determinó el valor nodal a través de un Análisis de complementariedad y de Diversidad filogenética. Se encontraron cinco trazos generalizados distribuidos en la región Neártica y Neotropical, desde Estados Unidos hasta Chiapas, y siete nodos panbiogeográficos: 1. Izta - Popo Zoquiapan; 2. Cofre de Perote; 3. Chichinautzin; 4. El Chico; 5. El Triunfo; 6. Pico Tancítaro; 7. Sierra de San Carlos. Los nodos con mayor valor según los análisis aplicados fueron "El Triunfo" y "Sierra de San Carlos", sin embargo el nodo "Izta - Popo Zoquiapan" resulta ser un área importante para conservar a nivel regional por ser un buen representante de la diversidad biológica en comunidades alpinas y subalpinas del Eje Volcánico Transmexicano.

**Palabras clave:** *Biogeografía, Panbiogeografía, PAE, trazos, nodos, Iztaccíhuatl, Popocatepetl, áreas de conservación.*

## INTRODUCCIÓN

La ubicación latitudinal de la República Mexicana, su compleja fisiografía y clima, así como su historia geológica particular hacen del país un escenario propicio para la vida. El patrón latitudinal que establece un aumento progresivo de especies hacia el ecuador y que parece ser de carácter universal entre los macroorganismos no siempre se ajusta al caso de México, ya que se presenta una singular riqueza de especies entre los 19° y 20° de latitud norte, en el Eje Volcánico Transversal. De forma similar, el patrón de disminución de especies, conforme aumenta la altitud, se modifica por la gran riqueza del bosque mesófilo de montaña, ubicado entre los 900 y 2000 m sobre el nivel del mar (Toledo, 1994).

Los ambientes físicos de México incluyen una amplia variedad de cadenas montañosas y mesetas intercaladas, tierras bajas y planicies costeras. Como consecuencia, el país posee una gran variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están subdivididos por barreras geográficas o existen sólo en pequeños parques aislados. Esta diversidad geográfica y ecológica se refleja en un gran número de animales y plantas que viven en el país (Escalante *et al.*, 1998).

La biodiversidad que el país alberga se está perdiendo día con día a una velocidad impresionante, debido a la transformación de la naturaleza por contaminación, sobreexplotación de recursos y comercio ilegal de las especies. Sin embargo, esto ha estimulado al desarrollo e integración de las disciplinas relacionadas con el problema a fin de encontrarle solución, generando información confiable y precisa, basada en la investigación científica, a través de estudios que midan el valor de conservación de las especies y ecosistemas enteros.

Uno de los componentes más importantes de la biodiversidad es su dimensión espacial, ya que diferentes áreas del planeta poseen distintos niveles de representación de especies y taxones supraespecíficos (Morrone, 1999) y es aquí donde la biogeografía cumple un papel importante en la conservación, al ser la disciplina encargada de

analizar e interpretar los patrones de distribución de los seres vivos y los posibles procesos geológicos involucrados.

El análisis biogeográfico es el instrumento de mayor utilidad para el adecuado diseño de estrategias de conservación y uso sustentable de los recursos bióticos, al buscar los patrones de distribución espacial de los organismos y las coincidencias de los mismos (aquellos que comparten una historia común).

Los esfuerzos por conservar áreas naturales en México deben hacerse con una mayor orientación científica que valide la propuesta de conservación de cada área, fundamentada sobre estudios de patrones biogeográficos en la región misma, más que en extrapolaciones desde otras regiones (Peterson *et al.*, 1993). Así pues, el presente trabajo pretende contribuir al esfuerzo de conservación, proporcionando información sobre aquellas áreas de mayor importancia biogeográfica en América.

## ANTECEDENTES

La fauna y la flora mexicanas están muy influidas por el hecho de que el país está ubicado en la zona intermedia de los climas templado y tropical. En los límites entre las biotas Neártica y Neotropical se entrelazan las especies que se han extendido al norte o al sur durante una serie de intercambios. Sin embargo, la línea limítrofe no corresponde a ninguna barrera geográfica natural. Aun cuando la más antigua separación y el punto más angosto de la actual conexión terrestre entre Norte y Sudamérica es el istmo de Panamá, la biota neotropical se extiende más al norte de este punto y apenas en el sur de México empieza a ser reemplazada por las formas neárticas; en esta zona convergen las dos floras y faunas. Algunos autores trazan el límite irregular entre estos dos reinos biogeográficos a lo largo del parteaguas del grupo transversal de picos del Eje Volcánico Transmexicano (Rzedowski, 1978). Aunque como sugiere Ferrusquía (1998), los reinos se distinguen por su fisiografía, clima y vegetación. Así, el territorio nacional contiene un doble conjunto de especies: uno constituido por especies de afinidad boreal que por lo común ocupan y dominan las porciones montañosas, con climas templados y fríos, y otro conformado por especies de afinidad tropical que habitan las partes bajas o medias, con climas cálidos secos o húmedos (Fa y Morales, 1998).

Esta variación geográfica está ligada a la historia geológica del planeta; tiempo y espacio son dos factores que no deben dejarse de lado al momento de evaluar la biodiversidad (Crisci *et al.*, 2000). Se ha dicho que en biología no se entendería nada sin la teoría de la evolución de los organismos y ocurre lo mismo en el caso de la biogeografía sin la teoría de la tectónica de placas. La diversidad regional de México principalmente afín a los reinos Neotropical y Neártico es producto de la dinámica de la litosfera. Las placas que han tenido mayor influencia son la Norteamericana y la Sudamericana, la de Cocos, Farallón y la del Caribe (Ramamoorthy *et al.*, 1998) (fig.1).



Figura 1. Estructura de las grandes placas tectónicas y límite entre cada una de ellas.

No existe consenso acerca de los tiempos de llegada de los diversos elementos bióticos al escenario mexicano y necesariamente seguirán siendo objeto de especulación. Según Graham (1998), los elementos neárticos pueden en México preceder a los neotropicales, que parecen ser bastante recientes. Varios autores han identificado elementos mexicanos muy afines a grupos de Asia y África (Rzedowski, 1998; Sousa y Delgado, 1998; Wendt, 1998); es muy probable que algunos de estos elementos tropicales abundantes en especies de origen laurásico, hayan llegado directamente a México antes de irradiar a Sudamérica; posteriormente los descendientes sudamericanos de esos elementos pudieron haber invadido México desde el oligoceno y durante el Pleistoceno.

México ha sido un activo escenario de especiación de muchos taxa originados en otros lugares. La distribución dispersa de los centros de endemismo de varios grupos taxonómicos sugiere que la compleja historia geológica de México ha sido una importante fuerza evolutiva. Es indudable que durante la época de orogenia y construcción de montañas se fragmentaron la vegetación y las poblaciones ancestrales, el patrón de variación de muchos grupos sugiere una evolución por fragmentación. Más aún, muchos grupos de la flora y la fauna de México se consideran autóctonos (Graham, 1998).

El Eje Volcánico Transmexicano es un sistema joven que empezó a formarse durante el Terciario Temprano y sufrió su mayor levantamiento desde el Mioceno hasta

el Cuaternario. Dichas fluctuaciones fisiográficas y climáticas no sólo afectaron las tasas de especiación por la vía de la vicarianza, sino que produjeron una variedad de hábitats que facilitaron la propagación de las nuevas formas, a esto se añade la ubicación del sur de México en la confluencia de dos rutas de migración desde Centroamérica y las Antillas, de mayor a menor tránsito, y que operaron durante todo en Terciario. Una nueva y vasta zona de aportación de especies meridionales se hizo más accesible cuando al acercarse Sudamérica y Norteamérica quedó establecido el puente de Panamá, hace casi 2.4 millones de años (Graham, 1998).

La distribución de muchos grupos de animales y plantas indica que los centros de endemismo o abundancia de especies de varios grupos taxonómicos están dispersos. El Eje Volcánico Transmexicano y la Sierra Madre del Sur son dos zonas que pueden considerarse como centro de endemismos de muchos grupos. La topografía unida a la variabilidad climática ha producido numerosas islas biológicas que alojan muchos endemismos, por ejemplo las áreas alpinas (Ramamoorthy *et al.*, 1998).

Las elevaciones máximas que sobrepasan la cota de 4000 metros sobre nivel del mar se alinean, en su mayoría, a lo largo del paralelo 19° N aproximadamente (Rzedowski, 1994), y es hacia esta latitud que se encuentra el sistema montañoso denominado Eje Volcánico Transmexicano, entre los paralelos 19° y 20° N, del cual es parte un corredor de aproximadamente 100 km de longitud llamado Sierra Nevada, enclavado entre los estados de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala, compuesto por los volcanes Iztaccíhuatl, Popocatépetl y Tláloc.

Esta región de la cuenca de México es parte fundamental de la Sierra Nevada, constituyendo una importante área desde los puntos de vista, económico, social y ecológico.

Económicamente es fuente de diversos recursos naturales: agua, suelo, y recursos bióticos; que los habitantes del lugar y de las ciudades cercanas aprovechan directa o indirectamente en sus actividades económicas.

En lo social, esta área tiene cerca del 59 % de población urbana y 41 % de rural. Parte de esta población tiene posesión directa sobre los recursos tierra, agua y bosques

hasta una altitud de 3,600 m.s.n.m. Esta población aspira a un desarrollo social y económico, en el que los recursos naturales tienen un papel central, sobre todo los aspectos forestales y agrícolas (García del Valle, 1999).

En lo ecológico, la ubicación de esta área, en la transición entre dos regiones biogeográficas, la convierte en una especie de gran ecotono. Presenta una gran cantidad de ecosistemas y especies. Concentrando una gran diversidad de flora y fauna en un área relativamente pequeña, lo que la convierte en un sistema importante para la preservación de especies nativas.

Durante el año de 1935, se reconoció como área protegida parte de la Sierra Nevada, creándose el Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl, con base en su importancia como fuente de alimentación de las aguas de los ríos, manantiales y lagunas del valle de México y así mantener su régimen hidráulico, su cubierta de bosques, evitando la erosión de sus terrenos en declive y manteniendo el equilibrio climático de las comarcas vecinas (Vargas, 2000), cuyo límite inferior alcanzaba la cota de los 3,000 metros de altitud sobre el nivel del mar. El 11 de febrero de 1948, se modificaron los linderos del parque, quedando su cota de 3,600 m.s.n.m. en los cerros de Tláloc y Telapón y las montañas del Iztaccíhuatl y Popocatepetl, quedando con una superficie de 25,679 ha.

Por otro lado, el 19 de febrero de 1937 se crea el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas (Zoquiapan, Ixtlahuacán y Río Frío) considerando que los terrenos forestales correspondientes a dichas haciendas (19,418 ha), habían quedado comprendidos dentro de los límites del Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl (Vargas, 2000).

Los dos parques tienen gran importancia biológica y se consideran como un sistema de áreas protegidas reconocido como una Región Terrestre Prioritaria para la conservación de la Biodiversidad, la RTP 107 "Sierra Nevada". Por otro lado, es considerada un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA C-72) en virtud de su elevada riqueza avifaunística, lo que justifica la relevancia de su conservación. El 3.4% de los anfibios del país se representan en el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl Zoquiapan y anexas (PNIPZ) con 10 especies; el 4.3% de



reptiles con 30 especies; 11.5% de aves con 121 especies y 17.5% de mamíferos con 86 especies (Escamilla y Rodríguez, 2002).

La biodiversidad tiene una distribución espacio-temporal tanto en su evolución como en su existencia actual. El desafío para la biología de la conservación es documentar este carácter espacio-temporal y representar su estructura evolutiva, a través de un sistema de clasificación natural. En este contexto, el concepto de 'natural' es el mismo que se aplica en la sistemática, es decir que implica la monofilia de las unidades estudiadas, en otras palabras, áreas o grupos con una misma historia evolutiva. A través de la incorporación del concepto de 'naturalidad' será posible proveer un fundamento científico para establecer prioridades para la conservación (Morrone, 2000). De allí que la biodiversidad se relaciona íntimamente con la biogeografía. Nuevos desarrollos teórico-metodológicos en la biología comparada, como la sistemática filogenética de Hennig (1966) y la panbiogeografía de Croizat (1958, 1964), han permitido que se prestara una mayor atención a la influencia de procesos geotectónicos en la evolución espacial de la biodiversidad (Nelson & Platnick, 1981).

La biogeografía se encarga del estudio de los patrones espaciales de las especies, de su distribución y los procesos que le dieron lugar actualmente, y que se repiten entre taxones animales y vegetales, sugiriendo que comparten una historia común (Craw *et al.*, 1999), por lo que representa una herramienta indispensable para su conservación. Fundamentalmente, un análisis biogeográfico sirve a la conservación en tres sentidos, ofrece información sobre las áreas de mayor importancia florística y faunística; proporciona listas de especies amenazadas de extinción por la destrucción de sus hábitats y permite evaluar las áreas protegidas en función de la riqueza de la flora y fauna que alojan (Toledo, 1988).

Se considera que la biogeografía presenta dos vertientes, y una de ellas es la llamada biogeografía histórica que ha desarrollado los conceptos y métodos para estudiar la historia y la evolución de la biota a partir de la distribución actual de los organismos. Uno de los principales enfoques de la biogeografía histórica es la Panbiogeografía, desarrollado por Léon Croizat, quien pensaba que cualquier área

biogeográfica tenía dos etapas en su historia: la primera de *movilidad* y la segunda de *inmovilidad*. En ausencia de barreras geográficas, los organismos amplían su distribución y al presentarse eventos geológicos que fraccionen el área de distribución se produce una divergencia evolutiva, que frecuentemente conduce a la especiación (Croizat, 1958). Proceso conocido como vicarianza, a partir del cual se puede explicar el hecho de que haya especies de diferentes capacidades de dispersión en las mismas áreas biogeográficas.

---

---

## MARCO TEÓRICO

La Panbiogeografía fue desarrollada por Croizat en la década de 1950, con un subsecuente desarrollo de autores como Craw, 1979, 1982, 1983, 1988a, b; Craw & Weston, 1984; Page, 1987; Craw & Page, 1988; Grehan, 1988, 1989; Morrone & Crisci, 1990, 1995; Morrone, 1992, 1993; Morrone & Lopretto, 1994 y Craw *et al.*, 1999. Este enfoque enfatiza la importancia de la dimensión espacial o geográfica de la diversidad para un apropiado entendimiento de los patrones y procesos evolutivos. Se puede considerar como un enfoque que analiza los patrones de homología espacial. Croizat consideraba que la biogeografía como ciencia del espacio y tiempo tiene una relación estrecha con la geología, especialmente en sus aspectos históricos y tectónicos, pues la tierra y biota evolucionan juntas (Llorente *et al.*, 2000) y que la evolución en sí, es consecuencia de tres factores que trabajan de forma inseparable, *tiempo, espacio y forma*, con lo que restó importancia al papel de la dispersión a través de barreras y dio paso a la división de áreas ancestrales (Morrone y Crisci, 1990). La Panbiogeografía sostiene que una clasificación es natural solo después de ser evaluada su congruencia con relación al espacio, tiempo y forma. Según Craw *et al.* (1999) los supuestos panbiogeográficos que difieren de la biogeografía dispersionista y vicariansista son:

1. Los patrones de distribución constituyen una base de datos empírica para el análisis biogeográfico.
2. Los patrones de distribución proveen información acerca de dónde, cuándo y cómo evolucionan animales y plantas.
3. Los componentes espacial y temporal de estos patrones de distribución pueden ser representados gráficamente.
4. La correlación entre gráficos de distribución y atributos geológicos-geomorfológicos puede conducir a la formulación de hipótesis contrastables acerca de las relaciones históricas entre la evolución de las distribuciones y la historia de la Tierra.

El análisis de los patrones de distribución y las relaciones de homología espacial es llamado Análisis de Trazos e incluye cuatro principales conceptos: trazo, nodo, centro de masa y línea base.

El medio analítico utilizado es la construcción de trazos, grafos de distribución geográfica que permiten mediante su comparación descubrir patrones en la distribución de los organismos ya sean plantas o animales, los que a su vez permitirán comprender conjuntamente su diferenciación morfológica y su traslación en espacio (Llorente *et al.*, 2000).

La panbiogeografía utiliza los árboles de tendido mínimo como base de su método, al unir los puntos (taxones o áreas) bajo el criterio de la distancia mínima, a fin de reconstruir biotas ancestrales que se habrían fragmentado a través del tiempo mediante cambios geográficos. Este método es un algoritmo que da respuesta a la crítica estadística formulada una y otra vez a la biogeografía histórica en general, en relación con la falta de procedimientos de análisis que permitan discernir rigurosamente, de entre varias hipótesis, aquellas que aplican mejor los datos que las otras (Espinosa, *et al.* 2002). Consiste en marcar en un mapa las localidades donde se distribuye un taxón determinado, conectando los puntos marcados mediante la línea de menor distancia, denominada trazo individual. En los sitios donde se superponen varios trazos individuales se marca un trazo generalizado, lo que representa una homología geográfica, y patrones repetitivos de distribución, indicando una biota ancestral ampliamente distribuida en el pasado y actualmente fragmentada por eventos físicos (tectónicos, climáticos, cambios del nivel del mar, entre otros). Si dos o más trazos generalizados convergen en una misma área, ésta se identifica como un nodo, un área donde se encuentran distintos orígenes geológicos o bióticos (Morrone y Crisci, 1995), y es precisamente el concepto de “nodo” uno de los aportes más importantes de la Panbiogeografía.

Con la Panbiogeografía se pueden establecer trazos generalizados aún con pocos taxa, y es conveniente emplear taxones bien estudiados como vertebrados terrestres y plantas vasculares, a fin de evitar ambigüedades en los resultados obtenidos. Este

enfoque biogeográfico nos permite identificar centros de diversidad importantes para seleccionar áreas para su conservación en diferentes ecosistemas, al brindarnos argumentos históricos para la clasificación de las mismas.

El concepto básico del método panbiogeográfico es el *trazo*, una forma de representar la ubicación en el espacio geográfico de un taxón particular, el sector del espacio en el cual la evolución de ese taxón tiene lugar. La construcción de estos trazos permite realizar una comparación precisa entre los trazos de taxones individuales a fin de encontrar patrones de distribución (Craw *et al.*, 1999). Operativamente es una línea que conecta en un mapa las localidades o áreas de distribución disyunta de un taxón o de un grupo de taxones relacionados, de modo que la suma de los segmentos sea mínima, *árbol de tendido mínimo*, el cual para  $n$  localidades contiene  $n - 1$  conexiones (Espinosa y Llorente, 1993).

Pero por dónde comenzar a dibujar el árbol, los criterios que utilizó Croizat para orientar un trazo son: líneas de base, centros de masa y las interrelaciones filogenéticas, actualmente se usa también el criterio de la distancia geográfica mínima. La orientación de los trazos es el punto clave del método panbiogeográfico, pues representa la construcción de una primera hipótesis de la secuencia de las disyunciones implicadas en él (Espinosa y Llorente, 1993). A continuación se describen los criterios arriba mencionados:

*Línea de base.* Definida como el rasgo geológico o tectónico mayor que el trazo individual atraviesa. Puede incluir rasgos prominentes del paisaje (cuencas oceánicas, brazos de mar o cadenas montañosas) o estructuras geológicas no superficiales, que signifiquen división de áreas geológicas, climáticas o de continuidad de hábitat.

*Centro de masa.* Área de mayor diversidad morfológica, genética o ecológica del taxón considerado o su mayor diversidad taxonómica. En otras palabras, son las áreas de mayor riqueza de especies dentro de la distribución de un taxón superior.

*Información cladística.* Uniendo las localidades de cada especie con las de su grupo hermano.

*Distancia geográfica mínima.* Cuando se encuentran las dos localidades más cercanas que haya en la distribución de ciertos taxones se unen con una línea, luego, este par de localidades se conectan con la localidad más cercana por cualquiera de sus dos extremos, y así sucesivamente (Espinosa, *et al.* 2002).

La comparación de los trazos individuales que conciernen a las mismas áreas y comparten líneas de base o centros de masa homogéneos, da como resultado los *Trazos generalizados*. El trazo generalizado resume las réplicas en los patrones de distribución de diferentes grupos de organismos, formado a partir de la coincidencia de varios trazos individuales. Representa una hipótesis sobre la historia biogeográfica de la biota de la que forman parte los taxones estudiados (Zunino y Zullini, 2003). El patrón actual de un grupo de distribuciones antepasadas o biotas ancestrales fragmentadas por algún evento físico o geológico.

Los *Nodos* son los sitios donde dos o más trazos generalizados convergen, se caracteriza como una área particularmente compleja que representa fragmentos bióticos ancestrales o geológicos ancestrales de origen distinto pero que se relacionan en espacio y tiempo, debido, por ejemplo, a los movimientos de las placas tectónicas que forman áreas compuestas por dos distintas masas continentales (Morrone *et al.*, 1996). Un nodo puede mostrar una o varias características biológicas, tal como la presencia local de algunos organismos (endemismos), ausencia local (de taxones ampliamente distribuidos o dominantes en otros lugares), la diversidad filogenética, afinidades geográficas y los límites geográficos o filogenéticos de un taxón (Heads, 1990). Los nodos importantes, pueden exhibir la mayoría, si no todas, estas características.

La importancia relativa de los nodos puede ser sujeto de análisis biogeográficos acerca del número y tipo (homología) de trazos involucrados, y cómo ellos integran uno

u otro nodo, por intersección, extendiendo el límite (perímetro) del mismo (Craw *et al.*,1999).

Los nodos más importantes son llamados en ocasiones “gate” (puerta) ya que son puntos que conectan la historia pasada con la distribución de los organismos en el presente.

Los nodos son de interés biogeográfico porque representan localidades o áreas de distribución con diversas relaciones biogeográficas en términos geográficos y de afinidad filogenética, dado que corresponden al límite geográfico y filogenético de un taxón y porque evidencian la presencia local de endemismos. Estas propiedades corresponden a un elemento principal que define centros de biodiversidad, son pues considerados “hot spots” en un contexto biogeográfico (Craw *et al.*, 1999).

