



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**Análisis de trazos para identificar áreas de conservación de la
mastofauna en el Componente Mexicano de Montaña**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA:

CORONA MENDOZA WILLIE

ASESORA

DRA. TANIA ESCALANTE ESPINOSA



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX., MAYO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

Agradecimientos	1
Resumen	3
Introducción	5
Capítulo 1. Análisis de Trazos	9
1.1. Marco Teórico / conceptual	9
1.1.1. La biogeografía dentro de la geografía	9
1.2. Antecedentes	18
1.2.1. Componente Mexicano de Montaña	18
1.3 Materiales y métodos	22
1.4 Resultados	27
1.5 Discusión	47
1.6 Conclusión	54
Capítulo 2. Propuesta de áreas para la conservación de la mastofauna	56
2.1. Marco Teórico / conceptual	56
2.1.1 Complementariedad	60
2.2. Antecedentes	61
2.3. Materiales y métodos	63
2.4 Resultados	64
2.5. Discusión	81
2.6. Conclusión	85
Capítulo 3. Caracterización físico-geográfica y cultural de los Nodos Panbiogeográficos prioritarios	86
3.1. Marco Teórico / conceptual	86
3.1.1. Pueblos indígenas	87
3.2. Antecedentes	88
3.3. Material y métodos	89
3.4. Resultados	90
3.5. Discusión	107
3.6. Conclusión	113
Conclusión general	114
Glosario	116
Referencias Bibliográficas	118

Índice de figuras

- Figura 1. Diagrama metodológico general
- Figura 2. Provincias del Componente Mexicano de Montaña, según Morrone (2014a).
- Figura 3. Trazos generalizados obtenidos con la cuadrícula de 4°x4.
- Figura 4. Trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*).
- Figura 5. Trazo generalizado de la Costa Oeste (*Western Coast*).
- Figura 6. Trazo generalizado de California (*California*).
- Figura 7. Trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*).
- Figura 8. Trazos generalizados obtenidos en el primer análisis con PAE-PCE.
- Figura 9. Trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*).
- Figura 10. Trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*).
- Figura 11. Trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*).
- Figura 12. Trazo generalizado de la Costa Noroeste de Baja California (*Northwest Baja California Coast*).
- Figura 13. Trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*).
- Figura 14. Trazo generalizado de la Sierra de Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*).
- Figura 15. Trazo generalizado de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*).
- Figura 16. Trazos generalizados implicados en los nodos panbiogeográficos de América del Norte.
- Figura 17. Trazos generalizados implicados en los nodos panbiogeográficos del Componente Mexicano de Montaña.
- Figura 18. Nodos panbiogeográficos del grupo 1.
- Figura 19. Valores obtenidos por pares de nodos panbiogeográficos del grupo 1, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).
- Figura 20. Nodos panbiogeográficos del grupo 2.
- Figura 21. Valores obtenidos por pares de nodos panbiogeográficos del grupo 2, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).
- Figura 22. Nodos panbiogeográficos del grupo 3.

- Figura 23. Valores obtenidos por pares de nodos panbiogeográficos del grupo 3, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).
- Figura 24. Nodos panbiogeográficos del grupo 4.
- Figura 25. Nodos panbiogeográficos del grupo 5.
- Figura 26. Nodos panbiogeográficos del grupo 6.
- Figura 27. Nodos panbiogeográficos del grupo 7.
- Figura 28. Valores obtenidos por pares de Nodos panbiogeográficos del grupo 7, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).
- Figura 29. Nodos panbiogeográficos del grupo 8.
- Figura 30. Nodos panbiogeográficos del grupo 9.
- Figura 31. Nodos panbiogeográficos heterogéneos.
- Figura 32. Nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 33. Rocas ubicadas en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 34. Altitud ubicada en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 35. Climas ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 36. Suelos ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 37. Vegetación ubicada en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 38. Cuencas hidrográficas ubicadas en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
- Figura 39. Pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios del estado de Oaxaca.
- Figura 40. Pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios del estado de Chiapas.

Índice de cuadros

- Cuadro 1. Escalas geométricas de acuerdo con Krebs (1985).
- Cuadro 2. Especies que conforman el trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*) agrupadas en niveles de anidamiento.
- Cuadro 3. Especies que conforman el trazo generalizado de la Costa Oeste (*Western Coast*), agrupadas en niveles de anidamiento.
- Cuadro 4. Especies que conforman el trazo generalizado de California (*California*), agrupadas en niveles de anidamiento.
- Cuadro 5. Especies que conforman el trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*), agrupadas en niveles de anidamiento.
- Cuadro 6. . Especies que conforman el trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*), agrupadas en un nivel de anidamiento.
- Cuadro 7. Especies que conforman el trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*), agrupadas en niveles de anidamiento.
- Cuadro 8. Especies que conforman el Trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*), agrupadas en niveles de anidamiento.
- Cuadro 9. Especies que conforman el trazo generalizado de la Costa Noroeste de Baja California (*Northwest Baja California Coast*), agrupadas en un nivel de anidamiento.
- Cuadro 10. Especies del trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*), agrupadas en un nivel de anidamiento.
- Cuadro 11. Especies que conforman el trazo generalizado de la Sierra Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*), agrupadas en un nivel de anidamiento.
- Cuadro 12. Especies que conforman el trazo generalizado de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*), agrupadas en un nivel de anidamiento.
- Cuadro 13. Número de nodos panbiogeográficos identificados en América del Norte y trazos generalizados implicados.
- Cuadro 14. Número de nodos panbiogeográficos por provincia en el Componente Mexicano de Montaña.
- Cuadro 15. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 1.
- Cuadro 16. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 2.

- Cuadro 17. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 3.
- Cuadro 18. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 4
- Cuadro 19. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 5.
- Cuadro 20. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 6.
- Cuadro 21. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 7.
- Cuadro 22. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 8.
- Cuadro 23. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 9.
- Cuadro 24. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos sustentados por niveles de anidamiento distintos.
- Cuadro 25. Especificaciones de las rocas ubicadas en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).
- Cuadro 26. Especificaciones de la altitud ubicada en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).
- Cuadro 27. Especificaciones de los climas ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).
- Cuadro 28. Especificaciones de los suelos ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).
- Cuadro 29. Especificaciones de los tipos de vegetación ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).
- Cuadro 30. Especificaciones de los pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F) del estado de Oaxaca.
- Cuadro 31. Especificaciones de los pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F) del estado de Chiapas.

Agradecimientos

A mis padres, a quienes les dedico esta investigación. Gracias por estar a mi lado en las buenas, en las malas y en las peores, por ser los mejores amigos, por su cariño, por sus consejos, por ser maestros de vida y por enseñarme a nunca desistir. Sin ustedes no hubiera podido llegar hasta donde estoy.

A mi querida familia. A mis abuelos: que desde el cielo me miran, me guían y me motivan. A mis tíos: por su apoyo y confianza en mí. A mis primos: por compartir buenos momentos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de pertenecer a su matrícula de alumnos, por ser una institución maravillosa y proporcionarme herramientas para ser un profesionista de éxito.

A la Facultad de Filosofía y Letras, por permitirme estudiar la licenciatura en Geografía, la cual me proporcionó una visión general acerca de los diferentes aspectos que conforman el sistema Tierra, de las poblaciones humanas que se ubican en su superficie y las interacciones que hay entre ellos.

A la Facultad de Ciencias, por ser una gran institución, por abrirme las puertas y permitirme estudiar materias relacionadas con la Biología.

A la doctora Tania Escalante, por aceptarme en su laboratorio (Biogeografía de la Conservación) y permitirme ser su alumno. Muchas gracias por la paciencia, tiempo y esfuerzo en la revisión de mi trabajo de grado, por becarme, por sus excelentes consejos, por ser una persona destacada en todos los aspectos y por ser un ejemplo a seguir.

A Elkin Noguera, por su conocimiento y por el apoyo brindado en la elaboración de los Trazos individuales.

A los académicos José Santos Morales, María Teresa López, José Manuel Espinoza e Irma Edith Ugalde, por aceptar revisar esta investigación, por sus valiosos comentarios y sugerencias.

Al programa DGAPA-PAPIIT de la UNAM, mediante el proyecto PAPIIT IN217717, titulado “*Planeación sistemática de la conservación en la faja volcánica transmexicana*”, por otorgarme una beca, la cual me permitió concluir satisfactoriamente este trabajo de investigación.

A la maestra Margarita Franco, quien me inculcó el gusto por la Biogeografía. A la maestra María de los Ángeles Pensado, por su conocimiento, por apoyarme y por ser una excelente persona. A mi maestra de inglés Lydia Flores, por ser un gran ser humano, por los consejos, motivación y a mostrarme que una calificación no es la pauta de lo que uno aprende.

A los maestros Bessy Sterling y Eduardo Domínguez, por ser los mejores maestros en la enseñanza de la Geografía, por inculcarme el gusto hacia la docencia, por sus consejos y confianza hacia mí.

A mis padrinos Rodrigo Chávez y Luz Palma, quienes me han destacado en todos los aspectos y me han considerado parte de su familia.

A mis compañeros, colegas y amigos que he conocido a lo largo de la vida, que me han brindado su amistad, que me han apoyado y motivado para ser mejor en todos los aspectos. Gracias: Lupita Iglesias, Erick (Chino), Sergio, (Jacobo), Víctor (Vic), Perla, Mauricio (Pollo), Erick Ibáñez, Mariel, Martha Trujillo, Jonathan, David, Gerardo Vera, Mariana, Marco, Bruno, Erick Licon, Karen (Juana), Eduardo Muñoz y Mario Vásquez.

A mis queridas mascotas (Rex, Yako y Bonita) por haberme enseñado a ser más puro, humilde y mejor persona.

A Willie, por ser mi amigo y confidente, por estar a mi lado y por nunca dejarme solo.

Resumen

La presente investigación consistió en desarrollar un Análisis de Trazos (AT) de la fauna de mamíferos del Componente Mexicano de Montaña (CMM), con la finalidad de emplearlo para priorizar y caracterizar sitios de conservación. En este trabajo se elaboraron 574 trazos individuales (TI) de mamíferos distribuidos en América del Norte, los cuales fueron analizados utilizando dos escalas de trabajo, mediante el Análisis de Parsimonia de Endemismos con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE), para la obtención de trazos generalizados (TG) y nodos panbiogeográficos (NP). Como resultados se obtuvieron 10 TG, nueve de ellos se intersecaron reconociendo 221 NP, y únicamente 52 de ellos fueron reconocidos en el CMM, principalmente sobre la Faja Volcánica Transmexicana, y representaron satisfactoriamente eventos de convergencia biogeográfica.

Con el fin de reconocer sitios prioritarios para la conservación de los mamíferos, 46 NP fueron clasificados en nueve grupos, cada uno de ellos sustentados por los mismos TG y los mismos niveles de anidamiento, adicionalmente se reconoció un conjunto heterogéneo de seis NP. Posteriormente, sólo a siete grupos se les aplicó el índice de complementariedad, donde fueron seleccionados como prioritarios aquellos pares de NP con la mayor disimilitud. Los dos grupos restantes fueron sustentados por únicamente dos NP, los cuales fueron fusionados en uno sólo, por lo que ambos fueron seleccionados como prioritarios. Por otro lado, y debido a que el conjunto heterogéneo de NP fue sustentado en diferentes TG y diferentes niveles de anidamiento, todos los NP pertenecientes a este conjunto fueron reconocidos como prioritarios.

Finalmente, se identificaron 29 NP prioritarios, la mayoría de ellos distribuidos sobre la Sierra Juárez y los Altos de Chiapas. Estos NP se superpusieron con los mapas digitales que representan las diferentes condiciones ambientales y con la distribución de los pueblos indígenas, con la finalidad de identificar las variables más frecuentes en las que se ubican dichos sitios y además, reconocer áreas complejas desde una perspectiva físico-geográfica y social. De esta manera, los NP fueron identificados en igual proporción sobre rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; principalmente en altitudes que van desde 1500 a 2500 m, climas templados, suelos acrisoles, bosques, sobre la vertiente del Golfo, y donde predominó

el pueblo indígena zapoteco; así mismo se identificó a la Sierra Juárez y a los Altos de Chiapas como las áreas geográficas más complejas del CMM.

Introducción

Desde el punto de vista evolutivo, los mamíferos son uno de los grupos de animales (vertebrados) más exitosos, los cuales descienden de los *Synapsida*, (grupo de amniotas). Hace unos 300 millones de años, la evolución de estos seres vivos ocurrió de manera independiente de los amniotas que incluyen a los reptiles (Aguilar-Aguilar y Contreras, 2001; Rojas y Moreno, 2014).

El hecho de que los mamíferos se encuentren ampliamente distribuidos, estén bien representados en las colecciones científicas (Escalante *et al.*, 2007), presenten gran diversidad y exhiban patrones de distribución, los convierte en un buen modelo para aproximarse a los estudios evolutivos, proporcionando información a otros campos del conocimiento (Dice 1943; Goldman y Moore 1946; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990,1993; Fa y Morales 1991; Morrone y Escalante 2002; Escalante *et al.*, 2003, 2007). Así mismo, dicho taxón aporta numerosos servicios ambientales, los cuales generan bienestar a la sociedad (Rojas y Moreno, 2014).

En la naturaleza, los mamíferos no se distribuyen al azar, sino que exhiben patrones de distribución, donde taxones diferentes se localizan en un mismo espacio y tiempo como resultado de procesos ecológicos e históricos comunes (Morrone, 2009). El Análisis de Trazos (AT) permite reconocer estos patrones de distribución denominados como componentes bióticos o trazos generalizados (TG), los cuales proporcionan información acerca del proceso evolutivo de las biotas y de las áreas que ocupan (Gámez *et al.*, 2012). Además, el AT permite identificar nodos panbiogeográficos (NP), los cuales se pueden proponer como sitios prioritarios para la conservación bajo el supuesto de que son geobióticamente complejos, por lo que son zonas de importancia histórica en la evolución de las biotas analizadas (Torres y Luna-Vega, 2006). En ese sentido, la geografía es esencial para el presente análisis, y es la distribución orgánica la que hace que la biogeografía sea objeto de estudio de la geografía (Grehan, 2001). Así mismo, la teoría de la evolución se encuentra en el núcleo de la biología evolutiva, siendo la evolución también un proceso geográfico, por lo que al representar la distribución de la vida en mapas, es posible inferir que si los taxones evolucionan a partir de taxones preexistentes, entonces la distribución

geográfica puede informarnos acerca del curso que ha tomado la filogenia, debido a los cambios ocurridos en la superficie terrestre (Hull, 1988; Craw *et al.*, 1999). Así, el AT cubre aspectos biogeográficos, evolutivos, geológicos, ecológicos y temas relacionados con la conservación biológica, integrando los principios geográficos de localización, distribución, casualidad y relación (Hernández y Peimbert, 1969; Craw y Gibbs, 1984; Craw y Sermonti, 1988; Craw, *et al.*, 1999; Morrone, 2000b).

Con base en lo anterior, la presente investigación constituida por tres capítulos, tiene como objetivo general proponer y caracterizar áreas de conservación de mamíferos en el Componente Mexicano de Montaña a través de un análisis de trazos, relacionando las variables sociedad-naturaleza. Para ello, fue necesario elaborar objetivos particulares, enunciados a continuación:

- Obtener trazos generalizados que representen hipótesis de homología biogeográfica primaria a partir de un análisis de trazos de especies de mamíferos distribuidos en América del Norte.
- Identificar nodos panbiogeográficos en la intersección de los trazos generalizados obtenidos.
- Seleccionar nodos panbiogeográficos prioritarios (ubicados sólo en el Componente Mexicano de Montaña) con base en propuestas, métodos y criterios específicos.
- Caracterizar los nodos panbiogeográficos con bases en las condiciones-físico geográficas y culturales que se ubican en ellos, con el fin de identificar áreas complejas.

De esta manera, en el primer capítulo se realizó un AT, incluyendo la elaboración de TI, y su análisis de homología para obtener TG. Finalmente, mediante la intersección de dos o más trazos generalizados se reconocieron NP, sin embargo para continuar la investigación sólo fueron seleccionados aquellos ubicados en el CMM.

El AT ha sido propuesto como una herramienta de conservación biológica, ya que permite entender la biodiversidad desde una perspectiva evolutiva, al identificar prioridades en las áreas a ser conservadas, mismas que permiten preservar tanto la riqueza de especies como la riqueza en términos de origen evolutivo (Morrone y Espinosa-Organista, 1998; Morrone, 2000b; Aguilar-Aguilar y Contreras, 2001; Contreras, Morrone y Luna-Vega,

2001). Por ello, el capítulo dos se enfocó en seleccionar prioridades en los NP a ser conservados, por medio de la riqueza y del índice de complementariedad, el cual permite cuantificar el número de especies compartidas entre pares de sitios.

Finalmente, dada la importancia de los NP en términos de conservación y al incorporar información natural junto con el aspecto humano, en el capítulo tres se realizó la caracterización físico-geográfica y cultural de los NP prioritarios reconocidos previamente, con la finalidad de identificar las variables más frecuentes que se ubican en dichos sitios y con ello preservar la mayor cantidad de recursos naturales y culturales. Por un lado, son pocos los trabajos que han realizado la caracterización físico-geográfica de los NP, la cual permite identificar la composición y estructura de las áreas naturales así como su distribución geográfica (Moss, 2001). Por el otro lado, no existen trabajos académicos que caractericen los NP con base en la distribución espacial de los grupos indígenas, por lo que los resultados de este capítulo se consideran pioneros en su campo.

Con lo mencionado anteriormente, se propuso la siguiente hipótesis: Se espera identificar mayor número de áreas complejas (desde una perspectiva natural y social) en la Faja Volcánica Transmexicana, debido a la heterogeneidad que presenta en términos de origen, ambiente y biodiversidad.

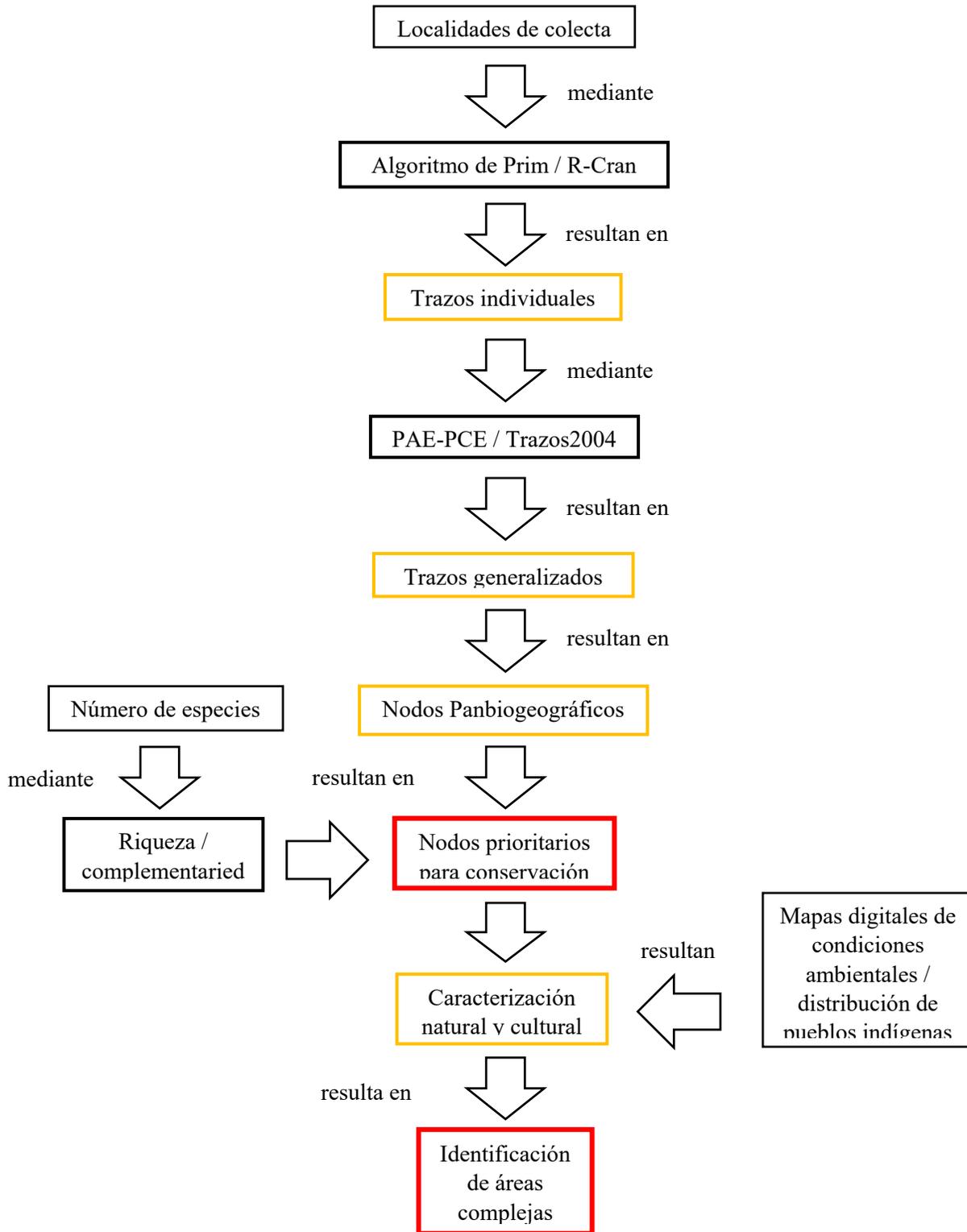


Figura 1. Diagrama metodológica general.

Capítulo 1. Análisis de Trazos

1.1. Marco Teórico / conceptual

La biogeografía es la ciencia que documenta y estudia la distribución de los seres vivos, actuales y extintos, sobre la superficie terrestre (Espinosa-Organista *et al.*, 2001). Una vez que reconoce estas distribuciones espaciales, propone hipótesis acerca de los procesos que las generaron; además proporciona un sistema jerárquico de regionalización biótica de la superficie terrestre y selecciona los sitios más adecuados para la conservación mediante propuestas, métodos y criterios específicos (Llorente-Bousquets y Yáñez Ordóñez, 2008; Morrone, 2009).

Una disciplina afín, la ecología, pareciera tener el mismo objeto de estudio que la biogeografía (distribución de los seres vivos), sin *embargo*, la distribución en ecología se basa en el comportamiento de alguna población o comunidad con respecto a una variable ambiental, ya sea de factores físicos (salinidad, temperatura, humedad, entre otros) o de recursos bióticos (disponibilidad de alimento, refugios, sitios de crianza, entre otros); de esta manera, los organismos presentan máximos o mínimos de abundancia en ciertas variables, por ejemplo, en la humedad (Espinosa-Organista *et al.*, 2002). En biogeografía en cambio, la distribución es geográfica y se refiere al conjunto de localidades donde un taxón ha sido registrado; entendiéndose por **localidad de colecta o de registro** tanto a la descripción de ubicación y coordenadas geográficas, así como a sus atributos de hábitat (Espinosa-Organista *et al.*, 2001).

1.1.1. La biogeografía dentro de la geografía

La biogeografía es una ciencia interdisciplinaria, ocupa un área intermedia entre la geografía, la geología y la biología (Morrone, 2004a). Por este motivo resulta muy heterogénea en sus principios, conceptos y métodos; la mayoría de ellos provienen de la ecología, la sistemática, la biología evolutiva, las ciencias de la Tierra, entre otras (Morrone, 2004a, 2009; Llorente-Bousquets y Yáñez Ordóñez, 2008).

Por su parte, la geografía es una ciencia original y compleja que presenta dos ramas: geografía humana y geografía física (Sarrailh, 1991). Por un lado la geografía es una ciencia social, relacionándose con la demografía, la sociología, la economía, la política, entre otras (Sarrailh, 1991). De igual modo es una ciencia que se dedica a estudiar la naturaleza, por lo que interactúa con la biología, la hidrología, la edafología, la oceanografía, la meteorología, entre otras (Sarrailh, 1991).

Algunos autores como Hernández y Peimbert, (1969); Sarrailh, (1991) argumentan que la geografía tiene un objeto de estudio inexacto, ya que aprovecha los estudios realizados por otras ciencias e intenta explicar, interpretar, relacionar y aprovechar todo lo que sucede en la superficie terrestre en beneficio del hombre (Hernández y Peimbert, 1969; Sarrailh, 1991). De esta manera la geografía estudia hechos y fenómenos tanto sociales como físicos; de ellos, le interesa conocer las causas que los producen, sus relaciones entre sí y su distribución sobre la superficie terrestre (Hernández y Peimbert, 1969). Desde el punto de vista de la geografía, la biogeografía se pregunta en dónde se ubican los seres vivos y por qué, además de conocer sus relaciones con la actividad humana (Rojas y Moreno, 2014; Morrone y Escalante, 2016).

Durante la historia de la biogeografía se han planteado varias divisiones dentro de la misma, una de ellas es la biogeografía evolutiva, la cual estudia las distribuciones de los taxones a escalas espacio-temporalmente amplias y supone que los procesos que las han producido son de naturaleza histórica, es decir, aquellos que ya no intervienen en la actualidad y, por lo tanto, han actuado en intervalos de tiempo evolutivo y geológico (Morrone, 2001b; Espinosa-Organista *et al.*, 2002; Morrone y Escalante, 2016).

Se entiende por **patrón** a una repetición que se da en la naturaleza que, aunque imperfecta, permite establecer comparaciones; de esta manera los **patrones biogeográficos** son arreglos repetitivos, similares o regulares que presentan las distribuciones geográficas de los organismos; desde un punto de vista evolutivo, los dos patrones biogeográficos que se manifiestan sobre la Tierra son el endemismo y la disyunción (Brown y Lomolino, 1998; Cox y Moore, 2000; Espinosa-Organista *et al.*, 2001; Morrone y Ruggeiro, 2001; Escalante *et al.*, 2003; Escalante, 2007).

El **endemismo** se refiere a dos condiciones: “la existencia de taxones en una región determinada” y la existencia de taxones con las mismas distribuciones (De Candolle, 1820; Platnick, 1991). Por otro lado una **disyunción** es una condición, en la cual, un taxón se encuentra fragmentado por barreras geográficas (Pielou, 1992; Brown y Lomolino, 1998; Humphries y Parenti, 1999; Espinosa-Organista *et al.*, 2001). Dichas barreras provocan siempre la interrupción del intercambio génico entre los diferentes fragmentos e impide la dispersión de los individuos separados por dichas barreras (Pielou, 1992; Brown y Lomolino, 1998; Humphries y Parenti, 1999; Espinosa-Organista *et al.*, 2001). La congruencia o superposición de estos patrones de distribución geográfica conduce a un tipo de homología espacial (Espinosa-Organista *et al.*, 2001).

Se ha determinado que el objetivo de la biogeografía es poner en evidencia la distribución de los taxones y después identificar sus fenómenos causales (**procesos**), los cuales se entienden como aquellos fenómenos que modifican las distribuciones geográficas de los taxones (Morrone y Ruggiero, 2001; Morrone, 2007). Es interesante notar que el desarrollo de los procesos precede a la formación de las distribuciones espaciales, sin embargo, en biogeografía primero se identifican las distribuciones y posteriormente se averiguan los agentes que las han condicionado (Myers y Giller, 1988; Fa y Morales, 1993; Lomolino *et al.*, 2006; Escalante, 2007). Desde el punto de vista de la biogeografía evolutiva, los procesos fundamentales son la dispersión, la vicarianza y la extinción (Morrone, 2004a).

El botánico ítalo-estadounidense Léon Croizat (1894-1982) fue una de las figuras más importantes en la historia de la biogeografía evolutiva, ya que desafió la explicación dispersalista y la selección natural como agente causal del cambio evolutivo (Morrone, 2004a; Morrone y Escalante, 2016). Croizat (1958) comparó cientos de distribuciones de plantas y animales, así comenzó dibujando trazos individuales en mapas, y concluyó que algunos de ellos presentaban cierta correspondencia o repetición; a estos patrones les llamó trazos generalizados, los cuales se sustentaban en taxones con medios de dispersión muy distintos. Este descubrimiento resultó contrario al caos de distribuciones en conflicto que sería esperable a partir del dispersalismo, llevándolo a concluir que la **vicarianza** es la explicación más adecuada para explicar los patrones biogeográficos y a la panbiogeografía como un enfoque que supone que las **barreras geográficas** evolucionan junto con las **biotas**,

lo cual se resume en las frases: “Tierra y vida evolucionan juntas” y “Espacio, tiempo y forma = síntesis biológica” (Croizat, 1958, 1964; Morrone, 2000c; Morrone, 2009).

La panbiogeografía es un enfoque de la biogeografía evolutiva que enfatiza la dimensión espacial o geográfica de la biodiversidad, lo cual permite un mejor entendimiento acerca de los patrones y procesos evolutivos (Craw *et al.*, 1999). Esta aproximación destaca las distribuciones geográficas de los taxones como objetos directos de análisis, las cuales son necesarias para realizar cualquier estudio evolutivo, ya que la geografía es la base mediante la cual ha tenido lugar el desarrollo de la vida (Morrone, 2004a; Morrone y Escalante, 2016). La panbiogeografía permite obtener resultados rápidos, además de tener una amplia potencialidad para ser utilizado en zonas tectónicamente complejas como México y está basada en cuatro supuestos (Croizat 1958, 1964; Craw *et al.*, 1999; Luna-Vega 2008): (1) los patrones de distribución de los seres vivos constituyen la base para los análisis biogeográficos; (2) los patrones de distribución proveen información acerca de la evolución de los taxones; (3) estos patrones de distribución se pueden representar gráficamente y (4) es posible proponer hipótesis acerca de relaciones históricas entre áreas a partir de la correspondencia geográfica entre los patrones de distribución de los taxones y caracteres geológicos / geomorfológicos.

Es importante mencionar que este enfoque señala a la biogeografía como una sola ya que el prefijo pan- (“todo”) no distingue entre plantas y animales, por lo tanto fue interpretada por Croizat (1958) como una “síntesis introductoria entre fitogeografía, zoogeografía y geología”.

En sistemática, **homología** significa equivalencia de partes; es un procedimiento que se emplea para hacer comparaciones entre estructuras orgánicas de diferentes organismos, las cuales resultan ser homólogas si guardan la misma posición con respecto al todo del que forman parte; dichas estructuras poseen una composición anatómica similar (**homología topológica**; Espinosa-Organista *et al.*, 2001). Al mismo tiempo, esta correspondencia puede indicar parentesco entre los organismos (una historia común); asumiendo que dichas estructuras orgánicas son resultado de la evolución, es decir, de herencia con modificación, por lo tanto se habla también de **homología evolutiva** (Pinna, 1991; Espinosa-Organista *et al.*, 2001). De forma análoga, en biogeografía varios taxones poseen una correspondencia en

sus distribuciones, lo cual implica que haya **homología biogeográfica** desde el punto de vista topológico, de igual manera esta congruencia indica homología evolutiva, es decir, una historia biogeográfica común (Espinosa-Organista *et al.*, 2001), debido a la aparición de barreras geográficas que fragmentan subpoblaciones de una biota, posteriormente cada subpoblación diverge en aislamiento geográfico hasta formar nuevas especies; de esta manera las historias biogeográficas de muchos taxones deben ser congruentes, existiendo una correspondencia entre la historia de la Tierra y la historia de la biota (Espinosa-Organista *et al.*, 2001). Si esta suposición es correcta, las filogenias que reflejan las relaciones evolutivas entre los taxones también deben revelar las relaciones entre áreas (Espinosa-Organista *et al.*, 2001). Resumiendo, el conjunto de taxones ha sido influenciado por procesos biogeográficos comunes y ello indica una sola historia de formación (Espinosa-Organista *et al.*, 2001; Gámez *et al.*, 2012).

Al igual que en sistemática, existen dos etapas para reconocer homología biogeográfica (Pinna, 1991; Morrone, 2001a). De esta manera **la homología biogeográfica primaria** (generación de hipótesis) consiste en suponer la existencia de una historia biogeográfica común, es decir, que diferentes taxones, aun con diferentes medios de dispersión, se hallan integrados espacio-temporalmente en un componente biótico; la formulación de una hipótesis de homología biogeográfica primaria se lleva a cabo cuando se identifican trazos generalizados o áreas de endemismo (Pinna 1991; Nelson 1994; Morrone 2001, 2004a). La **homología biogeográfica secundaria** (etapa de legitimación de hipótesis) consiste en contrastar y corroborar los componentes bióticos reconocidos anteriormente, este procedimiento se lleva a cabo mediante un análisis biogeográfico cladístico (Pinna 1991; Rieppel 1991; Nelson 1994; Morrone 2001, 2004a). De esta manera la panbiogeografía es un método que permite llevar a cabo una exploración introductoria de los datos, antes de llevar a cabo la biogeografía cladística (Morrone 2004a, 2004b).

La panbiogeografía (llamada también Análisis de Trazos; Morrone 2015) es una forma de análisis basada en la teoría de grafos, cuya unidad de análisis son los **grafos**, los cuales se entienden como aquellas figuras geométricas formadas a partir de segmentos que conectan una serie de puntos relacionados (Page, 1987; Zunino y Zullino, 2003). Un tipo de grafo es el **árbol**, en el cual los segmentos que lo conforman conectan todos los puntos sin

formar un circuito o una figura geométrica; así, un **árbol de tendido mínimo** es un grafo que conecta todos los puntos, de tal manera que los segmentos o líneas que los unen presenten la menor distancia posible (Craw *et al.*, 1999; Zunino y Zullino, 2003; Morrone, 2009).

El enfoque panbiogeográfico se implementa a través de un Análisis de Trazos (AT), el cual consiste en tres pasos (Morrone, 2015): (1) construir trazos individuales para dos o más taxones, (2) obtener trazos generalizados donde dos o más trazos individuales coincidan, y (3) identificar nodos en las áreas de intersección de dos o más trazos generalizados.

El **trazo individual** (TI) es la unidad básica del AT (Espinosa-Organista *et al.*, 2002; Morrone, 2004a). Básicamente es un gráfico compuesto por líneas, las cuales conectan las diferentes localidades de un taxón de acuerdo con su proximidad geográfica, en este caso se habla de una parsimonia geográfica, por lo tanto desde el punto de vista topológico el TI es un árbol de tendido mínimo (Page, 1987; Morrone, 2004a). Un TI se interpreta como las coordenadas espaciales de un taxón, es decir, aquel sector de tierra o mar en donde la evolución del mismo ha tenido y sigue teniendo lugar (Morrone, 2001b; Espinosa-Organista *et al.*, 2002).

El **trazo generalizado** (TG) es el resultado de la superposición significativa de diferentes TI, el cual representa la existencia de un componente biótico ancestral que posteriormente fue fragmentado por eventos geológicos o tectónicos (Zunino y Zullino, 2003; Morrone, 2009).

Un **nodo panbiogeográfico** (NP) es un sitio complejo en el que dos o más TG se intersectan, el cual se interpreta como una zona de convergencia biótica y tectónica debido a **geodispersión**, el cual es el modelo explicativo para la dispersión que implica el movimiento simultáneo de varios taxones debido a la desaparición de una barrera, seguido de la aparición de una nueva barrera que origina vicarianza subsiguiente (Hallam, 1974; Fortino y Morrone, 1997; Craw *et al.*, 1999; Humphries y Parenti, 1999; Cecca, 2002; Upchurch *et al.*, 2002; Heads, 2004; Liberman, 2004; Morrone, 2009). El reconocimiento de NP es una de las principales aportaciones del AT, ya que son importantes desde el punto de vista evolutivo y con ellos proponer la existencia de áreas compuestas (Fortino y Morrone, 1997; Craw *et al.*, 1999; Humphries y Parenti, 1999; Morrone, 2009). Para representar los NP se dibuja una “x”

encerrada en un círculo, indicando así un punto de convergencia y superposición, lo cual es acorde a los principios de diseño gráfico (Fortino y Morrone, 1997; Miguel-Talonia y Escalante, 2013).

Inicialmente el AT se realizaba de forma manual, de acuerdo con el método de Croizat (1958). El desarrollo tecnológico ha permitido automatizar este proceso, reducir el tiempo de análisis y tener una mayor fiabilidad en los resultados. Algunas metodologías que se han propuesto son las matrices de conectividad e incidencia (Page, 1987), la compatibilidad de trazos (Craw, 1988, 1989a) el Análisis de Parsimonia de Endemismos (Rosen, 1988; Rosen y Smith, 1988) y método combinado (Liria, 2008). También se han desarrollado diversos programas de cómputo (software) para realizar Análisis de Trazos como Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007) y Martitracks (Echeverría-Londoño y Miranda-Esquivel, 2011), entre otros.

Algunos de estos software se han puesto a prueba para verificar la fiabilidad de los resultados (Charte, 2012; Escalante *et al.*, 2016). Por este motivo, Charte, (2012) realizó una comparación entre Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007), Martitracks (Echeverría-Londoño y Miranda-Esquivel, 2011) y método combinado (Liria, 2008) aplicándolos tanto a grupos de plantas (*Bromeliaceae*) como de insectos (*Ephemeroptera*, *Haemagogus* y *Psorophora*). Como conclusión, este autor afirma que el método combinado (Liria, 2008) es el más cercano al método usado por Croizat (1958) y es la mejor opción si se utilizan pocas especies y una escala de trabajo pequeña. Martitracks (Echeverría-Londoño y Miranda-Esquivel, 2011) no utiliza la totalidad de los vértices para crear el árbol de tendido mínimo, sino que promedia de acuerdo con una variable incluida por el investigador; en localidades muy cercanas no funciona adecuadamente, ya que el buffer y el valor de corte que establece se encuentra en grados; es la metodología más rápida pero la menos precisa y los análisis a grandes escalas los realiza de forma óptima. Finalmente, Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007) no mostró mayor o menor eficiencia al identificar el tamaño de la escala.

El Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE, por sus siglas en inglés, “Parsimony Analysis of Endemicity”), es un método biogeográfico (análogo a un análisis cladístico) que construye **cladogramas** basados en el análisis de parsimonia de matrices de presencia-ausencia de taxones (Rosen, 1988; Escalante y Morrone, 2003; Nihei, 2006; Morrone, 2009). El objetivo del PAE es clasificar áreas geográficas con base en la presencia de taxones

compartidos, al utilizarlos como **caracteres** y de esta manera formular hipótesis de relaciones históricas entre las áreas bajo estudio (Rosen, 1988; Rosen y Smith, 1988; Escalante y Morrone, 2003; Contreras-Medina, 2006). El PAE se considera una herramienta desarrollada para encontrar áreas con patrones de distribución congruentes (Trejo-Torres y Ackerman, 2001).

Las **sinapomorfias** reflejan exclusividad compartida en diferentes áreas, mientras que las **autapomorfias** muestran exclusividad en una determinada área (Escalante, 2011). Existen diferentes tipos de PAE y pueden clasificarse con diferentes criterios; de acuerdo con los datos de entrada que se utiliza, existen PAE de localidades y de áreas de distribución generalizadas a otras áreas. Dentro de las segundas puede realizarse el PAE de polígonos regulares (cuadrículas) o irregulares (cuencas hidrológicas, divisiones políticas, entre otras) (Morrone, 1994, 2009).

Nihei (2006) refutó algunas críticas, al retomar la propuesta inicial de Rosen (1988) acerca de que el PAE puede ser usado e interpretado de manera **dinámica** y **estática**. La primera se refiere a los cambios distribucionales a través del tiempo, e integra dos o más horizontes geológicos; mientras que la segunda se basa en la identificación de la homología biogeográfica primaria en un único horizonte geológico.

Por otro lado, Escalante (2011) propuso dividir el PAE en dos formas de interpretación: (1) la **descriptiva**, cuando sólo se trata clasificar; esta visión es útil para identificar patrones; y (2) la **histórica**, la cual analiza los patrones como entidades biogeográficas evolutivas. En cuanto a los taxones que son la evidencia de la clasificación de las áreas, es posible realizar PAE a partir de especies o cualquier otro taxón (géneros, familias, ordenes, etc.); más aún, realizar análisis combinado de diferentes taxones (Escalante, 2011). Los usos más frecuentes de éste método son el AT y la identificación de áreas de endemismo (Rosen, 1988; Escalante y Morrone, 2003; Nihei, 2006; Morrone, 2009).

Si se considera que un TG se forma a partir de la congruencia de dos o más TI (Croizat 1958, 1964; Morrone 2004a), y las **áreas de endemismo** se conforman a partir de la congruencia entre dos o más áreas de distribución (Szumik *et al.*, 2002), se hace evidente que para ambos conceptos es necesario detectar la congruencia entre patrones de distribución.

Por esta razón, se considera que los TG son análogos a las áreas de endemismo (García-Marmolejo, Escalante y Morrone, 2008) y, por tanto, es posible utilizar PAE para el reconocimiento de TG (Szumik *et al.*, 2002).

Algunos autores han utilizado el PAE para llevar a cabo un AT, donde los **clados** que se obtienen son considerados como TG (Craw, 1989b; Luna-Vega *et al.*, 2000; Morrone y Márquez, 2001). Una vez realizado el PAE, se eliminan las especies que sustentan los diferentes clados y se analiza nuevamente la matriz en busca de nuevos clados sustentados por otros taxones, los cuales pudieron quedar encubiertos en el primer análisis, esta modificación se le conoce como PAE con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE, por sus siglas en inglés), el procedimiento acaba cuando ya no hay clados sustentados por dos o más sinapomorfías (Luna-Vega *et al.*, 2000; García-Barros *et al.*, 2002).

La aplicación del PAE para la identificación de TG, comprende los siguientes pasos: (Craw, 1989b; Grehan, 2001; Echeverry y Morrone, 2010; 2014b): (1) Construir TI para taxones diferentes, en la conexión de las localidades donde estos se distribuyen mediante un árbol de tendido mínimo; (2) construir una matriz de localidades o áreas por TI, en la cual, la presencia de un taxón en un área se representa con un '1' y la ausencia con un '0', además se añade un área externa codificada con '0' para enraizar el cladograma; (3) analizar la matriz con un algoritmo de parsimonia y obtener un cladograma; (4) conectar las áreas incluidas en cada clado, sustentado por al menos dos TI como parte de un mismo TG y (5) desconectar los TI que sustentan los clados obtenidos y analizar nuevamente la matriz en busca clados sustentados por otros TI.

Al aplicar el PAE, es muy común reconocer componentes bióticos mayores que aniden o incluyan a los más pequeños, formando así un **patrón sucesivamente anidado**; este fenómeno es la base para proponer esquemas jerárquicos de regionalización biogeográfica (Espinosa-Organista *et al.*, 2001; Escalante, 2009).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Componente Mexicano de Montaña

En América se ha propuesto la existencia de dos regiones biogeográficas: (1) **Neártica**, que comprende la parte norte desde Groenlandia, Canadá, Estados Unidos y parte de México, y (2) **Neotropical**, que abarca el sur de la península de Florida, una parte de México, América Central, las Antillas, la zona tropical de América del Sur (Cabrera y Willink, 1973; Morain, 1984; Pielou, 1992; Brown y Lomolino, 1998; Morrone, 2009). En México se superponen ambas regiones en una zona de contacto: la **Zona de Transición Mexicana (ZTM)**, término que fue propuesto por Halffter (1962). Esta zona es de gran importancia biológica, ya que es el lugar donde dos o más componentes bióticos que habían evolucionado de manera independiente entran en contacto, superponiéndose y mezclándose (Halffter 1962; 1978; 1987; Pielou 1992; Morrone 2005; 2006; 2009). En un AT estas zonas son detectadas por la presencia de uno o más NP (Morrone, 2004b).

Morrone y Márquez (2001) llevaron a cabo un AT y PAE con base en los taxones del orden *Coleoptera*, con el fin de analizar la existencia de la ZTM; estos autores reconocieron dos TG: **Septentrional** y Meridional, los cuales coinciden con los patrones Neártico y Mesoamericano de Halffter respectivamente.

Posteriormente y a partir de trabajos previos, Morrone y Márquez (2003) infirieron la existencia de cinco componentes bióticos principales en México, con base en la distribución de plantas, insectos y aves: Neártico Californiano, Neártico Continental, Septentrional (ahora llamado **Mexicano de Montaña**), Meridional (ahora llamado Mesoamericano) y Antillano.

Morrone y Márquez (2003) propusieron que el Componente Mexicano de Montaña (CMM) representa una zona habitada por taxones espacialmente homólogos; además señalan que está ubicado sobre los principales sistemas montañosos de México, abarca las provincias de: (1) Sierra Madre Occidental, en el oeste del país; (2) Sierra Madre Oriental, en el este; (3) Faja Volcánica Transmexicana, en el centro de México; (4) Sierra Madre del Sur, en el centro-sur del país; y (5) Depresión del Balsas, que ocupa el centro de México, al sur de la Faja Volcánica Transmexicana. Estos autores no incluyeron a la provincia de Chiapas como parte del CMM.

Por su ubicación geográfica, Morrone (2004b; 2006a) consideró que el CMM corresponde a la ZTM, ya que está delimitado por el Componente Neártico Continental y el Componente Mesoamericano (Escalante *et al.*, 2005).

Escalante *et al.* (2005) realizaron un estudio de las provincias pertenecientes al CMM, primero aplicaron PAE a 425 mapas de distribución de mamíferos terrestres, lo que dio como resultado seis provincias que juntas forman el CMM, entre ellas se incluye la provincia de Chiapas. Sin embargo, estos autores argumentaron si realmente la provincia de Chiapas forma parte del sistema montañoso de México, así que decidieron hacer un segundo análisis fusionando esta provincia con la región Neotropical; ambos análisis muestran las mismas relaciones entre las provincias con respecto a Chiapas ya sea fusionada o no, además esta provincia está estrechamente relacionada con la región Neotropical; no obstante también posee biota Neártica (Escalante *et al.*, 2004). Debido a esto, Escalante *et al.* (2005) proponen a esta provincia como parte del CMM, aunque argumentan que se realicen estudios más detallados para esta provincia.

A partir de la síntesis de muchos trabajos previos, Morrone (2014a) enfatizó que la provincia de la Cuenca del Balsas forma parte del dominio Mesoamericano de la región Neotropical y concluyó que la provincia de Chiapas forma parte del CMM (Morrone 2014a; Figura 2).

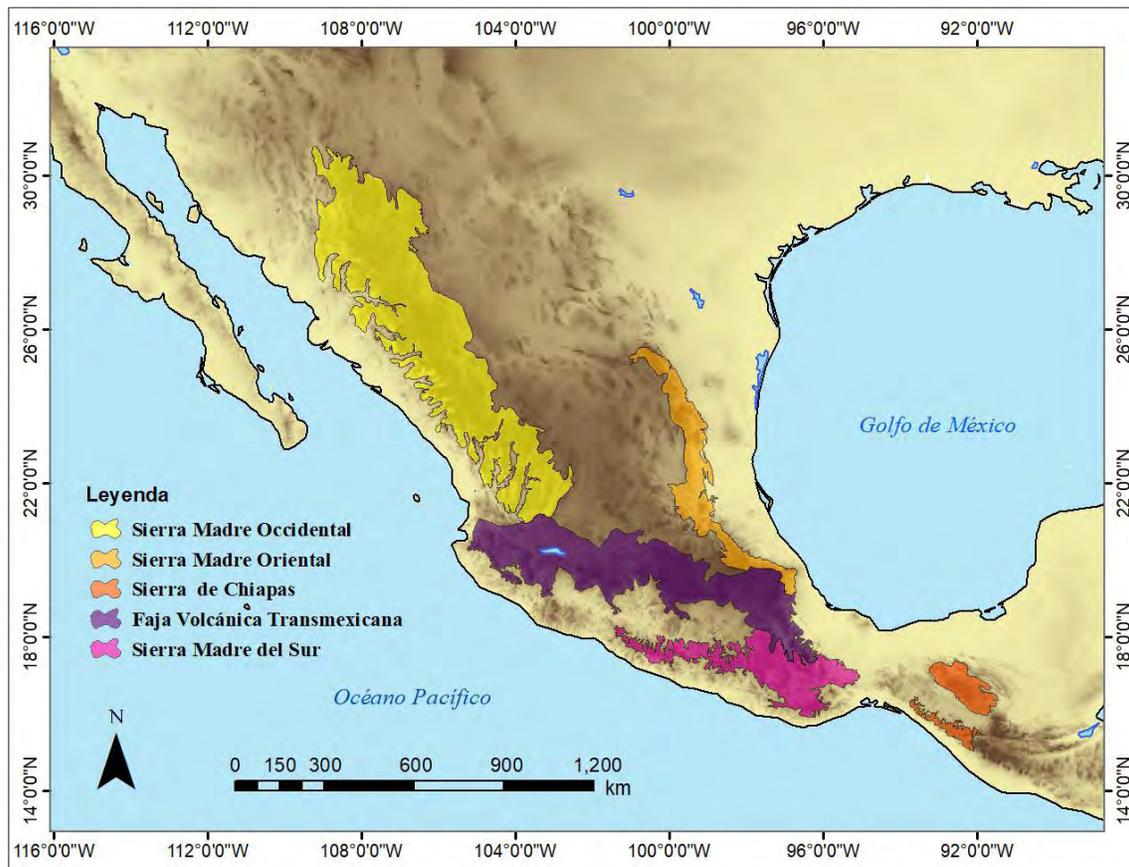


Figura 2. Provincias del Componente Mexicano de Montaña, según Morrone (2014a).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

El primer estudio panbiogeográfico fue desarrollado por Croizat (1958), donde México queda representado como uno de los cinco grandes NP, los cuales coinciden con las áreas de mayor riqueza de taxones en el mundo.

Luna-Vega *et al.* (1999) realizaron un AT con PAE, con el objetivo de buscar correspondencia entre los fragmentos que presentan los bosques mesófilos de montaña. En dicho trabajo se estudiaron 24 áreas que tuvieran especies de plantas vasculares. A partir del PAE se generó un cladograma, del cual se derivaron cinco TG, estas líneas fragmentaron el bosque en forma secuencial como consecuencia de distintos eventos geológicos que afectaron el área. Este análisis se basó en los sistemas montañosos de la Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Chiapas, Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental, las cuales pertenecen al CMM; no se obtuvieron NP.

Álvarez y Morrone (2004) llevaron a cabo un AT, donde seleccionaron 139 especies de aves terrestres presentes en México, estos autores tomaron en cuenta especies con distribución amplia y que contaran con un número grande de localidades, cada TI corresponde a una especie; a partir de los cuales se delinearon 14 TG, mismos que dieron como resultado 15 NP, la mayoría de ellos fueron localizados en zonas montañosas, lo que revela que responden a grandes cambios tectónicos.

Torres y Luna-Vega (2006) desarrollaron un AT con 136 organismos (aves, mamíferos, reptiles, helechos y encinos), tomando en cuenta que sus distribuciones se ubiquen dentro de la Faja Volcánica Transmexicana; a partir de la superposición de los TI se delinearon 8 TG, mismos que al intersectarse dieron como resultado 15 NP, la mayoría de ellos se ubicaron en zonas montañosas, aunque algunos fueron ubicados sobre cuerpos de agua y depresiones (cuencas y cañones).

Por otro lado García-Marmolejo *et al.* (2008) compararon 97 especies de mamíferos terrestres neotropicales; estos autores eligieron especies con distribución relativamente restringida, es decir, aquellas cuya distribución geográfica abarcara desde el sur de los Estados Unidos hasta América Central (incluyendo México). El AT permitió identificar ocho TG (dos de ellos, definidos por especies no voladoras) y 16 NP ubicados en ocho provincias biogeográficas de la región Neotropical y la Zona de Transición Mexicana (Costa Pacífica Mexicana, Golfo de México, Península de Yucatán, Sierra de Chiapas, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana y Cuenca del Balsas). Los NP se ubicaron principalmente en la costa pacífica, concentrándose hacia el sur; por lo tanto, indican gran actividad geológica.

Barrera-Moreno *et al.* (2011) combinaron el método del AT con la utilización de modelos digitales de elevación (MDE); básicamente estos autores analizaron las localidades de 12 especies de roedores en la Faja Volcánica Transmexicana. Los TI y TG se realizaron primero en dos dimensiones con la extensión Trazos2004 en ArcView GIS 3.2, (ESRI, 1996), los TI resultaron en tres TG, dos de ellos se intersectaron y formaron un NP. Para incorporar la altitud a los trazos, se generó un MDE raster a partir de un mapa con curvas de nivel, con el objetivo de encontrar cambios en la conformación de los TI y posteriormente en los TG. Los resultados indican que los análisis de trazos realizados en dos dimensiones han

representado bien los patrones biogeográficos disyuntos. No obstante, es necesario continuar realizando investigaciones al respecto, en particular en las áreas donde existan contrastes altitudinales importantes, y de esta manera tratar de acercarse más a la realidad.

1.3 Materiales y métodos

Las localidades de los mamíferos (226,942 registros, pertenecientes a 697 especies) se obtuvieron del **Atlas Biogeográfico de los Mamíferos Terrestres de América del Norte** (www.atlasbiogeografico.com), el cual es un esfuerzo por sintetizar los patrones de distribución de dicho taxón, desde Alaska y Canadá hasta Panamá, antes de 2011 (Escalante, 2013). Desde entonces han ocurrido varios cambios taxonómicos y distribucionales y por lo tanto, se ha actualizado la base de datos agregando bibliografía reciente (Escalante *et al.*, 2016).