Dentro de la panbiogeografía existen diferentes técnicas para construir trazos, en los últimos años se han desarrollado programas de cómputo aplicables al campo de la biogeografía histórica, uno de ellos es el análisis de parsimonia de endemismos o PAE (Parsimony Analysis of Endemicity), herramienta que clasifica localidades basándose en sus taxones compartidos mediante la solución más simple o parsimoniosa, brindando un arreglo jerárquico de trazos panbiogeográficos (Crisci *et al.*, 2000). El PAE emplea un algoritmo de parsimonia con el propósito de obtener un cladograma de áreas, basado en los taxones que habitan las áreas (Rosen, 1988) llamado análisis de parsimonia de endemismos basado en localidades, el cual se aplica para establecer las relaciones de las localidades, asumiendo la existencia de una historia común entre éstas. La presencia compartida se trata como sinapomorfías y así se generan cladogramas a partir de matrices de datos de presencia/ausencia de datos distribucionales (Grehan, 2001). Sin embargo, se ha utilizado para distinguir áreas con patrones de distribución congruentes, para estimar la similitud biótica entre áreas o para establecer relaciones entre diferentes unidades biogeográficas (Morrone y Escalante, 2002).

Existen dos variantes más del PAE, modificaciones hechas a la metodología original, el llamado PAE basado en áreas de endemismo propuesto por Craw (1988a) y el PAE basado en cuadrículas propuesto por Morrone (1994).

El método del PAE basado en localidades consiste en la construcción de matrices de localidades por taxones, en las que las localidades representan las unidades de estudio. Para maximizar la resolución biogeográfica Rosen (1988) propone modificar la matriz de datos original teniendo en cuenta que: 1) cualquier taxón común a todas las localidades o presente sólo en una de ellas debe ser eliminado del análisis ya que resulta no informativo; 2) aquellas localidades que presenten escasas presencias en relación con las otras localidades analizadas deben ser eliminadas ya que la baja diversidad es interpretada en el análisis como primitiva; 3) aquellas localidades que presentan exactamente los mismos taxones deben ser consideradas como una unidad de análisis única (Crisci *et al.*, 2000).

Una vez contruidos los trazos generalizados e identificados los nodos panbiogeográficos, es necesario asignarles un valor con el fin de establecer prioridad entre ellos, este llamado *valor nodal* se asigna considerando el número de trazos generalizados que lo conforman, en otras palabras, el número de biotas diferentes que éste representa, su diversidad filogenética y los análisis de complementariedad.

La mayoría de los métodos para medir la biodiversidad describen la diversidad de especies considerándoles de igual manera, sin tomar en cuenta las *diferencias evolutivas* entre ellas. Este aspecto es resuelto con medidas de biodiversidad que cuantifican que tan diferentes o singulares son los organismos, con base en sus relaciones filogenéticas (genealógicas, relaciones ancestro-descendiente) y los diferentes modelos de evolución de caracteres (Moreno, 2001).

Esta manera de medir la biodiversidad tiene propiedades útiles, la cladística o la filogenética son medios que pueden ser usados para predecir características en los patrones de diversidad acerca de un taxón. En la evaluación de la conservación se da prioridad al subgrupo de especies que maximizan la diversidad jerárquica representada (Faith, 1994).



El concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de áreas. Dentro de los análisis de complementariedad aplicables a este trabajo tenemos el método de complementariedad de áreas de Humphries *et al.*, (1991) y el índice de complementariedad de Colwell & Coddington (1994).

En el método de Complementariedad de Áreas, el principio de complementariedad consiste en elegir dos áreas que juntas cuenten con la mayor diversidad posible, en donde la primera elección debe tener la mayor riqueza de especies, y la segunda elección debe ser el sitio con el mayor número de especies adicionales, es decir, aquellas no representadas en el primer sitio elegido.

Por otro lado, Colwell & Coddington (1994) sugieren un índice para definir el significado de la complementariedad de dos biotas. El Índice de Complementariedad (IC) puede ser usado como una medida de las especies compartidas entre diferentes áreas, sugiriendo que las comparaciones indican que algunas áreas comparten un mayor número de especies, por lo que a mayor valor del índice, mayor es la diferencia en la composición de dos áreas comparadas (Escobar, 2000).

## JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la diversidad biológica del país se puede precisar a partir de los inventarios de la flora y fauna de las diferentes regiones del mismo. Tales inventarios biológicos son necesarios para evaluar la biodiversidad, tanto a nivel específico como de ecosistema. De tal manera que esta información acumulada debe ser aprovechada para encontrar áreas cuya conservación y uso sustentable sea relevante, y aún posible, ante su rápida destrucción.

A causa de que los patrones de la biodiversidad constituyen un fenómeno esencialmente espacial, pues diferentes áreas del planeta poseen distintas especies y taxones de rango superior, resulta indispensable desarrollar programas que documenten dichos patrones a diferentes escalas espaciales (Morrone y Espinosa, 1998). Así pues, la biogeografía es una herramienta útil para analizar los patrones de distribución de los seres vivos, contribuyendo así para su conservación. De esta manera el presente trabajo hace uso de la Panbiogeografía con el fin de establecer la importancia para conservar ciertas áreas, en particular el Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl Zoquiapan y anexas con relación a otras áreas semejantes.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la importancia biogeográfica del Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl Zoquiapan y anexas, en relación con otras áreas ecológicamente similares, con base en un enfoque Panbiogeográfico.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- Establecer las relaciones biogeográficas del Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl Zoquiapan y anexas con otras áreas y la existencia de biotas ancestrales de grandes grupos de plantas y vertebrados terrestres mediante trazos individuales y generalizados.
- Establecer el valor nodal del área y su complementariedad con otras.
- Evaluar la importancia del área para su conservación en un contexto regional.

## MÉTODO

### MÉTODO PANBIOGEOGRÁFICO

Se seleccionaron 26 áreas ecológicamente similares al PNIPZ; 16 de la República Mexicana, dos de Colombia, dos de Costa Rica, una de Ecuador, una de Guatemala, una de Panamá, dos de Estados Unidos y una de Venezuela (cuadro 1). Las áreas geográficas se definieron con base a su altitud, por arriba de los 3,000 m.s.n.m. y cuyas coberturas vegetales fueran de Bosques Templados de Coníferas y Encinos, así como vegetación subalpina y fauna característica, a lo largo del Continente Americano (fig. 3).

Se elaboró una lista de especies para cada área, a partir de las consultas realizadas a las bases de datos de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) y a la Guía de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), todas disponibles vía Internet a través de la página de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, así como a diferentes proyectos desarrollados dentro de la misma, también se consultaron las bases de datos de Colecciones Biológicas Científicas elaboradas por los diferentes centros de investigación sobre biodiversidad en los distintos países con localidades en este trabajo. Asimismo se efectuó una revisión de la literatura sobre la flora y fauna de cada área.

La información taxonómica obtenida fue estandarizada a partir del Catálogo de Autoridades Taxonómicas para cada grupo, con el fin de validar la escritura correcta de la especie, sinonimias y la relación jerárquica de la especies a partir del reino, todo a través del Sistema de Información BIOTICA 4.1 desarrollado por la CONABIO.

Una vez revisados los taxones típicos de esos ambientes, tanto de plantas vasculares, aves y mamíferos, se seleccionaron 804 taxones; 244 géneros y 560 especies en total (anexo 1), las especies se seleccionaron tomando en cuenta que fueran grupos que tuvieran una distribución amplia, muy diversificados, con taxones endémicos y que

contaran con distintas capacidades de dispersión; a partir de una amplia revisión bibliográfica y de las principales colecciones del país.

Se trabajó con 249 géneros y especies de aves y mamíferos, pertenecientes a 31 y 16 familias respectivamente y 555 géneros y especies de plantas de 73 familias.



Figura 3. Mapa que muestra las localidades analizadas. MEX001. IztaPopo Zoquiapan; MEX002. Cerro Peña Nevada; MEX003. Cofre de Perote; MEX004. Chichinautzin; MEX005. El Chico; MEX006. El Triunfo; MEX007. Lagunas de Zempoala; MEX008. La Malinche; MEX009. Nevado de Colima; MEX010. Nevado de Toluca; MEX 011. Pico de Orizaba; MEX012. Pico Tancitaro; MEX013. Sierra San Pedro Martír; MEX014. Sierra de Juárez; MEX015. Sierra de San Carlos; MEX016. Omiltemi; MEX017. Tacaná; COL001. Sierra Nevada del Cocuy; COL002. Tolima; COR001. Cerro Chirripo; COR002. Volcán Irazú; ECU001. Chimborazo; GUA001. Volcán Tajumulco; PAN001. Volcán Barú; USA001. Rocky Mountains; USA002. Yosemite; VEN001. Parque Nacional Simón Bolívar.

Las coordenadas geográficas de cada localidad se convirtieron a grados decimales, de tal manera que fueran compatibles con un paquete del Sistema de Información Geográfica, con el fin de vincular los archivos de datos con la información cartográfica digitalizada usando el software ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999). Este programa emplea archivos con mapas digitalizados en formato *shapefile* (\* .shp), con lo que se obtuvo el mapa digitalizado de América con una proyección UTM (Universal Transversal Mercator) con el spheroide Clark 1866 y Datum Nad 27.

Posteriormente se registró la presencia y ausencia de los taxones elegidos en las áreas de estudio mediante la construcción de una Matriz básica de datos, cuadrática ( $r \times c$ ), donde  $r$  (renglones) representó las localidades, y  $c$  (columnas) a los taxones, la presencia y ausencia de estos últimos se codificó con un 1 y con 0 respectivamente.

La matriz fue sometida a un Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE) para reconocer los trazos generalizados (Craw *et al.*, 1999). Fue analizado con el programa Nona (Goloboff, 1993) y Winclada versión 0.9.99 beta (Nixon, 1999), obteniendo cinco cladogramas generales de áreas. Los árboles obtenidos fueron enraizados con un área hipotética codificada con ceros para todos los taxa. Para cada uno de los árboles las especies que lo definían (sinapomorfías) fueron eliminadas y de nuevo se corría la matriz con el mismo programa para la obtención de los nuevos árboles, así sucesivamente hasta que las áreas ya no presentaron especies compartidas. Cada árbol resultante en cada corrida fue transformado en un trazo generalizado.

Después de obtenidos los trazos generalizados, se dibujaron uniendo los puntos de distribución por la mínima distancia para construir los árboles de tendido mínimo, y orientándolos según el criterio de la distancia geográfica mínima y línea base. Los trazos se formaron uniendo los puntos de cada área entre sí. Esto se facilitó con la ayuda del ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999) que permite medir con exactitud la distancia entre una y otra área.

Una vez delineados los trazos se superpusieron los mapas que los contenían para encontrar los puntos de intersección. Al detectar las áreas de unión de dos o más trazos se marcaron en el mapa, reconociéndolas como nodos y nombrándolos según su ubicación, con base en la localidad de estudio más cercana y en las provincias biogeográficas (fig. 4) propuestas por Morrone *et al.* (2002), así mismo se determinó el valor nodal para cada uno de ellos, dado el número de trazos generalizados que lo conformaron, su diversidad filogenética y los análisis de complementariedad, evaluando así la importancia del PNIPZ, en comparación con la de otras áreas.

Asimismo, la aplicación del método Panbiogeográfico pudo facilitar la selección de áreas para conservar dado que sus prioridades se establecen por la cuantificación de trazos y valores nodales como medidas naturales de la biodiversidad en espacio y tiempo.

#### ANÁLISIS DE COMPLEMENTARIEDAD

Debido a que la conservación requiere preservar en un número mínimo de áreas la mayor diversidad biológica posible y los datos generados en este trabajo cuentan con la información necesaria para buscar un área que incremente al máximo posible la diversidad a otra área como complemento, se aplicó el método de complementariedad de áreas a los nodos panbiogeográficos obtenidos.

El método de complementariedad de áreas de Humphries *et al.*, (1991) une a aquellas áreas que se complementen, representando juntas un total de especies, por lo que el valor complementario de cada par de áreas se obtuvo contando el número de especies no compartidas entre ellas.

También se calculó el Índice de Complementariedad de Colwell & Coddington (1994) que se expresa de la siguiente manera:  $IC = a + b - 2j / a + b - j$ , donde: a = número de especies del área 1, b = número de especies del área 2, y j = número de especies compartidas entre las áreas 1 y 2.

Así, el valor de complementariedad varía de cero a uno. Cero, cuando las áreas indican coincidencia total de especies y por lo tanto no son complementarias, y uno, cuando se consideran áreas totalmente complementarias porque ninguna de sus especies coincide. Expresado esto de 0 a 100 %, significa el porcentaje de especies que son complementarias

## DIVERSIDAD FILOGENÉTICA

La biodiversidad puede ser evaluada desde el punto de vista de la conservación tomando en cuenta la riqueza de caracteres y su valor puede ser estimado usando los modelos filogenéticos o la riqueza de especies, entre otros (Humphries *et al.*, 1995).

La diversidad filogenética de un subgrupo de especies es definida como la suma de la longitud de todas las ramas que llevan a ellas en un cladograma (estimación de la filogenia) (Faith, 1994).

Este tipo de diversidad provee una estrategia general para cuantificar la representatividad de las diferentes categorías taxonómicas (Faith, 1992) y un arma para evaluar la conservación, aplicable sobre un rango de información real disponible, desarrollándose a partir de la información básica de clasificación y corroborando los patrones filogenéticos del taxón (Faith, 1994).

Para evaluar la biodiversidad desde un punto de vista genealógico se obtuvo la diversidad filogenética de cada nodo, contando el número de familias, géneros por familia, total de géneros y total de especies. De la misma forma, se obtuvieron los porcentajes de cada categoría taxonómica por nodo contemplando el total de ellas que participaron en cada nodo panbiogeográfico obtenido. Estos porcentajes de diversidad filogenética representan la información filogenética con la que cada especie contribuye al área donde se encuentra.

De esta manera, el nodo con una mayor representación taxonómica fue considerado como prioritario para ser conservado.



Cuadro 1. Localidades analizadas en este estudio, sistema montañoso al que pertenecen y literatura consultada.

Clave	Localidad	Sistema Montañoso	Fuente
MEX001	IztaPopoZoquiapan	Eje Volcánico Transmexicano	Base de datos de la Flora y Fauna del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepétl, Zoquiapan. Herbario, FES Zaragoza.
MEX002	Cerro Peña Nevada	Sierra Madre Oriental	Arita 1994, Benítez et al. 1999, Jiménez 1999, Lazcano 1996, Sánchez et al. 1998.
MEX003	Cofre de Perote	Eje Volcánico Transmexicano	Arita 1994, Jardel 1986, Narave 1985, Navarro et al. 1986, Ortega 1981, Sánchez et al. 1998.
MEX004	Chichinautzin	Eje Volcánico Transmexicano	Bueno y Espinosa 1988, Calderón 1990, Contreras y Urbina 1995, Márquez 1986, Ramos 2000, Vargas 1997.
MEX005	El Chico	Eje Volcánico Transmexicano	Galindo et al. 1988, Hernández 1995, Vargas 1997, Colección Ornitológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera"
MEX006	El Triunfo	Sierra Madre de Chiapas	Benítez 1999, Espinoza 1999, Long & Heath 1991, Williams 1991.
MEX007	Lagunas de Zempoala	Eje Volcánico Transmexicano	Hernández 1983, Luna et al. 1989, Ramírez 1969, Vargas Figueroa 1998, Vargas Márquez 1997, Colección Ornitológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera".
MEX008	La Malinche	Eje Volcánico Transmexicano	Benítez 1999, Chávez et al. 1990, Gómez et al. 1993, Vargas 1997.
MEX009	Nevado de Colima	Eje Volcánico Transmexicano	Benítez 1999, Vargas 1997.
MEX010	Nevado de Toluca	Eje Volcánico Transmexicano	Benítez 1999, García 1999, González 1986, Sandoval 1987.
MEX011	Pico de Orizaba	Eje Volcánico Transmexicano	Ávila 2000, Benítez 1999, Martínez 2000.
MEX012	Pico Tancítaro	Eje Volcánico Transmexicano	Arita 1994, Benítez 1999, García 1996.
MEX013	Sierra San Pedro Martír	Península de Baja California	Benítez 1999, Kratter 1992, Peinado y Bartolomé 1994, Vargas 1997.
MEX014	Sierra de Juárez	Sierra Madre del Sur	Arita 1994, Ortiz 1970, Sánchez 1986, Torres 1992.
MEX015	Sierra de San Carlos	Planicie Costera del Golfo	Arita 1994, Benítez 1999, Briones 1991, Martínez 1999, Martínez et al. 1994, Schmidly & Hendricks 1984, Colección Ornitológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera".
MEX016	Omiltemi	Sierra Madre del Sur	García 1988, Jiménez 1991, Luna y Llorente 1993.
MEX017	Tacaná	Sierra Madre de Chiapas	Martínez 1993, Sánchez et al. 1998.

COL001	Sierra Nevada del Cocuy	COA	Cleef 1983, Cleef 2002, Cuervo et al. 1986, INDERENA 1984, Eisenberg 1999, Luteyn 1999, Olivares 1973.
COL002	Tolima	Codillera de América Central	Cuervo et al. 1986, Eisenberg 1999, Luteyn 1999, Rangel & Garzón 2002.
COR001	Cerro Chirripo	Codillera de América Central	Cevallos y Simonetti 2002, Cleff & Chaverri 1992, Chaverri et al. 2002, Hartshorn & Poveda 1983, Kappelle 1996, Kappelle et al. 1992, Luteyn 1999, Rich & Rich 1983, Stiles 1983, Wilson 1983.
COR002	Volcán Irazú	Codillera de América Central	Luteyn 1999.
ECU001	Chimborazo	CRA	Cevallos y Simonetti 2002, Eisenberg 1999, Luteyn 1999, Mena et al. 2002, Sierra P. 1999, Sierra R. 1999.
GUA001	Volcán Tajumulco	Codillera de América Central	Islebe et al. 1994, Standley & Williams 1946-1977.
PAN001	Volcán Barú	Codillera de América Central	Angehr et al. 1997, Eisenberg 1999, Lozano et al. 2002, Luteyn 1999.
USA001	Rocky Mountains	ROM	Armstrong 1987
USA002	Yosemite	SNC	Arnos 1973
VEN001	Parque Nacional Simón Bolívar	CMA	Ceballos y Simonetti 2002, Eisenberg 1999, Linares 1998, Luteyn 1999, Rengifo 2000, Volkmar 1970.

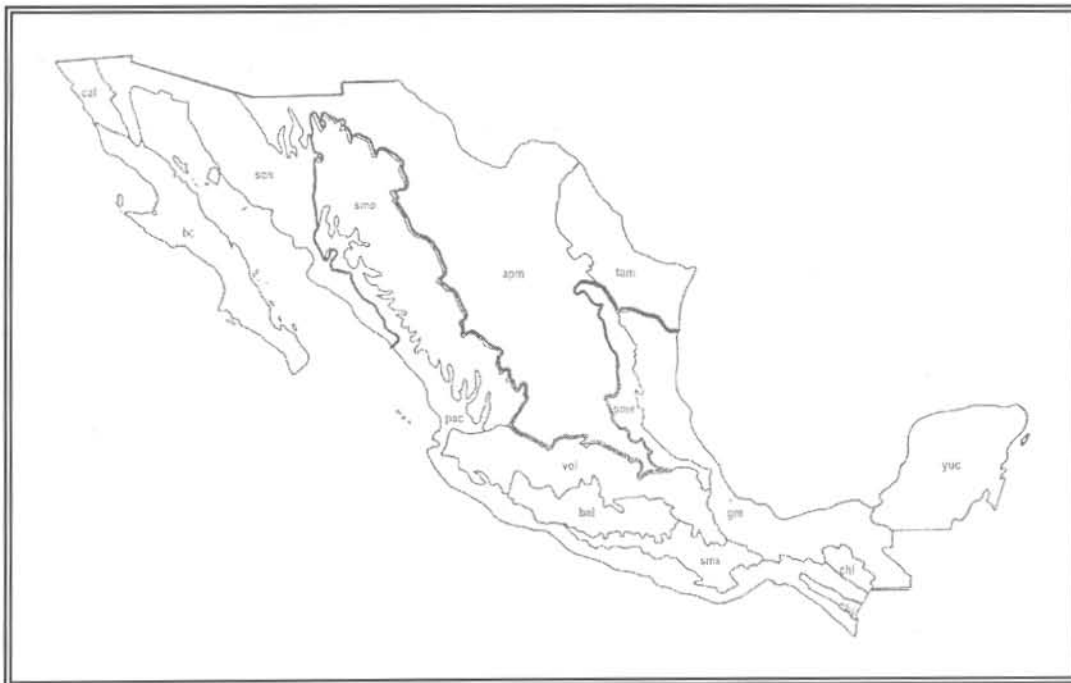


Figura 4. Provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.* (2002). (cal) California, (bc) Baja California, (son) Sonora, (smo) Sierra Madre Occidental, (amp) Altiplano Mexicano, (sme) Sierra Madre Oriental, (tam) Tamaulipas, (gm) Golfo de México, (pac) Costa del Pacífico Mexicano, (vol) Eje Volcánico Transmexicano, (bal) Depresión del Balsas, (sms) Sierra Madre del Sur, (chi) Chiapas, (yuc) Península de Yucatán. La línea oscura indica la separación entre la región Neártica (norte) y Neotropical (sur).

---

---

## RESULTADOS

### TRAZOS GENERALIZADOS

Una vez revisados los taxones de plantas vasculares, mamíferos y aves, se seleccionaron 804 taxa; 244 géneros y 560 especies, que se integraron a una Matriz Básica de Datos con el fin de obtener los trazos generalizados a través del PAE.

En el primer análisis a dicha matriz se obtuvo un cladograma de 2944 pasos, con un Índice de Consistencia (IC) de 27, y un Índice de Retención (IR) de 41, el cual se consideró como el **trazo generalizado 1**. El segundo análisis se llevó a cabo eliminando las especies que definieron al primer trazo y se produjo un cladograma de 2745 pasos, IC = 25, IR = 41, que definió el **trazo generalizado 2** y un segundo cladograma de 3384 pasos, IC = 20, IR = 23, que definió el **trazo generalizado 3**. Para el tercer análisis se eliminaron las especies de los trazos anteriores y se obtuvo un cladograma de 2691 pasos, IC = 20, IR = 40, mismo que compone el **trazo generalizado 4**. Mientras que en el cuarto análisis el cladograma fue de 2577 pasos, IC = 24, IR = 40, que constituye el **trazo generalizado 5**, los cladogramas resultantes del análisis se presentan en el anexo 2.

Tres de estos trazos generalizados se ubican tanto en la región Neártica como en la Neotropical, mientras que dos se encuentran solo dentro de la región Neotropical. Estos trazos los constituye diferentes especies compartidas como se puede ver en el cuadro 2, y se describen a continuación con base en las provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.*, (2002):

#### **Trazo generalizado 1** (fig. 5).

##### - PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS.

Se ubica dentro de la región Neártica y Neotropical, a través de las provincias de Tamaulipas, Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano, Sierra Madre del Sur y la provincia Sierra Madre de Chiapas.