A partir de la distribución geográfica de 574 especies (pertenecientes sólo a América del Norte) se elaboraron los TI, aplicando el algoritmo de Prim, ejecutado en el paquete *fossil* (Vavrek, 2011) en R-Cran (R Core Team, 2015) usando distancias geográficas a través de la función *earth.dist*.

La identificación de TG mediante PAE basado en cuadrículas se llevó a cabo de acuerdo con Echeverry y Morrone (2010), empleando dos diferentes escalas de trabajo y realizando a cada escala un PAE-PCE. Para realizar la primer escala de trabajo (América del Norte), los 574 TI fueron superpuestos e intersectados con una cuadrícula de 4°x4° latitud-longitud (con áreas iguales en proyección geográfica); este paso se realizó con el programa QGIS Desktop 2.14.2 (QGIS Development Team, 2016). Con dicha intersección se realizó una matriz de presencia-ausencia de taxones con los programas de Excel y Notepad++ (Microsoft Office, 2010; Don Ho, 2016). Las áreas donde un TI cruza un cuadro en la matriz se codificaron con '1', y la ausencia se representó con '0'. El tamaño de esta matriz fue de 574 taxones x 323 cuadros (columnas y filas respectivamente) y se agregó una fila con '0' para enraizar el cladograma (Craw, 1989b; Grehan, 2001; Echeverry y Morrone, 2010). Esta matriz fue procesada con un análisis de parsimonia en el programa TNT v. 1.5 (Goloboff, Farris y Nixon, 2016), donde fueron elaborados varios cladogramas de áreas mediante diversas pruebas, cada una de estas pruebas se ejecutó con diferente *random seed* (semilla

aleatoria) y diferentes pesos implicados (k). En algunos casos, es posible que existan TI incongruentes, y para resolver esas incongruencias pueden emplearse los métodos de pesado (Wheeler, 1986; Goloboff, 1993). Un método para pesar caracteres son los **pesos implicados** (k); en el cual se comparan los resultados de diversos cladogramas y se selecciona el más parsimonioso (Goloboff, 1993). Este método permite que cuando se comparan distintos cladogramas entre sí, las diferencias en L, CI y RI (longitud, índice de consistencia e índice de retención, respectivamente) en aquellos TI que muestren más **homoplasia** influyan menos en los resultados (Goloboff 1993). Las pruebas que se realizaron (para ambas escalas) variando el *random seed* y k fueron las siguientes:

1. - $k = 3.0$; random seed = 1
2. - $k = 1.0$; random seed = 2
3. - $k = 2.0$; random seed = 3
4. - $k = 4.0$; random seed = 4
5. - $k = 0.5$; random seed = 1

En ocasiones, una misma prueba puede resultar en diferentes cladogramas igualmente parsimoniosos, es decir con los mismos L, CI y RI (Morrone, 2000a). En esos casos, podríamos estar interesados en las partes que se repiten consistentemente en los mismos (Morrone, 2000a). El **cladograma de consenso estricto** es el único que sólo incluye los componentes que se repiten en los cladogramas originales, lo demás se colapsa y queda transformado en politomías (Morrone, 2000a). Para evitar construir consensos, en este estudio se dio prioridad a las pruebas que generaron un sólo cladograma de tal manera que dicho cladograma se resolviera exitosamente.

La **longitud** de un cladograma (L) se representa por el número de pasos necesarios para sustentar las relaciones evolutivas de las áreas en el mismo (Camin y Sokal, 2007). Cuanto mejor sea el ajuste de los caracteres al cladograma (que no representen cambios) menor será el número de homoplasias y, por ende, menor será la longitud del cladograma, es decir, será más parsimonioso (Morrone, 2000a).

El **índice de consistencia** (*ci*) mide la cantidad de homoplasia relativa de un carácter en un cladograma; se puede obtener dividiendo el número de pasos esperados por el número real de pasos (Kluge y Farris, 1969; Siebert, 1992; Morrone, 2000a):

$$ci = m/s$$

Donde *m* es la cantidad mínima de cambios para el carácter y *s* es el número real de pasos en el cladograma; de esta manera, cuando no hay homoplasia $m = s$ y el *ci* vale 1, cuanto mayor sea la cantidad de homoplasia, *m* se incrementa y el *ci* disminuye (Kluge y Farris, 1969; Siebert, 1992; Morrone, 2000a). Para describir el nivel general de homoplasia en el cladograma se suman los *ci* de todos los caracteres y así obtener el CI:

$$CI = M/S$$

Donde *M*, es la sumatoria de las cantidades mínimas de cambios para todos los caracteres, y *S*, es la longitud del cladograma (Kluge y Farris, 1969; Siebert, 1992; Morrone, 2000a).

El **índice de retención** (*ri*) mide la cantidad de homoplasia observada en un carácter en función de la homoplasia posible, dicho índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$ri = (g - s) / (g - m)$$

Donde *g* es la mayor cantidad de cambios que puede tener un carácter en un cladograma, *m* es la cantidad mínima de cambios y *s* representa el número real de pasos (Farris, 1989; Morrone, 2000a).

Al igual que el índice de consistencia, se puede sumar el índice de retención para todos los caracteres del cladograma:

$$RI = (G - S) / (G - M)$$

Donde *G*, es la sumatoria de las mayores cantidades posibles de cambios que podían tener los caracteres en el cladograma, *M* es la sumatoria de las cantidades mínimas de cambios para todos los caracteres y *S*, representa la longitud del cladograma (Farris, 1989; Morrone, 2000a).

Se seleccionó la prueba con *random seed* = 1 y *k* = 3.0, donde se obtuvo un sólo cladograma. Posteriormente, a dicho cladograma se le realizó una optimización rápida de caracteres con el programa Winclada v. 1.8 (Nixon, 2002). Se identificaron las especies que representen únicamente estados **apomórficos** (autapomorfias y sinapomorfias geográficas), en este caso que tuvieran índices de consistencia (ci) igual a 1; también se tomaron en cuenta especies con (ci) de 0.50 y 0.33 con **reversiones**, que indican que en algunas celdas en las que se ubicaron las especies pudo haber falta de recolecta o eventos de extinción (Escalante *et al.*, 2003). Las especies que no cubrieron con el ci mínimo de 0.33 (excepto sinapomorfias) fueron descartadas, ya que estas especies tienen un ci bajo que representa homoplasias. En el cladograma se dibujaron todas las apomorfias, definiendo así los clados que representan TG. Los TI de las especies que definieron los clados se visualizaron en ArcView GIS 3.2, (ESRI, 1996) corroborando la superposición de los mismos, dibujando así los TG con la herramienta Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007). Posteriormente, se llevó a cabo un PAE-PCE.

Para realizar la segunda escala de trabajo (CMM), se redujo tanto el número de especies como el tamaño de la cuadrícula, con el fin de obtener TG más pequeños y posibles patrones de anidamiento. Este análisis se realizó con cuadros de 1°x1° latitud-longitud. Para reducir el número de especies y evitar homoplasias debido a la escasez de evidencia en la metodología del PAE por el tamaño de la matriz de datos (donde lo recomendado es mayor o igual número de especies que de áreas), se tomaron en cuenta algunos criterios específicos:

(1) En la naturaleza, las especies tienen diferente expresión geográfica, algunas tienen amplia distribución, mientras que otras presentan distribuciones más restringidas; debido a la diferencia que presentan estas distribuciones geográficas, es posible agruparlas en especies en raras y comunes, las **especies comunes** son aquellas que se distribuyen ampliamente, mientras que las **especies raras** presentan distribuciones restringidas (Krebs, 1985). De esta manera las especies comunes son pocas y se distribuyen en muchas áreas, mientras que las especies raras son muchas y se distribuyen en pocas áreas. Para identificar las especies comunes que no son informativas en los análisis de PAE ya que se encuentran en muchas cuadrículas, se clasificaron a las especies tomando en cuenta **categorías geométricas**, las cuales son muy utilizadas en ecología (Krebs, 1985; Escalante, Espinosa-Organista y Morrone, 2002). En la escala de la cuadrícula de 4°x4°, la especie más ampliamente

distribuida se presentó en 127 cuadros (equivalente a 43 234 370 km²). Al comparar este resultado se observó que la clasificación aritmética X 2 (Cuadro 1) contiene el mismo número de unidades en la clase 7 (127), a partir de la cual las especies se clasificaron en siete categorías de acuerdo con la amplitud de su distribución (número de cuadros ocupados). Una vez realizadas las categorías, se seleccionaron especies de las categorías de la 4 a la 7 como de amplia distribución, las cuales fueron eliminadas del análisis, ya que representan distribuciones amplias y por lo tanto inadecuadas para realizar un análisis detallado del CMM (el CMM ocupa 14 cuadros de 4°x4°, equivalente a 541 314 km²).

Cuadro 1. Escalas geométricas de acuerdo con Krebs (1985) En negritas se muestra el número 127 correspondiente a la clase 7.

Clases de acuerdo a la escala geométrica	Cifras aritméticas agrupadas conforme a:		
	X 2	X 3	X 10
1	1	1	1-9
2	2-3	2-4	10-99
3	4-7	5-13	100-999
4	8-15	14-40	1000-9999
5	16-31	41-121	10000-99999
6	32-63	122-364	100000-999999
7	64- 127	365-1093	1000000-9999999
8	128-255	1094-3280	-
9	256-511	3281-9841	-
10	512-1024	9842-	-

(2) A partir del trabajo de Escalante *et al.* (2010) se eliminaron dos especies más, debido a que dichas especies forman parte de los patrones biogeográficos reconocidos para la región Neártica (patrón occidental y patrón oriental) y por consiguiente no son informativas para el área de estudio de este trabajo.

(3) A partir de la escala de $4^{\circ} \times 4^{\circ}$, se eliminaron las especies de los TG que no forman parte del área de estudio y por lo tanto no informativos.

Posteriormente se realizaron los mismos pasos que la escala de $4^{\circ} \times 4^{\circ}$, ahora con una matriz de 204 taxones x 358 cuadros de 1° (columnas y filas respectivamente), donde se obtuvieron varios cladogramas de áreas mediante diversas pruebas cambiando el *random seed* y los pesos implicados (*k*). Todas las pruebas resultaron en dos o más cladogramas por lo que a todas se les aplicó un consenso estricto; sin embargo, para usar el mismo criterio que en el análisis anterior se seleccionó la prueba con $k = 3.0$ y *random seed* = 1. Posteriormente se realizó un PAE-PCE, en este caso se fueron eliminando progresivamente las especies hasta que ya no quedaran clados sustentados por dos o más apomorfías geográficas y una vez finalizado, todos los TG obtenidos en ambas escalas de trabajo se visualizaron en ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1996) esto con el fin de buscar nodos, empleando Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007). Las figuras fueron elaborados en ArcGis 10.1 (ESRI, 2012).

1.4 Resultados

Al aplicar el PAE a la cuadrícula $4^{\circ} \times 4^{\circ}$, se obtuvo un cladograma con $L = 3490$, $CI = 0.16$ y $RI = 0.63$, a partir de este se reconocieron cuatro clados que resultaron en TG, (Figura 3), los cuales fueron sustentados por al menos dos especies y todos ellos mostraron patrones sucesivamente anidados, los cuales fueron ordenados en distintos niveles de anidamiento con base en (Fernández-Badillo, 2013). Los TG fueron nombrados tomando en cuenta características físico-geográficas, provincias y dominios biogeográficos anteriormente publicados (Escalante, 2013; Morrone, 2014b; Natural Earth, 2017a).

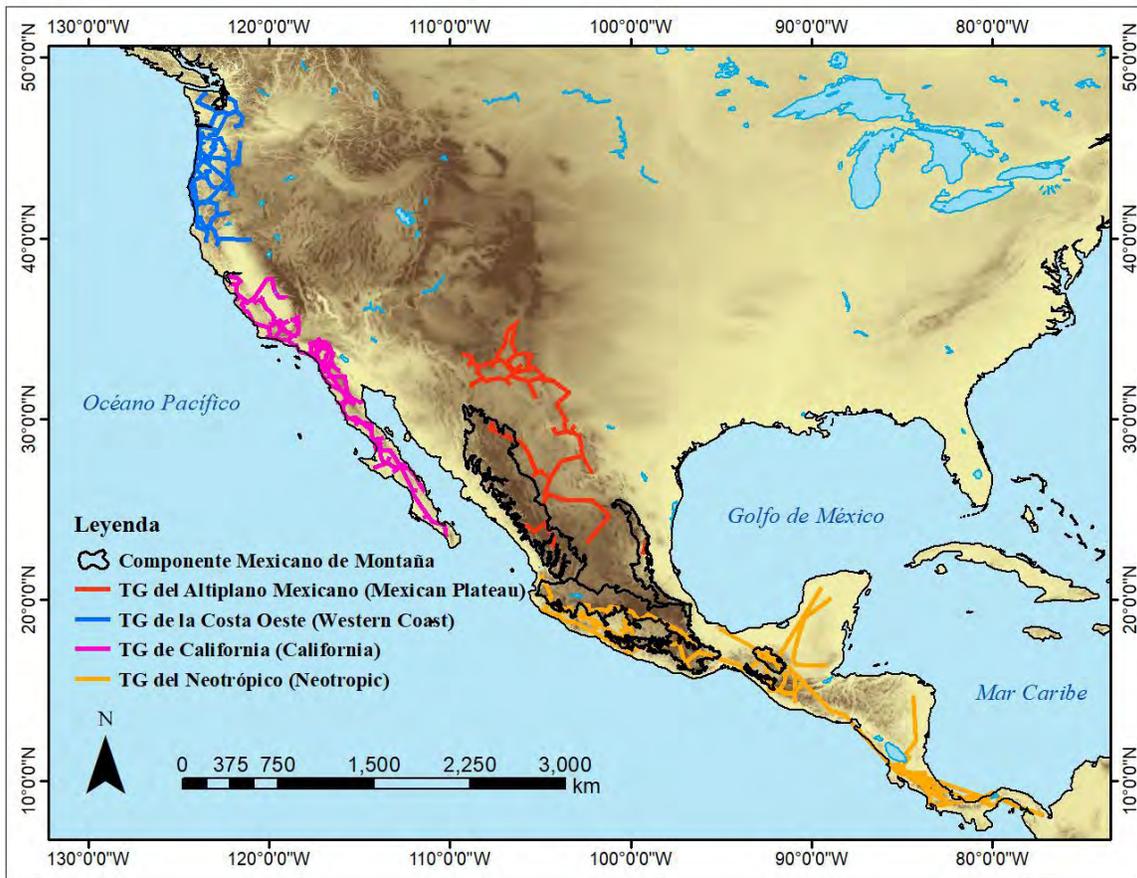


Figura 3. Trazos generalizados obtenidos con la cuadrícula de 4°x4°. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a, 2010b; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

- Trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*): Trazo que corresponde principalmente a la región Neártica, aunque algunos niveles de anidamiento se ubican en los límites con la región Neotropical, es decir, en el CMM. Dicho trazo se localiza en su mayoría dentro de la provincia del Altiplano Mexicano (Morrone, 2005), situada al sur oeste de Texas en los Estados Unidos de América y en el centro de México entre las Sierras Madre Occidental y Oriental, siendo en estas sierras donde se ubican tres niveles de anidamiento (dos en la Sierra Madre Occidental y uno en la Sierra Madre Oriental; Figura 4). Algunos autores sitúan una zona montañosa que atraviesa transversalmente dicha provincia, distinguiendo así una provincia del Altiplano Norte y otra del Altiplano Sur (Morrone, 2005). Este trazo está conformado por 12 especies distribuidas en cuatro TG, estos a su vez agrupados en tres niveles de anidamiento (Cuadro 2).

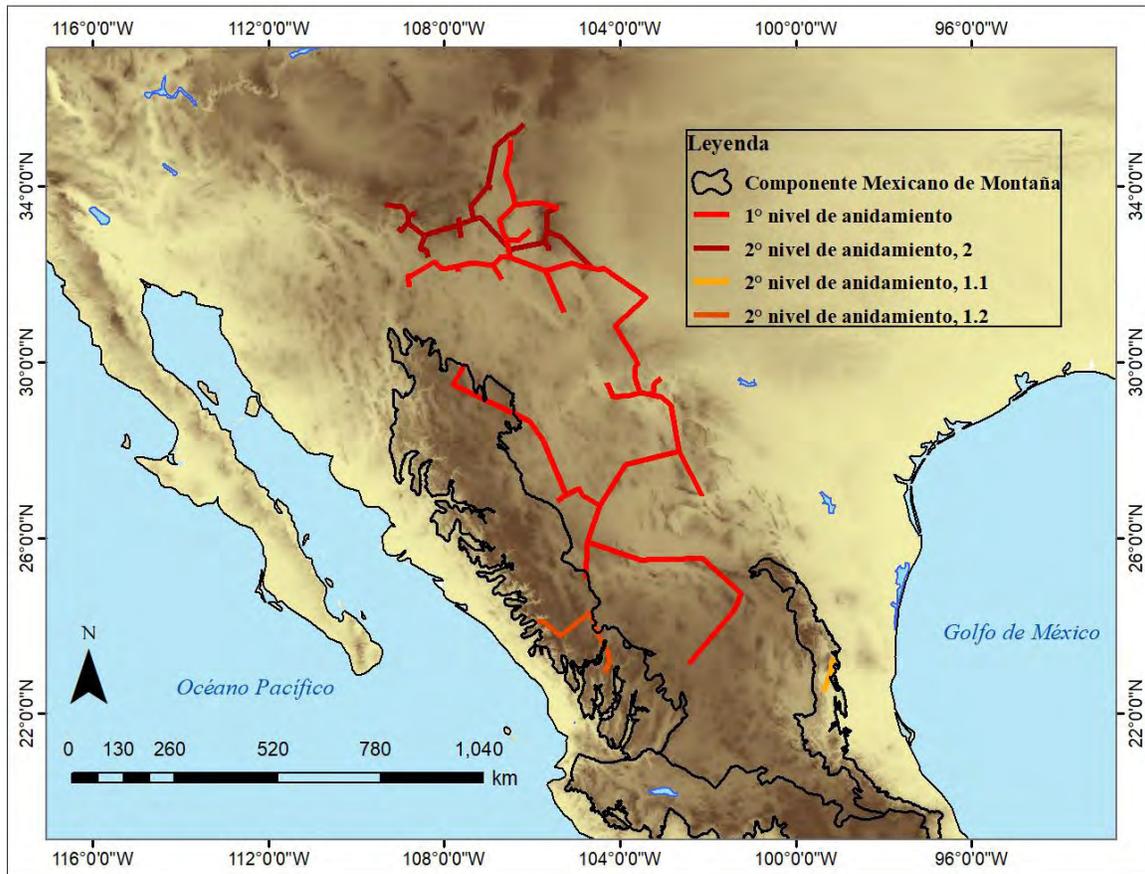


Figura 4. Trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 2. Especies que conforman el trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*) agrupadas en niveles de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Ammospermophilus interpres</i> (0.25) <i>Chaetodipus eremicus</i> (0.33) <i>Onychomys arenicola</i> (0.33) <i>Sylvilagus robustus</i> (0.33)
2° nivel, 2	<i>Myotis ciliolabrum</i> (0.50) <i>Myotis occultus</i> (0.50) <i>Neotoma stephensi</i> (1.0) <i>Tamias canipes</i> (0.50)
2° nivel, 1.1	<i>Neotoma angustapalata</i> (1.0) <i>Peromyscus ochraventer</i> (1.0)
2° nivel, 1.2	<i>Nelsonia neotomodon</i> (0.5) <i>Tamias durangae</i> (1.0)

- Trazo generalizado de la Costa Oeste (*Western Coast*): Trazo correspondiente a la región Neártica. Se localiza en la costa noroeste de los Estados Unidos de América (Figura 5) y está conformado por 12 especies distribuidas en cuatro TG, estos a su vez agrupados en cuatro niveles de anidamiento (Cuadro 3).

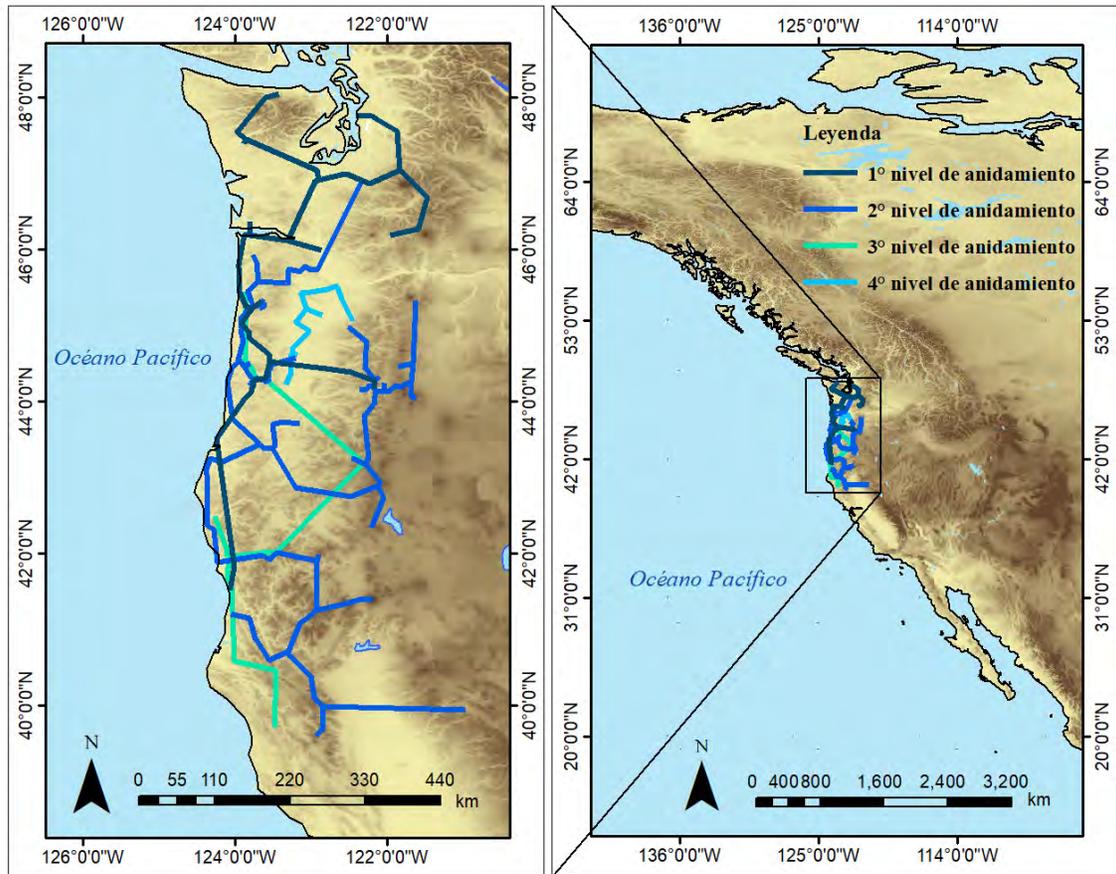


Figura 5. Trazo generalizado de la Costa Oeste (*Western Coast*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 3. Especies que conforman el trazo generalizado de la Costa Oeste (*Western Coast*), agrupadas en niveles de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Scapanus townsendii</i> (1.0) <i>Sorex bairdi</i> (0.33) <i>Sorex bendirii</i> (0.50)
2° nivel	<i>Arborimus albipes</i> (1.0) <i>Myodes californicus</i> (0.50) <i>Sorex pacificus</i> (0.50) <i>Thomomys mazama</i> (0.50)
3° nivel	<i>Arborimus longicaudus</i> (1.0) <i>Sorex sonomae</i> (1.0) <i>Tamias siskiyou</i> (1.0)
4° nivel	<i>Microtus canicaudus</i> (1.0) <i>Thomomys bulbivorus</i> (1.0)

- Trazo generalizado de California (*California*): Trazo correspondiente la región Neártica, dicho trazo se ubica en dos provincias, la primera es la provincia de California (Morrone, 2005) que se extiende desde el noroeste de los Estados Unidos de América a lo largo de la Sierra Nevada, donde converge al sur con la provincia de

Baja California en México, la cual corresponde al sistema montañoso de Baja California (Figura 6; Morrone 2005). Este TG está conformado por 13 especies distribuidas en cuatro TG, estos a su vez agrupados en cuatro niveles de anidamiento (Cuadro 4).

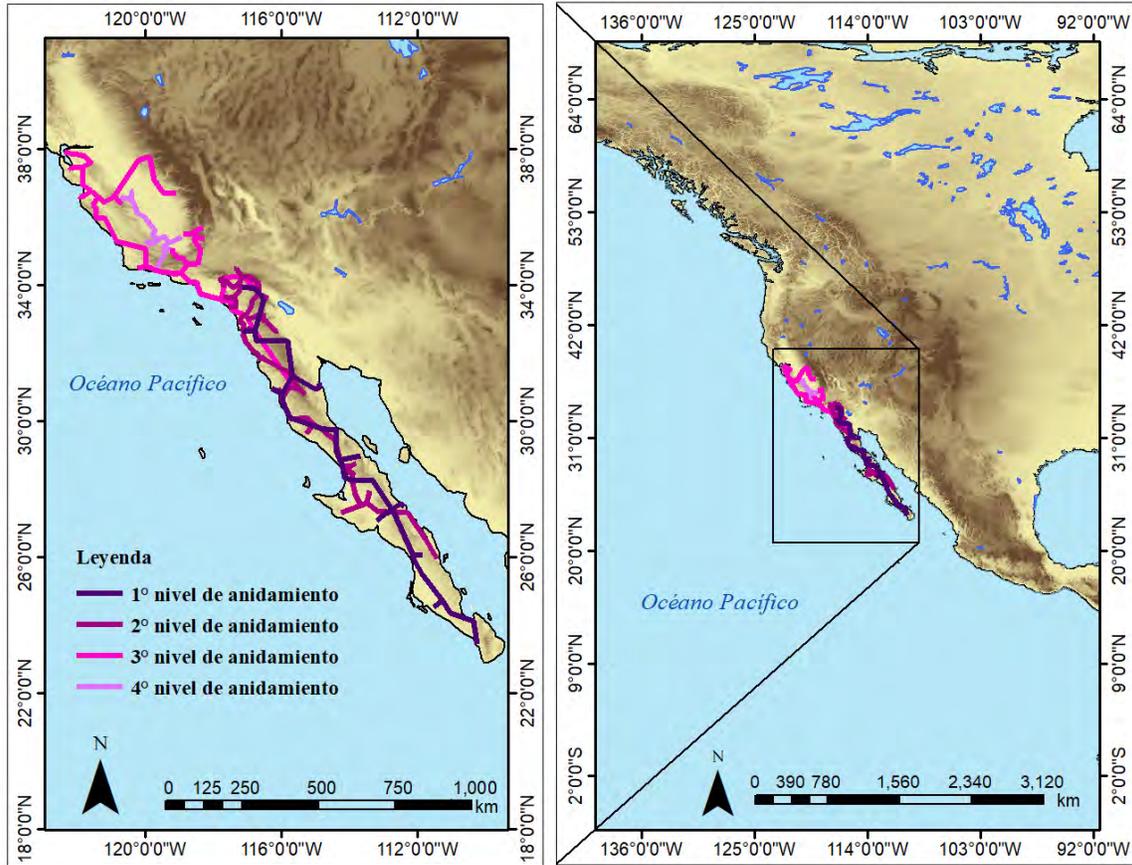


Figura 6. Trazo generalizado California (*California*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 4. Especies que conforman el trazo generalizado de California (*California*), agrupadas en niveles de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Scapanus townsendii</i> (1.0) <i>Sorex bairdi</i> (0.33) <i>Sorex bendirii</i> (0.50)
2° nivel	<i>Arborimus albipes</i> (1.0) <i>Myodes californicus</i> (0.50) <i>Sorex pacificus</i> (0.50) <i>Thomomys mazama</i> (0.50)
3° nivel	<i>Arborimus longicaudus</i> (1.0) <i>Sorex sonomae</i> (1.0) <i>Tamias siskiyou</i> (1.0)
4° nivel	<i>Microtus canicaudus</i> (1.0) <i>Thomomys bulbivorus</i> (1.0)

- Trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*). Dentro de este análisis fue el único trazo que en su mayoría se ubicó en la región Neotropical, aunque ciertos patrones de distribución se ubican en los límites con la región Neártica (Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur y Sierra de Chiapas). Algunos niveles de anidamiento presentan distribución en México, mientras que otros presentan distribución hacia Panamá (Figura 7). El trazo está conformado por 54 especies distribuidas en 13 TG, estos a su vez agrupados en seis niveles de anidamiento, siendo el TG más complejo jerárquicamente (Cuadro 5).