- DISTRIBUCIÓN.

Se extiende desde el noreste al sur de México, desde el centro norte de Tamaulipas, Hidalgo, México, Puebla, centro de Veracruz, centro norte de Morelos, centro de Michoacán, pasa por el sur de Guerrero, noreste de Oaxaca y sureste de Chiapas.

- TAXONES: (Sinapomorfías)

Los taxones que lo constituye son plantas:

*Chenopodium ambrosioides*

*Ipomoea sp.*

*Physalis sp.*

**Traza generalizado 2 (fig. 6)**

- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:

Se ubica en la región Neotropical, a través de las provincias Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur.

- DISTRIBUCIÓN:

Se extiende del centro al suroeste de México, desde Hidalgo, México, Puebla, centro de Veracruz, centro norte y noroeste de Morelos, centro de Michoacán y sur de Guerrero.

- TAXONES: (Sinapomorfías)

Los taxones que lo integran son las siguientes plantas:

*Erigeron galeottii*

*Stachys coccinea*

**Traza generalizado 3 (fig. 7)**

- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:

Se ubica en la región Neotropical, a través de las provincias Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur.

- DISTRIBUCIÓN:

Se extiende del centro al suroeste del país, desde Hidalgo, México, Puebla, centro de Veracruz, centro norte de Morelos, centro de Michoacán y sur de Guerrero.

- TAXONES: (Sinapomorfías)

Los taxones que lo integran son once especies y un género de plantas:

*Tillandsia violacea*

*Lobelia nana*

*Dahlia coccinea*

*Eupatorium pycnocephalum*

*Stevia ovata*

*Salvia polystachya*

*Cologania sp.*

*Fucsia thymifolia*

*Clematis dioica*

*Ranunculus petiolaris trahens*

*Cestrum nitidum*

*Physalis orizabae*

**Traza generalizado 4 (fig. 8)**

- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:

Se ubica en la región Neártica y Neotropical, a través de las provincias de Tamaulipas, Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano, Sierra Madre del Sur y la provincia Sierra Madre de Chiapas.

- DISTRIBUCIÓN:

Se extiende desde el noreste al sur de México, desde el centro norte de Tamaulipas, sur de Nuevo León, Hidalgo, México, Puebla, centro de Veracruz, sur de Tlaxcala, centro norte y noroeste de Morelos, centro de Michoacán, sur de Jalisco, pasa por el sur de Guerrero, noreste de Oaxaca y sureste de Chiapas.

- TAXONES: (Sinapomorfías)

Los taxones que lo constituyen son cuatro especies de aves:

*Ergaticus ruber*

*Junco phaeonotus*

*Myioborus miniatus*

*Hylocharis leucotis*

**Trazo generalizado 5 (fig. 9)**

- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS:

Se ubica en la región Neártica y Neotropical, a través de las provincias Montañas Rocosas, California, Tamaulipas, Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano, y la provincia Sierra Madre del Sur.

- DISTRIBUCIÓN:

Se extiende desde los Estados Unidos hasta el centro y suroeste de México, desde el norte de Colorado, al noreste de California en Estados Unidos, pasando por el norte de Baja California, el centro norte de Tamaulipas, sur de Nuevo León, Hidalgo, México, Puebla, centro de Veracruz, sur de Tlaxcala, centro norte y noroeste de Morelos, sur de México, centro de Michoacán, sur de Jalisco y sur de Guerrero.

- TAXONES: (Sinapomorfías)

Los taxones que lo integran son cinco especies de aves:

*Thryomanes bewickii**Pheucticus melanocephalus**Carpodacus mexicanus**Regulus calendula**Sitta carolinensis*

Cuadro 2. Géneros y especies por trazo generalizado, indicando en que nodo participa cada uno de ellos.

GÉNEROS Y ESPECIES POR TRAZO GENERALIZADO	NODOS						
	1	2	3	4	5	6	7
TRAZO 1							
314 <i>Chenopodium ambrosiodes</i>	*		*		*	*	*
401 <i>Ipomoea</i>	*	*			*	*	*
778 <i>Physalis</i>	*	*	*		*	*	*
TRAZO 2							
364 <i>Erigeron galeottii</i>	*		*	*		*	
573 <i>Stachys coccinea</i>	*	*	*	*		*	
TRAZO 3							
276 <i>Tillandsia violacea</i>	*	*		*			
282 <i>Lobelia nana</i>	*	*		*		*	
359 <i>Dahlia coccinea</i>	*	*	*				
374 <i>Eupatorium pycnocephalum</i>	*	*		*			
393 <i>Stevia ovata</i>	*		*	*			
569 <i>Salvia polystachya</i>	*		*	*			
579 <i>Cologania</i>	*		*	*		*	
615 <i>Fuchsia thymifolia</i>	*		*			*	
690 <i>Clematis dioica</i>	*			*		*	
699 <i>Ranunculus petiolaris trahens</i>	*	*		*		*	
773 <i>Cestrum nitidum</i>	*		*			*	
779 <i>Physalis orizabae</i>	*	*		*		*	

TRAZO 4							
37 <i>Ergaticus ruber</i>	*	*	*	*		*	
41 <i>Junco phaeonotus</i>	*	*		*	*	*	
43 <i>Myioborus miniatus</i>	*	*	*	*	*	*	
152 <i>Hylocharis leucotis</i>	*	*	*	*	*	*	
TRAZO 5							
29 <i>Thryomanes bewickii</i>	*		*	*		*	*
48 <i>Pheucticus melanocephalus</i>	*		*	*		*	*
66 <i>Carpodacus mexicanus</i>	*		*	*		*	
110 <i>Regulus calendula</i>	*	*	*	*		*	*
112 <i>Sitta carolinensis</i>	*			*		*	

## NODOS PANBIOGEOGRÁFICOS

De la sobreposición de los trazos generalizados, se detectaron siete nodos, uno en la región Neártica y seis en la región Neotropical. El número máximo de trazos generalizados que intervinieron en los nodos fue de cinco, es decir, el total de dichos trazos, como lo fue para los nodos 1. Izta-Popo Zoquiapan, 2. Cofre de Perote, 3. Chichinautzin, 4. El Chico y 6. Pico Tancítaro (cuadro 3). Los nodos están representados en un mapa (fig. 10) de acuerdo con las provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.* (2002) y se describen enseguida.

### Nodo 1: Izta - Popo Zoquiapan

- UBICACIÓN: se encuentra entre los estados de México, Puebla, Morelos y Tlaxcala.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: se ubica en la porción Este de la provincia Eje Volcánico Transmexicano.
- TRAZOS GENERALIZADOS: los cinco trazos generalizados intervienen en este nodo.



### **Nodo 2: Cofre de Perote**

- UBICACIÓN: se encuentra en la parte central del estado de Veracruz.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: se ubica en la porción Este de la provincia Eje Volcánico Transmexicano.
- TRAZOS GENERALIZADOS: los cinco trazos generalizados intervienen en este nodo.

### **Nodo 3: Chichinautzin**

- UBICACIÓN: se encuentra en el centro norte del estado de Morelos.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: se ubica en la porción Centro de la provincia Eje Volcánico Transmexicano.
- TRAZOS GENERALIZADOS: los cinco trazos generalizados intervienen en este nodo.

### **Nodo 4: El Chico**

- UBICACIÓN: se encuentra en el centro del estado de Hidalgo.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: se ubica en la porción Centro de la provincia Eje Volcánico Transmexicano.
- TRAZOS GENERALIZADOS: intervienen los cinco trazos generalizados.

### **Nodo 5: El Triunfo**

- UBICACIÓN: se encuentra en el sureste de Chiapas.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: se ubica en la porción Sur de la provincia Chiapas.

- TRAZOS GENERALIZADOS: los trazos generalizados que intervienen en este nodo son en trazo 1 y trazo 4.

### Nodo 6: Pico Tancítaro

- UBICACIÓN: se encuentra en el centro del estado de Michoacán.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: se ubica en la porción Oeste de la provincia Eje Volcánico Transmexicano.
- TRAZOS GENERALIZADOS: intervienen los cinco trazos generalizados.

### Nodo 7: Sierra de San Carlos

- UBICACIÓN: se encuentra en el centro norte del estado de Tamaulipas.
- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: es el único nodo ubicado en la región Neártica, en la porción Suroeste de la provincia Tamaulipas.
- TRAZOS GENERALIZADOS: los trazos generalizados que participan en este nodo son los trazos 1, 4 y 5.

Cuadro 3. Trazos generalizados que intervienen en los distintos nodos.

NODOS	TRAZOS GENERALIZADOS				
	1	2	3	4	5
1. Izta - Popo Zoquiapan	*	*	*	*	*
2. Cofre de Perote	*	*	*	*	*
3. Chichinautzin	*	*	*	*	*
4. El Chico	*	*	*	*	*
5. El Triunfo	*			*	
6. Pico Tancítaro	*	*	*	*	*
7. Sierra de San Carlos	*			*	*

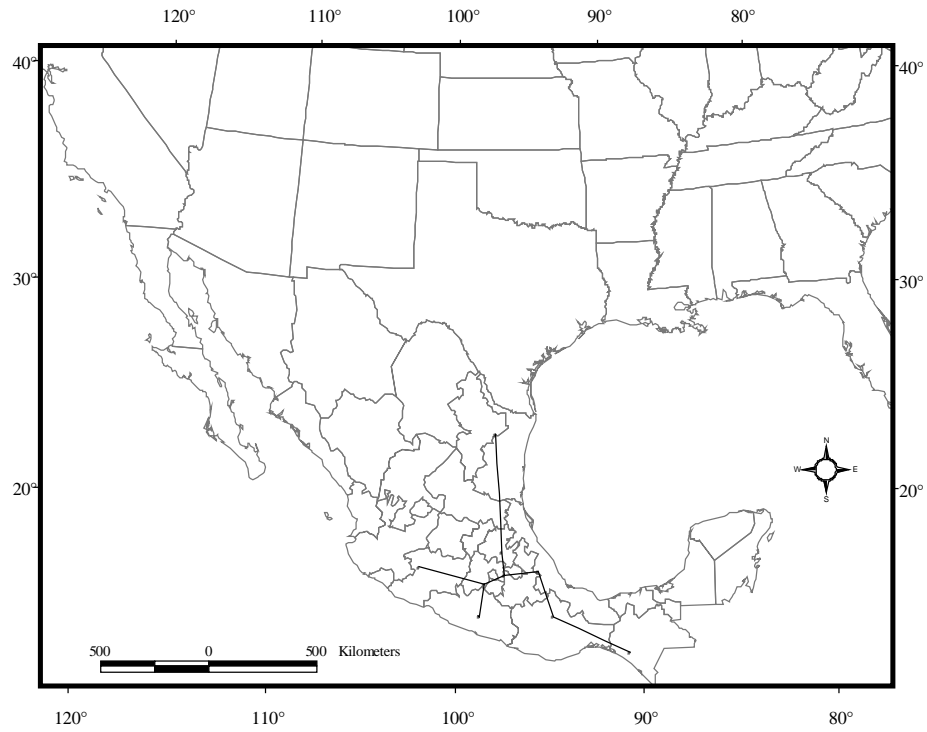


Figura 5. Trazo generalizado 1.

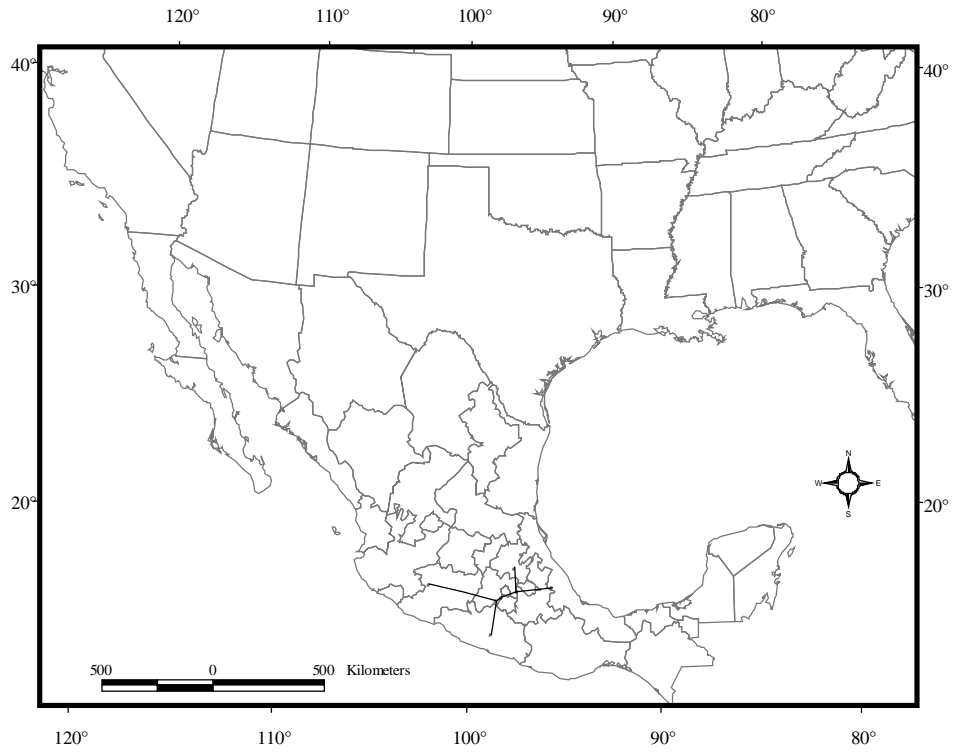


Figura 6. Trazo generalizado 2.

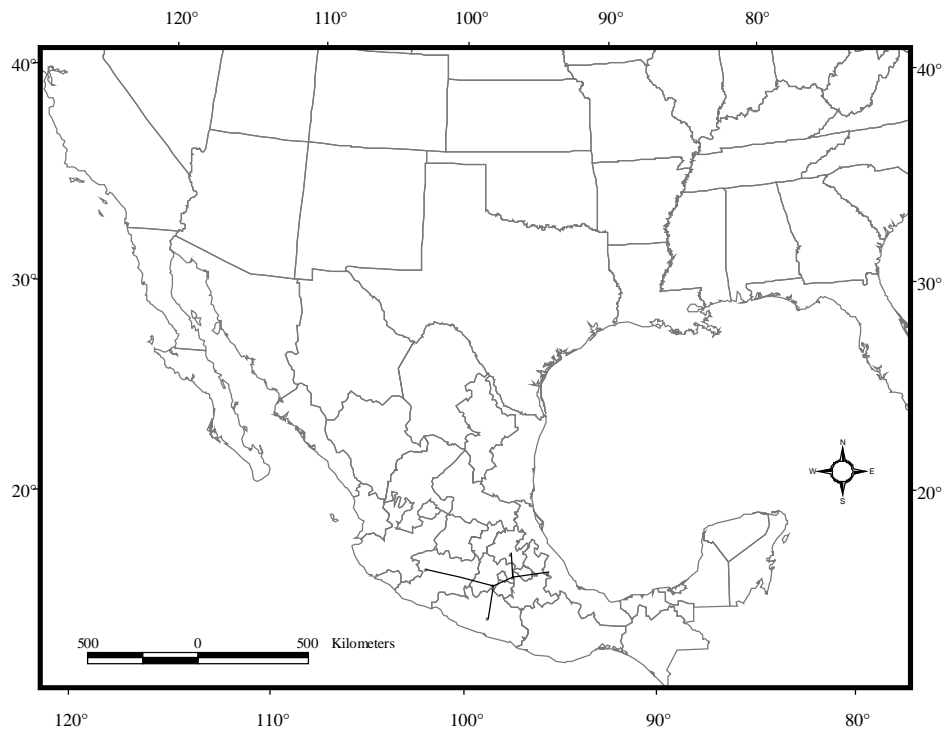


Figura 7. Trazo generalizado 3.

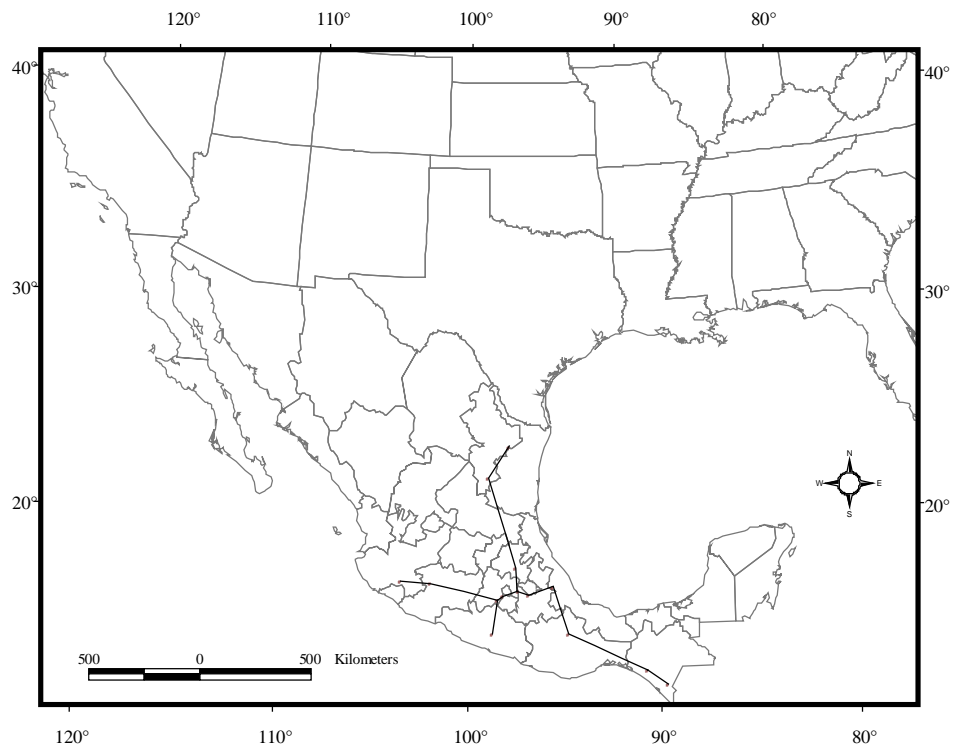


Figura 8. Trazo generalizado 4.

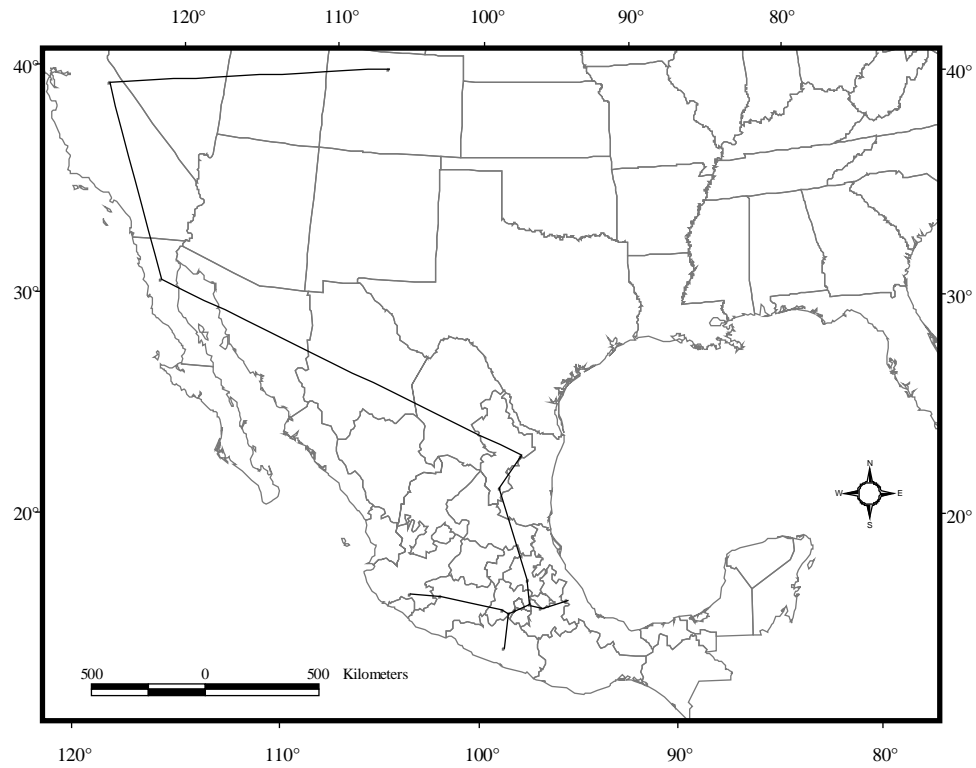


Figura 9. Trazo generalizado 5.

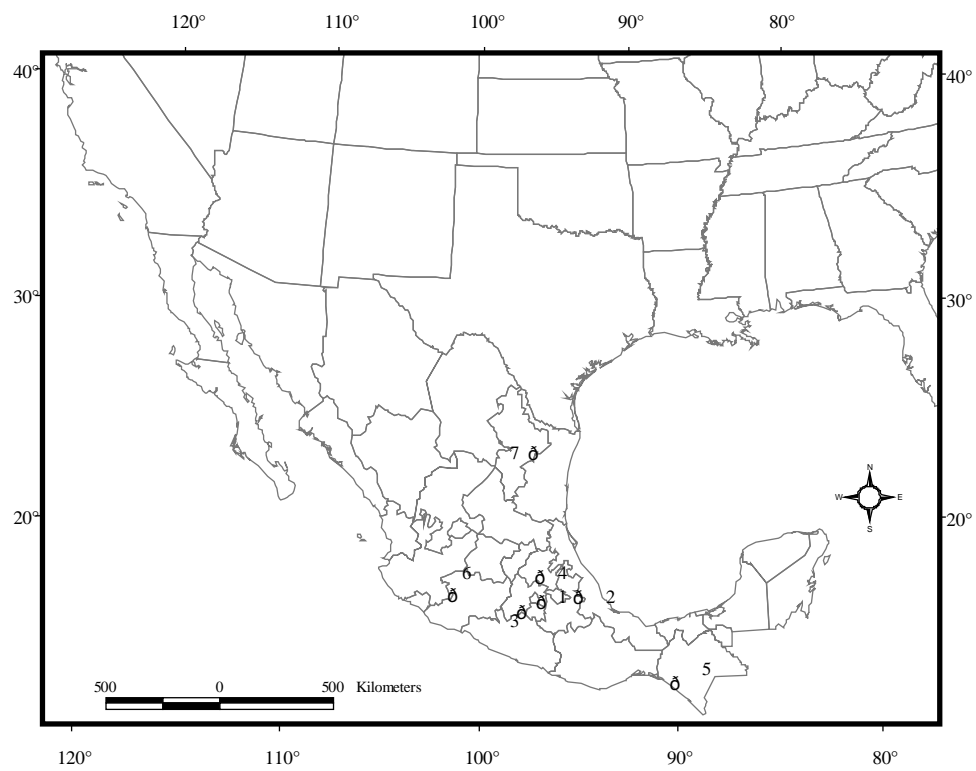


Figura 10. Nodos panbiogeográficos obtenidos de la sobreposición de los cinco trazos generalizados. 1. Izta-Popo Zoquiapan, 2. Cofre de Perote, 3. Sierra de Chichinautzin, 4. El Chico, 5. El Triunfo, 6. Pico Tancítaro, 7. Sierra San Carlos.