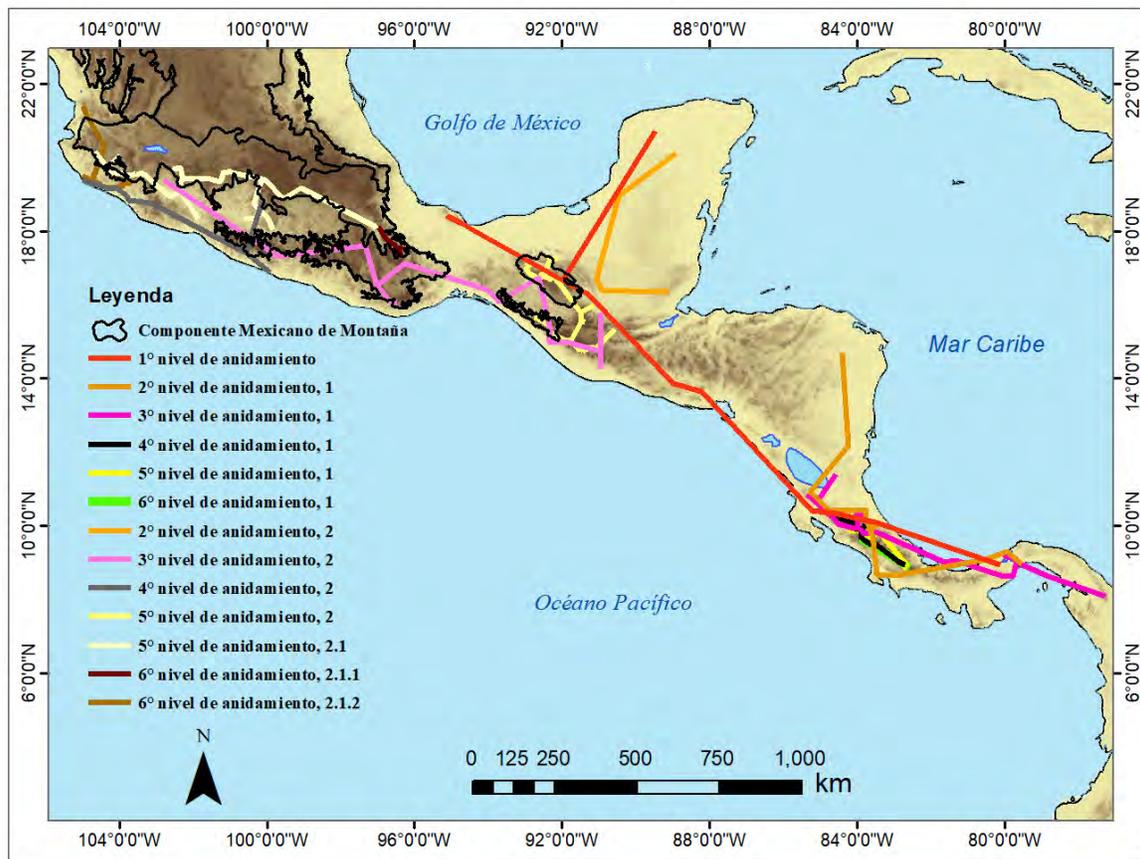


Figura 7. Trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a, 2010b; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 5. Especies que conforman el trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*), agrupadas en niveles de anidamiento.

Trazo anidado	Trazos individuales (ci)	Trazo anidado	Trazos individuales (ci)	Trazo anidado	Trazos individuales (ci)	Trazo anidado	Trazos individuales (ci)	Trazo anidado	Trazos individuales (ci)	Trazo anidado	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Eumops bonariensis nanus</i> (0.33) <i>Pteronotus gymnotus</i> (0.25) <i>Sphiggurus mexicanus</i> (0.25)	2° nivel, 1	<i>Ectophylla alba</i> (0.33) <i>Melanomys caliginosus</i> (0.33) <i>Micronycteris hirsuta</i> (0.50)	3° nivel, 1	<i>Bassaricyon gabbii</i> (1.0) <i>Micronycteris minuta</i> (0.33) <i>Myotis riparius</i> (0.50) <i>Transandinomys bolivaris</i> (0.50) <i>Tylomys watsoni</i> (0.33) <i>Vampyressa nymphaea</i> (0.50)	4° nivel, 1	<i>Cryptotis gracilis</i> (1.0) <i>Orthogeomys cherriei</i> (1.0) <i>Reithrodontomys creper</i> (1.0) <i>Reithrodontomys rodriguezii</i> (0.50) <i>Scotinomys xerampelinus</i> (0.50)	5° nivel, 1	<i>Cryptotis orophila</i> (1.0) <i>Oligoryzomys vegetus</i> (1.0) <i>Orthogeomys heterodus</i> (1.0) <i>Rheomys underwoodi</i> (1.0) <i>Sturnira mordax</i> (1.0) <i>Sylvilagus dicei</i> (1.0)	6° nivel, 1	<i>Heteromys oresterus</i> (1.0) <i>Marmosa robinsoni</i> (1.0) <i>Orthogeomys cavator</i> (1.0)
		2° nivel, 2	<i>Alouatta pigra</i> (0.33) <i>Bassariscus sumichrasti</i> (1.0)	3° nivel, 2	<i>Molossus aztecus</i> (0.33) <i>Orthogeomys grandis</i> (0.50) <i>Sorex veraepacis</i> (0.33)			5° nivel, 2	<i>Cryptotis tropicalis</i> (1.0) <i>Heteromys nelsoni</i> (1.0) <i>Microtus guatemalensis</i> (1.0) <i>Oryzomys rhabdops</i> (1.0) <i>Peromyscus guatemalensis</i> (1.0) <i>Peromyscus zarhynchus</i> (1.0) <i>Reithrodontomys tenuirostris</i> (1.0)		

							<i>Tylomys tumbalensis</i> (1.0)		
							<i>Baeodon alleni</i> (1.0)	6° nivel.2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> (1.0) <i>Peromyscus melanocarpus</i> (1.0)
							<i>Baeodon gracilis</i> (1.0)		
							<i>Cryptotis alticola</i> (1.0)	6° nivel 2.1.2	<i>Notocitellus annulatus</i> (1.0) <i>Pappogeomys bulleri</i> (1.0) <i>Reithrodontomys hirsutus</i> (1.0) <i>Xenomys nelsoni</i> (1.0)
							<i>Notocitellus adocetus</i> (0.50)		
						4° nivel, 2	<i>Musonycteris harrisoni</i> (0.50) <i>Osgoodomys banderanus</i> (1.0)		
							<i>Peromyscus hylocetes</i> (0.50)		
						5° nivel 2.1	<i>Peromyscus perfulvus</i> (1.0)		
							<i>Sorex mediopua</i> (0.50)		

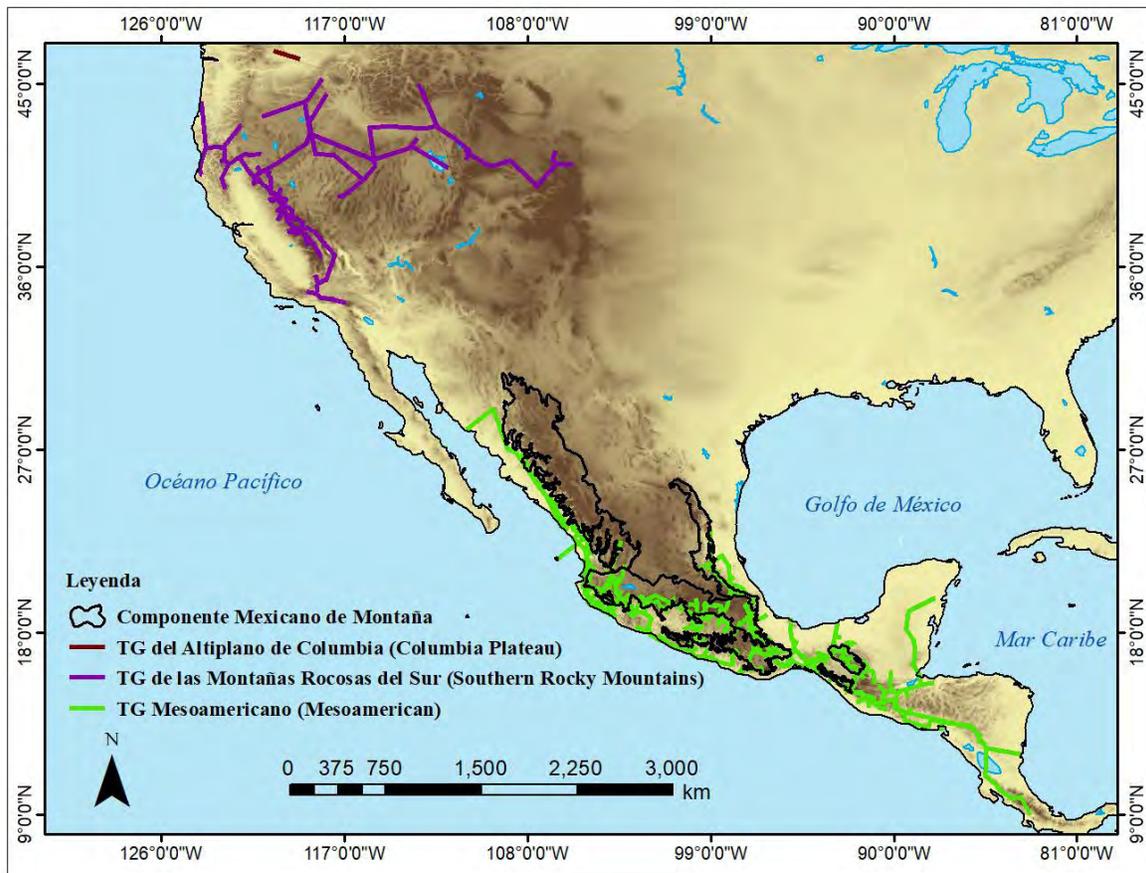


Figura 8. Trazos generalizados obtenidos en el primer análisis con PAE-PCE.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Durante el proceso del PAE-PCE, se desactivaron 84 especies que sustentaron los TG reconocidos en la primera etapa, esto dio como resultado un único cladograma con: $L=3490$, $CI=0.16$ y $RI=0.63$. A partir de este, se obtuvieron tres clados principales, los cuales resultaron en TG adicionales, dos de ellos presentaron patrones sucesivamente anidados y de amplia distribución (Figura 8).

- Trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*): Trazo correspondiente a la región Neártica, se localiza al noroeste de los Estados Unidos de América y al este de la Sierra de las Cascadas (Figura 9). Este TG está formado por dos especies y no presenta un patrón sucesivamente anidado (Cuadro 6).

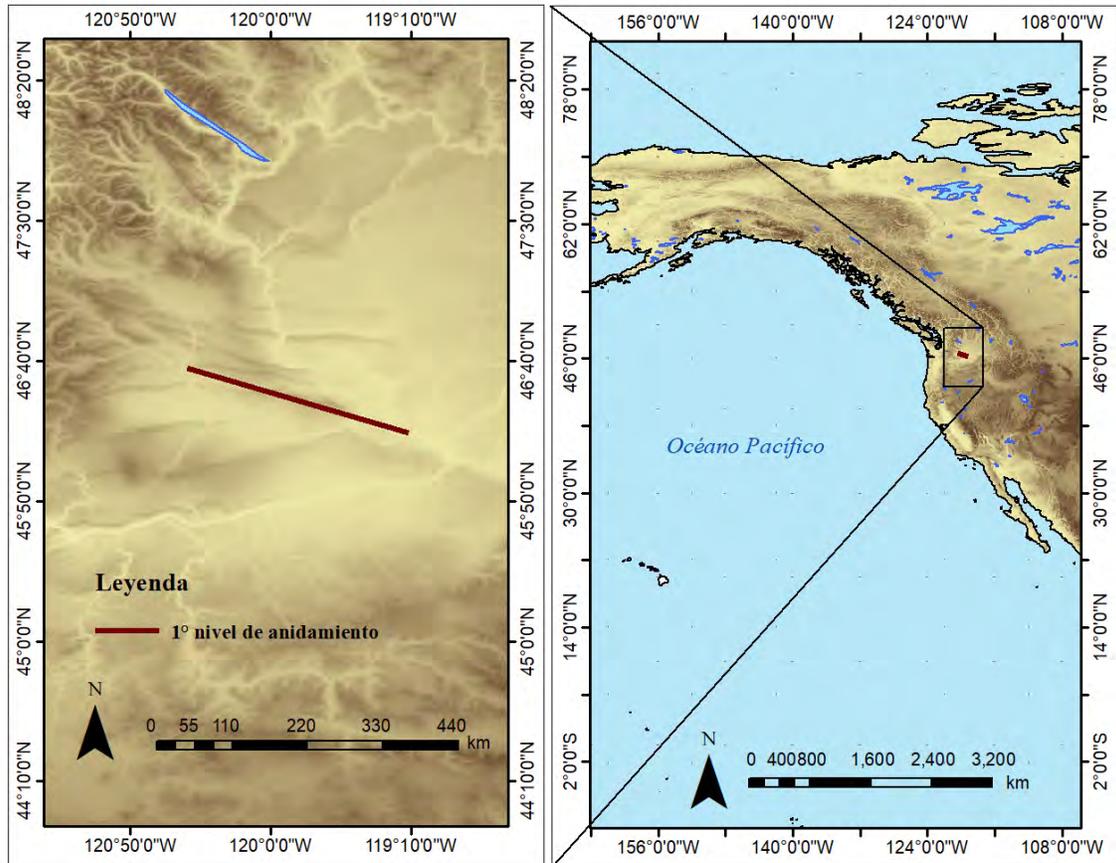


Figura 9. Trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 6. Especies que conforman el trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*), agrupadas en un nivel de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Urocitellus townsendii</i> (1.0) <i>Urocitellus washingtoni</i> (0.50)

- Trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*): Trazo correspondiente a la región Neártica, está localizado al oeste de los Estados Unidos de América, en una zona conformada por un conjunto de cadenas montañosas (Figura 10). Este TG está formado por 17 especies distribuidas en siete TG, los cuales se agrupan en siete niveles de anidamiento (Cuadro 7).

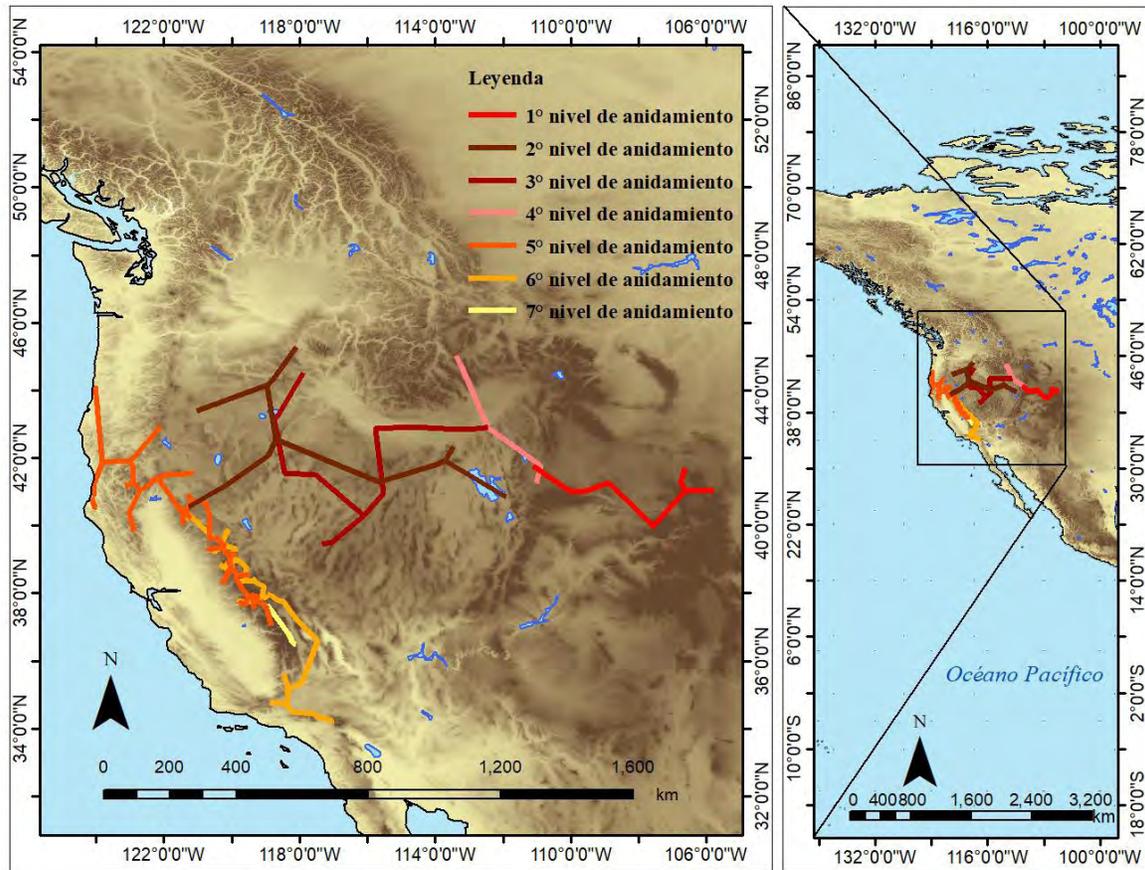


Figura 10. Trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 7. Especies que conforman el trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*), agrupadas en niveles de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Cynomys leucurus</i> (0.33)
	<i>Urocitellus elegans</i> (0.33)
2° nivel	<i>Sorex preblei</i> (0.33)
	<i>Urocitellus beldingi</i> (1.0)
3° nivel	<i>Brachylagus idahoensis</i> (0.33)
	<i>Thomomys townsendii</i> (0.33)
4° nivel	<i>Thomomys idahoensis</i> (0.33)
	<i>Urocitellus armatus</i> (0.33)
5 nivel	<i>Aplodontia rufa</i> (0.33)
	<i>Tamias senex</i> (0.50)
	<i>Thomomys monticola</i> (0.33)
6° nivel	<i>Dipodomys panamintinus</i> (0.50)
	<i>Sorex tenellus</i> (0.33)
	<i>Tamias quadrimaculatus</i> (1.0) <i>Tamias speciosus</i> (0.50)
7° nivel	<i>Tamias alpinus</i> (1.0)
	<i>Tamias panamintinus</i> (0.50)

- Trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*): Este trazo pertenece en su mayoría a la región Neotropical, y es semejante al TG del Neotrópico (Neotropic); sin embargo, este TG se extiende más al norte, corriendo paralelo a la Sierra Madre Occidental y Oriental, finalmente se extiende al sur, hacia América Central (Figura 11; Morrone y Márquez 2003). Sus anidamientos también se ubican en los límites con la región Neártica. El trazo está conformado por 31 especies distribuidas en cuatro TG, estos a su vez agrupados en tres niveles de anidamiento (Cuadro 8).

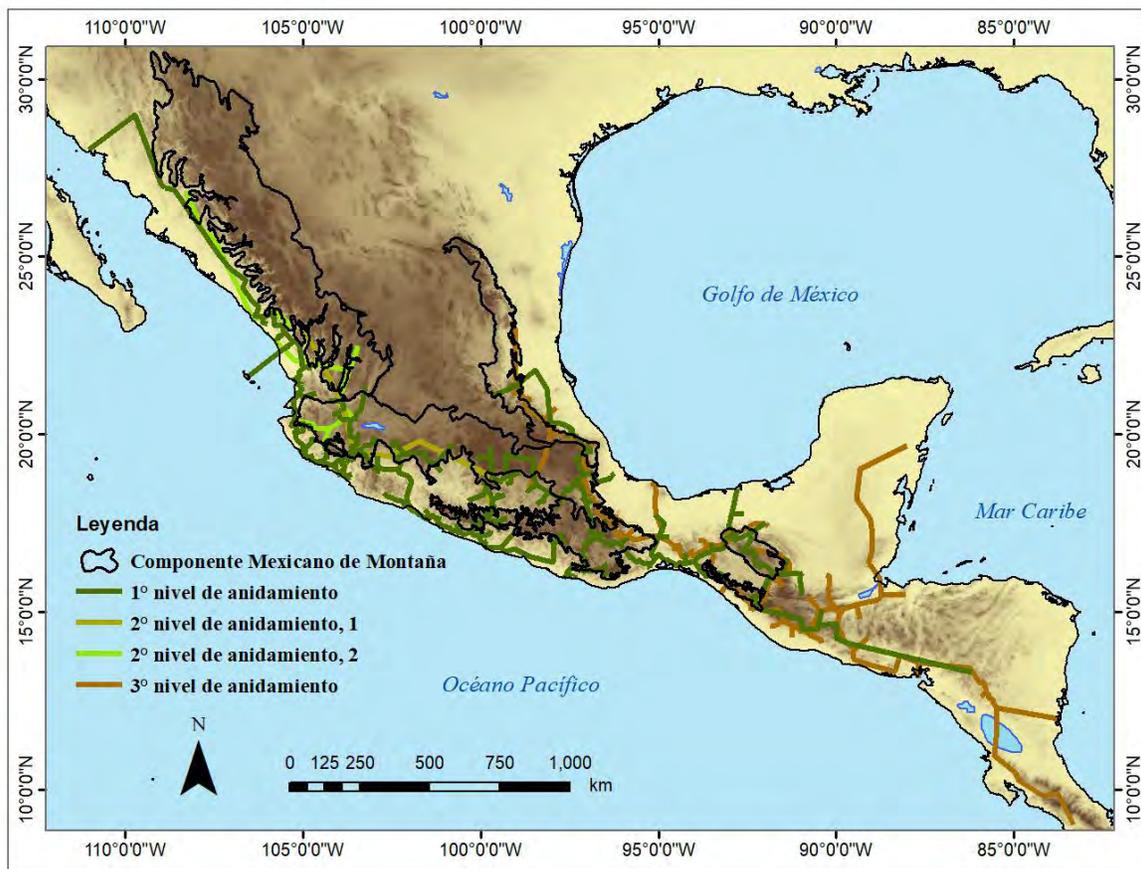


Figura 11. Trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 8. Especies que conforman el Trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*), agrupadas en niveles de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)	Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)	Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Baiomys musculus</i> (0.25) <i>Hodomys alleni</i> (0.50) <i>Macrotus waterhousii</i> (0.25) <i>Molossus sinaloae</i> (0.25) <i>Myotis fortidens</i> (0.25) <i>Oryzomys melanotis</i> (0.33) <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (0.33) <i>Rhogeessa parvula</i> (0.33) <i>Sciurus aureogaster</i> (0.25) <i>Sigmodon alleni</i> (0.33) <i>Sigmodon mascotensis</i> (0.50) <i>Spilogale pygmaea</i> (0.33) <i>Sylvilagus cunicularius</i> (0.50)	2° nivel, 1	<i>Artibeus hirsutus</i> (0.50) <i>Megasorex gigas</i> (0.50) <i>Peromyscus melanotis</i> (0.25)	3° nivel, 1	<i>Cryptotis mexicana</i> (0.50) <i>Heteromys desmarestianus</i> (0.33) <i>Liomys salvini</i> (0.25) <i>Oryzomys chapmani</i> (0.33) <i>Oryzomys rostratus</i> (0.25) <i>Peromyscus beatae</i> (0.50) <i>Peromyscus furvus</i> (0.50) <i>Sciurus deppei</i> (0.25) <i>Sorex saussurei</i> (0.50) <i>Sorex veraecrucis</i> (0.50) <i>Tylomys nudicaudus</i> (0.25)
		2° nivel, 2	<i>Dipodomys nelsoni</i> (0.25) <i>Notiosorex evotis</i> (0.50) <i>Sciurus colliaei</i> (0.33) <i>Sciurus nayaritensis</i> (0.25)		

Para la segunda escala de trabajo (cuadrícula 1°x1°) con el PAE se obtuvo un cladograma con L= 996, CI = 0.20 y RI = 0.61; a partir del cual se identificaron cinco grupos sustentados por apomorfias, sin embargo, únicamente tres de ellos resultaron en TG y ninguno de ellos presentó un patrón sucesivamente anidado:

- Trazo generalizado de la Costa Noroeste de Baja California (*Northwest Baja California Coast*): Trazo correspondiente a la región Neártica, se localiza exclusivamente en la provincia de Baja California (Figura 12; Morrone 2005), está compuesto por dos especies (Cuadro 9).