## ANÁLISIS DE COMPLEMENTARIEDAD

Se aplicó el método de complementariedad a los nodos, de acuerdo con Humphries *et al.*, (1991), considerando un total de 560 especies, al ser éste el número de especies que participan en el establecimiento de los siete nodos panbiogeográficos. En el cuadro 4 se puede observar que los nodos con complementos residuales menores son el nodo 5. “El Triunfo” con un complemento de 87, el nodo 7. “Sierra de San Carlos” con 128 especies complementarias y el nodo 3. “Chichinautzin” con 190 especies.

Cuadro 4. Complementariedad de Humphries *et al.*, (1991). Especies por nodo y complementos residuales por nodo, obtenidos a partir de 560 especies totales.

<b>NODOS</b>	<b>Número total de especies por nodo</b>	<b>Complemento residual</b>
1. Izta - Popo	560	0
2. Cofre de Perote	608	198
3. Chichinautzin	341	190
4. El Chico	655	329
5. El Triunfo	1148	87
6. Pico Tancítaro	680	214
7. Sierra de San Carlos	716	128

De igual forma, se obtuvo el Índice de Complementariedad de Colwell & Coddington (1994) con el fin de encontrar la complementariedad entre cada par de nodos. Cabe recordar que su valor varía de cero a uno. Cero, cuando las áreas indican coincidencia total de especies y por lo tanto no son complementarias, y uno, cuando se consideran áreas totalmente complementarias porque ninguna de sus especies comparten.

De tal análisis se encontraron nueve pares con un IC de entre 0.92 y 0.97, valores muy próximos a 1, lo que indica nueve pares de nodos casi complementarios en su totalidad (cuadro 5), mismos que pueden considerarse como áreas importantes para conservar, cabe destacar que El Triunfo aparece cinco veces dentro de estos pares de áreas analizados, mientras que el PNIPZ sólo interviene una vez. Dentro de los pares de nodos con un IC de 0.82 a 0.89 el Pico Tancítaro interviene cinco veces y el PNIPZ una vez solamente.

Cuadro 5. Índice de Complementariedad de Colwell & Coddington (1994), obtenido del análisis a cada par de nodos panbiogeográficos.

	NODOS						
	1	2	3	4	5	6	7
1	---	0.796	0.733	0.629	0.946	0.791	0.888
2	---	---	0.964	0.928	0.920	0.897	0.886
3	---	---	---	0.868	0.942	0.834	0.931
4	---	---	---	---	0.967	0.828	0.934
5	---	---	---	---	---	0.893	0.940
6	---	---	---	---	---	---	0.886
7	---	---	---	---	---	---	---

Tanto el método de Humphries *et al.*, (1991) como el IC de Colwell & Coddington (1994) fueron aplicados para proponer prioridad y complementariedad de los nodos, evaluando así la importancia del PNIPZ, en comparación con la de otras áreas.

## DIVERSIDAD FILOGENÉTICA

Cabe resaltar que los dos nodos con mayor diversidad filogenética se encuentran entre las tres áreas prioritarias encontradas con el método de complementariedad. Tomando en cuenta el número de especies, géneros y familias que participan en cada nodo panbiogeográfico, el nodo con una mayor representatividad filogenética es el número 5. “El Triunfo” con 1148 especies repartidas en 735 géneros y 187 familias, tanto de plantas como de aves y mamíferos (cuadro 7). El nodo con una menor representación filogenética es el número 3. “Chichinautzin” con sólo 341 especies de 222 géneros, pertenecientes a 81 familias totales (cuadro 6).

Cuadro 6. Nodos panbiogeográficos ordenados según su prioridad con base en la diversidad filogenética, según el total de familias, géneros y especies que participaron en el análisis.

NODOS	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
5. El Triunfo	187	735	1148
7. Sierra de San Carlos	155	511	716
6. Pico Tancítaro	150	423	680
2. Cofre de Perote	149	428	608
1. Izta - Popo	118	347	560
4. El Chico	110	360	655
3. Chichinautzin	81	222	341



Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies de cada grupo de vertebrados y plantas vasculares por nodo panbiogeográfico. Las familias y géneros mejor representados en cada nodo para cada grupo fueron señalados con un asterisco (\*).

NODOS	AVES			MAMÍFEROS			PLANTAS		
	Familias	Géneros	Especies	Familias	Géneros	Especies	Familias	Géneros	Especies
1. Izta - Popo	31	46	105	16	34	70	71	237	385
2. Cofre de Perote	25	75	96	25*	82*	143	99	271	369
3. Chichinautzin	28	108	176	9	10	10	44	104	155
4. El Chico	25	65	84	14	31	45	71	264	526
5. El Triunfo	45*	273*	381	25*	70	112	117*	392*	655
6. Pico Tancítaro	45*	166	256	19	55	96	86	202	328
7. Sierra San Carlos	38	125	162	23	70	108	94	316	446

Finalmente se presenta un cuadro de resumen (cuadro 8) con cada uno de los criterios útiles para determinar el valor de cada nodo panbiogeográfico obtenido.

Cuadro 8. Nodos panbiogeográficos ordenados de forma descendente según su importancia para la conservación de acuerdo con los métodos utilizados para fijar prioridad a cada uno de ellos.

HERRAMIENTAS PARA ESTABLECER PRIORIDAD NODAL			
Trazos Generalizados	Complementariedad de Humphries <i>et al.</i> , (1991)	IC de Colwell y Coddington (1994)	Diversidad Filogenética
1	5	4 - 5	5
2	7	2 - 3	7
3	3	1 - 5	6
4	2	3 - 5	2
6	6	5 - 7	1
7	4	4 - 7	4
5		3 - 7	3
		2 - 4	
		2 - 5	

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La diversidad de organismos y comunidades de una región dada es la resultante de la acción de diferentes factores que han promovido la evolución y la diversificación de los organismos y su permanencia en el tiempo y espacio, entre estos factores podemos mencionar los aislamientos, hibridaciones, migraciones, o bien factores físicos como el sustrato geológico, la topografía, suelo y clima, entre otros (González M., 1998).

En algunos casos, la relación entre la distribución de las comunidades y de las especies, del sustrato geológico y clima, son evidentes, pero el tipo de distribución que presentan algunas comunidades son un tanto difíciles de explicar, si no es por medio de factores de tipo histórico que en conjunto contribuyen a explicar la riqueza y diversidad de la biota de un lugar.

La Panbiogeografía es un método que ayuda a reconstruir el proceso de fragmentación de las biotas ancestrales, al reconocer en la distribución actual de los organismos relictos de las distribuciones ancestrales, reconociendo a un nodo como un área con una mezcla de orígenes, una riqueza histórica y específica, así como un número importante de taxones únicos que merecen atención.

Según la teoría de la Tectónica de Placas, al término de la era Paleozoica e inicio de la Mesozoica (hace 200 ma), la Pangea comenzó a fraccionarse y los fragmentos resultantes, transportados en una placa tectónica, comenzaron a derivar y a apartarse entre sí. Más tarde, a lo largo del Jurásico, Cretácico y el Terciario, cada uno de esos fragmentos se fraccionaron lentamente, hasta establecerse la distribución actual de los continentes y océanos.

El constante movimiento de los continentes provocaba que ambos litorales de México, sobre todo el Atlántico, hayan estado sujetos a emersiones e inmersiones marinas, lo que trajo como consecuencia que la línea de costa se haya retirado varias veces de la actual, provocando un cambio climático regional y de la superficie de las planicies costeras. Durante las emersiones se produjo un incremento del efecto de continentalidad haciendo los climas de tierra adentro más

extremosos, aunque regionalmente o localmente estas generalizaciones pudieron variar a causa de la topografía (González M., 1998).

México, país montañoso, ha tenido en diferentes épocas procesos de orogenia a partir de los cuales se han desarrollado los macizos montañosos de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Chiapas, así como planicies, mesetas y depresiones, las que junto con los procesos de volcanismo que dieron origen al Eje Volcánico Transmexicano conformaron finalmente el marco geográfico de nuestro país. Al aislar las biotas, esta separación comenzó a diferenciarlas, pues antes de esta separación la biota era casi cosmopolita, sobre todo la flora. Es por ello que se dice que tales procesos han determinado la distribución actual de los organismos.

Como resultado del presente análisis panbiogeográfico se obtuvieron cinco trazos generalizados, la mayoría pasan a través de la Sierra Madre Oriental y el Eje Volcánico Transmexicano, lo cual sugiere una fuerte relación entre estas regiones. El Parque Nacional Izta - Popo Zoquiapan pertenece a la provincia del Eje Volcánico Transmexicano, las relaciones de esta área con otras áreas dentro del mismo se demuestran en todos los trazos generalizados revelando las afinidades entre ellas.

El trazo generalizado de mayor longitud (trazo 5) atraviesa el oeste de Estados Unidos a través de las **Montañas Rocosas** y a la República Mexicana de forma transversal desde la **provincia de Baja California** hasta la **Sierra Madre Oriental** y desciende hasta el Eje Volcánico Transmexicano, reflejando una conexión histórica entre las diferentes provincias morfotectónicas.

La historia geológica de toda la parte norte del país parece ser la principal causa de las relaciones que se presentan al interior de la misma. Entre los eventos que condujeron a la región a su conformación actual y que fragmentaron las áreas de distribución de las poblaciones ancestrales podemos mencionar la actividad tectónica y el levantamiento regional de la provincia de Baja California.

Esta provincia contiene cuerpos del Paleozoico que están muy relacionados con las Montañas Rocosas de E.U. Al parecer, la placa Farallón (Paleopacífica) tuvo una subducción bajo la placa Norteamericana, misma que ocasionó deformaciones, metamorfismo, levantamiento regional y volcanismo (Ferrusquía, 1998). Tal proceso cesó en el Oligoceno y comenzó la separación y desplazamiento de una porción suroccidental de Norteamérica, ahora conocida como la Península de Baja California, lo que podría explicar la presencia de las mismas especies (*Carpodacus mexicanus*, *Thryomanes bewickii*, *Pheucticus melanocephalus*, *Regulus calendula* y *Sitta carolinensis*) en la Sierra de San Pedro Mártir, en Rocky Mountains y en Yosemite.

Una vez conformadas las provincias de Baja California y la Sierra Madre Oriental, separadas por las planicies del noreste, no siendo éstas una barrera para el paso de los organismos, ocurrió el levantamiento de la Sierra Madre Occidental en el Terciario. La historia geológica de esta provincia revela que fue el resultado de la subducción de la placa Farallón por debajo de la Norteamericana, la placa Farallón desapareció hace aproximadamente 10 ma y surgieron la placa Rivera y de Cocos, responsables de la disposición del Eje Volcánico Transmexicano.

Los tres trazos generalizados que unen la **Provincia de Tamaulipas, la Sierra Madre Oriental y el Eje Volcánico Transmexicano** (trazos 1, 4 y 5) se establecieron por la presencia de las siguientes especies, *Chenopodium ambrosioides*, *Ipomoea*, *Physalis*, *Ergaticus ruber*, *Junco phaeonotus*, *Myoborus miniatus*, *Hylocharis leucois*, *Thryomanes bewickii*, *Pheucticus melanocephalus*, *Carpodacus mexicanus*, *Regulus calendula* y *Sitta carolinensis*, y podrían explicarse de la siguiente manera. Por su origen ígneo y su ubicación, la Sierra de San Carlos está relativamente aislada geográficamente de la Sierra Madre Oriental y muchos autores la consideran como una “isla ecológica”, en donde se han originado y conservado comunidades particulares, sin embargo, comparte algunas especies con dicha sierra. El sector Este de la Sierra Madre Oriental que alberga al cerro Peña Nevada se constituye de rocas sedimentarias del Jurásico y Cretácico. Las rocas premesozoicas que allí se encuentran demuestran que esa región era continental y que fue inundada por un mar epicontinental cuya profundidad era variable. Hay rocas sedimentarias del

Jurásico medio que por su disposición discontinua indican inestabilidad y actividad tectónica de la región. Las cordilleras que esta provincia contiene se comenzaron a plegar a finales del Cretácico, llegando a su altura actual en el Terciario tardío por la subducción de la placa Paleopacífica bajo la Norteamericana. El levantamiento de la Sierra Madre Oriental favoreció la migración de una biota templada desde el norte, incluida la provincia de Tamaulipas, la cual, de acuerdo con las fluctuaciones de la temperatura a lo largo del Terciario, se extendió y contrajo sucesivamente. Las partes más elevadas de la Sierra fungieron como “islas” que favorecieron la migración de la flora y fauna hacia el sur.

La relación entre el **Eje Volcánico Transmexicano, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas** está dada por la presencia de dos trazos generalizados (1 y 4) determinados por *Chenopodium ambrosioides*, *Ipomoea*, *Physalis*, *Eragrostis ruber*, *Junco phaeonotus*, *Myoborus miniatus* e *Hylocharis leucois*. Algunos millones de años después, ya conformada la parte norte del país, incluida la Sierra Madre Oriental, surgió el Eje Volcánico Transmexicano, funcionando como una vía de migración para muchos taxa. Al parecer el eje comenzó a formarse de Este a Oeste durante el Terciario medio (Oligoceno - Mioceno) con el emplazamiento de los cuerpos volcánicos en su mitad occidental, seguido durante el Plioceno de la génesis de los cuerpos dominantes al oriente. Sin embargo, existe la teoría de que los cuerpos volcánicos están más asociados al volcanismo de la Sierra Madre Occidental, durante el Terciario y no en el Cuaternario (Ferrusquía, 1998; González M., 1998).

Actualmente se piensa que el Eje Volcánico se originó por la interacción de las placas de Farallón, de Cocos y Rivera, que resultó de la subducción de la primera y en la génesis del volcanismo, aunque hay muchas objeciones a esta hipótesis.

Ahora bien, si bien es cierto que la región que ocupa la cuenca del Balsas y la Sierra Madre del Sur tienen su origen en el Jurásico-Cretácico como la Sierra Madre Oriental, el verdadero levantamiento de esta sierra y la consecuente formación de la cuenca del Balsas ocurrió durante el Terciario temprano, luego de una extensa regresión

marina hacia el término del Cretácico, y un levantamiento regional tal vez relacionado con la subducción de alguna placa o meseta oceánica, como la Paleopacífica, Pacífica, Farallón, Cocos o Protococos (Ferrusquía, 1998).

Finalmente, en la Sierra Madre de Chiapas, en un principio durante el Paleozoico tardío, el basamento fue transgredido por un mar epicontinental somero, persistiendo así durante casi todo el Cretácico. Posteriormente en el Cretácico tardío - Terciario temprano (Paleoceno - Eoceno) hubo un levantamiento regional del basamento. Cabe señalar que este levantamiento y regresión del mar ocurrió después de estar ya formado Eje Volcánico Transmexicano, lo que puede explicar la conexión entre estas dos áreas.

A lo largo del tiempo geológico se han presentado muchos cambios climáticos, lo que ha traído como consecuencia diferencias en la distribución y el desarrollo de los seres vivos, o la desaparición de otros.

El país contiene especies con afinidad boreal que comúnmente ocupan las porciones montañosas con climas templados y fríos, y especies de afinidad tropical que ocupan las partes bajas o medias, con climas cálidos secos o húmedos.

Las glaciaciones del Pleistoceno provocaron cambios climáticos y ecológicos, modificando los patrones de distribución de la vegetación y consecuentemente de la fauna, tanto en sentido vertical como horizontal. Asimismo, el abatimiento de la temperatura en las partes elevadas de las montañas permitió la migración de los elementos boreales de ambientes más fríos hacia el sur, actuando estas partes elevadas como "islas" (González M., 1998)

Durante el Cuaternario, la flora alpina y subalpina de México sufrió cambios importantes en su distribución, la actual y gran restricción de esta flora contrasta con la probable distribución amplia que tenían hace apenas unos 12 000 años. La distribución de los pares de especies vicariantes y los índices de similitud de los refugios alpinos y subalpinos del país sugieren un descenso altitudinal de esta vegetación, unos 1000 metros durante las glaciaciones del Cuaternario, aproximación fundamentada en las

bajas altitudes a que se formaron las morrenas en las Montañas Rocosas y en el Eje Volcánico, como las encontradas en el Ajusco, la Malinche y el Pico de Orizaba (McDonald, 1998).

En el noreste de México existen siete localidades con vegetación alpina, una de ellas es la Sierra Peña Nevada, con una vegetación cuya composición sugiere ser de origen autóctono, con relaciones biogeográficas relativamente más cercanas con las montañas Rocosas que con la flora alpina neotropical del Eje Volcánico Transmexicano. La mayoría de su flora es autóctona a nivel de especie, pero en lo que se refiere a géneros tiene una relación florística más estrecha con las Montañas Rocosas, que con el Cofre de Perote, por ejemplo, aun cuando éste se encuentre más cercano.

La posible explicación de la cercana afinidad fitogeográfica con el norte es: a) el corredor alpino que se formó como producto del descenso de la temperatura durante el Eoceno y Oligoceno, mismo que anunció el inicio de las glaciaciones de la Sierra Madre Occidental, que facilitaron la migración de elementos alpinos septentrionales del suroeste de Estados Unidos al noreste de México; b) los climas y suelos del noreste de México se parecen más a los de las montañas Rocosas que a los del Eje Volcánico; c) el noreste de México se ubica al sur de las montañas Rocosas y recibe los propágulos alpinos de éstas que son diseminados durante el inicio del otoño por los vientos del norte y la migración hacia el sur de las aves.

Por su parte, la diversidad biológica en el sur y sureste de México está dada por la historia orogénica de la región, cuya importancia reside en que las “tasas de especiación se incrementan en esta área, como en otras, con una alta complejidad topográfica” (Cracraft & Prum, 1988), lo que contribuye a que haya fluctuaciones ambientales y un extenso conjunto de hábitats disponibles en la región.

El sur del país está localizado en la confluencia de dos grandes rutas de migración que operaron durante gran parte del Terciario. De modo que un factor que explica la diversidad de la biota en México, en contraste con la del sur de Centroamérica, ha sido una mayor posibilidad de acceso durante grandes periodos del

Cenozoico a zonas de aportación más extensas. Esa accesibilidad proporcionó elementos complementarios, tanto templados como tropicales, a las comunidades de plantas y animales originarios del Cretácico tardío y Terciario temprano, que evolucionaron *in situ* en la Sierra Madre Oriental y en el Eje Volcánico Transmexicano (Graham, 1998).

Con certeza, a partir del Mioceno medio en adelante la biota del sureste del país recibió periódicamente elementos del norte, que debido a la diversidad fisiográfica pudieron subsistir y sumarse a las comunidades cálido templadas y tropicales.

En el sur de Centroamérica la situación fisiográfica fue distinta, la flora y fauna submontanas y montanas estuvieron escasamente representadas o ausentes. Este paisaje comparativamente sencillo, pero tectónicamente activo, persistió durante todo el Cenozoico; hoy en día las elevaciones alcanzan sólo los 3 475 m.s.n.m en las montañas occidentales (volcán Barú) en Panamá, 3 820 m.s.n.m (Cerro Chirripo) y 3 432 m.s.n.m (volcán Irazú) en Costa Rica.

En cuanto a la diversidad de especies de mamíferos continentales, el número de éstos se incrementa desde el norte del país hacia el interior de Chiapas. Siendo la Península de Baja California y la ladera oriental de la Sierra Madre Occidental las que menor número alberga.

El actual patrón de mamíferos tropicales y templados entremezclados tiene su explicación en el intercambio de formas, a partir del Terciario, por el angosto istmo entre norte y Sudamérica. Durante ese periodo los mamíferos llegaron a Sudamérica desde el norte y formaron allí el acervo principal. Centroamérica era entonces una península de América del norte. Al final del Terciario, el levantamiento tectónico regional conectó norte y Sudamérica durante el Plioceno tardío, que fue cuando ocurrió un intercambio faunístico de grandes proporciones (Fa y Morales, 1998).

Durante la máxima extensión de los hielos en las glaciaciones del Cuaternario, estas áreas habrían constituido corredores para la expansión de especies de clima templado a lo largo de ambas sierras madres y el Eje Volcánico (Schmidly, 1977).



---

En los mamíferos de montaña los cambios climáticos del final del Pleistoceno y los correspondientes cambios en el ambiente tuvieron un efecto directo sobre la especiación y los patrones de distribución de las especies. Un ejemplo de ello es el caso de *Reithrodontomys chrysopsis* y *Peromiscus alstoni* (*Neotomodon*) ambas asociadas con el hábitat de pino-abeto-zacatón y que formaron poblaciones disyuntas en elevaciones altas del Eje Volcánico, se han encontrado fósiles de *Neotomodon* en depósitos del Pleistoceno tardío en el Valle de México a menores altitudes que en el presente, lo que indica la existencia de un puente entre los volcanes de Eje Volcánico para las especies de este tipo de hábitat (Fa y Morales, 1998).

La Panbiogeografía reconoce a los nodos como áreas bióticamente complejas, al contar con una mezcla de orígenes establecida por una riqueza histórica a través del tiempo, lo que merece tomarse en cuenta como criterio para evaluar la importancia de ciertas áreas para su protección, tomando en cuenta lo anterior, los siete nodos encontrados resultan ser áreas prioritarias para salvaguardar los ecosistemas de bosques templados y mesófilos de nuestro país que aún no han sido destruidos completamente. Sumado a esto, hay que recordar que una razón para dar mayor o menor importancia a un área puede ser su ubicación en la zona de transición entre los dos grandes reinos biogeográficos, Neártico y Neotropical. Así, los nodos "Izta - Popo", "Cofre de Perote", "Chichinautzin", "El Chico" y "Pico Tancítaro" ubicados en el Eje Volcánico Transmexicano, y el nodo "Sierra de San Carlos" ubicado muy cerca de la Sierra Madre Oriental podrían ser prioritarios para conservar, al encontrarse en el "límite" de los dos reinos, según las provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.*, (2002).

Como se observa, la mayoría de los nodos encontrados se ubican dentro de la región Neotropical, formando parte del Eje Volcánico y de la provincia de Chiapas, mientras que el nodo "Sierra San Carlos" se halla dentro de la región Neártica, en la provincia de Tamaulipas, muy próxima a la provincia de la Sierra Madre Oriental. A

pesar de esta distribución nodal, se evidencia la existencia de una relación estrecha entre la Sierra Madre Oriental y la provincia de Chiapas.

Márquez y Morrone (2004) realizaron un estudio panbiogeográfico con base a diferentes taxones de coleópteros de la Sierra Madre Oriental, encontrando que esta provincia está más relacionada con la del Golfo de México y ambas con la provincia de Chiapas.

Los nodos “Izta-Popo”, “Cofre de Perote”, “Chichinautzin”, “El Chico”, y “Pico Tancítaro” mantienen una fuerte relación al compartir varias especies de plantas, aves y mamíferos entre ellos, relación establecida, seguramente por la historia geológica que comparten, al estar incluidos en la misma provincia biogeográfica. A pesar de no haberse formado el Eje Volcánico Transmexicano al mismo tiempo, sí fue originado en un mismo periodo, lo que lo constituye como un continuo biogeográfico que se refleja en las afinidades de sus floras y faunas.

Estos resultados concuerdan con los de Luna y Alcántara (2001) quienes trabajaron con bosques mesófilos de montaña para proponer un modelo de vicarianza de este tipo de comunidades, cuyos resultados confirman la fuerte afinidad que existe entre distintas áreas del Eje Volcánico Transmexicano.

La historia geológica del eje parece ser la principal causa de las relaciones que se presentan al interior del mismo. Los eventos que condujeron a su formación y el eje mismo fungieron como una barrera que fragmentó las áreas de distribución de las poblaciones ancestrales, representando actualmente el “límite” entre las regiones Neártica y Neotropical.

En el Eje Volcánico Transmexicano, el clima fija los límites de altitud que alcanza la biota del sur, pero ésta puede llegar a escalar algunos de los picos como el Nevado de Colima, el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. Por otra parte, los elementos boreales están menos limitados por el clima que los tropicales y pueden penetrar más hacia el sur (Fa y Morales, 1998).

Con el método panbiogeográfico se reconocieron especies que comparte una historia geográfica y ecológica, lo que se demuestra en la distribución de los trazos

generalizados y en el establecimiento de los nodos en todo el territorio mexicano. La mayoría de los trazos y nodos se extienden por la región Neotropical del país, no obstante encontramos un nodo en la región Neártica, lo que demuestra la mezcla de orígenes templados y tropicales en distintas regiones de México.

Los criterios para priorizar las áreas deben ser bien estudiados con el fin de asignarles un valor al momento de tomar decisiones. Es preferible proteger un espacio que posea un número mayor de especies, pero también aquel que contiene más especies raras o el que contiene organismos muy diferentes desde el punto de vista genealógico. Pero para realizar esto se requiere utilizar procedimientos que nos permitan maximizar la eficiencia de la elección, de modo que pueda encontrarse el menor número de espacios que permitan proteger la mayor biodiversidad, considerando, a la hora de definir éstas, el mayor número de criterios posibles (Moreno, 2001).

Uno de los criterios más utilizados es la cantidad de diversidad biológica que alberga un sitio, algunas herramientas que permiten medir esto son más sensibles al número de especies que otras, por lo que al aplicarse sacrifican un gran número de taxones. Por esta razón, se sugiere la combinación de distintas medidas, considerando que es la más apropiada para asignarle preferencia a las áreas propuestas para conservar (Morrone y Crisci, 1990). El análisis de complementariedad y la diversidad filogenética resultan ser una buena combinación.

Tanto el método de Humphries *et al.*, (1991) como el de Colwell y Coddington (1994) se emplearon para encontrar entre los siete nodos obtenidos, las áreas con mayor importancia para proteger. Aún cuando el primero sólo determina el orden de prioridad de las áreas, y el segundo detecta pares de nodos complementarios, ambos métodos revelaron que el nodo "El Triunfo" es la primera opción para conservar, seguido del nodo "Sierra San Carlos", a pesar de que su complementariedad no es del 100 %. Aunque cuentan con especies en común, tienen un alto número de taxones únicos y una alta diversidad filogenética, situación favorecida por su ubicación en dos diferentes regiones del país.

Del análisis de complementariedad de Humphries *et al.*, (1991) se determinó que las áreas que hay que conservar con prioridad son los nodos "El Triunfo", seguido del nodo "Sierra de San Carlos" y el nodo "Chichinautzin" dado que tienen los complementos residuales más bajos comparados con el resto de los nodos. Lo que nos indica que la diversidad de estos nodos sumada a la del Parque Nacional Izta - Popo Zoquiapan y anexas representan el complemento casi total de especies, en otras palabras, la mayor riqueza de especies posible.

Por otro lado, de acuerdo con el IC de Colwell & Coddington (1994), las áreas que se pueden considerar casi complementarias son "El Triunfo" conjuntamente con "El Chico", "Izta - Popo" y "Chichinautzin", al contar con un IC muy próximo a 1, de igual forma, el nodo "Sierra San Carlos" interviene en tres de los pares analizados, con valores muy próximos a 1 en combinación con el nodo "El Triunfo", seguido del "El Chico" y "Chichinautzin".

La filogenética es un recurso que posiblemente es útil para predecir los patrones de diversidad de los taxa. En la evaluación para determinar las áreas a conservar hay prioridad para proteger a aquellos taxa que maximizan la representación filogenética, es decir, las relaciones de ancestría - descendencia.

Es así como el nodo "El Triunfo", el nodo "San Carlos" y "Pico Tancítaro" son considerados importantes, dada la cantidad de diferencias genealógicas entre los organismos que albergan, manifestando enormes posibilidades para la heredabilidad de una gran cantidad de genes y caracteres que asegurarían al máximo la subsistencia de las especies de los ecosistemas templados de México.

Sin embargo, hay que considerar que la limitación de este método está dada por la cantidad de información disponible acerca de la clasificación de los taxones y de la presencia o ausencia del grupo en ciertas áreas. Explicado de otra forma, no se cuenta con un inventario completo de las especies en una localidad específica, y cuando se cree conocer con precisión las especies de un grupo taxonómico en una región determinada, se desconoce su distribución geográfica, lo que nos imposibilita para señalar si la

pobreza de especies de una localidad es o no consecuencia de la falta de colectas exhaustivas.

En el presente trabajo se realizó una búsqueda intensiva de información, acerca de las especies de plantas, mamíferos y aves que albergaba cada área que integró este análisis, con lo que se trató de minimizar los efectos de la falta de información en el momento de determinar los índices de complementariedad, de diversidad filogenética y en todo el estudio.

La necesidad de salvaguardar el patrimonio biótico del país está replanteando el significado de biodiversidad, a fin de reunir y poner en acción a aquellas disciplinas encargadas de su resguardo, tales como la taxonomía, la ecología y la biogeografía.

Para lograr mejores resultados en el estudio de la biodiversidad se necesita recopilar información biológica sobre escalas espaciales mayores y sobre una mayor variedad de grupos taxonómicos, de tal manera que esto nos conduciría al buen desarrollo de estrategias para la protección de la biodiversidad, utilizando la mayor cantidad de información posible (Moreno, 2001).

La biodiversidad se ha originado a través de los procesos evolutivos de la vida misma, proceso que ha sido influenciado por la historia geológica del planeta, y que la ha llevado a su actual distribución geográfica. Estos patrones espaciales son estudiados por la biogeografía, lo que hace de esta disciplina una herramienta útil para planificar el diseño de áreas naturales protegidas (Craw *et al.*, 1999).

En particular la biogeografía histórica aporta no sólo información necesaria para la conservación, como lo es el reconocimiento de homologías espaciales o la determinación de las relaciones entre las distintas áreas, sino que algunos de sus desarrollos metodológicos pueden ser directamente aplicados a la determinación de áreas prioritarias para conservación (Crisci *et al.*, 2000), tal es el caso de la panbiogeografía que se demuestra en este análisis, mismo que arrojó los elementos necesarios para aplicar el criterio de complementariedad, al facilitar la comparación

entre las biotas de los diferentes nodos, evaluando así la importancia biogeográfica de cada área, y en particular del Parque Nacional Izta - Popo Zoquiapan. Esto permite hacer una propuesta para maximizar la cantidad de especies protegidas en un número menor de áreas, dado el poco apoyo económico y político, federal, estatal o municipal, para la creación, administración y permanencia de áreas naturales protegidas que resguarden la infinita variedad de formas de vida que hay en este país.

De acuerdo con los índices de complementariedad y la diversidad filogenética de cada nodo, las áreas que se deben considerar prioritarias son los nodos "El Triunfo" y "Sierra San Carlos", seguido de el "Chichinautzin", aún cuando éste presenta la menor diversidad filogenética de entre todos los nodos, siendo el nodo "Pico Tancítaro" el que ocupa el tercer lugar considerando tan sólo dicha diversidad. Este mismo nodo se ubica en los últimos lugares según ambos índices de complementariedad. Hay que recordar que todas estas áreas sumadas al Parque Nacional Izta - Popo pueden llegar a ser una buena propuesta, a pesar de esto, el índice de Colwell y Coddington (1994) nos brinda nueve posibles combinaciones de pares de áreas cuya complementariedad casi llega a ser del 100 % y dentro de las cuales figura solamente una vez nuestra área de estudio, precisamente en asociación con "El Triunfo".

De manera general, la combinación de orígenes es interesante porque cuenta con biotas tropicales provenientes de la Sierra Madre de Chiapas y del Eje Volcánico Transmexicano, cuya relación a sido explicada con anterioridad, debido a migraciones o por especiación *in situ*, y con biotas templadas provenientes del noreste de México, de la provincia de Tamaulipas.

De igual forma, las regiones donde se encuentran estas áreas propuestas son regiones en donde, de acuerdo con varios autores y de manera general, se observan patrones de distribución y de endemismo de la flora y fauna importantes, es decir, el Eje Volcánico Transmexicano, la Sierra Madre del Sur, las tierras altas de Chiapas, además de la costa del Pacífico, la cuenca del Balsas y las tierras áridas del centro-norte del país.

Hay que señalar, que los siete nodos encontrados cuentan ya con algún tipo de protección. Sin embargo, no todas las áreas disponen de un programa de manejo y conservación, además de que hay poca información disponible acerca de su flora y fauna, debido quizá a la falta de financiamiento para la investigación científica en esas zonas, a su administración, a la falta de interés por parte de la comunidad de biólogos y ecólogos que se encargan de este tipo de estudios o simplemente a que muchos de los estudios que se realizan en el área no son publicados.

Es así que parte de la información que se utilizó para este análisis panbiogeográfico es acerca de las zonas de influencia de las áreas decretadas oficialmente como áreas naturales protegidas, lo que nos llevaría a pensar que se requiere de verificar las condiciones ambientales en las que se encuentran las zonas y los límites altitudinales de los tipos de vegetación y fauna respectivas, a fin de proponer redefinir la extensión y /o límites de cada área.

No hay duda que debe realizarse un esfuerzo mayor para entender la historia geológica, la historia filogenética y las relaciones ecológicas dentro de las comunidades, con la ayuda de las herramientas utilizadas frecuentemente, sobre todo para la última parte, y de aquellas que proporcionen información histórica y genealógica como lo es la Panbiogeografía. Este método, por su parte trata de integrar la biología, la sistemática, la geología, la ecología y la historia al expresar la riqueza de especies en un área y la riqueza de orígenes históricos de forma simultánea (Morrone y Crisci, 1990).

Esta aproximación nos ofrece la mejor oportunidad de salvar el mayor número de especies posibles, siendo la manera más eficiente y rentable de conservar la mayor diversidad biológica en un área mínima.

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron cinco trazos generalizados los cuales revelan la historia que compartieron en algún tiempo varios taxones de diferentes orígenes y afinidades, boreal y tropical.

Por otra parte, se obtuvieron siete nodos panbiogeográficos que descubren la fuerte relación biogeográfica del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl Zoquiapan con las áreas que tuvieron en común una biota ancestral y que dio origen a la actual.

El nodo “Izta - Popo Zoquiapan” tiene un valor alto debido a que comparte muchas especies con los nodos ubicados en el Eje Volcánico Transmexicano, como lo son “El Chico”, “Pico Tancítaro”, “Chichinautzin” y “Cofre de Perote”, lo que lo llevaría a ser un buen representante de la diversidad de este tipo de comunidades en esta provincia biogeográfica. Además, de que se complementa casi en su totalidad con los nodos “El Triunfo” y “Sierra de San Carlos”.

El Parque Nacional Izta - Popo Zoquiapan resulta ser un área importante de conservar a nivel regional. No obstante, cabe señalar que a pesar de contar ya con la categoría de Parque Nacional, se contaba, hasta hace un par de años, con muy pocos estudios acerca de esta área y sobre todo de este tipo, en el que se trata de integrar la biología, la geología, la sistemática y la conservación.

Los resultados expuestos nos permiten reconocer que el territorio nacional ha sido un escenario dinámico de integración biogeográfica, donde biotas de diferentes regiones coincidieron, lo cual se refleja en la fascinante biodiversidad con la que el país cuenta.

El valor que se le puede dar a cada nodo, tanto específico como histórico, es fundamental para proponer áreas para conservar. El valor histórico está determinado por la panbiogeografía en sí, dado por el número de trazos que determinan cada nodo,



mientras que el específico se establece por la diversidad filogenética que éste tenga y hasta por los índices de complementariedad.

Análisis Panbiogeográficos de esta clase se llevan a cabo muy poco en México y más si es a nivel continental y con diferentes grupos taxonómicos. Es por esto que se debe impulsar a la realización de trabajos de esta índole, con el fin de contar con información científica confiable que nos permita encontrar y defender nuevas propuestas de áreas para la protección y conservación de la diversidad biológica. Así como para modificar la extensión de las áreas naturales protegidas actualmente.

Aún falta realizar estudios detallados de la diversidad biológica que albergan varias de las áreas utilizadas en este trabajo, pues durante la búsqueda de información de este tipo se detectó que es escasa, ya sea por falta de estudios o por la no publicación de los mismos. Hay que mencionar, que este problema pudo influir de cierta forma en los resultados obtenidos, pues al menos para un par de áreas la información encontrada fue menor que para la mayoría de las localidades. Estos estudios son necesarios para la práctica de otros que permitan hacer propuestas de áreas para conservar.

Para alcanzar un desarrollo sustentable y una eficaz protección al ambiente son necesarios recursos financieros que en nuestro país hacen falta, siendo este uno de los principales impedimentos para lograrlo. Sin embargo, se tienen que llevar a cabo estudios integrales para sustentar una estrategia de protección a los recursos con los que aún contamos, y es aquí donde la biogeografía histórica cumple su objetivo.

### LITERATURA CITADA

- Álvarez, M. E. 2001. *Propuesta de Áreas para Conservación de Aves terrestres en México, aplicando Herramientas Panbiogeográficas*. Tesis de Maestría. UNAM. México. 78 pp.
- Angehr, G. R., K. Aparicio & L. Quinzada. 1997. *Report on the first national workshop on important bird areas in Panamá*. Panamá Audubon Society Birdlife International. 60 pp.
- Arita, W. H. T. 1994. *Escalas y la diversidad de mamíferos de México*. Proyecto Conabio P075.
- Armstrong, D. 1987. *Rocky Mountain mammals*. Colorado Associate University Press. Boulder, CO.
- Arnos, S. F. 1973. *Discovering Sierra trees*. Yosemite National Park. California.
- Ávila, B. C. 2000. *Ecología poblacional de (Abies hickellii) en el Pico de Orizaba, Veracruz*. Colegio de Postgraduados. Proyecto Conabio L172. 61 pp.
- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. *Base de Datos de las AICAS*. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. (<http://www.conabio.gob.mx>).
- Binnquist C. G. 1996. Fauna. Pág. 89-97. En: Chávez, C. J. y N. Trigo. *Programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl*. Departamento de El Hombre y su Ambiente. Área de Ecología y Planeación de Recursos Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Bird species of Yosemite National Park. 2002. (en línea) Disponibilidad: <http://www.nps.gov/yose>
- Birding in and around Mérida, Venezuela. 2002. (en línea) Disponibilidad: [www.home.tiscali.be/fr018787/birding/merida.htm](http://www.home.tiscali.be/fr018787/birding/merida.htm)
- Briones, V. O. 1991. Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botánica Mexicana*. 16: 15-43.

- 
- Bueno, H. A. y D. Espinosa. 1988. *Estimación del potencial de conservación del Parque Nacional el Tepozteco, con base en una evaluación ornitológica*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México.
  - Calderon, M. S. 1990. *Propuesta de zonificación del Parque Nacional El Tepozteco, Morelos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México. Pág. 37-64.
  - Ceballos, G. y J. Simonetti. (eds). 2002. *Diversidad y conservación de mamíferos Neotropicales: México, Colombia, Ecuador y Venezuela*. CONABIO-UNAM. Pág. 230-582.
  - Chaverri, A., B. Herrera & O. Herrera. 2002. La Amistad biosphere reserve, Costa Rica and Panamá. In: *Centres of Plant Diversity the Americas*. WWF-IUCN. (en línea) Disponibilidad: [www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/ma/ma17.htm](http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/ma/ma17.htm)
  - Chávez, C. J., M. Ramos y N. Trigo. 1990. Planificación del Parque Nacional Malintzi: Naturaleza y Uso de los recursos. Pág. 61-74. En: *Áreas Naturales Protegidas y especies en peligro de extinción*. ENEP. Iztacala, UNAM.
  - *Checklist of birds near the Rocky Mountain*. 2002. Rocky Mountain Biology Laboratory. (en línea) Disponibilidad: <http://www.rmb.org/birdslst.shtml>
  - *Checklist of plants near the Rocky Mountain*. 2002. Rocky Mountain Biology Laboratory. (en línea) Disponibilidad: <http://www.rmb.org/plantlst.shtml>
  - Chimal H. A. y J. López. 1996. Vegetación. Pág. 77-87. En: Chávez, C. J. y N. Trigo. *Programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl*. Departamento de El Hombre y su Ambiente. Área de Ecología y Planeación de Recursos Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
  - Cleef, A. M. & P. A. Chaverri. 1992. Phytogeography of the páramo flora of Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Pag. 45-60. In: Balster, H. & J. L. Luteyn (eds). *Páramo: an Andean ecosystem under human influence*. Academic Press London.
  - Cleef, A. M. 1983. Fitogeografía y composición de la flora vascular de los páramos de la Cordillera Oriental Colombiana. (Estudio comparativo con otras altas montañas del trópico). *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Fis. Nat.* 15: 23-29.
-

- 
- 
- Cleef, A. M. 2002. Sierra Nevada del Cocuy-Guantiva, Colombia. In: *Centres of Plant Diversity the Americas*. WWF-IUCN. (en línea) Disponibilidad: [www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa26.htm](http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa26.htm)
  - MZFC. Colección Mastozoológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". Facultad de Ciencias. UNAM.
  - MZFC. Colección Ornitológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". Facultad de Ciencias. UNAM.
  - Colwell, R. & J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. London B*. 345: 101-118.
  - CONABIO. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 341 pp.
  - Contreras, M. T. y F. Urbina (eds). 1995. *Historia natural del Área de protección de flora y fauna silvestre Corredor biológico Chichinautzin*. Centro de Investigaciones Biológicas. UAEM. SEP/FOMES.
  - Contreras, R., I. Luna y J. J. Morrone. 2001. Conceptos Biogeográficos. *Elementos*. 41: 33-37.
  - Cracraft, J. & R. Prum. 1988. Patterns and processes of diversification: speciation and historical congruence in some neotropical birds. *Evolution*. 42: 603-620.
  - Craw, R. C. 1979. Generalized tracks and dispersal in biogeography: A response to R. M. McDowall. *Systematic Zoology*. 28: 99-107.
  - Craw, R. C. 1982. Phylogenetics, areas, geology and the biogeography of Croizat: A radical view. *Systematic Zoology*. 31: 304-316.
  - Craw, R. C. 1983. Panbiogeography and vicariance cladistic: Are they truly different?. *Systematic Zoology*. 32: 431-438.
  - Craw, R. C. 1988a. Continuing the synthesis between Panbiogeography, phylogenetic systematics and geology as illustrated by empirical studies on the biogeography of New Zealand and the Chatham Islands. *Systematic Zoology*. 37: 291-310.

- 
- Craw, R. C. 1988b. Panbiogeography: method and synthesis in biogeography. Pag. 405-435. In: Myers, A. A. & P. Guiller (eds). *Analytical biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Chapman and Hall, Londres.
  - Craw, R. C., J. R. Grehan & M. J. Heads. 1999. *Panbiogeography. Tracking the history of life*. Oxford Biogeography Series. No. 11. Oxford University Press. 229 pp.
  - Craw, R. C. & R. Page. 1988. Panbiogeography: Method and metaphor in the new biogeography. Pag. 163-189. In: Ho, M. W. & S. W. Fox (eds). *Evolutionary processes and metaphors*. John Wiley and Sons.
  - Craw, R. C. & P. Weston. 1984. Panbiogeography: A progressive research program? *Systematic Zoology*. 33: 1-13.
  - Crisci, J. V., L. Katinas y P. Posadas. 2000. *Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica*. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires.
  - Croizat, L. 1958. *Panbiogeography*. Caracas. Publicado por el autor.
  - Croizat, L. 1964. *Space, time, form: the biological synthesis*. Caracas. Publicado por el autor.
  - Croizat, L. 1976. Biogeografía analítica y sintética (Panbiogeografía) de las américas. *Bibl. Acad. Cienc. Fís. Mat. Nat.* 15: 1-590.
  - Cuervo, D. A., C. Hernández y G. Cadena. 1986. Lista actualizada de los mamíferos de Colombia, anotaciones sobre su distribución. *Caldasia*. 15(71-75): 150-181, 471-501.
  - Domínguez, R. I. y C. Olivares. 1996. Suelos. Pág. 51-56. En: Chávez, C. J. y N. Trigo. *Programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl – Popocatepetl*. Departamento de El Hombre y su Ambiente. Área de Ecología y Planeación de Recursos Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
  - Eisenberg, J. F. 1999. *Mammals of the Neotropics. Vol. I. Panamá, Colombia, Venezuela, Guayana, Suriname, French Guiana*.
  - Eisenberg, J. F. 1999. *Mammals of the Neotropics. Vol. III. Ecuador, Perú, Bolivia, Brazil*.
-

- 
- 
- Escalante P. P., A. Navarro y P. Townsen. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. Pág. 279-304. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Escamilla J. A. y J. Rodríguez. 2002. *Base de datos de la Flora y Fauna del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, Zoquiapan*. Reporte de Servicio Social. FES Zaragoza. UNAM. 49 pp.
  - Escobar, F. 2000. Anotaciones sobre la diversidad y distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Procién*.
  - Espinosa, D. y J. Llorente. 1993. *Fundamentos de biogeografías filogenéticas*. 1ª. ed. UNAM. México. 133 pp.
  - Espinosa, D., J. J. Morrone, J. Llorente y O. Flores V. 2002. *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Las prensas de Ciencia, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. Pág. 53-75.
  - Espinoza, M. E. 1999. Lista preliminar de los vertebrados terrestres de la reserva de la biosfera "El Triunfo", Chiapas, México. *Publicaciones especiales del Instituto de Historia Natural*. Núm. 1. 38 pp.
  - ESRI. 1999. *ArcView 3.2 GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc. New York.
  - Fa, J. E. y L. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. Pág. 315-354. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Faith, D. P. 1992. Conservation evolution and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*. 61: 1-10.
  - Faith, D. P. 1994. Phylogenetic diversity: a general framework for the prediction of feature diversity. *Systematics and Conservation Evaluation*. 50: 251-268.
  - FAO-UNESCO. 1970. *Clasificación de suelos*. Comisión de Estudios del territorio Nacional. Secretaría de la Presidencia. México. 27 pp.