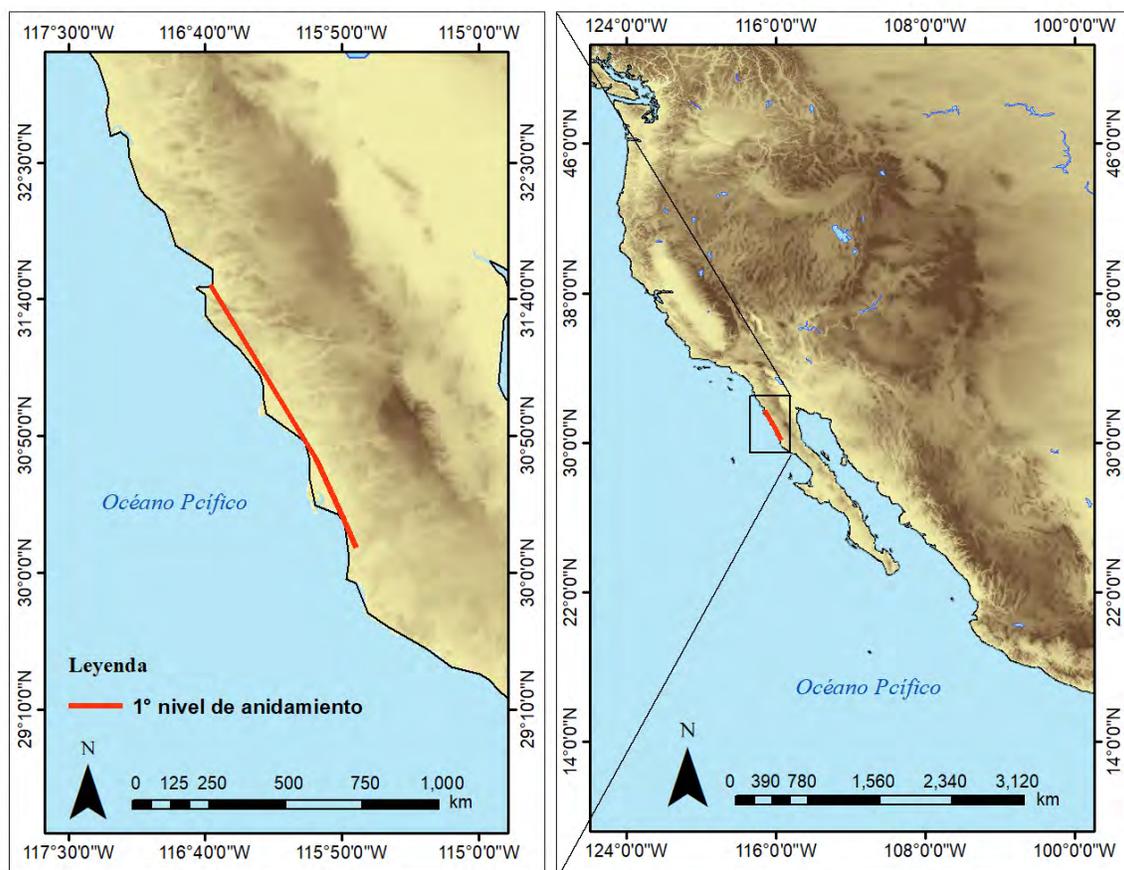


Figura 12. Trazo generalizado de la Costa Noroeste de Baja California (*Northwest Baja California Coast*). Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 9. Especies que conforman el trazo generalizado de la Costa Noroeste de Baja California (*Northwest Baja California Coast*), agrupadas en un nivel de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Dipodomys gravipes</i> (0.50) <i>Peromyscus californicus</i> (1.0)

- Trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*): Trazo correspondiente al CMM, se localiza principalmente al sureste de la Faja Volcánica Transmexicana, compartiendo al este cierta ubicación con la Sierra Madre del Sur. El trazo se ubica en la Sierra Juárez, al norte del estado mexicano de Oaxaca (Figura 13), y esta conformado por cuatro especies (Cuadro 10).

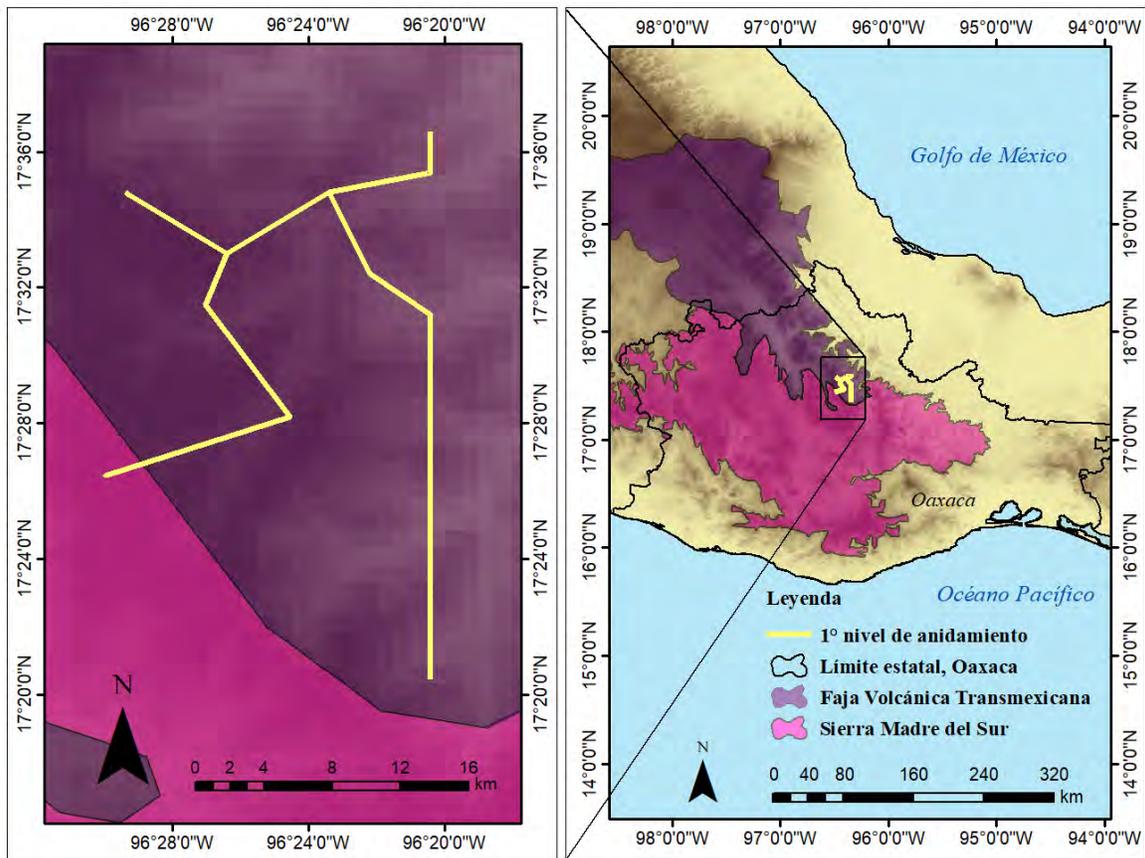


Figura 13. Trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*).

Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Inegi, 2016a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 10. Especies del trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*), agrupadas en un nivel de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel	<i>Cryptotis magna</i> (1.0) <i>Habromys chinanteco</i> (1.0) <i>Habromys ixtlani</i> (1.0) <i>Microtus oaxacensis</i> (1.0)

- Trazo Generalizado de la Sierra Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*): Trazo correspondiente al CMM, está localizado en la Faja Volcánica Transmexicana, principalmente sobre la Sierra de Chichinautzin, al sur de la Ciudad de México (Figura 14). El TG esta conformado por dos especies (Cuadro 11).

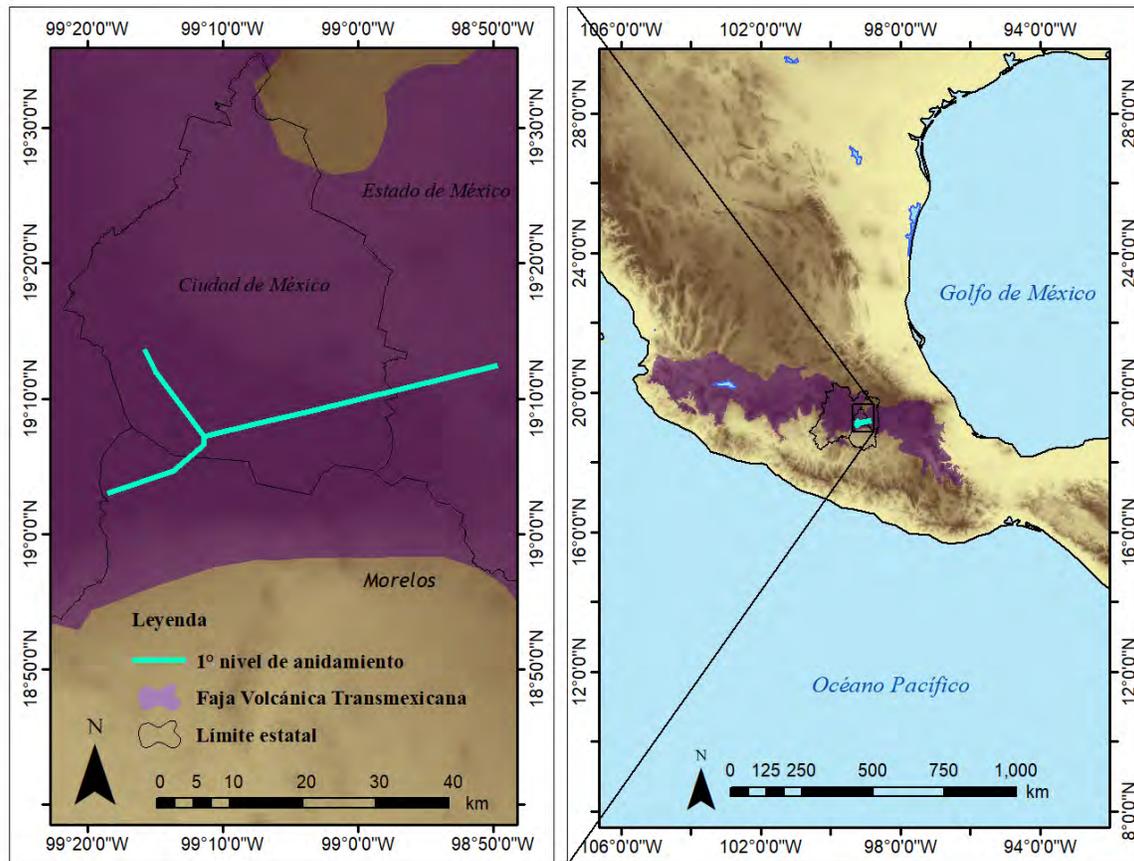


Figura 14. Trazo generalizado de la Sierra de Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Inegi, 2016a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 11. Especies que conforman el trazo generalizado de la Sierra Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*), agrupadas en un nivel de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (ci)
1° nivel de anidamiento	<i>Romerolagus diazi</i> (1.0) <i>Sorex oreopolus</i> (1.0)

Durante el proceso del PAE-PCE se realizaron tres análisis secuenciales. Para llevar a cabo el primer análisis se desactivaron ocho especies, las cuales sustentaron los TG reconocidos en la primera etapa, obteniendo así un cladograma con: L= 980, CI = 0.20 y RI= 0.61; a partir del cual fueron identificados tres clados, cada uno de ellos fue sustentado por

dos especies, sin embargo ninguno de ellos resultó en TG. Para realizar el segundo PAE-PCE se desactivaron seis especies que sustentaron los clados que no formaron TG, obteniendo así un cladograma totalmente resuelto con: $L= 975$, $CI = 0.19$ y $RI = 0.6$; a partir del cual fue identificado un sólo clado que resultó en un TG:

- Trazo generalizado de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*). Trazo equivalente al 6° nivel de anidamiento (2.2.1) del TG del Neotrópico (análisis de 4°), (Figura 7 y Cuadro 5), por lo tanto se corrobora la existencia de este TG, el cual es un patrón sucesivamente anidado del TG del Neotrópico. El TG de la Sierra Norte de Oaxaca se localiza principalmente al sureste de la Faja Volcánica Transmexicana, compartiendo al suroeste cierta ubicación con la Sierra Madre del Sur (Figura 15). Este TG está compuesto por dos especies (Cuadro 12).

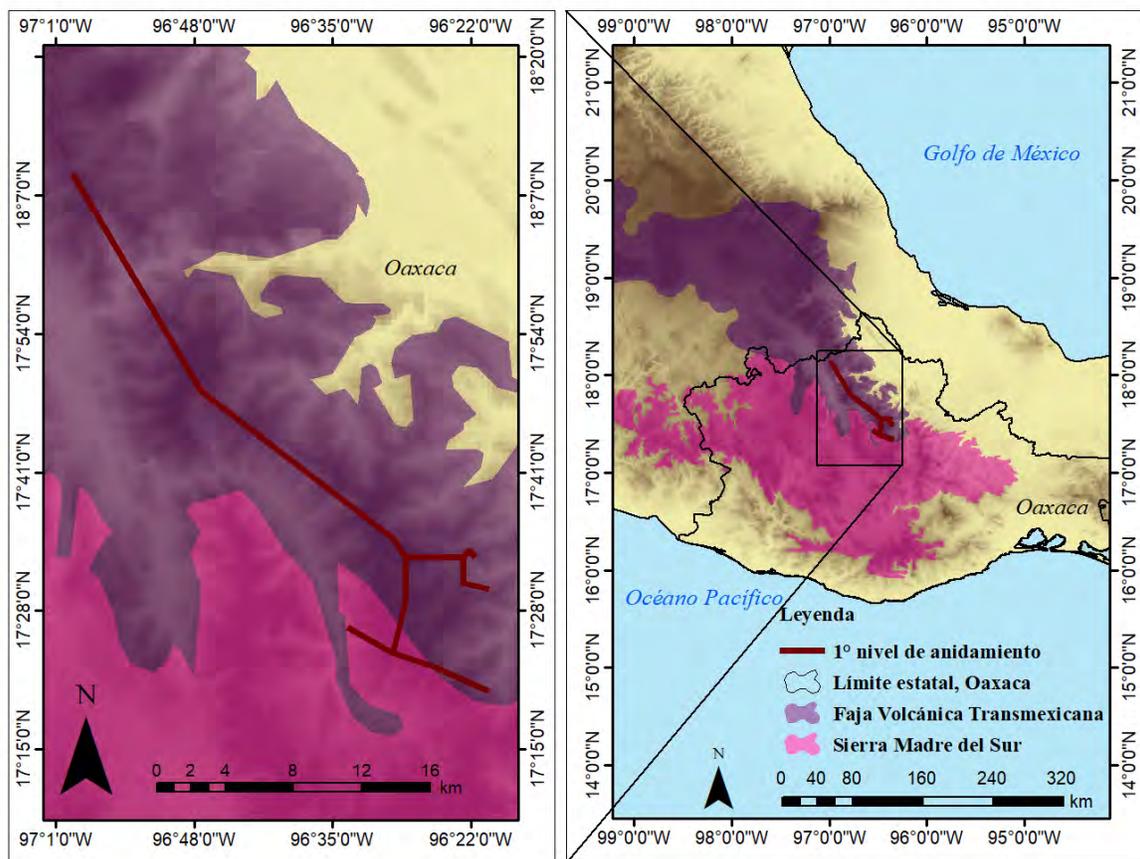


Figura 15. Trazo generalizado de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*).
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Inegi, 2016a; Natural Earth, 2017b, 2017e).

Cuadro 12. Especies que conforman en trazo generalizado de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*), agrupadas en un nivel de anidamiento.

Nivel de anidamiento	Trazos individuales (CI)
1° nivel	<i>Megadontomys cryophilus</i> (1.0) <i>Peromyscus melanocarpus</i> (1.0)

Finalmente, para llevar a cabo el tercer análisis, se desactivaron las dos especies que sustentaron el TG anteriormente identificado, obteniendo un cladograma totalmente resuelto con: L= 959, CI = 0.19 y RI = 0.62. En este cladograma no fue posible identificar clados sustentados por dos o más especies, no obstante si hubo reconocimiento de apomorfias geográficas.

De manera general, se identificaron siete TG en la primer escala de trabajo, mientras que en la segunda fueron identificados tres, dando como resultado 10 TG; 9 de ellos se intersecaron, reconociendo 221 NP ubicados en América del Norte (Figura 16 y Cuadro 13).

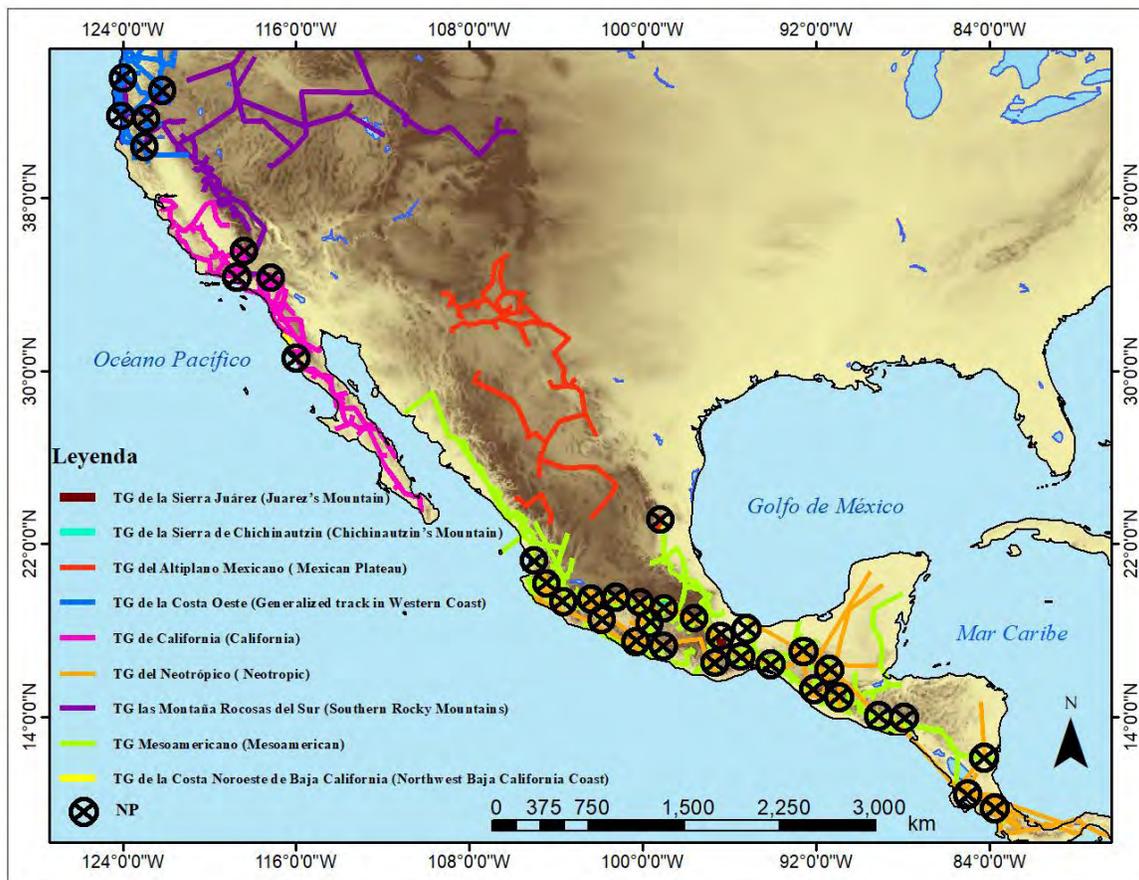


Figura 16. Trazos generalizados implicados en los nodos panbiogeográficos de América del Norte.

Los NP que se muestran en la figura sintetizan la ubicación de los 221 NP.

Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e) .

Cuadro 13. Número de nodos panbiogeográficos identificados en América del Norte y trazos generalizados implicados.

Número de nodos	Trazos generalizados implicados
166	Neotrópico (<i>Neotropic</i>) Mesoamericano (<i>Mesoamerican</i>)
19	Sierra Juárez (<i>Juarez's Mountain</i>) Mesoamericano (<i>Mesoamerican</i>)
12	Montañas Rocosas del Sur (<i>Southern Rocky Mountains</i>) Costa Oeste (<i>Western Coast</i>)
7	California (<i>California</i>) Costa Noroeste de Baja California (<i>Northwest Baja California Coast</i>)
7	Montaña Rocosas del Sur (<i>Southern Rocky Mountains</i>) California (<i>California</i>)
5	Neotrópico (<i>Neotropic</i>) Sierra Juárez (<i>Juarez's Mountain</i>)
3	Neotrópico (<i>Neotropic</i>) Sierra de Chichinautzin (<i>Chichinautzin's Mountain</i>)
1	Altiplano Mexicano (<i>Mexican Plateau</i>) Trazo generalizado Mesoamericano (<i>Mesoamerican</i>)
1	Sierra de Chichinautzin (<i>Chichinautzin's Mountain</i>) Mesoamericano (<i>Mesoamerican</i>)

Puesto que el objetivo de este trabajo es identificar NP dentro del CMM, se seleccionaron aquellos TG que se intersectaron o que estuvieran dentro de dicho componente, los cuales fueron: Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*), Neotrópico (*Neotropic*), Mesoamericano (*Mesoamerican*), Sierra de Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*) y Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*), lo que dio como resultado 192 NP, de los cuales 109 fueron ubicados dentro del CMM (Figura 17 y Cuadro 14).

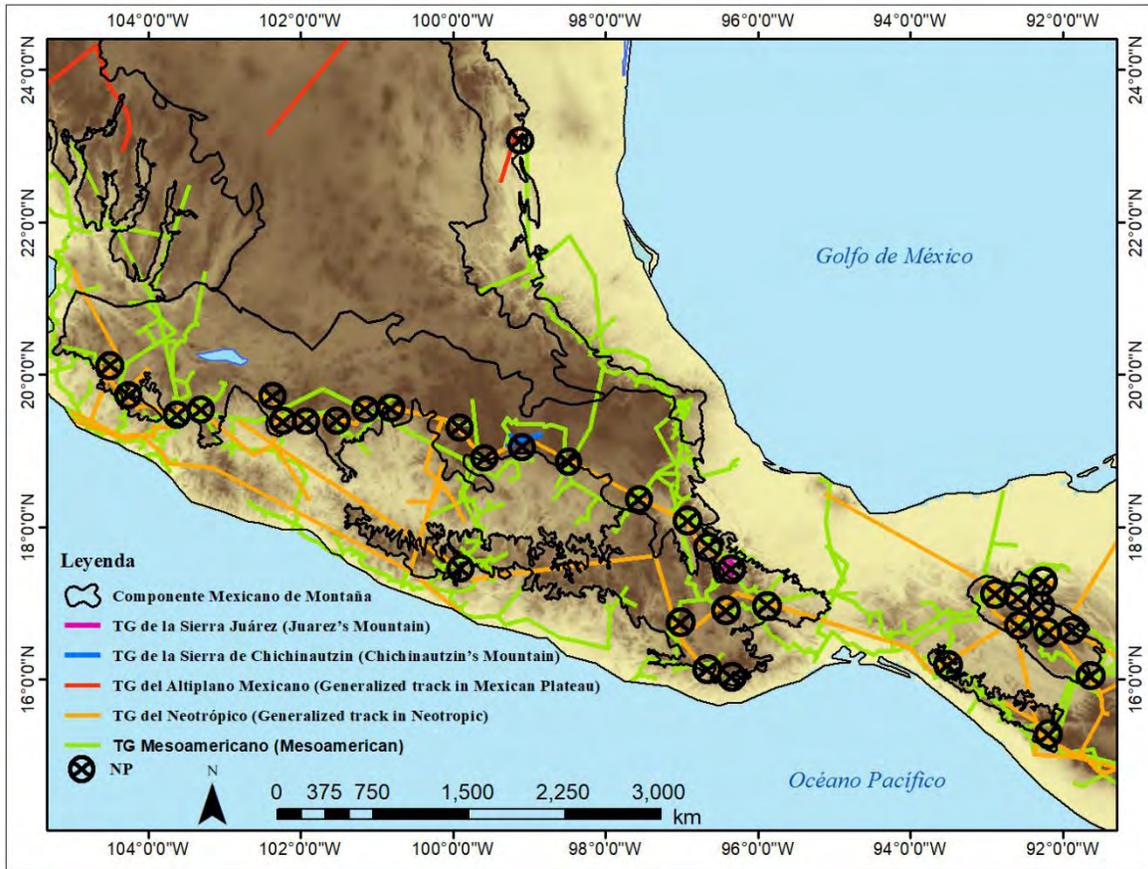


Figura 17. Trazos generalizados implicados en los nodos panbiogeográficos del Componente Mexicano de Montaña. Los NP que se muestran en la figura sintetizan la ubicación de los 109 NP. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017b, 2017d, 2017e).

Cuadro 14. Número de nodos panbiogeográficos por provincia en el Componente Mexicano de Montaña.

Número de nodos	Provincias del Componente Mexicano de Montaña (CMM)
62	Faja Volcánica Transmexicana
36	Sierra de Chiapas
10	Sierra Madre del Sur
1	Sierra Madre Occidental
0	Sierra Madre Oriental

1.5 Discusión

Uno de los pasos más importantes del PAE, es la selección del tamaño de los cuadros (áreas), ya que si hay demasiados cuadros con respecto al número de taxones, no serán identificadas las apomorfias en los cladogramas y por lo tanto se oscurece la identificación de los componentes bióticos (Escalante y Morrone 2003; Montiel-Canales *et al.*, 2016). Para obtener el mejor tamaño de los cuadros, en este trabajo se tomaron en cuenta las **escalas cartográficas**: para escalas pequeñas se necesitan cuadros grandes y para escalas grandes se necesitan cuadros pequeños.

De acuerdo con esto, la escala cartográfica de América del Norte es más pequeña que la del CMM, por lo que para su análisis es recomendable utilizar cuadros grandes (4°). Los TG obtenidos con la escala de 4° no se intersectaron entre sí, ya que fueron reconocidos en zonas diferentes, por lo tanto no hubo reconocimiento de NP. Debido a esto se escogieron dos caminos distintos para reconocer otros TG: (1) realizar el PAE-PCE a la escala de 4°, donde fueron identificados tres TG (dos de ellos con amplia distribución); así, al intersectar los TG reconocidos en esta escala de trabajo, aparecieron gran cantidad de NP (186); y (2) realizar una nueva escala de trabajo, tomando en cuenta el CMM, al utilizar cuadros más pequeños (1°) y reducir el número de especies (de 574 a 204), todo ello con el fin de utilizar una escala de trabajo más amplia y buscar otros TG con posibles patrones de anidamiento. Con la escala de 1°, se detectaron tres TG (distribuciones restringidas), lo cuales se ubicaron en zonas distantes; por lo tanto, no hubo intersección entre ellos y no se reconocieron NP. Al aplicar PAE-PCE a la escala de 1°, sólo se obtuvo el TG de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*), y al intersectar los TG reconocidos en este análisis, hubo muy poco reconocimiento de NP (5) en comparación con el análisis de 4°. Sin embargo, en lugar de proponerlos como análisis alternos, se decidió integrar ambos resultados en un mismo análisis, al incorporar los TG reconocidos en ambos análisis, y con ello obtener la mayor cantidad de NP (221), lo que resultó positivo en este trabajo.