- 
- Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. Pág. 3-108. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Galindo, L., I. Franco, C. Lazcano, S. Franco y R. Cortes. 1988. *Plan de Manejo del Parque Nacional El Chico*. SEDUE. Deleg. Hidalgo. México.
  - García C. J. M. 1999. *Estrategia de Desarrollo Rural Integral Sustentable en la región volcánica Izta - Popo*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Puebla. 200 pp.
  - García del Valle, L. G. 1999. *Evaluación forestal del Parque Nacional Nevado de Toluca, Edo. México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.
  - García, E. 1988. *Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. 4ª ed. México, D. F. 217 pp.
  - García, R. I. 1996. *Flora del Parque Nacional Pico Tancítaro, Michoacán*. Proyecto Conabio 304. 87 pp.
  - García, R. L. 1988. *Distribución y estructura de las comunidades arbóreas del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, una contribución a su panificación*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Pág. 28-54.
  - Goloboff, P. A. 1993. *Nona v. 1.1*. Inst. Miguel Lillo. Tocomán. PEE-LUEE/NONA.
  - Gómez, A. G., R. Reyes, G. García y R. Terán. 1993. Fauna silvestre del Parque Nacional La Malintzi, Tlaxcala. Pág. 40-42. En: *Memorias de resúmenes del Primer Congreso sobre Parques Nacionales y Áreas Naturales Protegidas de México: pasado, presente y futuro*. Celebrado del 8 al 12 de Noviembre. La Trinidad, Tlaxcala.
  - González, M. F. 1998. La vegetación de México y su historia. *Ciencias*. 52: 58-65.
  - González, T. M. 1986. *Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
  - Graham, A. 1998. Factores históricos de la diversidad biológica de México. Pág. 109-127. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.

- 
- 
- Grehan, J. R. 1988. Panbiogeography: Evolution in space and time. *Riv. Biol., Biol. Forum.* 81: 469-498.
  - Grehan, J. R. 1989. New Zealand Panbiogeography: past, present, and future. New Zealand. *Journal Zoology.* 16: 513-525.
  - Grehan J. R. 2001. Panbiogeografía y la geografía de la vida. Pág. 181-195. En: Llorente, B. J. y J. J. Morrone (eds). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teoría, conceptos, métodos y aplicaciones.* 1ª. ed. Las Prensas de Ciencias. Fac. Ciencias. UNAM. México.
  - Guatemalan Birding Resource Center. 2002. (en línea) Disponibilidad: [www.xelapages.com/gbrc/samplechecklist.htm](http://www.xelapages.com/gbrc/samplechecklist.htm)
  - Hartshorn, G. & L. Poveda. 1983. Checklist of trees. Pag. 158-184. In: Janzen D. H. *Costa Rica Natural History.* University of Chicago Press.
  - Heads, M. J. 1990. Integrating earth and life sciences in New Zealand natural history: the parallel arcs model. New Zealand. *Journal Zoology.* 16: 549-585.
  - Hennig, W. 1966. *Phylogenetic systematics.* University of Illinois Press. Urbana.
  - Hernández, L. M. 1983. Los pinos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos. *Rev. Chapingo.* 8(39): 86-93.
  - Hernández, R. M. 1995. *Estudio florístico fanerogámico del Parque Nacional El Chico, Hidalgo.* Tesis de Licenciatura. ENEP. Iztacala, UNAM.
  - Humphries, C. J., R. I. Vane Wright & P. H. Williams. 1991. Biodiversity reserves: setting new priorities for the conservation of wildlife. *Park.* 2: 34-38.
  - Humphries, C. J., P. H. Williams & R. I. Vane Wright. 1995. Measuring biodiversity value for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 26: 93-111.
  - INDERENA. 1984. *Colombia Parques Nacionales.* Fondo para la protección del medio ambiente "José Celestino Mutis". Bogotá, Colombia. 263 pp.
  - Instituto Nacional de Parques. 2002. *Parque Nacional Sierra Nevada.* (en línea) Disponibilidad: <http://sierranevada.andigena.org/>
- 
-



- 
- Islebe G., A. Cleef & A. Velázquez. 1994. Especies leñosas de la Sierra de los Cuchumatanes y de la Cadena volcánica, Guatemala. *Acta Botánica Mexicana*. Pág. 11-15.
  - Jardel, E. J. 1986. Efecto de la explotación forestal en la estructura y regeneración del Bosque de Coníferas de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Veracruz, Méx. *Biótica*. 11(4): 247-270.
  - Jiménez, A. M. 1991. *Los mamíferos de Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Mpio. De Chilpancingo, Guerrero*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Pág. 17-88.
  - Jiménez, G. A. 1999. *Los mamíferos de Nuevo León, México*. UANL. Pág. 178 pp.
  - Kappelle, M. 1996. *Los bosques de roble Quercus de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica: Biodiversidad, ecología, conservación y desarrollo*. Instituto Nacional de Biodiversidad. Universidad de Ámsterdam. Pág. 158-308.
  - Kappelle, M., A. Cleef & A. Chaverri. 1992. Phytogeography of Talamanca montane *Quercus* forest, Costa Rica. *Journal Biogeography*. 19: 299-315.
  - Kratter, A. W. 1992. Montane avian biogeography in southern California and Baja California. *Journal Biogeography*. 19: 269-283.
  - Lazcano, V. D. 1996. *Anfibios y reptiles en el estado de Nuevo León, México*. Proyecto Conabio B099. Pág. 90-100.
  - Linares, O. 1998. *Mamíferos de Venezuela*. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas.
  - Llorente, J., J. J. Morrone, A. Bueno, R. Pérez, A. Vilaria y D. Espinosa. 2000. Historia del desarrollo y la recepción de las ideas Panbiogeográficas de León Croizat. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 24(93): 549-577.
  - Long, A. & M. Heath. 1991. Flora of the "El Triunfo" Biosphere Reserve, Chiapas, México. A preliminary floristic inventory and the plant communities of polygon I. *Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Botánica*. 62(2): 133-172.
  - Lozano, M. A., V. Monroy, P. Moore, P. Caballero, H. Lezcano, L. Diez, K. Masanori, V. Martínez, M. Gómez, M. Ponce, G. Guerra, E. Pittí, A. Batista, C.

- Castillo, A. Samudio, E. Antoncio, Y. Atencio, V. Quintero, J. Jurado, A. Lee, T. Araúz, G. Vargas, K. Sicilia, E. Barrios, A. Núñez, R. González y D. González. 2002. Diversidad de mamíferos en el Parque Nacional Volcán Barú, El Respingo, Chiriquí, Panamá. *Natura*. 10: 99-104.
- Luna, V. I. y O. Alcántara. 2001. Análisis de Simplicidad de Endemismos para establecer un modelo de vicarianza preliminar del Bosque Mesófilo de Montaña de México. Pág. 273-277. En: Llorente, B. J. y J. J. Morrone. *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, método y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
  - Luna V. I., L. Almeida y J. Llorente. 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del Bosque mesófilo de montaña de las cañadas de Ocuilan, Edos. Morelos y México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Botánica*. 59(1): 63-97.
  - Luna, V. I. y J. Llorente. 1993. *Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México*. CONABIO- UNAM. Pág.133-522.
  - Luteyn, J. L. 1999. *Páramos: Checklist of plant diversity geographical distribution and botanical literature*. Serie: *Memoris of the New York Botanical Garden*. Vol. 84. New York Botanical Garden. Pág. 10-225.
  - Márquez, C. O. 1986. *Contribución al conocimiento de la avifauna en la Sierra del Chichinautzin, Morelos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. Pág. 10-41.
  - Márquez, J. y J. J. Morrone. 2004. Relaciones biogeográficas basadas en la distribución de Coleoptera (Insecta). Pág. 375-392. En: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Las prensas de ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. México.
  - Martínez, D. M. 1999. *Flora y vegetación de la Sierra de San Carlos, en el municipio de San Nicolás*. Proyecto Conabio L029. 23 pp.
  - Martínez, H. E. 1993. *Atlas de las plantas y el polen, en la región del Tacaná, Chiapas*. Instituto de Geología, UNAM. Pág. 88-96.

- 
- Martínez, M., L. Hernández, J. Sifuentes y J. Martínez. 1994. *Inventario florístico de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas*. Proyecto Conabio P024.
  - Martínez, V. J. 2000. *Mastofauna de la vertiente occidental del Parque Nacional Pico de Orizaba, Puebla. Fase I*. Publicación especial. Escuela de Biología, BUAP. Pág. 1-47.
  - McDonald, A. 1998. Fitogeografía e historia de la flora alpina y subalpina del noreste de México. Pág. 665-686. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Mena, P., C. Ulba y O. Herrera. 2002. Paramos and Andean forest Ecuador. In: *Centres of Plant Diversity the Americas*. WWF-IUCN. (en línea) Disponibilidad: [www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa31.htm](http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa31.htm)
  - Mittermeier, R. A. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Pág. 63-73. En: Sarukhán y Dirzo. *México ante los retos de biodiversidad*. CONABIO. México.
  - Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. CYTED, ORCYT - UNESCO y SEA. 83 pp.
  - Morrone, J. J. 1992. De la diversa Panbiogeografía. *Phycis*. Buenos Aires, Argentina. 47:54.
  - Morrone, J. J. 1993. Beyond binary oppositions. *Cladistics*. 9: 437-438.
  - Morrone, J. J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*. 43(3): 483-441.
  - Morrone, J. J. 1995. Historical biogeography: Introduction to methods. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 26: 373-401.
  - Morrone, J. J. 1999. Biodiversidad en el espacio: la importancia de los atlas biogeográficos. *Phycis*. Buenos Aires, Argentina. 55: 47-48.
  - Morrone, J. J. 2000. *Atlas Biogeográficos*. (en línea) Disponibilidad: <http://entomologia.rediris.es/pribes>
  - Morrone J. J. y J. V. Crisci. 1990. Panbiogeografía: fundamentos y métodos. *Conservación biológica*. 4: 119-140.

- 
- 
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1995. El cladismo la transformación de las estrategias biogeográficas. *Innovación y Ciencias*. IV(1): 88-94.
  - Morrone J. J. y T. Escalante. 2002. Parsimony análisis of endemism (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: when size matters. *Journal of Biogeography*. 29: 1-10.
  - Morrone, J. J. y D. Espinosa. 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. *Ciencias*. 49(3): 12-16.
  - Morrone J. J., D. Espinosa y J. Llorente. 1996. *Manual de Biogeografía Histórica*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 155 pp.
  - Morrone, J. J., D. Espinosa & J. Llorente. 2002. Mexican biogeographic provinces: Preliminary shape, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana*. 85: 83-108.
  - Morrone, J. J. y E. C. Lopretto. 1994. Distributional patterns of freshwater Decapoda (Crustacea:Malacostraca) in southern south America: A panbiogeographic approach. *Journal Biogeography*. 21: 97-109.
  - Narave, H. 1985. La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, Méx. *Biótica*. 10(1): 35-63.
  - Navarro, S. A., E. Morales y P. Escalante. 1986. Estudio distribucional de las aves de la zona montañosa de Cofre de Perote y Teocelo, Veracruz. Núm. 131.
  - Nelson, G. & N. L. Platnick. 1981. *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press. New York.
  - Nixon, K. C. 1999. *Winclada v. 0.9.99 v. Beta*. University of Cornell, Ithaca. New York.
  - Olivares, A. 1973. Aves de la Sierra Nevada del Cocuy. *Geogr. Review*. 22: 423-430.
  - Ortega, O. R. 1981. Vegetación y flora de la corriente de lava al noreste de Cofre de Perote, Veracruz. *Biótica*. 6(1): 57-97.
  - Ortiz, C. D. 1970. *Contribución al conocimiento de la flora de la Sierra de Juárez, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Pág. 2-15.

- 
- Page, R. D. M. 1987. Graphs and generalized tracks: Quantifying Croizat's Panbiogeography. *Systematic Zoology*. 36: 1-17.
  - *Parque Nacional Volcán Barú*. 2002. (en línea) Disponibilidad: [www.anam.gob.pa/barunew.htm](http://www.anam.gob.pa/barunew.htm)
  - Peinado, M. y C. Bartolomé. 1994. Pisos de vegetación de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. *Acta Botánica Mexicana*. 29: 1-30.
  - Peterson, A. T., O. A. Flores, L. S. León, J. Llorente, M. A. Martínez, A. G. Navarro, M. G. Torres & I. Vargas. 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the world. *Biodiversity Letters*. 1: 33-38.
  - Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). 1998. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México. 792 pp.
  - Ramírez, P. J. 1969. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoológica*. 40: 253-290.
  - Ramos, L. A. 2000. *Florística y vegetación del zacatonal alpino localizado en la triangulación entre los volcanes Tulmiac, Tlaloc y Yecahuazac en la sierra de Chichinautzin, sur de la cuenca de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Pág. 55-65.
  - Rangel, CH. O. & C. A. Garzón. 2002. Region of Los Nevados Natural National Park Colombia. In: *Centres of Plant Diversity the Americas*. WWF-IUCN. (en línea) Disponibilidad: [www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa28.htm](http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa28.htm)
  - Rengifo, G. C. 2000. *Estación Ornitológica La Mucuy. Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela*. (en línea) Disponibilidad: [www.cecalc.ula.ve/bioinformatica/lamucuy2000/espanol.html](http://www.cecalc.ula.ve/bioinformatica/lamucuy2000/espanol.html)
  - Reynoso, R. V. H. 1994. Principios y conceptos en los sistemas de clasificación biogeográfica de la Tierra. Pág. 537-566. En: Llorente, B. J. e I. Luna. *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica. México.

- 
- 
- Rich, P. V. & T. Rich. 1983. The Central American dispersal route: biotic history and paleogeography. Pag. 12-27. In: Janzen D. H. *Costa Rica Natural History*. University of Chicago Press.
  - Rosas H. M. 1996. Hidrología. Pág. 57-67. En: Chávez, C. J. y N. Trigo. *Programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl – Popocatepetl*. Departamento de El Hombre y su Ambiente. Área de Ecología y Planeación de Recursos Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
  - Rosen, B. R. 1988. From fossils so earth history: Applied historical biogeography. Pag. 437-481. In: Myers, A. A. & P. Guiller (eds). *Analytical biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Chapman and Hall, Londres.
  - Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 pp.
  - Rzedowski, J. 1994. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 pp.
  - Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Pág. 129-145. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Sánchez, O., M. A. Pineda, H. Benítez, B. González y H. Berlanga. 1998. *Guía de identificación para las aves y mamíferos silvestres de mayor comercio en México protegidos por la CITES*. SEMARNAP, CONABIO.
  - Sánchez, V. L. 1986. Estudio de la sucesión forestal en la Sierra de Juárez, Oaxaca, Méx. después de un incendio forestal. *Biótica*. 11(4): 219-232.
  - Sandoval, B. A. 1987. *Actualización y análisis cartográfico sobre uso de suelo y vegetación del Parque Nacional Nevado de Toluca, Edo. México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Pág. 37-96.
  - Schmidly, D. & F. S. Hendricks. 1984. Pag. 15-69. Mammals of the San Carlos Mountains of Tamaulipas, México. In: Martin, R. E. & B. R. Chapman (eds). *Contributions to mammology in honor of Robert L. Packard*. Special Publication Museum, Texas Tech University.

- 
- Schmidly, D. 1977. Factors governing the distribution of mammals in the Chihuahuan Desert region. Pag. 163-192. In: R. H. Waver y D. H. Riskins (eds). *Transactions of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert region*. USA and Mexico, U.S. NPSPS. Num. 3.
  - SEDUE. 1984a. *Parque Nacional Izta – Popo*. Dirección General de Conservación Ecológica de los recursos Naturales. México.
  - SEDUE. 1984b. *Parque Nacional Zoquiapan y Anexas*. Estados de México y Puebla. Dirección General de Conservación Ecológica de los recursos Naturales. México.
  - Sierra, P. A. (ed). 1999. *Propuesta preliminar de un Sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental*. Quito, Ecuador. Proyecto ENEFAM/GEF-BIRF y Eco-Ciencia. 194 pp.
  - Sierra, R. 1999. *Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad de ecosistemas y su ornitofauna*. Ecuador. Ministerio del Medio Ambiente. Proyecto INEFAM/GEF-BIRF y Eco-Ciencia. 171 pp.
  - Sousa, M. y A. Delgado. 1998. Leguminosas de México. Pág. 449-500. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Standley, P. C. & L. Williams. 1946-1977. *Flora of Guatemala*. 13 parts Illus. *Fieldiana Bot.* 24 Chicago.
  - Stiles, F. G. 1983. Checklist of birds. Pag. 530-544. In: Janzen D. H. *Costa Rica Natural History*. University of Chicago Press.
  - Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. XIV(81): 17-30.
  - Toledo, V. M. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas. *Ciencias*. 34: 43-58.
  - Torres, Ch. M. 1992. *Distribución altitudinal de las aves en la Sierra de Juárez, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

- 
- 
- Vargas, F. M. 1998. *Propagación y utilización de algunas especies de interés ornamental de la flora nativa del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos*. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. Pág. 13-72.
  - Vargas, M. F. 1997. *Parques Nacionales de México. Vol. 1*. INE. SEMARNAP. Pág. 112 - 157, 187 - 195.
  - Vargas, M. F. 2000. *Áreas Naturales Protegidas de México con Decretos Federales (1899-2000)*. INE/ RDS/ PNUD. Pág. 334-337, 342.
  - Vega L. A. y S. T. Álvarez. 1992. La Herpetofauna de los Volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl. *Acta Zoológica Mexicana*. 128 pp.
  - Volkmar, V. 1970. *Flora de los páramos de Venezuela*. Universidad de los Andes, Mérida Venezuela. Pág. 129-409.
  - Wendt, T. 1998. Composición, Afinidad florística y Orígenes de la flora arbórea del dosel de los Bosque Tropicales húmedos de la vertiente mexicana del Atlántico. Pág. 581-664. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. México.
  - Williams, G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo", Chiapas. *Acta Botánica Mexicana*. 13: 1-7.
  - Wilson, D. E. 1983. Checklist of mammals. Pag. 443-448. In: Janzen D. H. *Costa Rica Natural History*. University of Chicago Press.
  - Zunino, M. y A. Zullini. 2003. *Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica. México. 359 pp.



**ANEXO I.** Lista de géneros y especies de aves terrestres, mamíferos y plantas vasculares presentes en el Parque Nacional Iztaccíhuatl - Popocatepetl, Zoquiapan y anexas utilizadas en el presente análisis.

1	Aeronautes	saxatalis	Woodhouse.
2	Chaetura		
3	Chaetura	vauxi	Townsend.
4	Streptoprocne		
5	Streptoprocne	semicollaris	De Saussure.
6	Asturina	nitida	Latham.
7	Buteo		
8	Buteo	jamaicensis	J. F. Gmelin.
9	Buteo	lineatus	J. F. Gmelin.
10	Egretta		
11	Egretta	caerulea	Linnaeus.
12	Catarthes	aura	Linnaeus.
13	Coragyps	atratus	Bechstein.
14	Actitis	macularia	Linnaeus.
15	Columbina		
16	Columbina	inca	Lesson.
17	Falco		
18	Falco	sparverius	Linnaeus.
19	Dendrortyx		
20	Dendrortyx	macroura	Jardine. & Selby.
21	Psaltriparus	minimus	Hartlaub.
22	Eremophila	alpestris	Linnaeus.
23	Ptiliogonys		
24	Ptiliogonys	cinereus	Swainson.
25	Campylorhynchus		
26	Campylorhynchus	brunneicapillus	Lafresnaye.
27	Campylorhynchus	megalopterus	Lafresnaye.
28	Certhia	americana	Bonaparte.
29	Thryomanes	bewickii	Audubon.
30	Aphelocoma		
31	Aphelocoma	coerulescens	Bosc.
32	Aphelocoma	ultramarina	Bonaparte.
33	Corvus		
34	Corvus	corax	Linnaeus.
35	Cyanocitta	stelleri	J. F. Gmelin.
36	Ergaticus		
37	Ergaticus	ruber	Swainson.
38	Icterus		
39	Icterus	galbula	Lesson.
40	Junco		
41	Junco	phaeonotus	Wagler.
42	Myioborus		

43	Myioborus	miniatus		Swainson.
44	Myioborus	pictus		Swainson.
45	Oriturus	superciliosus		Swainson.
46	Peucedramus	taeniatus		Du Bus De Gisignies.
47	Pheucticus			
48	Pheucticus	melanocephalus		Swainson.
49	Pipilo			
50	Pipilo	erythrophthalmus		Swainson.
51	Pipilo	erythrophthalmus	macronyx	Swainson.
52	Pipilo	fuscus		Swainson.
53	Pipilo	ocai		Salvin. & Godman.
54	Spizella			
55	Spizella	pallida		Swainson.
56	Spizella	passerina		Bechstein.
57	Sturnella			
58	Sturnella	magna		Linnaeus.
59	Basileuterus			
60	Basileuterus	belli		Giraud.
61	Buarremon	virenticeps		Bonaparte.
62	Carduelis	pinus		Wilson.
63	Carduelis	psaltria		Say.
64	Carduelis	tristis		Linnaeus.
65	Carpodacus			
66	Carpodacus	mexicanus		Muller.
67	Coccothraustes			
68	Coccothraustes	abeillei		
69	Coccothraustes	abeillei	abeillei	Lesson.
70	Dendroica			
71	Dendroica	coronata		Linnaeus.
72	Dendroica	fusca		Muller.
73	Dendroica	occidentalis		Townsend.
74	Dendroica	townsendii		Townsend.
75	Dendroica	virens		J. F. Gmelin.
76	Diglossa			
77	Diglossa	baritula		Wagler.
78	Loxia			
79	Loxia	curvirostra		
80	Loxia	curvirostra	stricklandi	Ridgway.
81	Mniotilta	varia		Linnaeus.
82	Parula			
83	Parula	superciliosa		Hartlaub.
84	Peucedramus	taeniatus		
85	Piranga			
86	Piranga	bidentata		Swainson.
87	Hirundo	rustica		Linnaeus.
88	Petrochelidon	pyrrhonota		Vieillot.
89	Stelgidopteryx			
90	Stelgidopteryx	ruficollis		Vieillot.