Escalante y Morrone (2003) y Casagrande y Szumik (2009) han propuesto que la capacidad de modificar el tamaño de la cuadrícula permite evaluar patrones a diferentes

escalas. En este trabajo, a mayor tamaño de los cuadros (4°) se detectó un mayor número de TG y estos tuvieron una distribución más amplia y presentaron patrones sucesivamente anidados. Una excepción es el trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*), el cual presentó una distribución restringida y ningún nivel de anidamiento. En el análisis con los cuadros más pequeños (1°) se detectó un menor número de TG, mismos que representan patrones restringidos, lo cual coincide con los hallazgos de Casagrande y Szumik (2009), y no se encontró un patrón sucesivamente anidado. También influyó en este análisis la reducción de especies, ya que al trabajar con especies de distribución más restringida en comparación con el análisis de 4°, sería lógico suponer que los resultados mostrarían patrones de distribución más restringidos. Una problemática de la escala de 1° fue el hecho de que hubo más áreas que taxones en la matriz del PAE, por lo que se vio reflejado en los pocos TG que se obtuvieron, a pesar de que se redujo el número de especies y se omitieron todos los TI que no forman parte del área de estudio.

Al ser el PAE análogo a un análisis cladístico, su interpretación puede ser de tipo histórico (Escalante, 2011). De esta manera las clasificaciones que son propuestas por el PAE se consideran grupos **monofiléticos**; así, un conjunto de taxones que comparten un grupo de áreas son considerados como sinapomorfías, lo cual indica que dichas áreas constituyeron un área ancestral en el pasado, y se sugiere una relación común de la historia de las áreas con sus especies (Rosen, 1988; Ron, 2000).

Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007) presentó deficiencias al intersectar TG con patrones sucesivamente anidados, ya que los NP resultantes de estas intersecciones presentaron valores repetidos, es decir, un mismo NP está representado muchas veces en el mapa, lo cual representa errores al momento de cuantificar los NP de América del Norte. Este problema fue corregido al usar en ArcGIS 10.1 de ESRI (2012) la función *delete identical*.

El trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*) está delimitado por barreras geográficas importantes (Sierra Madre Occidental y Oriental), los dos niveles de anidamiento ubicados al sur presentaron **alopatría**, es decir, patrones que han evolucionado en aislamiento geográfico (Figura 4). Esto puede deberse a que la aparición de las provincias de la Sierra Madre Occidental y Oriental actuaron como barreras geográficas haciendo que estos niveles de anidamiento se separen de los otros y evolucionen de manera independiente.

No obstante, también se puede argumentar que en las áreas analizadas pudieron haber ocurrido eventos de extinción o incluso falta de recolecta, por lo que sería interesante estudiar con más detalle estos patrones. Por otro lado, los niveles de anidamiento ubicados al norte presentan **alelopatría**, es decir, que se superponen parcialmente. Finalmente el trazo generalizado del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*) es un nivel de anidamiento del Componente Neártico Continental reconocido en el trabajo de Morrone y Márquez (2003).

El trazo generalizado de la Costa Oeste (*Western Coast*) está rodeado por dos barreras geográficas: océano Pacífico y la Cordillera de las Cascadas. Los niveles de anidamiento de este trazo presentan **endopatría** y alelopatría (Figura 5). Este TG se ubica dentro del patrón Neártico occidental, reconocido por Escalante *et al.* (2010).

El trazo generalizado de California (*California*) está rodeado por tres barreras geográficas: océano Pacífico, Golfo de California y la Sierra Nevada; sus niveles de anidamiento presentan alelopatría y poseen una correspondencia entre la jerarquía de anidamiento y su distribución hacia el noroeste (Figura 6). Los niveles de anidamiento ubicados más al noroeste rodean la parte sur del Valle Central de los Estados Unidos de América, los cuales presentan correspondencia con los límites geomorfológicos de las Sierras Nevada y Costera, lo que indica la existencia de barreras geográficas. Este TG es equivalente al componente Neártico Californiano, reconocido en el trabajo de Morrone y Márquez (2003).

El trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*) es el trazo más complejo, ya que está representado por dos grupos de trazos. El primer grupo está conformado por ocho TG (en su mayoría alelopátridos), los cuales se distribuyen desde Jalisco hasta la Península de Yucatán y al sureste de la Sierra de Chiapas (Figura 7). El trazo 5° nivel 2.1 tiene correspondencia con la parte sur de la Faja Volcánica Transmexicana, lo que puede indicar la existencia de una importante barrera geográfica (Figura 7). En el sureste de México, no hubo correspondencia entre los trazos con las Sierras de Chiapas y del Sur, lo que indica que no son barreras geográficas tan eficientes como la Faja Volcánica Transmexicana (Figura 7). El segundo grupo del trazo generalizado del Neotrópico (*Neotropic*) se ubica exclusivamente en América Central, dicho grupo está conformada por 6 TG endopátricos, lo que significa

que un TG queda dentro de otro de mayor tamaño; no obstante puede existir alelopatría, ya que también se superponen parcialmente (Figura 7).

El trazo generalizado del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*) se ubica en una meseta, rodeado por elevaciones menores (Figura 9). Este TG conecta dos ciudades entre sí (*Yakim* y *Kennewick*), además dicho trazo se ubica dentro del patrón Neártico occidental, reconocido por Escalante *et al.* (2010).

El trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*) presenta niveles de anidamiento con alelopatría, y se pueden discutir dos aspectos: (1) este trazo es más pequeño que otros anidados dentro de él, lo que genera cierta incongruencia que puede deberse a las numerosas especies con ci menores a 1.0, lo cual representa eventos de extinción o falta de colecta; (2) se evidencian dos grupos de trazos que presentan alopatría (4° y 5° nivel de anidamiento; Figura 10). Por otro lado, los anidamientos de este trazo ubicados al suroeste rodean la parte norte, este y sur del Valle Central de los Estados Unidos de América, dichos trazos muestran correspondencia con la Sierra Nevada lo que sugiere la existencia de una barrera geográfica (Figura 10). El trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*) está dentro del patrón Neártico occidental, reconocido por Escalante *et al.* (2010).

El trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*) es el trazo que ocupa mayor superficie terrestre, donde los niveles de anidamiento presentan alopatría, alelopatría y endopatría (Figura 11). Al igual que el trazo generalizado de las Montañas Rocosas del Sur (*Southern Rocky Mountains*), presenta incongruencias en los niveles de anidamiento. Los trazos anidados del TG Mesoamericano muestran una correspondencia con (1) el sur de la Faja Volcánica Transmexicana y (2) el límite oeste de la Sierra Madre Occidental, ambas estructuras pueden ser barreras geográficas importantes para dichos patrones de distribución (Figura 11). Finalmente también hay correspondencia con el límite este de la Sierra Madre Oriental, lo que significa que es una importante barrera geográfica para los patrones que se ubican en la Sierra de Chiapas y la Sierra Madre del Sur. El trazo generalizado Mesoamericano (*Mesoamerican*) es reconocido en los trabajos de Halffter (1978) y Morrone y Márquez (2003).

El trazo generalizado de la Costa Noroeste de Baja California (*Northwest Baja California Coast*) está rodeado por barreras geográficas: el océano Pacífico, la Sierra Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, se ubica tanto en zonas costeras como en zonas montañosas (Figura 12). Este TG forma parte del Componente Neártico Californiano de Morrone y Márquez (2003) y del patrón Neártico occidental, identificado por Escalante *et al.* (2010). No está del todo claro si pueda considerarse como TG, ya que al haber reducido el número de especies (con base en el criterio 3), la distribución de *Peromyscus californicus* y *Dipodomys gravipes* quedo incompleta, por lo que al realizar el PAE dichas especies fueron representadas como sinapomorfias; sin embargo, al superponer en el mapa la distribución completa de dichas especies, *Peromyscus californicus* se ubico en 33 cuadros y *Dipodomys gravipes* sólo fue reconocido en 4, lo que genera cierta incongruencia. Se sugiere que se realicen estudios mas detallados acerca este TG.

El trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*) se localiza en un sistema montañoso y accidentado, perteneciente a Oaxaca, el estado más complejo desde una perspectiva geológica (Hernández *et al.*, 2009; Figura 13). Este TG está compuesto únicamente por autapomorfias; esto debido a que las sinapomorfias identificadas no presentaron superposición, por lo que se tomó en cuenta el siguiente nivel de anidamiento representado por autapomorfias, las cuales sí presentaron superposición, identificando así este trazo.

El trazo generalizado de la Sierra de Chichinautzin (*Chichinautzin's Mountain*; Figura 14) se caracteriza por estar tanto en zonas montañosas como en pequeñas mesetas o altiplanicies, estas formas de relieve son características de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferrsuquilla-Villafranca 1998).

El trazo generalizado de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*) se ubica en la Sierra Juárez, (sistema montañoso muy accidentado), dicho trazo se caracteriza por poseer una cierta correspondencia con los límites geomorfológicos de la Faja Volcánica Transmexicana. Al igual que el trazo generalizado de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*) se ubica en Oaxaca (Figura 15).

De manera general, los TG obtenidos en este análisis se ubicaron tanto en zonas montañosas, como en mesetas y en regiones costeras, están rodeados por barreras geográficas importantes como por ejemplo brazos de mar, océanos y cadenas montañosas. Sin embargo, el TG del Altiplano de Columbia (*Columbia Plateau*) se ubica exclusivamente en una meseta, mientras que los TG de la Sierra Juárez (*Juarez's Mountain*) y el de la Sierra Norte de Oaxaca (*Oaxaca's North Mountain*) se ubican exclusivamente en zonas montañosas.

Los TG del Altiplano Mexicano (*Mexican Plateau*), Mesoamericano (*Mesoamerican*) y California (*California*) fueron identificados por Morrone y Márquez (2003), lo que confirma la existencia de estos trazos.

El patrón sucesivamente anidado tiene mejor reconocimiento al trabajar con áreas de endemismo que con trazos generalizados, ya que dichas áreas al ser un espacio comprendido entre ciertos límites (RAE, 2001) es más fácil identificar endopatría con respecto a los TG, ya que es muy difícil que una línea quede dentro de otra (Espinosa-Organista *et al.*, 2001).

La presencia de los NP se identificó al oeste y suroeste de los Estados Unidos de América; unos pocos se ubicaron en la Península de Baja California; uno al este en la Sierra Madre Oriental; y la mayor cantidad de ellos se ubicó en la zona centro-sur de México; la Faja Volcánica Transmexicana es la provincia con mayor número de NP, lo que confirma su complejidad geobiótica (Croizat 1958, 1964; Espinosa-Organista y Ocegueda 2007), y además puede indicar una barrera geográfica eficiente para los TG del Neotrópico (*Neotropic*) y Mesoamericano (*Mesoamerican*). Así mismo, las Sierras Madre Occidental y Oriental indican una barrera para el TG Mesoamericano (*Mesoamerican*).

Por otro lado, varios NP se reconocieron en Chiapas al sureste de México y unos pocos en América Central. Un dato relevante, fue el hecho de reconocer más NP en la Costa Pacífica Mexicana que en la Sierras Madre Occidental, Oriental, del Sur y Chiapas, por lo tanto, dicha costa es una zona de transición más evidente que dichas sierras.

De manera general, la mayoría de los NP se reconocieron en zonas montañosas, las cuales fueron originadas a partir de la colisión entre placas tectónicas, situándose al oeste de los Estados Unidos de América, la Península de Baja California, los sistemas montañosos de México, y hasta América Central, algunas de estas zonas montañosas representan gran

actividad volcánica y sísmica (Ferrsuquilla-Villafranca, 1998). Los NP restantes fueron reconocidos a lo largo de la Costa Pacífica Mexicana (desde la parte noroeste de la Faja Volcánica Transmexicana, hasta el sureste de la Sierra de Chiapas). Sólo se reconoció un NP en la provincia del Golfo de México y ningún nodo fue reconocido en la Península de Yucatán, lo cual probablemente se deba a la escasa actividad tectónica que se presenta en dichas zonas (Ortega, Sedlock y Speed, 2000).

En este trabajo, 32 NP coinciden con los NP 2, 3, 5, 7, 8 y 9 reconocidos por Escalante *et al.* (2004). Por otro lado, 12 NP reconocidos en este trabajo, coinciden con cinco NP identificados por Álvarez y Morrone (2004): Baja California Norte oeste, Estado de México, Guerrero centro, Oaxaca sur y Oaxaca este. También cuatro NP (Volcán de San Juan, Nevado de Colima, Tancítaro y Sierra Chichinautzin) reconocidos por Torres y Luna-Vega (2006) coinciden con ocho NP reconocidos en este trabajo.

Los NP 3, 4, 8, 9, 11 y 14 reconocidos también para mamíferos por García-Marmolejo *et al.* (2008) coinciden con 11 NP de este trabajo, lo que da como referencia la existencia de zonas geobióticamente complejas en la zona centro-sur de México. Martínez (2008) reconoció algunos NP que coinciden con los identificados en este trabajo, dichas coincidencias se presentan principalmente en la Faja Volcánica Transmexicana, y unas cuantas en la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas. Los NP identificados por Charte (2012) coinciden con algunos NP reconocidos en este trabajo, los cuales se ubicaron en América Central. Finalmente, el NP 27 identificado por Fernández-Badillo (2013) coincide con cuatro NP reconocidos en ese trabajo.

En resumen, como mínimo 63 NP reconocidos en este trabajo coinciden con NP identificados por otros autores, lo cual refuerza la existencia de estas áreas, en las cuales han ocurrido eventos de convergencia biogeográfica representada por diferentes grupos taxonomicos.

1.6 Conclusión

- La escala de 4° resultó en un mayor número de TG con amplia distribución; por lo tanto, hubo mayor número de NP.

- Trazos2004 no funciona adecuadamente al intersectar TG con patrones sucesivamente anidados (amplia distribución), ya que se reconocen NP repetidos.

-Los patrones sucesivamente anidados de los TG presentaron en mayoría alelopatría; eso se debe a que los TG no presentan área, por lo tanto es difícil que un trazo quede exclusivamente anidado dentro del otro.

-Se sugiere que la correspondencia geográfica entre componentes bióticos y características geológicas / geomorfológicas de las cadenas montañosas permiten reconocer barreras geográficas. Así, la Faja Volcánica Transmexicana junto con la Sierra Madre Occidental y Oriental pueden indicar barreras geográficas eficientes que separan los patrones de distribución de afinidad Neártica con los del Neotrópico. Por el contrario, las provincias de la Sierra Madre del Sur y de Chiapas pueden indicar barreras geográficas menos eficientes que las anteriores.

-La ZTM reconocida en este análisis corresponde a la Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Chiapas, esto debido al reconocimiento de NP en dichas provincias. Por otro lado, La Sierra Madre Occidental no presenta NP, por lo tanto, es posible que no forme parte de la zona de transición (desde el punto de vista de los mamíferos). También se encontraron NP en la Costa Pacífica Mexicana, Cuenca del Balsas y Costa del Golfo, las cuales podrían mostrar cierta transicionalidad.

-En este trabajo no se encontró un TG que se ubique exclusivamente en todo el CMM, posiblemente dicho trazo sea reconocido al trabajar con un taxón en particular, o incluso al utilizar diferentes grupos taxonómicos.

-Se sugiere que existe una correspondencia entre la convergencia de las placas tectónicas con los NP, ya que se ubicaron a lo largo de la costa oeste de América del Norte. Esta zona ha

estado sometida a orogenia (creación de montañas) debido a la destrucción de la litosfera que se ha producido. Por lo tanto, esto coincide con los argumentos de Morrone (2001b), donde se especifica que los NP responden a grandes cambios tectónicos.

-Tres componentes bióticos y 63 NP identificados en este trabajo fueron reconocidos por otros autores al utilizar diferentes grupos taxonómicos.

Capítulo 2. Propuesta de áreas para la conservación de la mastofauna

2.1. Marco Teórico / conceptual

La **extinción** ocurre cuando las especies se enfrentan a condiciones ambientales adversas, desapareciendo local o totalmente, en este caso, sin dejar descendencia (Contreras *et al.*, 2014). En las **extinciones masivas** desaparece una gran cantidad de organismos en intervalos de tiempo geológico muy estrechos (Contreras *et al.*, 2014). A lo largo de la historia de la Tierra se han presentado al menos cinco eventos de extinción masiva, las cuales fueron ocasionadas por diversas causas naturales, y se estima que del total de especies que ha habitado la Tierra, alrededor del 99% se ha extinguido y el 1% restante son las especies que viven en el presente (Contreras *et al.*, 2014).

Actualmente se considera que estamos ante un **nuevo evento de extinción masiva**, por lo tanto, el planeta Tierra enfrenta la mayor crisis de biodiversidad resultado de las **actividades antrópicas** como la contaminación de los ambientes, la sobreexplotación de los recursos naturales, los cambios de uso de suelo, el cambio climático, entre muchas otras (Dirzo *et al.*, 2014; Morrone y Escalante, 2016). Dichas actividades han influido en la disminución de las poblaciones silvestres, llegando a provocar la extinción de las especies; en ese sentido, las tasas de extinción actual son 1,000 veces mayores a las ocurridas a lo largo de la historia de la Tierra, ya que anualmente se calcula que se están perdiendo alrededor de 11 a 58 mil especies (Robinson y Redford, 1997; MEA, 2005; Dirzo *et al.*, 2014). Por estas razones, es fundamental contar con información confiable y precisa que sustente las diversas propuestas y estrategias para el uso, manejo y conservación de los taxones (Álvarez y Morrone, 2004).

La biología de la conservación tiene como propósito integrar varias disciplinas (científicas, sociales y aplicadas), para detener, atenuar y prevenir la tasa acelerada de extinción actual y tazar el rumbo hacia el futuro, el cual incluye a la diversidad biológica no solo por su contribución directa al bienestar humano como recurso, sino también a la

integración de importantes **valores sociales** (Spellerbeg y Sawyer, 1999; Sarkar, 2005; Whittaker y Fernández-Palacios, 2007). Entre las ciencias que integran la biología de la conservación están la ecología, geografía, sociología, economía, ingeniería forestal, ecofilosofía, medicina veterinaria, entre otras (Soulé, 1985). Por su parte, la biogeografía ha tenido una historia reciente en su aplicación a la conservación biológica, lo cual ha sido incluido en una disciplina llamada *biogeografía de la conservación*, la cual deriva de la biogeografía y de la biología de la conservación, cuyo objetivo consiste en aplicar enfoques y métodos biogeográficos con el fin de resolver problemas relacionados con la conservación biológica (MacDonald, 2003; Whittaker *et al.*, 2005; Escalante y Morales, 2015).

La **conservación biológica** es una actividad cuyo objetivo es asegurar la existencia de la diversidad biológica en todos sus niveles, para ello se identifican dos tipos de conservación: *ex situ* e *in situ*. La primera se refiere a la conservación de componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales ya sea jardines botánicos o zoológicos, mientras que la segunda se refiere a la conservación de componentes de la biodiversidad en sus ambientes naturales (Spellerbeg y Sawyer, 1999; García, 2002; MacDonald, 2003).

Como parte de las estrategias de conservación *in situ*, México cuenta con Áreas Naturales Protegidas (ANP), las cuales se han convertido en el principal instrumento de la política pública para la conservación de la biodiversidad, y se definen como aquellas porciones terrestres o acuáticas donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por las actividades humanas; además proporcionan muchos beneficios ecológicos (Anónimo, 2009; Durand, Figueroa y Guzman, 2012). Las ANP se crean a partir de un decreto presidencial y las actividades que se desarrollan en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Semarnat, 1988). Las ANP están sujetas a regímenes de conservación, protección, restauración y desarrollo, según las diferentes categorías legales (Anónimo, 2009). Actualmente estas áreas ocupan más de 90,839,521 hectáreas del territorio nacional y están agrupadas en 182 ANP de carácter federal (Conanp, 2017). No obstante, muchas de las ANP no necesariamente cumplen con las características básicas para mantener poblaciones a largo plazo, ya que la selección de estas áreas se ha realizado por la belleza del paisaje, la protección de ambientes con algunas especies emblemáticas, fines recreativos, entre otros

criterios, los cuales han sido conflictivos y oportunistas (Pressey *et al.*, 1993; Scott *et al.*, 2001). Desde el punto de vista biológico, estos criterios no son necesariamente importantes; en pocas palabras, estas áreas no fueron diseñadas con el fin de conservar la diversidad biológica, o la conservan inadecuadamente (Figueroa *et al.*, 2009; Durand, Figueroa y Guzman, 2012). Por lo tanto, muchas de las ANP no están localizadas en los mejores sitios para la protección de la diversidad biológica, o no economizan espacialmente el tamaño de su área (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005, 2009; Vázquez y Valenzuela-Galván, 2009).

Además de las ANP, se han desarrollado proyectos encaminados a mantener poblaciones viables a largo plazo mediante la propuesta de regiones prioritarias. En ese sentido, un primer esfuerzo nacional (que ha sido un marco importante para la planeación de estudios de biodiversidad y acciones de conservación en México) han sido las Regiones Marinas Prioritarias (RPM; Conabio 1998), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA; Cipamex-Conabio 1999) Regiones Terrestres Prioritarias (RTP; Conabio 2000) y Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP; Conabio 2002).

Para el caso particular de las AICA, tienen como objetivo conservar las áreas donde anidan, se reproducen y alimentan numerosas especies de aves endémicas y migratorias de Canadá, Estados Unidos y México (Cipamex-Conabio, 1999; Álvarez y Morrone, 2004). Todas estas propuestas desarrolladas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) son un marco de referencia para que en algún futuro la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), considere la incorporación de nuevas áreas de protección natural dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sinap), esto con base en la valoración y dictamen del Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Cnanp; Arriaga-Cabrera *et al.*, 2009; Conanp 2016). Si bien hay coincidencias geográficas en las cuatro propuestas, estas no son aditivas ya que los criterios de selección de los polígonos son específicos para cada una de ellas (Arriaga-Cabrera, Aguilar y Espinoza, 2009).

Un segundo esfuerzo nacional han sido los *análisis de vacíos* (áreas no consideradas en las ANP) y *omisiones* (áreas de importancia poco representadas en las ANP), esto con el fin de fortalecer las ANP y para articular las acciones de conservación y manejo de los diferentes ambientes y llevar a cabo medidas verdaderamente efectivas hacia la

sustentabilidad (Aguilar *et al.*, 2007). Estos análisis se han realizado para los ambientes terrestres (Conabio *et al.*, 2007), marinos (Conabio *et al.*, 2009), y acuáticos (Conanp y Conabio 2010).

Para el caso los mamíferos, institucionalmente se cuenta con *sitios prioritarios para la conservación de los primates mexicanos* (Conabio y Conanp, 2012), sin embargo, hay algunos ejercicios académicos que han propuesto algunas áreas prioritarias para su conservación (por ejemplo: Arita *et al.*, 1997; Ceballos 1999; Escalante 2003; García-Marmolejo *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2016).

El Análisis de Trazos (AT) explicado en el capítulo 1 de esta tesis, ha sido aplicado a la conservación biológica (Morrone, 1999; Contreras, Morrone y Luna-Vega, 2001; García-Barros *et al.*, 2002). Este análisis permite entender la diversidad biológica desde una perspectiva histórica, generando información importante sobre la conservación, ya que a partir de los patrones de distribución de los organismos es posible identificar prioridades en las áreas a ser conservadas, mismas que permitan preservar tanto la riqueza de especies como la riqueza en términos de origen evolutivo (Morrone y Espinosa-Organista, 1998; Morrone, 2000b; Aguilar-Aguilar y Contreras, 2001; Contreras, Morrone y Luna-Vega, 2001). Al igual que las áreas de endemismo, los TG y los taxones que los conforman, deben estar representados en al menos en un área de conservación, ya que su identificación permite reconocer la historia evolutiva conjunta de una biota (Morrone y Escalante, 2016).

Uno de los principales resultados de un AT son los nodos panbiogeográficos (NP), los cuales representan tanto eventos de convergencia biogeográfica como hotspots, ya que incluyen elementos taxonómicos de diverso origen; por ello se ha propuesto que los NP pueden ser empleados para representar áreas de conservación (Grehan, 1989, 1993; Morrone y Espinosa-Organista, 1998; Craw, Grehan y Hedges, 1999; Morrone, 2000b; Aguilar-Aguilar y Contreras, 2001; Contreras, Morrone y Luna-Vega, 2001; Luna-Vega, Morrone y Escalante, 2010).

Algunos autores han priorizado los NP mediante el criterio de complementariedad (por ejemplo: Álvarez y Morrone 2004; García-Marmolejo *et al.*, 2008; Fernández-Badillo 2013). No obstante, la implementación de esta estrategia no es del todo clara, ya que los NP

presentan inexactitud en términos de representación de superficie y ubicación exacta (Miguel-Talonia y Escalante, 2013).

2.1.1 Complementariedad

La **complementariedad** se refiere a representar mediante un sitio las especies que no han sido reconocidas en una selección inicial (Vane-Wright *et al.*, 1991). Humphries *et al.* (1991) señalaron que la complementariedad consiste en elegir dos sitios (en este caso NP) que juntos posean la mayor diversidad biológica; así, el primer sitio debe tener la mayor riqueza de especies y el segundo debe tener el mayor número de especies no representadas en la primera, es decir, el “**complemento**” (Ackery y Vane-Wright, 1984; Williams, Humphries y Vane-Wright, 1991; Faith, 1994; Faith y Walker, 1996; Morrone, 2000a; Cabrera y Garrido, 2008). De esta manera la complementariedad permite preservar el máximo posible de biodiversidad en un número mínimo de sitios, lo que es un requisito fundamental para la conservación (Vane-Wright, Humphries y Williams, 1991; Scott, 1997). Un sitio tendrá mayor valor de complementariedad que otro si tiene mayor número de elementos no compartidos, de esta manera siempre se priorizan sitios con mayor disimilitud o que tengan elementos que se complementen (Margules y Sarkar, 2009).

Una forma de evaluar la complementariedad es mediante la **similitud biogeográfica**, es decir, la cuantificación acerca de qué tan parecido es un sitio con respecto a otro, medida a través de la composición de las especies de ambos sitios (Murguía y Rojas, 2001). Las herramientas más utilizadas para cuantificar el parecido en composición biótica son los **índices de similitud**, los cuales se basan en fórmulas que siguen la lógica de que entre mayor número de especies tengan en común dos sitios, mayor será su similitud (Murguía y Rojas, 2001). Los resultados de los índices de similitud son números que varían de entre 0 y 1; 0 indica que los sitios analizados no comparten especies y 1 indica que son idénticos respecto a su composición (Murguía y Rojas, 2001).

Los índices de similitud también pueden aplicarse al utilizar su inverso (**disimilitud**). Uno de los índices de disimilitud es el índice de complementariedad (IC) propuesto por Colwell y Coddington (1994), el cual permite cuantificar las especies compartidas entre dos sitios, mediante la siguiente fórmula:

$$IC = (a+b-2j) / (a+b-j)$$

Donde: a es el número de especies en el sitio 1; b es el número de especies en el sitio 2; y j es el número de especies compartidas entre ambos sitios.

Así, el valor de este índice varía de 0 a 1, donde 0 indica coincidencia total en el número de especies que integran cada par de sitios. Cuando el valor es 1, significa que hay complementariedad total, por lo tanto no se comparten especies entre ambos sitios. El IC x 100 es el porcentaje de complementariedad (disimilitud) para cada par de sitios (Álvarez y Morrone, 2004).

Cuando se realizan comparaciones entre más de dos sitios, es conveniente construir una **matriz de similitud** o **dismimilitud** (según sea el caso), la cual contiene las comparaciones entre todos los pares posibles de sitios (Murguía y Rojas, 2001). Una matriz de disimilitud de sitios vs sitios tiene una diagonal, en la que un sitio con él mismo tiene el menor índice de disimilitud (0), ya que son idénticos, por lo tanto no se comparan (Torres y Luna-Vega, 2006; Morrone y Escalante, 2016). Los valores entre los otros pares de sitios podrían ir entre 0 y 1 (Torres y Luna-Vega, 2006; Morrone y Escalante, 2016).

2.2. Antecedentes

A través de un AT, Álvarez y Morrone (2004) identificaron 15 NP. Dichos nodos fueron superpuestos con las ANP y AICA, y se priorizaron mediante complementariedad y diversidad filogenética. De los 15 NP, 11 coinciden con las AICA y cuatro coinciden con las ANP, lo que permite descubrir áreas nuevas que no habían sido contempladas para la conservación. Finalmente, estos autores enfatizan que los NP prioritarios son Oaxaca este y Guerrero centro.

Escamilla (2006) reconoció siete NP, los cuales fueron priorizados con base en su complementariedad y diversidad filogenética; este autor enfatizó que los NP prioritarios son: El Triunfo, Sierra San Carlos, Chichinautzin y Pico Tancítaro. Sin embargo, este autor propone que el NP Izta – Popo Zoquiapan también es un NP prioritario debido a lo siguiente: (1) este nodo es importante para otros NP ubicados sobre la Faja Volcánica Transmexicana,

ya que comparten alto número de especies, constituyendo así un conjunto biogeográfico; y (2) es un buen representante de las comunidades alpinas y subalpinas.

Al realizar un AT, Torres y Luna-Vega (2006) reconocieron 15 NP, los cuales fueron superpuestos con las ANP, RTP y AICA, y priorizados mediante complementariedad. De los 15 NP reconocidos, nueve coinciden con las ANP, nueve con las RTP, y 11 coinciden con las AICA. Estos autores determinaron que los corredores biológicos son importantes para la conservación de la biodiversidad, de esa manera proponen cuatro áreas para ser conservadas: a) corredor que una los NP Chichinautzin, Sur del Valle de México y Sierra Nevada; b) corredor que una los NP Cofre de Perote y Cañón del Río Blanco; c) NP del Volcán de San Juan; y d) Pátzcuaro.

González-Zamora *et al.* (2007) construyeron 54 TI de plantas que habitan la Sierra Madre Oriental, los cuales fueron analizados mediante un AT y se obtuvieron cinco TG, mismos que al intersectarse dieron como resultado seis NP. Cuatro de ellos coinciden con las RTP, cuatro con las AICA, y ninguno con las ANP. Finalmente estos autores resaltan que el NP de Monterrey presenta las mejores características para considerarlo prioritario en términos de conservación.

Martínez-Aquino *et al.* (2007) encontraron cuatro NP, los cuales rodean el lago de Pátzcuaro. Estos autores proponen dos NP como prioritarios: Manantial la Mintzita y el lago de Zacapu, esto debido a que dichos cuerpos de agua están gravemente alterados por las actividades antrópicas, y además presentan alta riqueza y elevado número de endemismos.

García-Marmolejo *et al.* (2008) reconocieron 16 NP, los cuales fueron priorizados de acuerdo con su complementariedad y diversidad filogenética. Al superponer los 16 NP con las ANP se observó un coincidente y tres aledaños, de la superposición de las RTP y los NP se observaron 11 coincidentes y un aledaño, al superponer las Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos (APCM) (Arita *et al.* (1997); Ceballos (1999)) para especies no voladoras con los NP se hallaron 10 coincidentes y cuatro aledaños, y la superposición de las APCM para especies voladoras únicamente se presentaron siete coincidencias. Finalmente, estos autores proponen seis áreas prioritarias para la conservación: Istmo de Tehuantepec, Tuxtepec, Balacán, Los Altos de Chiapas, Zoquiapan, y El Pimiento.

A partir de la distribución de 201 especies de lagartijas y serpientes, pertenecientes a las áreas desérticas de México, Fernández-Badillo (2013) reconoció 27 TG y 26 NP. Dichos NP fueron priorizados de acuerdo con su complementariedad. De los 26 NP reconocidos, seis coinciden con las ANP, siete coinciden con AICA, y 14 NP mostraron coincidencia con las RTP. Finalmente, este autor propone a los siguientes NP en orden de importancia: Baja California norte, Baja California sur, Puebla sur, Chihuahua sur y Coahuila sur b.

2.3. Materiales y métodos

Se seleccionaron 109 NP (reconocidos en el capítulo 1 de esta tesis) los cuales fueron reconocidos exclusivamente en el CMM, estos NP fueron enlistados de acuerdo con su latitud (de mayor a menor y se superpusieron con los TG que lo sustentan y con los TI que conforman los TG; todo ello con la finalidad de estimar la **riqueza** (número de TI) en los NP. Dicho procedimiento se realizó en QGIS Desktop 2.14.2 (QGIS Development Team, 2016). Posteriormente se omitieron los NP que presentaron alguna de las siguientes condiciones: (1) ningún TI se intersectó con el NP y (2) sólo se intersectaron TI de un mismo TG.

De esta manera, sólo 52 NP fueron seleccionados para continuar el análisis, los cuales fueron clasificados en nueve grupos, cada uno de ellos contiene NP sustentados por los mismos TG y los mismos niveles de anidamiento, lo cual implica que podrían representar un mismo patrón. Adicionalmente, se reconoció un conjunto de NP sustentados por TG diferentes.

A todos los grupos de NP se les aplicó el IC de Colwell y Coddington (1994); solamente a los grupos que presentaron más de dos NP se les realizó una matriz de disimilitud. En el caso de los grupos sustentados por únicamente dos NP, el IC fue aplicado sin importar el resultado, ya que al ser los únicos NP que representan las mismas convergencias biogeográficas, automáticamente son prioritarios en términos de conservación; más aún, se pueden fusionan en un sólo NP.

Posteriormente, se visualizaron los NP prioritarios de cada grupo y la fusión de algunos de ellos. Las figuras fueron elaboradas en ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012). Finalmente los NP prioritarios fueron superpuestos con el marco cartográfico (1:50, 000) del Mapa

Digital de México de Inegi (2017), con el fin de ubicar dichos NP a partir de referencias y rasgos geográficos (naturales y sociales).

2.4 Resultados

A continuación se describen los nueve grupos que integran a 46 NP, se visualizó con color diferente al negro los NP prioritarios de cada grupo. También se muestran las matrices de disimilitud, en las cuales los valores más altos fueron identificados en rojo.

- Grupo 1: se localiza al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana (Figura 18); está conformado por cinco NP sustentados por dos TG y 24 TI (Cuadro 15). Tres de los cinco NP son prioritarios en términos de conservación (Figura 19); de estos, el NP 3 se ubica en el *Volcán Nevado de Colima* (Inegi, 2014a), y los NP 4 y 5 en el *Volcán de Colima* (Inegi, 2014e).

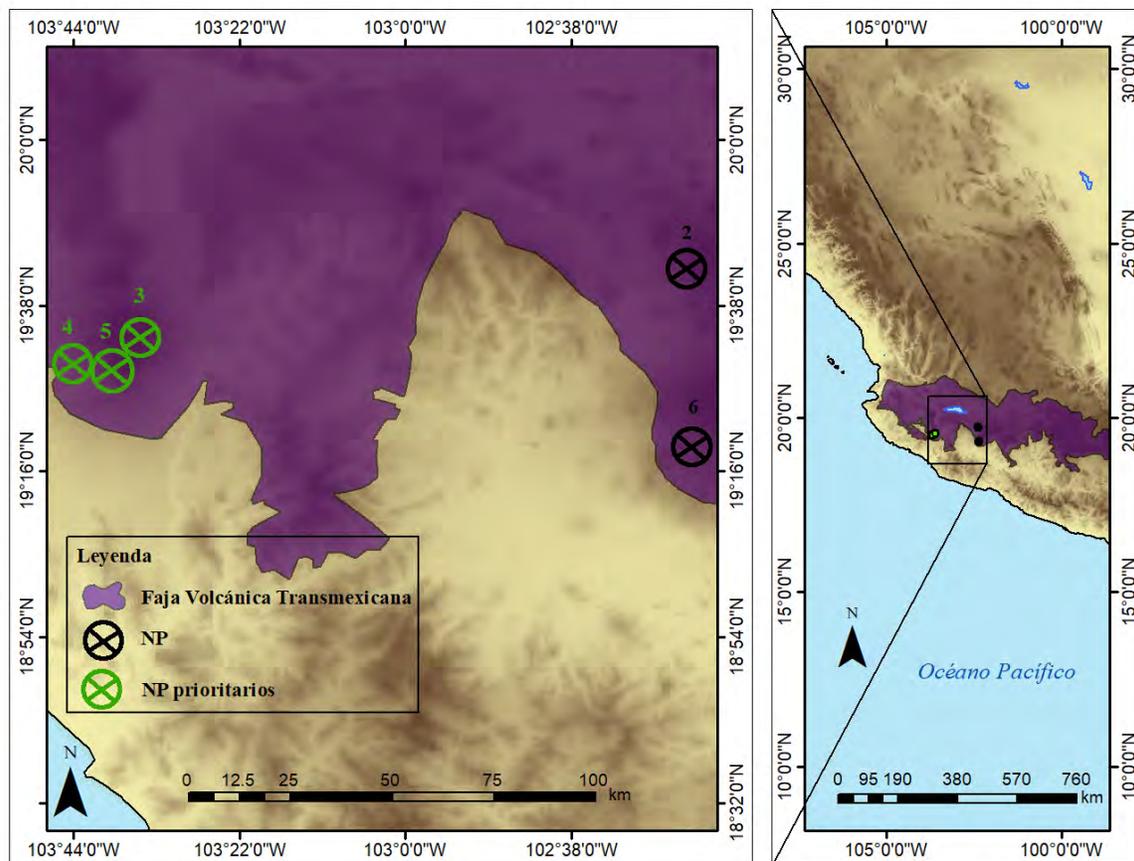


Figura 18. Nodos panbiogeográficos del grupo 1. NP: nodo panbiogeográfico.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017d, 2017e).

Cuadro 15. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 1.

# NP	TG implicados	TI implicados
2	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 5° nivel 2.1	<i>Cryptotis alticola</i> <i>Peromyscus hylocetes</i> <i>Sorex mediopua</i>
3	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i> <i>Sigmodon alleni</i> <i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
	Neotrópico, 5° nivel 2.1	<i>Cryptotis alticola</i> <i>Peromyscus hylocetes</i> <i>Sorex mediopua</i>
4	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Macrotus waterhousii</i> <i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
	Neotrópico, 5° nivel 2.1	<i>Peromyscus perfulvus</i> <i>Sorex mediopua</i>
5	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Oryzomys melanotis</i> <i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
	Neotrópico, 5° nivel 2.1	<i>Peromyscus perfulvus</i> <i>Sorex mediopua</i>
6	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>Sylvilagus cunicularius</i>
	Neotrópico, 5° nivel 2.1	<i>Notocitellus adocetus</i> <i>Sorex mediopua</i>

Figura 19. Valores obtenidos por pares de nodos panbiogeográficos del grupo 1, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).

# NP	2	3	4	5	6
2		0.17	0.71	0.71	0.57
3			0.75	0.75	0.63
4				0.67	0.71
5					0.71
6					

- Grupo 2: se localiza al sureste de la Faja Volcánica Transemexicana, al norte del estado de Oaxaca, sobre la Sierra Juárez (Figura 20). Este grupo está conformado por 11 NP sustentados por dos TG y 37 TI (Cuadro 16). De los 11 NP, dos son los prioritarios en términos de conservación (Figura 21); de estos, el NP 9 se ubica al noreste de la cabecera municipal *Santa María Papalo* (Inegi, 2014c), y el NP 30 se ubica al norte de la localidad *La Luz* (Inegi, 2001d).

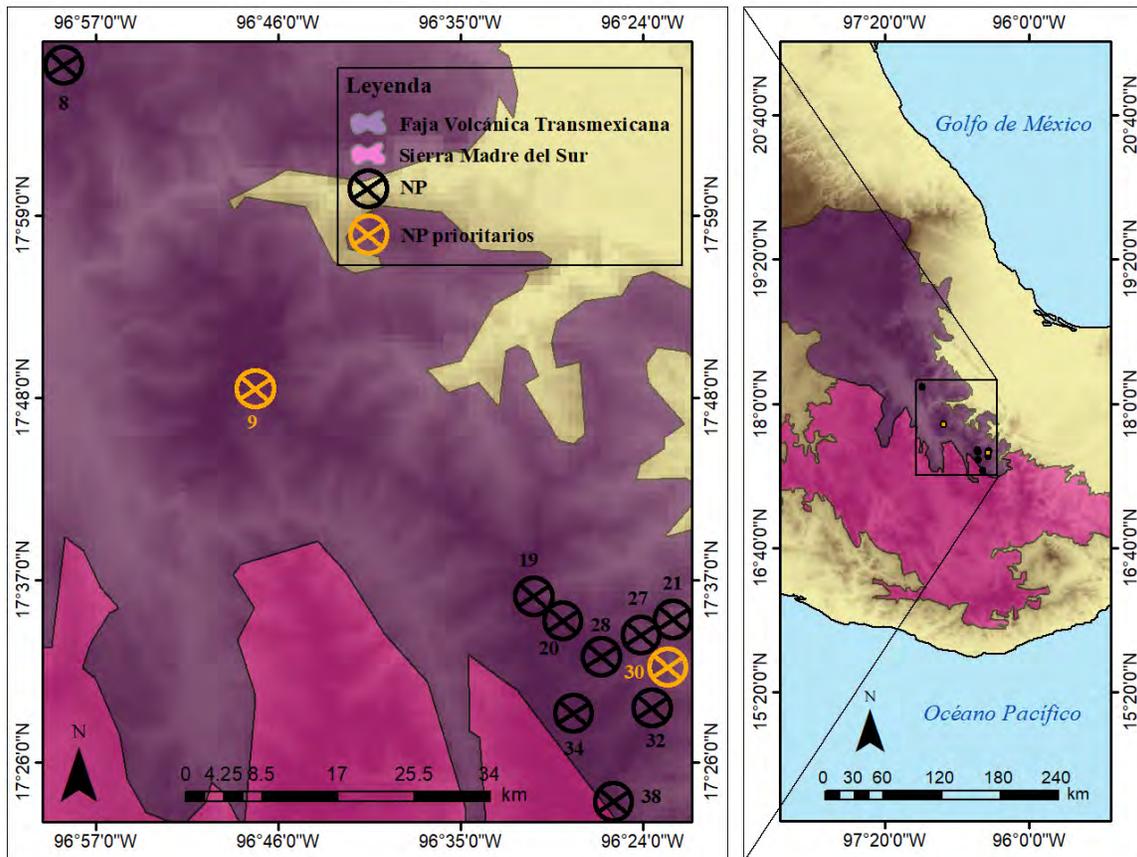


Figura 20. Nodos panbiogeográficos del grupo 2. NP: nodo panbiogeográfico.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 16. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 2.

# NP	TG implicados	TI implicados
8	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Peromyscus furvus</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
9	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Peromyscus beatae</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
19	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Peromyscus furvus</i>
	Neotrópico 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i>
20	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Heteromys desmarestianus</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i>
21	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
27	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Oryzomys rostratus</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
28	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Oryzomys chapmani</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
30	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i>
32	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Sciurus deppei</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
34	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Sciurus deppei</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i>
38	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Oryzomys rostratus</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>

Figura 21. Valores obtenidos por pares de nodos panbiogeográficos del grupo 2, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).

# NP	8	9	19	20	21	27	28	30	32	34	38
8		0.40	0.60	0.83	0.25	0.40	0.40	0.80	0.40	0.80	0.40
9			0.83	0.83	0.25	0.40	0.40	1.00	0.40	0.80	0.40
19				0.50	0.80	0.83	0.60	0.33	0.83	0.75	0.83
20					0.80	0.83	0.60	0.33	0.83	0.75	0.83
21						0.25	0.25	0.75	0.25	0.75	0.25
27							0.40	0.80	0.40	0.80	0.00
28								0.50	0.40	0.67	0.40
30									0.80	0.67	0.80
32										0.50	0.40
34											0.80
38											

- Grupo 3: se localiza en su mayoría al sureste de la Faja Volcánica Transmexicana y al noreste de la Sierra Madre del Sur, al norte del estado de Oaxaca, sobre la Sierra Juárez (Figura 22). Este grupo esta conformado por 13 NP sustentados por dos TG y 45 TI (Cuadro 17). De los 13 NP, seis son los prioritarios en términos de conservación (Figura 23); de estos, el NP 13 se ubica al noroeste del río *Solyolpam*, los NP 16 y 18 se ubican al suroeste del *Cerro Mojuño (Relampago)*, los NP 23 y 24 se ubican al norte de la localidad *Las Varitas* (Inegi, 2001d) y finalmente el NP 35 se ubica en el *Llano de las Flores* (Inegi, 2014f).

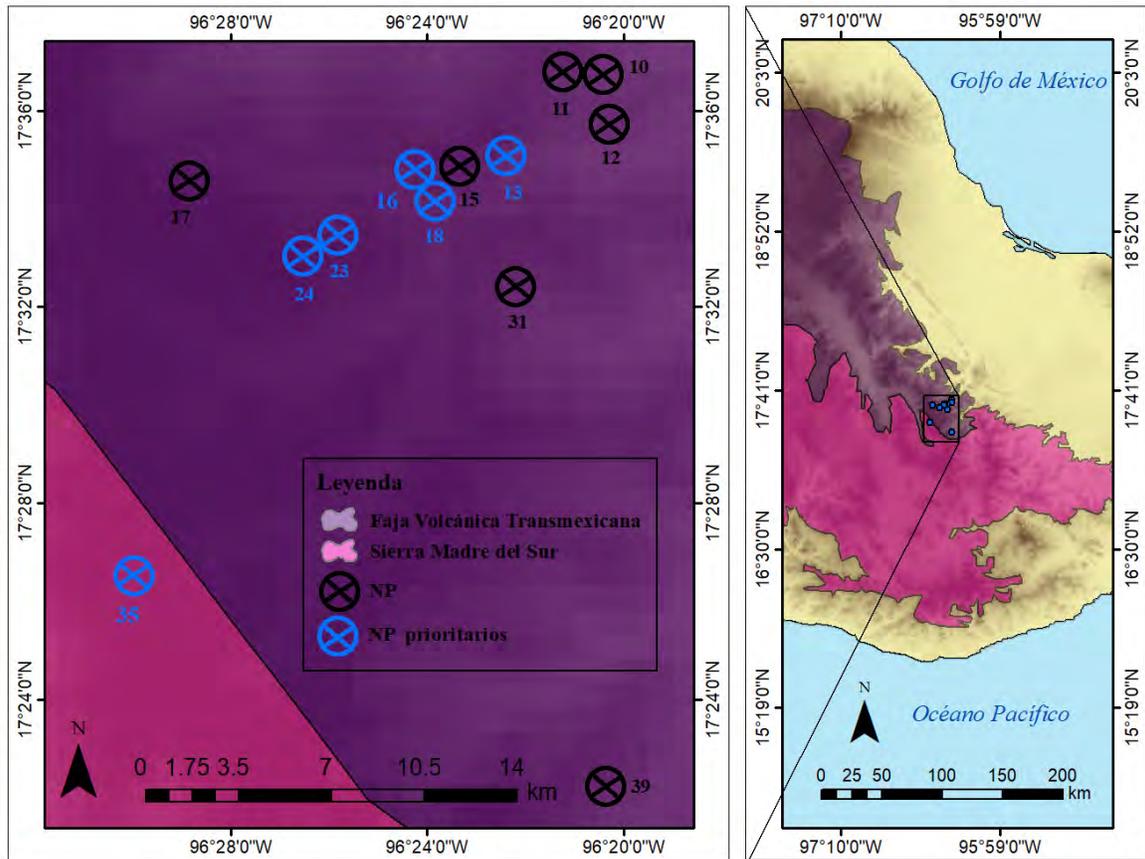


Figura 22. Nodos panbiogeográficos del grupo 3. NP: nodo panbiogeográfico.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 17. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 3.

# NP	TG implicados	TI implicados
10	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Tylomys nudicaudus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
11	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Peromyscus beatae</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
12	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Heteromys desmarestianus</i> <i>Oryzomys chapmani</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
13	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Sciurus deppei</i>
	Sierra Juárez	<i>Microtus oaxacensis</i>
15	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i> <i>Peromyscus furvus</i> <i>Tylomys nudicaudus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
16	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys rostratus</i> <i>Tylomys nudicaudus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i>
17	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Peromyscus furvus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
18	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Heteromys desmarestianus</i> <i>Tylomys nudicaudus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i>
23	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Sorex veraecrucis</i> <i>Tylomys nudicaudus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i>
24	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Tylomys nudicaudus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i>
31	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Oryzomys chapmani</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
35	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i>
	Sierra Juárez	<i>Habromys ixtlani</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
39	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Oryzomys chapmani</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>

Figura 23. Valores obtenidos por pares de nodos panbiogeográficos del grupo 3, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).

# NP	10	11	12	13	15	16	17	18	23	24	31	35	39
10		0.40	0.40	0.80	0.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.40	0.60	0.40
11			0.40	0.80	0.50	0.83	0.60	0.83	0.83	0.83	0.40	0.60	0.40
12				0.80	0.50	0.83	0.60	0.60	0.83	0.83	0.40	0.60	0.40
13					0.83	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	0.80	0.75	0.80
15						0.67	0.40	0.67	0.67	0.67	0.50	0.67	0.50
16							0.80	0.50	0.50	0.50	0.83	1.00	0.83
17								0.80	0.80	0.80	0.60	0.80	0.60
18									0.50	0.50	0.86	1.00	0.83
23										0.50	0.83	1.00	0.83
24											0.60	1.00	0.60
31												0.60	0.00
35													0.60
39													

- Grupo 4: se localiza al norte la Sierra Juárez (Figura 24). Este grupo está conformado por dos NP sustentados por tres TG y 10 TI (Cuadro 18). Ambos NP son prioritarios en términos de conservación y fueron fusionados en uno sólo (Figura 24), ya que son los únicos sitios que representan convergencia entre las mismas historias biogeográficas; el NP fusionado se superpone con algunos de los NP prioritarios del grupo 2 y 3 (Figura 32). Los NP del grupo 4 presentan una complementariedad de 0.33. Finalmente, el NP 14 se ubica al noreste de la localidad *Mocroondas* y el 25 NP se ubica al sueste del cerro *Cueva de Sarmiento* (Inegi, 2001d).

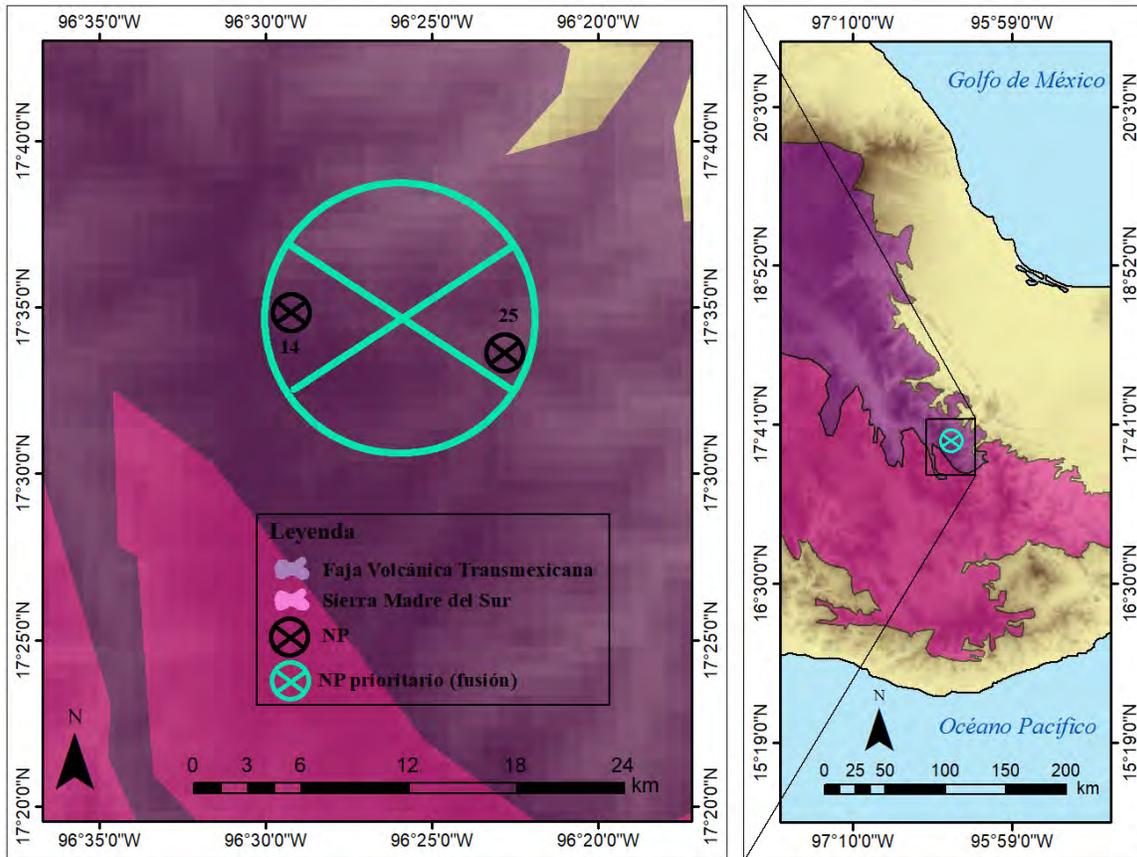


Figura 24. Nodos panbiogeográficos del grupo 4. NP: nodo panbiogeográfico.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 18. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 4.

# NP	TG implicados	TI implicados
14	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Oryzomys chapmani</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
25	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Oryzomys chapmani</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
	Sierra Juárez	<i>Microtus oaxacensis</i>

- Grupo 5: se localiza al suroeste de la Sierra Juárez (Figura 25). Este grupo está conformado por dos NP sustentados por dos TG y cuatro TI (Cuadro 19). Los NP de este grupo fueron fusionados (Figura 25), ya que son los únicos sitios que representan convergencia entre las mismas historias biogeográficas; por lo tanto ambos NP son

prioritarios en términos de conservación, los cuales presentaron una complementariedad de 0. El NP fusionado se superpone con algunos NP del grupo 3, y con el NP fusionado del grupo 4 (Figura 32). Finalmente, el NP 26 se ubica en el cerro *Humo Grande* (Inegi, 2001d) y el NP 37 se ubica al este de la cabecera municipal *San Juan Evangelista Analco* (Inegi, 2014f).