---



---

91	Lanius			
92	Lanius	ludovicianus		Linnaeus.
93	Catharus			
94	Catharus	minimus		Lafresnaye.
95	Catharus	occidentalis		Sclater.
96	Myadestes			
97	Myadestes	obscurus	obscurus	Stegnejer.
98	Myadestes	occidentalis		Stejneger.
99	Sialia	mexicana		Swainson.
100	Sialia	sialis		Linnaeus.
101	Turdus			
102	Turdus	assimilis		Cabanis.
103	Turdus	migratorius		Linnaeus.
104	Turdus	rufopalliatu		Lafresnaye.
105	Parus			
106	Parus	bicolor		Cassin.
107	Parus	sclateri		Kleinschmidt.
108	Poecile			
109	Poecile	sclateri		Kleinschmidt.
110	Regulus	calendula		Linnaeus.
111	Regulus	satrapa		Lichtenstein.
112	Sitta	carolinensis		Latham.
113	Sitta	pygmaea		Vigors.
114	Mimus			
115	Mimus	polyglottos		Linnaeus.
116	Toxostoma			
117	Toxostoma	curvirostre		Swainson.
118	Troglodytes			
119	Troglodytes	aedon		Vieillot.
120	Empidonax			
121	Empidonax	difficilis		Nelson.
122	Mitrephanes			
123	Mitrephanes	phaeocercus		Sclater.
124	Pyrocephalus	rubinus		Boddaert.
125	Tyrannus			
126	Tyrannus	melancholicus		Vieillot.
127	Vireo			
128	Vireo	belli		Audubon.
129	Vireo	huttoni		Cassin.
130	Vireo	solitarius		Wilson.
131	Colaptes			
132	Colaptes	auratus		Gmelin.
133	Dendrocopos	stricklandi		
134	Melanerpes			
135	Melanerpes	formicivorus		Swainson.
136	Picoides			
137	Picoides	scalaris		Wagler.
138	Picoides	stricklandi		Malherbe.

---



---

139	Picoides	villosus		Linnaeus.
140	Rhynchopsitta	pachyrhyncha		Swainson.
141	Caprimulgus			
142	Caprimulgus	vociferus		Wilson.
143	Bubo			
144	Bubo	virginianus		Gmelin.
145	Glaucidium	gnoma		Wagler.
146	Amazilia			
147	Amazilia	beryllina		Deppe.
148	Calothorax			
149	Calothorax	lucifer		Swainson.
150	Eugenes	fulgens		Swainson.
151	Hylocharis			
152	Hylocharis	leucotis		Vieillot.
153	Lampornis			
154	Lampornis	clemenciae		Lesson.
155	Selasphorus			
156	Selasphorus	platycercus		Swainson.
157	Canis			
158	Canis	latrans		Say 1823.
159	Mephitis			
160	Mephitis	macroura		Lichtenstein 1832.
161	Mephitis	macroura	macroura	
162	Mustela			
163	Mustela	frenata		Lichtenstein 1831.
164	Bassariscus			
165	Bassariscus	astutus		Lichtenstein 1830.
166	Procyon	lotor		Linnaeus 1758.
167	Tadarida	brasiliensis		
168	Tadarida	brasiliensis	mexicana	Saussure 1860.
169	Artibeus			
170	Artibeus	intermedius		
171	Dermanura			
172	Dermanura	azteca		Andersen 1906.
173	Leptonycteris			
174	Leptonycteris	nivalis		
175	Sturnira			
176	Sturnira	lilium		
177	Corynorhinus	mexicanus		G. M. Allen 1916.
178	Eptesicus			
179	Eptesicus	fuscus		Palisot de Beauvois 1796.
180	Eptesicus	fuscus	miradorensis	H. Allen 1866.
181	Myotis			
182	Myotis	californica	mexicana	Saussure 1860.
183	Myotis	velifera	velifera	J. A. Allen 1890.
184	Myotis	volans		
185	Didelphis			
186	Didelphis	virginiana		Kerr 1792.

---



---

187	Didelphis	virginiana	californica	Bennett 1833.
188	Sorex			
189	Sorex	monticolus	monticolus	Merriam 1890.
190	Sorex	oreopolus	oreopolus	
191	Sorex	saussurei		Merriam 1892.
192	Sorex	ventralis		Merriam 1895.
193	Sylvilagus			
194	Sylvilagus	cunicularius		Waterhouse 1848.
195	Sylvilagus	cunicularius	cunicularius	Waterhouse 1848.
196	Sylvilagus	floridanus		J. A. Allen 1890.
197	Sylvilagus	floridanus	orizabae	Merriam 1893.
198	Cratogeomys	merriami		Thomas 1893.
199	Pappogeomys	merriami	merriami	
200	Thomomys			
201	Thomomys	umbrinus		Richardson 1829.
202	Thomomys	umbrinus	umbrinus	
203	Dipodomys	phillipsii		Gray 1841.
204	Liomys	irroratus		Gray 1868.
205	Liomys	irroratus	alleni	Coues 1881.
206	Perognathus	flavus	flavus	
207	Perognathus	flavus	mexicanus	Merriam 1894.
208	Romerolagus	diazi		Ferrari-Perez 1893.
209	Baiomys			
210	Baiomys	taylori		Thomas 1877.
211	Microtus			
212	Microtus	mexicanus		Saussure 1861.
213	Microtus	mexicanus	mexicanus	Saussure 1861.
214	Neotoma	mexicana		Baird 1855.
215	Neotomodon	alstoni		Merriam 1898.
216	Neotomodon	alstoni	alstoni	
217	Oryzomys			
218	Oryzomys	palustris	palustris	Harlan 1837.
219	Peromyscus			
220	Peromyscus	aztecus		
221	Peromyscus	boylli		
222	Peromyscus	difficilis		J. A. Allen 1891.
223	Peromyscus	gratus		Merriam 1898.
224	Peromyscus	levipes	levipes	Merriam 1898.
225	Peromyscus	maniculatus		
226	Peromyscus	maniculatus	fulvus	Osgood 1904.
227	Peromyscus	maniculatus	labecula	Elliot 1903.
228	Peromyscus	melanotis		J. A. Allen. & Chapman 1897.
229	Peromyscus	truei		
230	Reithrodontomys			
231	Reithrodontomys	chrysopsis		Merriam 1900.
232	Reithrodontomys	chrysopsis	chrysopsis	
233	Reithrodontomys	fulvescens		Merriam 1901.
234	Reithrodontomys	megalotis		Baird 1858.

---



---

235	Reithrodontomys	megalotis	saturatus	J. A. Allen. & Chapman 1897.
236	Reithrodontomys	sumichrasti		Saussure 1861.
237	Sigmodon			
238	Sigmodon	leucotis	leucotis	Bailey 1902.
239	Sciurus			
240	Sciurus	aureogaster		Cuvier 1829.
241	Sciurus	aureogaster	aureogaster	Cuvier 1829.
242	Sciurus	aureogaster	nigrescens	Bennett 1833.
243	Sciurus	oculatus	oculatus	Peters 1863.
244	Spermophilus			
245	Spermophilus	mexicanus		Erxleben 1777.
246	Spermophilus	mexicanus	mexicanus	
247	Spermophilus	variegatus		Erxleben 1777.
248	Dasypus			
249	Dasypus	novemcinctus		Linnaeus 1758.
250	Furcraea	bedinghausii		C. Koch.
251	Allium			
252	Allium	glandulosum		Link. & Otto.
253	Rhus			Barkley.
254	Echeveria			
255	Echeveria	gibbiflora		DC.
256	Echeveria	mucronata		(Bak.) Schlecht.
257	Echeveria	secunda		Booth.
258	Tabernaemontana			L.
259	Vinca	major		L.
260	Alnus			
261	Alnus	acuminata		(Fern.) Furlow.
262	Alnus	zorullensis		H.B.K.
263	Cardamine			
264	Cardamine	obliqua		Hochst.
265	Descurainia			(Cham. & Schlecht.) O.T. Schulz.
266	Draba			
267	Draba	zorullensis		H.B.K.
268	Erysimum			
269	Erysimum	capitatum		(Dougl.) Greene.
270	Thlaspi	mexicanum		Standl.
271	Tillandsia			
272	Tillandsia	andrieuxii		(Mez.) L.B. Smith.
273	Tillandsia	erubescens		Schlecht.
274	Tillandsia	recurvata		(L.) L.
275	Tillandsia	usneoides		(L.) L.
276	Tillandsia	violacea		Baker.
277	Callitriche			
278	Callitriche	heterophylla		Pursh.
279	Diastatea	micrantha		(H.B.K.) McVaugh.
280	Lobelia			Cav.
281	Lobelia	gruina		Cav.
282	Lobelia	nana		H.B.K.

---



---

283	Lonicera		
284	Lonicera	mexicana	(H.B.K.) Rehder.
285	Sambucus		
286	Sambucus	canadensis	L.Bolli.
287	Symphoricarpos		
288	Symphoricarpos	microphyllus	H.B.K.
289	Viburnum		
290	Viburnum	stenocalyx	(Oerst.) Hemsl.
291	Arenaria		
292	Arenaria	bourgaei	Hemsl.
293	Arenaria	bryoides	Willd. ex Schlecht.
294	Arenaria	lanuginosa	(Michx.) Rohrb. in Mart.
295	Arenaria	lycopodioides	Willd. ex Schlecht.
296	Arenaria	oresbia	Greenm.
297	Arenaria	repens	Hemsl.
298	Arenaria	reptans	Hemsl.
299	Argemone		
300	Argemone	ochroleuca	Sweet.
301	Cerastium		
302	Cerastium	brachypodum	(Engelm.) Robins.
303	Cerastium	nutans	Raf.
304	Cerastium	vulcanicum	Schlecht.
305	Drymaria		
306	Drymaria	effusa	(Greene.) Duke.
307	Scleranthus	annuus	L.
308	Silene	laciniata	Cav.
309	Spergula	arvensis	L.
310	Stellaria		
311	Stellaria	cuspidata	Willd.
312	Stellaria	media	(L.) Cirillo.
313	Chenopodium		
314	Chenopodium	ambrosiodes	L.
315	Helianthemum		
316	Helianthemum	glomeratum	(Lag.) Lag.
317	Commelina		
318	Commelina	coelestis	Willd.
319	Commelina	dianthifolia	DC.
320	Commelina	difusa	Brun. F.
321	Commelina	orchioides	Booth.
322	Commelina	pallida	Willd.
323	Commelina	tuberosa	L.
324	Gibasis	pulchella	(H.B.K.) Raf.
325	Tradescantia		
326	Tradescantia	crassifolia	Cav.
327	Triyona	purpurascens	purpurascens (Schaur.) Handlus.
328	Weldenia	candida	Schult.
329	Achillea		
330	Achillea	millefolium	L.

---



---

331	Ageratum		
332	Ageratum	corymbosum	Zucc. ex Pers.
333	Ambrosia		DC.
334	Aphanostephus	ramosissimus	DC.
335	Artemisia	ludoviciana	Nutt.
336	Aster		
337	Aster	subulatus	Michx.
338	Baccharis		
339	Baccharis	conferta	H.B.K.
340	Baccharis	heterophylla	H.B.K.
341	Baccharis	multiflora	H.B.K.
342	Baccharis	pteronioides	DC.
343	Baccharis	salicifolia	Ruiz. & Pavón.
344	Bidens		
345	Bidens	aurea	(Ait.) Sherff.
346	Bidens	enthemoides	(DC.) Sherff.
347	Bidens	odorata	Cav.
348	Bidens	ostrothioides	(DC.) Sch. Bip.
349	Bidens	pilosa	L.
350	Bidens	triplinervia	H.B.K.
351	Chaptalia		Don.
352	Conyza		(L.) Cronq.
353	Conyza	coronopifolia	H.B.K.
354	Conyza	filaginoides	(DC.) Hieron.
355	Conyza	schiedeana	(Less.) Cronq.
356	Cosmos		(Jacq.) H.B.K.
357	Cosmos	scabisoides	H.B.K.
358	Dahlia		
359	Dahlia	coccinea	Cav.
360	Dahlia	merckii	Lehm.
361	Dahlia	pinnata	Cav.
362	Dyssodia		(Vent.) Hitchc.
363	Erigeron		Willd.
364	Erigeron	galeottii	(Gray.) Greene.
365	Erigeron	karvinskianus	DC.
366	Eupatorium		
367	Eupatorium	areolare	DC.
368	Eupatorium	calaminthifolium	H.B.K.
369	Eupatorium	deltoideum	Jacq.
370	Eupatorium	glabratum	H.B.K.
371	Eupatorium	mairertianum	DC.
372	Eupatorium	pazcuareense	H.B.K.
373	Eupatorium	prunellifolium	H.B.K.
374	Eupatorium	pycnocephalum	Less.
375	Galinsoga	parviflora	Cav.
376	Gnaphalium		
377	Gnaphalium	americanum	Mill.
378	Gnaphalium	arizonicum	A. Gray.



---



---

379	Gnaphalium	attenuatum		DC.
380	Gnaphalium	lavandulaceum		DC.
381	Gnaphalium	roseum		H.B.K.
382	Gnaphalium	viscosum		H.B.K.
383	Gymnosperma	glutinosum		(Spreng.) Less.
384	Haplopappus			(H.B.K.) Blake.
385	Heterotheca			Cass.
386	Pinaropappus	roseus		(Less.) Less.
387	Senecio			
388	Senecio	angulifolius		DC.
389	Senecio	salignus		DC.
390	Sigesbeckia			H.B.K.
391	Sonchus	oleraceus		L.
392	Stevia			
393	Stevia	ovata		Willd.
394	Stevia	salicifolia		Cav.
395	Stevia	serrata		Cav.
396	Tagetes			
397	Tagetes	lucida		Cav.
398	Taraxacum	officinale		Weber.
399	Dichondra			Humb. & Bonpl.
400	Evolvulus			Rob.
401	Ipomoea			(H.B.K.) Don.
402	Ipomoea	dumetorum		Willd.
403	Ipomoea	stans		Cav.
404	Cornus			
405	Cornus	disciflora		Moc. & Sessé. ex DC.
406	Cornus	excelsa		Kunth.
407	Sedum			
408	Sedum	greggii		Hemsl.
409	Sedum	minimum		Rose.
410	Sedum	moranense		H.B.K.
411	Sedum	praealtum		Clausen.
412	Villadia			
413	Villadia	misera		DC.
414	Barbarea	orthoceras		Fern.
415	Brassica			L.
416	Lepidium			
417	Lepidium	oblongum		Small.
418	Lepidium	virginicum		L.
419	Pennellia	patens		(O.E. Schulz.) Rollins.
420	Romanschulzia			
421	Romanschulzia	arabiformis		(DC.) Rollins.
422	Sisymbrium			L.
423	Cupressus			
424	Cupressus	benthamii		Endl.
425	Cupressus	benthamii	lindleyi	(Klots.) Masters.
426	Cupressus	lusitanica		Mill.

---



---

---



---

427	Juniperus			M. Martínez.
428	Juniperus	depeana		Steud.
429	Juniperus	monticola		M. Martínez.
430	Cuscuta			Engelm.
431	Bulbostylis			
432	Bulbostylis	juncoides		(Vahl.) Kükenthal.
433	Carex			
434	Carex	brachycalama		Griseb.
435	Carex	echinata		Murray.
436	Carex	longicaulis		Beck.
437	Carex	peucophilla		Holm.
438	Carex	psilocarpa		Steud.
439	Carex	xalapensis		Kunth
440	Cyperus			
441	Cyperus	agregatus		(Willd.) Endl.
442	Cyperus	hermaphroditus		(Jacq.) Standl.
443	Cyperus	niger		Ruiz. & Pavón.
444	Cyperus	seslerioides		H.B.K.
445	Cyperus	spectabilis		Link.
446	Eleocharis			
447	Eleocharis	acicularis		(L.) Roem. & Schult.
448	Scirpus			(C.A. Mey.) Soják.
449	Arbutus	glandulosa		Mart. & Gal.
450	Arbutus	xalapensis		H.B.K.
451	Arctostaphylos			
452	Arctostaphylos	pungens		H.B.K.
453	Chimaphila	umbellata		(L.) Barton.
454	Comarostaphylis			(Hook.) Diggs.
455	Gaultheria			Small.
456	Monotropa	hypopitys		L.
457	Monotropa	uniflora		L.
458	Pernettya			(Cav.) DC.
459	Pyrola	secunda		(L.) House.
460	Vaccinium			
461	Vaccinium	caespitosum		Michx.
462	Acalypha			Cav.
463	Croton			Benth.
464	Euphorbia			Norton.
465	Euphorbia	campestris		Cham. & Schlecht.
466	Euphorbia	dentata		Michx.
467	Euphorbia	furcillata		H.B.K.
468	Euphorbia	furcillata	furcillata	H.B.K.
469	Euphorbia	misella		Wats.
470	Tragia			Cav.
471	Quercus			
472	Quercus	candicans		Née.
473	Quercus	castanea		Née.
474	Quercus	crassifolia		Humb. & Bonpl.

---



---

---



---

475	Quercus	crassipes	Humb. & Bonpl.
476	Quercus	frutex	Trel.
477	Quercus	glabrescens	Benth.
478	Quercus	laurina	Humb. & Bonpl.
479	Quercus	mexicana	Humb. & Bonpl.
480	Quercus	microphylla	Née.
481	Quercus	rugosa	Née.
482	Centaurium	brachycalyx	Standl.
483	Gaudichaudia		H.B.K.
484	Gentiana		
485	Gentiana	biscupidata	(G. Don.) Briq.
486	Gentiana	spathacea	H.B.K.
487	Gentianella	amarella	(Griseb.) Gillett.
488	Halenia		(H.B.K.) Don.
489	Halenia	plantaginea	(H.B.K.) Griseb.
490	Erodium		
491	Erodium	cicutarium	(L.) L'Hérit.
492	Geranium		Knuth.
493	Geranium	mexicanum	H.B.K.
494	Geranium	potentillifolium	DC.
495	Geranium	seemannii	Peyr.
496	Aegopogon	cenchroides	Humb. & Bonpl.
497	Agropyron		(L.) Beauv.
498	Agrostis		
499	Agrostis	perennans	(Walter.) Tuck.
500	Agrostis	subpatens	Hitchc.
501	Agrostis	tolucensis	H.B.K.
502	Aristida		L.
503	Avena	sativa	L.
504	Blepharoneuron	tricholepis	(Torr.) Nash.
505	Bothriochloa	saccharoides	Sw.
506	Bouteloua		
507	Bouteloua	hirsuta	Lag.
508	Bouteloua	simplex	Lag.
509	Bromus	anomalus	Rupr. ex Fourn.
510	Bromus	carinatus	Hook. & Arn.
511	Bromus	catharticus	Vahl.
512	Deschampsia	elongata	(Hook.) Munro.
513	Elionurus		Humb. & Bonpl. ex Willd.
514	Eragrostis		Hitchc.
515	Muhlenbergia		
516	Muhlenbergia	dubia	Fourn.
517	Muhlenbergia	macroura	(H.B.K.) Hitchc.
518	Muhlenbergia	montana	(Nutt.) Hitchc.
519	Muhlenbergia	ramulosa	(H.B.K.) Swallen.
520	Panicum		H.B.K.
521	Paspalum		Poir.
522	Piptochaetium	fimbriatum	(H.B.K.) Hitchc.

---



---

523	Poa	annua		L.
524	Poa	pratensis		L.
525	Polypogon	viridis		(Gouan.) Breistr.
526	Sporobolus	indicus		(L.) R. Br.
527	Trisetum			
528	Trisetum	spicatum		(L.) Richt.
529	Triticum	aestivum		L.
530	Vulpia	bromoides		(L.) Gray.
531	Vulpia	myuros		(L.) C.C. Gmel.
532	Phacelia			
533	Phacelia	heterophylla		Pursh.
534	Phacelia	platycarpa		(Cav.) Spreng.
535	Wigandia	urens		(Ruíz. & Pavón.) H.B.K.
536	Hypoxis			Schult.
537	Sisyrinchium			Rothr.
538	Sisyrinchium	convolutum		Nocca.
539	Sisyrinchium	quadrangulatum		Katt.
540	Sisyrinchium	scabrum		Schlecht. & Cham.
541	Tigridia	alpestris		Molsced.
542	Juncus			
543	Juncus	aemulans		Liebm.
544	Juncus	arcticus	andicola	(Hook.) Balslev.
545	Juncus	arcticus		(Willd.) Balslev.
546	Juncus	bufonius		L.
547	Juncus	ebracteatus		Liebm.
548	Juncus	imbricatus		Laharpe.
549	Juncus	liebmannii		Macbr.
550	Juncus	liebmannii	liebmannii	Macbr.
551	Luzula			E. Mey.
552	Luzula	caricina		Liebm.
553	Luzula	denticulata		
554	Luzula	racemosa		Desv.
555	Lilaea	scilloides		(Poir.) Hauman.
556	Agastache			
557	Agastache	mexicana		(H.B.K.) Lint. & Epl.
558	Cunila	lythrifolia		Benth.
559	Prunella	vulgaris		L.
560	Salvia			
561	Salvia	amarissima		Ort.
562	Salvia	coccinea		L.
563	Salvia	elegans		Vahl.
564	Salvia	gesneriflora		Lind.
565	Salvia	laevis		Benth.
566	Salvia	lavanduloides		Benth.
567	Salvia	membranaceae		Benth.
568	Salvia	microphylla		H.B.K.
569	Salvia	polystachya		Ort.
570	Salvia	prunelloides		H.B.K.

---



---

571	Stachys			Cham. & Schlecht.
572	Stachys	agraria		
573	Stachys	coccinea		Jacq.
574	Stachys	erantha		Benth.
575	Acacia			ND
576	Acacia	angustissima		(Mill.) Kuntze.
577	Acacia	berlandieri		Benth.
578	Astragalus			(Janes.) Barneby.
579	Cologania			Kunth.
580	Dalea			Willd.
581	Dalea	leporina		(Ait.) Bullock.
582	Desmodium			
583	Desmodium	grahamii		A. Gray.
584	Lupinus			
585	Lupinus	elegans		H.B.K.
586	Medicago	lupulina		L.
587	Melilotus			(L.) All.
588	Mimosa	albida		Humb. & Bonpl.
589	Phaseolus			
590	Phaseolus	coccineus		L.
591	Senna	septemtrionalis		(Viviani.) Irwin. & Barneby.
592	Trifolium			
593	Trifolium	amabile		H.B.K.
594	Vicia			
595	Vicia	americana		Muhl.
596	Nothoscordum	bivalve		(L.) Britt.
597	Buddleia			
598	Buddleia	cordata		H.B.K.
599	Buddleia	cordata	cordata	H.B.K.
600	Buddleia	parviflora		H.B.K.
601	Phoradendron			(DC.) Nutt.
602	Anoda			
603	Anoda	cristata		(L.) Schlecht.
604	Brosimum			Sw.
605	Mirabilis			
606	Mirabilis	jalapa		L.
607	Mirabilis	longiflora		L.
608	Fraxinus			L.
609	Fraxinus	uhdei		(Wenz.) Ling.
610	Epilobium			
611	Epilobium	ciliatum		Raf.
612	Fuchsia			H.B.K.
613	Fuchsia	microphylla		
614	Fuchsia	microphylla	microphylla	Breedl.
615	Fuchsia	thymifolia		H.B.K.
616	Lopezia			Cav.
617	Lopezia	racemosa		Cav.
618	Lopezia	racemosa	racemosa	Cav.

---



---

619	Oenothera			
620	Oenothera	deserticola		Rose.
621	Oenothera	epilobiifolia	cuprea	(Schlecht.) Raven.
622	Oenothera	pubescens		Willd. ex Spreng.
623	Oenothera	purpusii		Munz.
624	Oenothera	rosea		L'Hér ex Art.
625	Oenothera	tetraptera		Cav.
626	Bletia	reflexa		Lindl.
627	Corallorhiza			Reichb. f.
628	Corallorhiza	involuta		Greenm.
629	Corallorhiza	maculata		Raf.
630	Govenia			(Lex.) Lindl.
631	Malaxis			
632	Malaxis	ehrenbergii		(Keichb.) Kuntze.
633	Malaxis	fastigiata		(Reichb. f.) Kuntze.
634	Malaxis	tenuis		(S. Wats.) Ames.
635	Pleurothallis			(Lex.) Lindl.
636	Ponthieva			Reichb. f.
637	Spiranthes			Rich. & Gal.
638	Spiranthes	schaffneri		Reichb. f.
639	Conopholis	alpina		Liebm.
640	Conopholis	alpina	alpina	Liebm.
641	Oxalis			
642	Oxalis	albicans		H.B.K.
643	Oxalis	alpina		(Rose.) Knuth.
644	Oxalis	corniculata		L.
645	Oxalis	hernandesii		DC.
646	Oxalis	latifolia		H.B.K.
647	Oxalis	tetraphylli		Cav.
648	Echscholzia			
649	Phytolacca			L.
650	Abies			
651	Abies	religiosa		(H.B.K.) Schlecht. & Cham.
652	Pinus			
653	Pinus	ayacahuite		Schlecht.
654	Pinus	douglasiana		M. Martínez.
655	Pinus	hartwegii		Lindl.
656	Pinus	leiophylla		Schlecht. & Cham.
657	Pinus	montezumae		Lamb.
658	Pinus	pseudostrobus		Lindl.
659	Pinus	teocote		Schlecht. & Cham.
660	Peperomia			
661	Peperomia	campylotropa		Hill.
662	Peperomia	galioides		H.B.K.
663	Peperomia	hispidula		(Swartz.) Dietr.
664	Peperomia	quadrifolia		(L.) H.B.K.
665	Plantago			
666	Plantago	australis		(H.B.K.) Rahn.

---



---

667	Plantago	linearis		H.B.K.
668	Plantago	major		L.
669	Plantago	major	hirtella	(H.B.K.) Rahn.
670	Plantago	tolucensis		Pilger.
671	Ipomopsis			Cav.
672	Loeselia			(Cav.) Don.
673	Loeselia	glandulosa		(Cav.) Don.
674	Polemonium			
675	Polemonium	grandiflorum		Benth.
676	Monnina			
677	Monnina	ciliolata		DC.
678	Polygala			Nutt.
679	Polygonum	aviculare		L.
680	Polygonum	punctatum		Ell.
681	Rumex			
682	Rumex	acetosella		L.
683	Rumex	crispus		L.
684	Calandrina			
685	Calandrina	megarhiza		Hemsl.
686	Claytonia	perfoliata		Donn.
687	Montia	chamissoi		(Ledeb.) Dur. & Jacks.
688	Centunculus	minimus		L.
689	Clematis			
690	Clematis	dioica		L.
691	Ranunculus			
692	Ranunculus	donianus		Pritzel.
693	Ranunculus	multicaulis		Don.
694	Ranunculus	peruvianus		Pers.
695	Ranunculus	petiolaris		H.B.K. ex DC.
696	Ranunculus	petiolaris	arsenei	(Benson.) Duncan.
697	Ranunculus	petiolaris	petiolaris	H.B.K.
698	Ranunculus	petiolaris	sierrae-orientalis	Benson.
699	Ranunculus	petiolaris	trahens	Duncan.
700	Ranunculus	pilosus		H.B.K.
701	Thalictrum			Tausch.
702	Thalictrum	strigillosum		Hemsl.
703	Ceanothus			Lag.
704	Rhamnus			
705	Rhamnus	serrata		Schult.
706	Acaena	elongata		L.
707	Alchemilla	aphanoides		(Rose.) Perry.
708	Alchemilla	pinnata		Ruiz. & Pavón.
709	Alchemilla	pringlei		Fedde.
710	Alchemilla	procumbens		Rose.
711	Alchemilla	vulcanica		Schlecht.
712	Amelanchier			
713	Amelanchier	denticulata		(H.B.K.) Koch.
714	Crataegus			

---



---

715	<i>Crataegus</i>	<i>mexicana</i>		Moc. & Sessé. ex DC.
716	<i>Fragaria</i>			
717	<i>Fragaria</i>	<i>mexicana</i>		Schlecht.
718	<i>Geum</i>			Jacq.
719	<i>Potentilla</i>			
720	<i>Potentilla</i>	<i>candicans</i>		Humb. & Bonpl.
721	<i>Potentilla</i>	<i>ranunculoides</i>		Humb. & Bonpl.
722	<i>Potentilla</i>	<i>richardii</i>		Lehm.
723	<i>Potentilla</i>	<i>rubra</i>		Willd.
724	<i>Potentilla</i>	<i>staminea</i>		Rydb.
725	<i>Prunus</i>			Zucc.
726	<i>Prunus</i>	<i>serotina</i>		(Cav.) McVaugh.
727	<i>Rosa</i>			L.
728	<i>Rubus</i>			
729	<i>Rubus</i>	<i>liebmannii</i>		Focke.
730	<i>Rubus</i>	<i>pringlei</i>		Rydb.
731	<i>Bouvardia</i>			(Cav.) H.B.K.
732	<i>Bouvardia</i>	<i>ternifolia</i>		(Cav.) Schlecht.
733	<i>Crusea</i>			
734	<i>Crusea</i>	<i>diversifolia</i>		(H.B.K.) Anderson.
735	<i>Didymaea</i>	<i>alsinoides</i>		(Schlecht. & Cham.) Standl.
736	<i>Galium</i>			
737	<i>Galium</i>	<i>aschenbornii</i>		Schauer.
738	<i>Galium</i>	<i>seatonii</i>		Greenm.
739	<i>Galium</i>	<i>uncinulatum</i>		DC.
740	<i>Hedyotis</i>			
741	<i>Hedyotis</i>	<i>pygmaea</i>		Roem. & Schult.
742	<i>Richardia</i>			
743	<i>Richardia</i>	<i>tricocca</i>	<i>tetracocca</i>	(Mart. & Gal.) Lewis. & Oliver.
744	<i>Salix</i>			H.B.K.
745	<i>Calceolaria</i>	<i>mexicana</i>		Benth.
746	<i>Castilleja</i>			
747	<i>Castilleja</i>	<i>arvensis</i>		Cham. & Schlecht.
748	<i>Castilleja</i>	<i>lithospermoides</i>		H.B.K.
749	<i>Castilleja</i>	<i>moranensis</i>		H.B.K.
750	<i>Castilleja</i>	<i>tenuiflora</i>		Benth.
751	<i>Castilleja</i>	<i>tolucensis</i>		H.B.K.
752	<i>Lamourouxia</i>			H.B.K.
753	<i>Limosella</i>	<i>aquatica</i>		L.
754	<i>Mimulus</i>			
755	<i>Mimulus</i>	<i>glabratus</i>		H.B.K.
756	<i>Pedicularis</i>	<i>mexicana</i>		Zucc.
757	<i>Penstemon</i>			(Cav.) Roth.
758	<i>Penstemon</i>	<i>barbatus</i>		
759	<i>Penstemon</i>	<i>campanulatus</i>		(Cav.) Willd.
760	<i>Penstemon</i>	<i>gentianoides</i>		(H.B.K.) Poir.
761	<i>Penstemon</i>	<i>roseus</i>		(Sweet.) Don.
762	<i>Seymeria</i>	<i>decurva</i>		Benth.



---



---

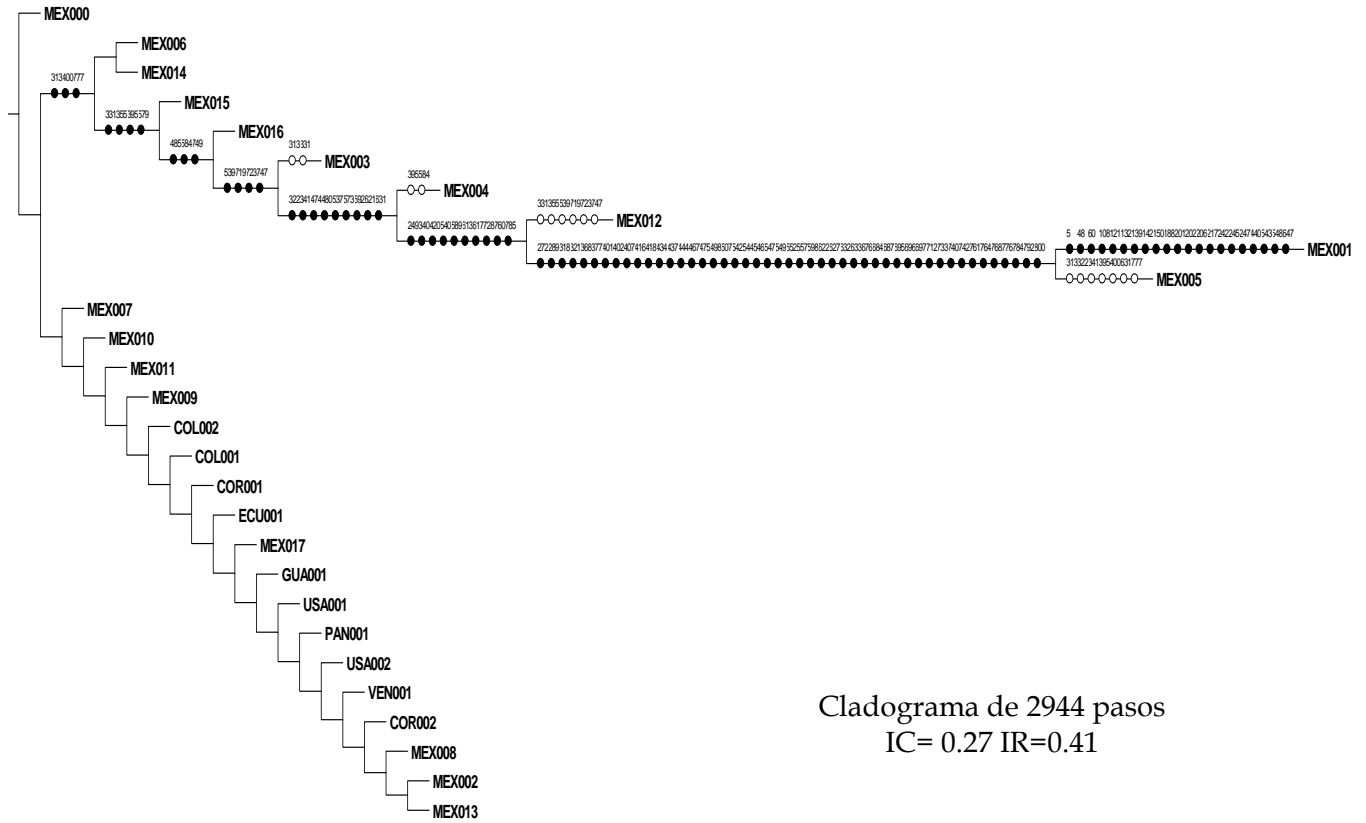
763	Sibthorpia		
764	Sibthorpia	repens	(Mutis. ex L.f.) Kuntze.
765	Silvia	prostrata	Benth.
766	Veronica	arvensis	L.
767	Veronica	peregrina	(H.B.K.) Pennell.
768	Veronica	peregrina	xalapensis
769	Veronica	persica	Poir.
770	Veronica	serpyllifolia	L.
771	Smilax		Schlecht.
772	Cestrum		Dunal.
773	Cestrum	nitidum	Mart. & Gal.
774	Cestrum	nocturnum	L.
775	Cestrum	roseum	H.B.K.
776	Jaltomata	procumbens	(Cav.) J.L. Gentry.
777	Nectouxia	formosa	H.B.K.
778	Physalis		
779	Physalis	orizabae	Don.
780	Solanum		
781	Solanum	appendiculatum	Humb. & Bonpl. ex Dunal.
782	Solanum	bulbocastanum	Dunal.
783	Solanum	demissum	Lindl.
784	Solanum	nigrescens	Mart. & Gal.
785	Solanum	rostratum	Dunal.
786	Solanum	verrucosum	Schlecht.
787	Hydrocotyle		Thunb.
788	Osmorhiza	mexicana	Griseb.
789	Parietaria	pensylvanica	Muhl.
790	Urtica		
791	Urtica	chamaedryoides	Pursh.
792	Urtica	dioica	L.
793	Urtica	dioica	angustifolia
794	Valeriana		Mart. & Gal.
795	Valeriana	clematitis	H.B.K.
796	Valeriana	edulis	Nutt.
797	Citharexylum		Don.
798	Lippia		Cav.
799	Priva	grandiflora	(Ort.) Moldenke.
800	Verbena		
801	Verbena	bipinnatifida	Nutt.
802	Verbena	carolina	L.
803	Verbena	recta	H.B.K.
804	Verbena	teucriifolia	Mart. & Gal.

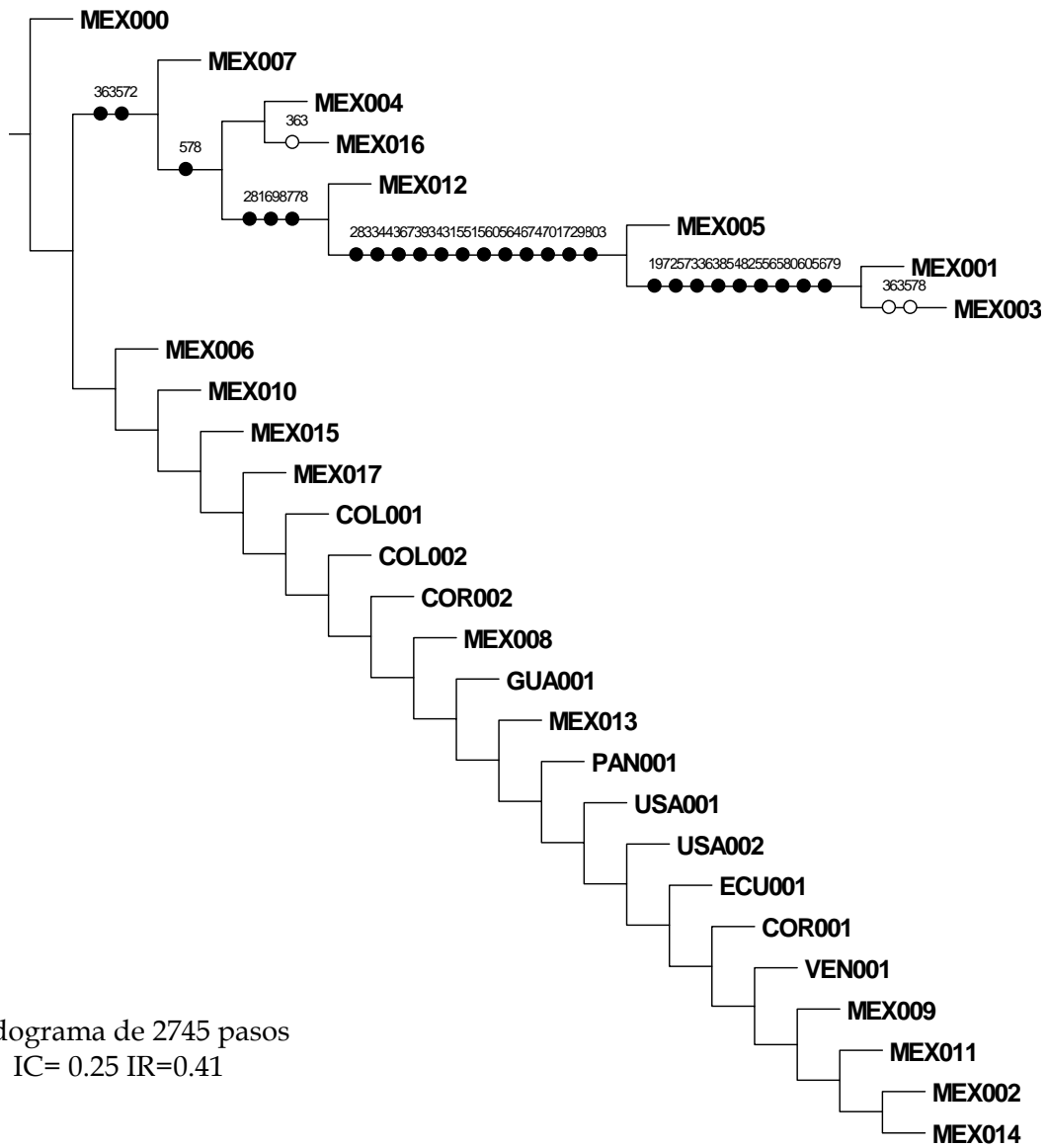
---

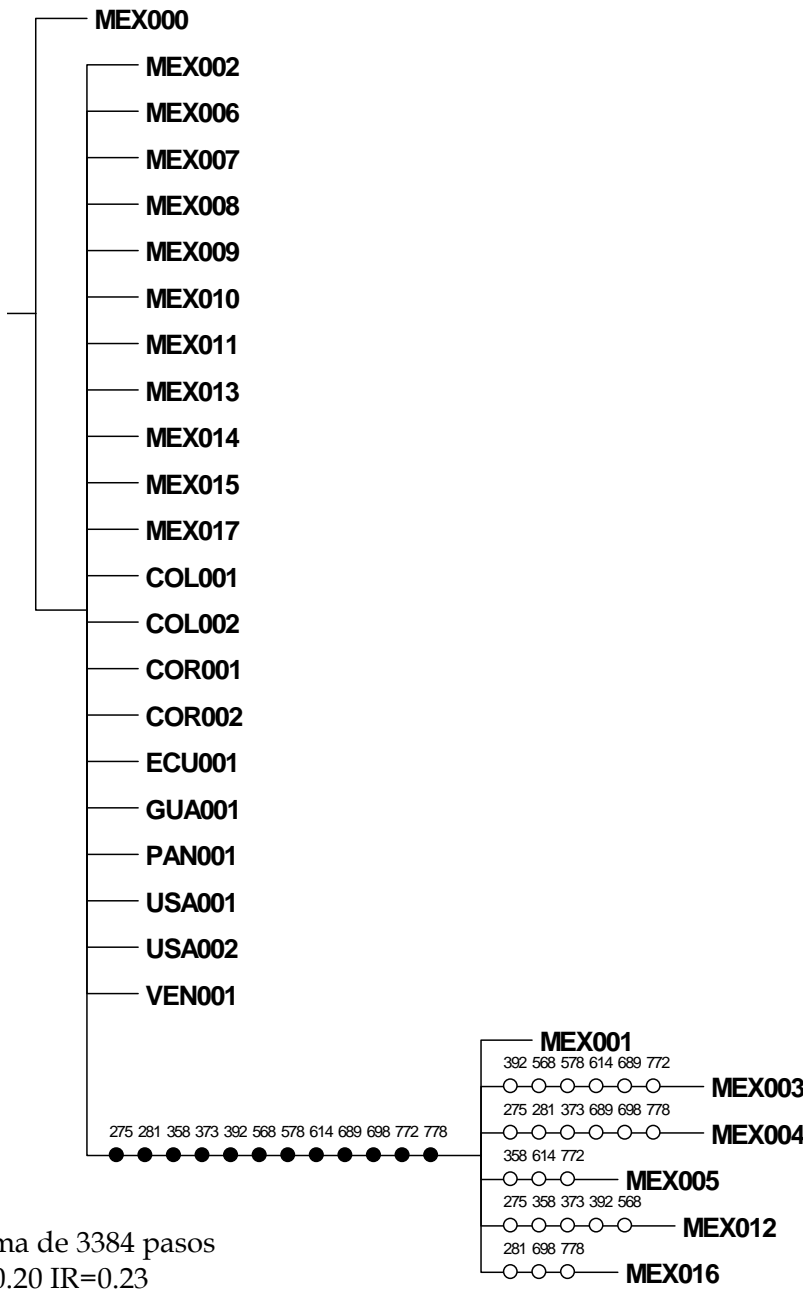


---

**ANEXO II.** Cladogramas generales de áreas obtenidos a partir del análisis a la Matriz Básica de Datos, realizado mediante el programa Nona (Goloboff, 1993) y Winclada versión 0.9.99 beta (Nixon, 1999).







Cladograma de 3384 pasos  
 IC= 0.20 IR=0.23