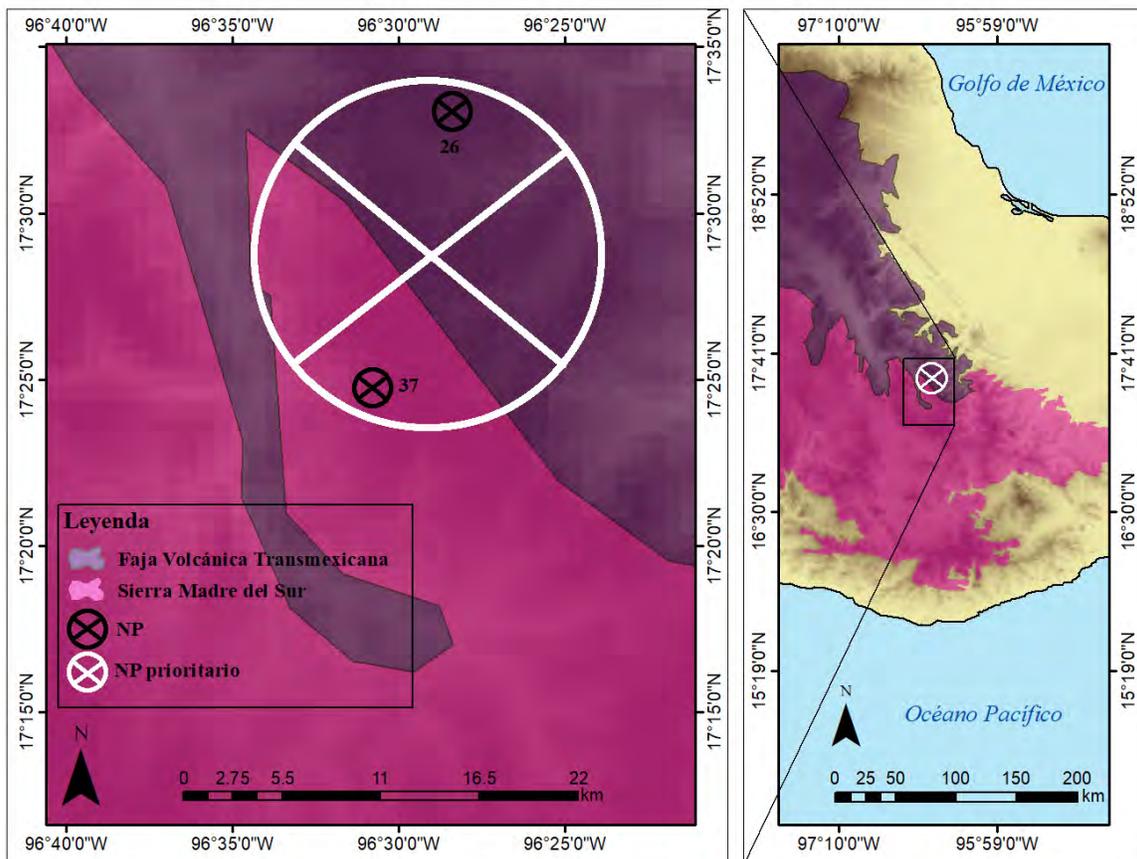


Figura 25. Nodos panbiogeográficos del grupo 5. NP: nodo panbiogeográfico.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 19. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 5.

# NP	TG implicados	TI implicados
26	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i>
37	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i>

- Grupo 6: Grupo ubicado al este de la Sierra Juárez (Figura 26). Este grupo está conformado por dos NP sustentados por dos TG y ocho TI (Cuadro 20). Los NP de este grupo fueron fusionados (Figura 26), ya que son los únicos sitios que representan

convergencia entre las mismas historias biogeográficas; por lo tanto ambos NP son prioritarios en términos de conservación. Al igual que el grupo 5, los NP de este grupo presentaron una complementariedad de 0. El NP fusionado se ubica al sureste del grupo 4 y presenta superposición con algunos NP prioritarios de los grupo 2, 3, y con los NP fusionados de los grupos 4 y 5 (Figura 32). Finalmente, el NP 29 se ubica al este del cerro *Humo Grande* y el NP 33 se ubica al sureste de la localidad *La Luz* (Inegi, 2001d).

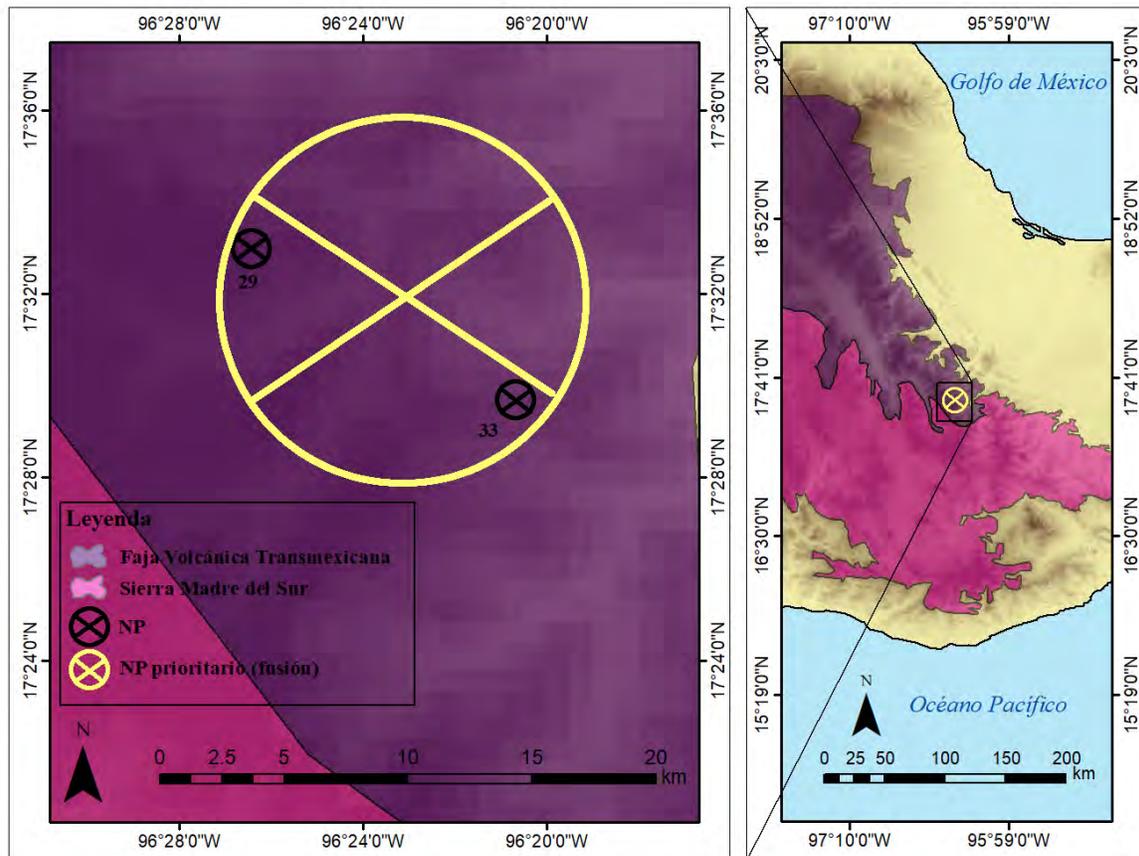


Figura 26. Nodos panbiogeográficos del grupo 6. NP: nodo panbiogeográfico. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 20. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los Nodos panbiogeográficos del grupo 6.

# NP	TG implicados	TI implicados
29	Neotrópico 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
33	Neotrópico, 6° nivel 2.1.1	<i>Megadontomys cryophilus</i> <i>Peromyscus melanocarpus</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>

- Grupo 7: se localiza al noroeste y sureste de la Sierra de Chiapas (Figura 27). Este grupo esta conformado por siete NP sustentados por dos TG y 22 TI (Cuadro 21). Todos los NP de este grupo son prioritarios en términos de conservación (Figura 28). El NP 40 se ubica al sureste de la cabecera municipal de *Tumbala* (Inegi, 2004c), el NP 45 se ubica al sur de la localidad *Las Maravillas* (Inegi, 2004b), el NP 47 se ubica en la localidad *Huitepec Ocotal Segunda Sección* (Inegi, 2000), los NP 48 y 49 se ubican al este de la cabecera municipal *San Cristóbal de las Casas* (Inegi, 2001c), el NP 51 se ubica al sureste del *Cerro Mozotal* (Inegi, 2002) y el NP 52 se ubica al oeste de la localidad *El Pizarrín* (Inegi, 2001b).

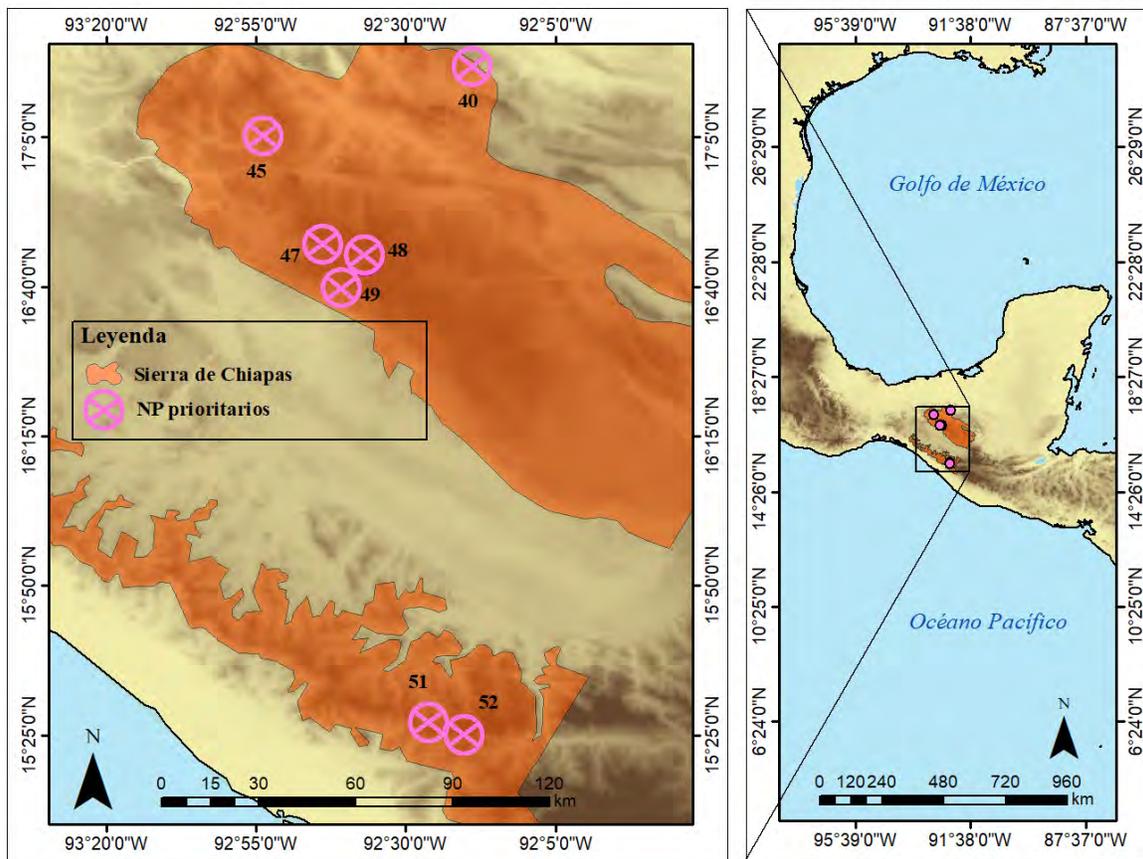


Figura 27. Nodos panbiogeográficos del grupo 7. NP: nodo panbiogeográfico.
Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 21. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los Nodos panbiogeográficos del grupo 7.

# NP	TG implicados	TI implicados
40	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Peromyscus zarhynchus</i> <i>Tylomys tumbalensis</i>
45	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Oryzomys rhabdops</i>
47	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Peromyscus guatemalensis</i> <i>Peromyscus zarhynchus</i>
48	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Peromyscus guatemalensis</i>
49	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i> <i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Oryzomys rhabdops</i> <i>Peromyscus zarhynchus</i>
51	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Peromyscus guatemalensis</i> <i>Reithrodontomys tenuirostris</i>
52	TG Mesoamericano, 1° nivel	<i>Myotis fortidens</i>
	TG Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Heteromys nelsoni</i>

Figura 28. Valores obtenidos por pares de Nodos panbiogeográficos del grupo 7, al aplicar el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994).

# NP	40	45	47	48	49	51	52
40		0.80	0.40	0.40	0.40	0.86	1.00
45			0.80	0.67	0.50	0.80	1.00
47				0.50	0.40	0.10	1.00
48					0.80	0.50	1.00
49						0.67	1.00
51							1.00
52							

- Grupo 8: se localiza al noroeste de la Sierra de Chiapas (Figura 29). Este grupo está conformado por dos NP sustentados por dos TG y cuatro TI (Cuadro 22). Los NP de este grupo fueron fusionados en uno sólo (Figura 29), ya que son los únicos sitios que representan convergencia entre las mismas historias biogeográficas; por lo tanto ambos NP son prioritarios en términos de conservación, los cuales presentan una complementariedad 0.66. Por otro lado, el NP 41 se ubica al sur de la localidad de

San Francisco Jaconá (Inegi, 2004a), y el NP 42 se ubica al norte de la cabecera municipal *Pueblo Nuevo Solistahuacán* (Inegi, 2004b).

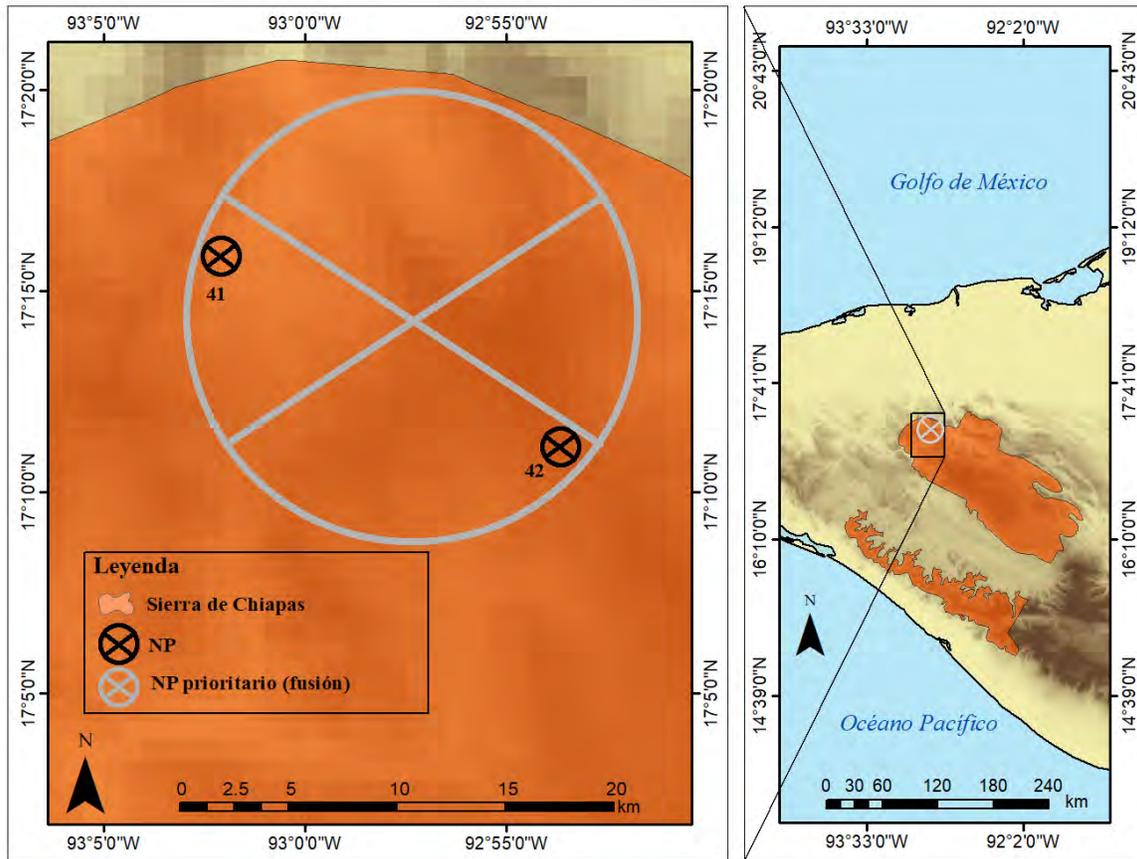


Figura 29. Nodos panbiogeográficos del grupo 8. NP: nodo panbiogeográfico. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 22. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 8.

# NP	TG implicados	TI implicados
41	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Tylomys nudicaudus</i>
	Neotrópico, 1° nivel	<i>Pteronotus gymnonotus</i>
42	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
	Neotrópico, 1° nivel	<i>Pteronotus gymnonotus</i>

- Grupo 9: está ubicado al noroeste de la Sierra de Chiapas (Figura 30), está conformado por dos NP, sustentados por dos TG y cuatro TI (Cuadro 23). Los NP de este grupo se fusionaron en uno sólo, ya que son los únicos sitios que representan convergencia entre las mismas historias biogeográficas; por lo tanto, ambos NP son prioritarios en términos de conservación. Al igual que el grupo 8, los NP de este grupo

presentan una complementariedad de 0.66. EL NP fusionado se ubica al suroeste del grupo 8 (Figura 31). Finalmente el NP 44 se ubica al noroeste de la cabecera municipal *San Andrés Duraznal* y el NP 46 se ubica al norte de la cabecera municipal *El Bosque* (Inegi, 2004b).

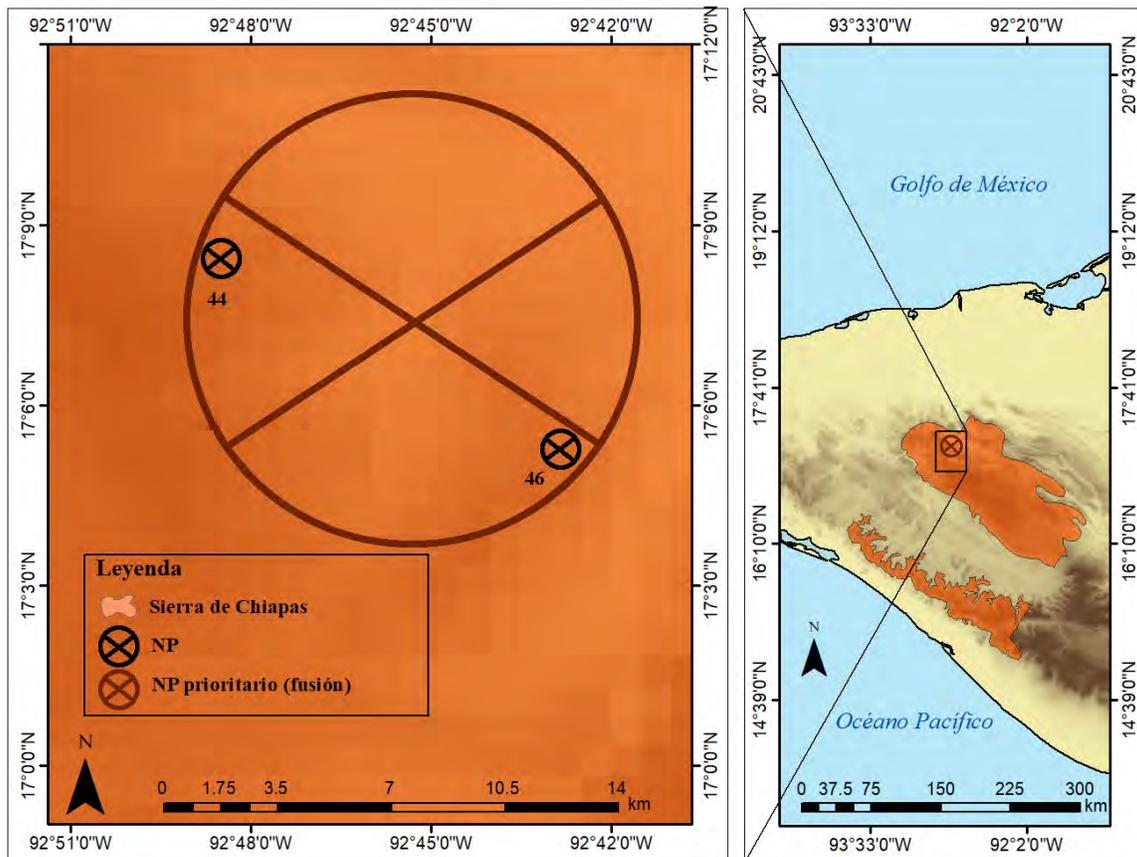


Figura 30. Nodos panbiogeográficos del grupo 9. NP: nodo panbiogeográfico. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 23. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos del grupo 9.

# NP	TG implicados	TI implicados
44	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Myotis fortidens</i>
	Neotrópico, 1° nivel	<i>Pteronotus gymnonotus</i>
46	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Baiomys musculus</i>
	Neotrópico, 1° nivel	<i>Pteronotus gymnonotus</i>

Adicionalmente, se reconoció un conjunto heterogéneo de nodos que incluye el centro sur de México, sobre la Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur y Sierra de Chiapas (Figura 31); se incluyen seis NP sustentados por cuatro distintos TG y 27 TI (Cuadro 24). Todos los NP de este grupo son prioritarios en términos de conservación. El NP 1 se

ubica al sureste de la localidad *La Cumbre de Guadalupe (La Cumbre de los Arrastrados)*; Inegi 2001a), el NP 7 se ubica en el Parque Nacional *Lagunas de Zempoala* (Inegi, 2014g), el NP 22 se ubica al este del cerro *Humo Grande*, el NP 36 se ubica en el Llano de las Flores (Inegi, 2014f), el NP se ubica en el NP 43 se ubica al noroeste del cerro *El Terrero* (Inegi, 2004b) y, finalmente, el NP 50 se ubica al oeste de la localidad *Río San José* (Inegi, 2003).

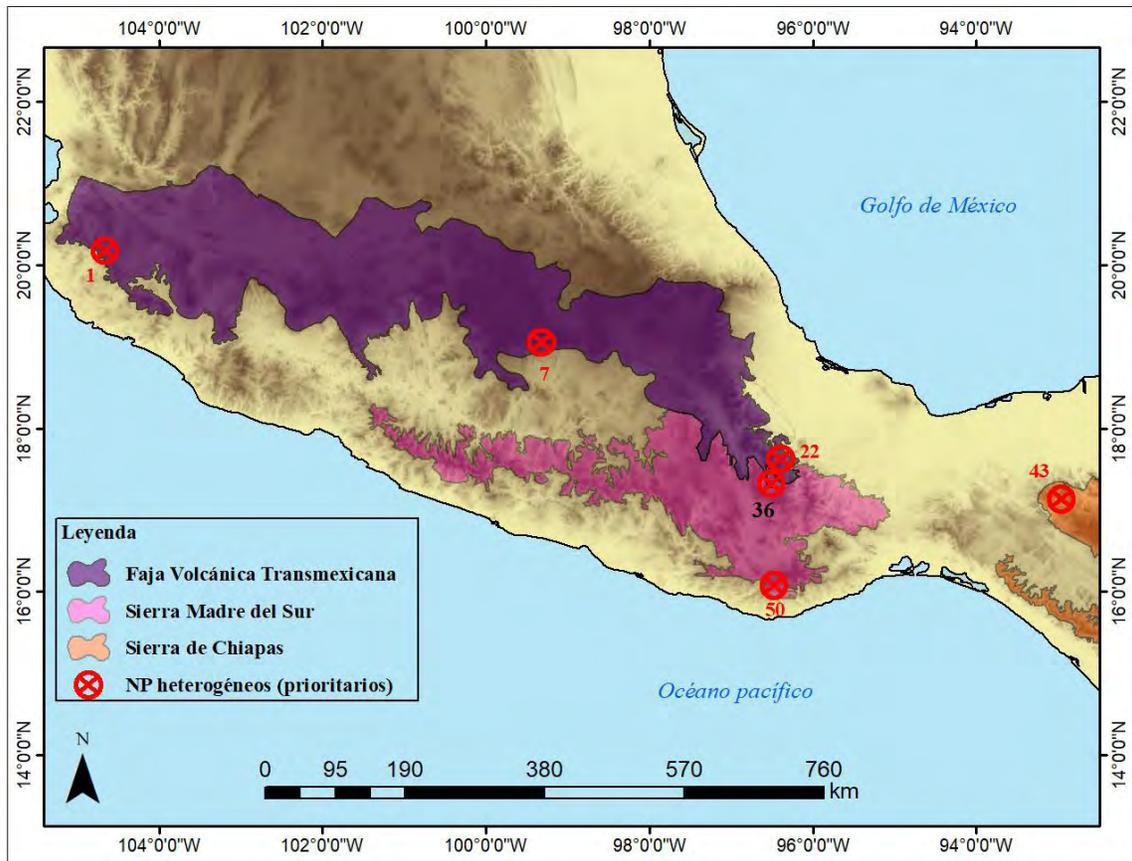


Figura 31. Nodos panbiogeográficos heterogéneos. NP: nodo panbiogeográfico. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 24. Trazos generalizados y trazos individuales implicados en los nodos panbiogeográficos sustentados por niveles de anidamiento distintos.

# NP	TG implicados	TI implicados
1	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sigmodon mascotensis</i> <i>Sylvilagus cunicularius</i>
	Mesoamericano, 2° nivel, 2	<i>Sciurus colliaei</i> <i>Sciurus nayaritensis</i>
	Neotrópico, 5° nivel 2.1	<i>Peromyscus hylocetes</i> <i>Sorex mediopua</i>
7	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>Sylvilagus cunicularius</i>
	Sierra Chichinautzin	<i>Romerolagus diazi</i> <i>Sorex oreopolus</i>
22	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Sciurus aureogaster</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
36	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i>
	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i> <i>Oryzomys chapmani</i>
	Sierra Juárez	<i>Cryptotis magna</i> <i>Microtus oaxacensis</i>
43	Mesoamericano, 3° nivel	<i>Cryptotis mexicana</i>
	Neotrópico, 5° nivel, 2	<i>Oryzomys rhabdops</i>
50	Mesoamericano, 1° nivel	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>Sigmodon mascotensis</i>
	Neotrópico, 3° nivel, 2	<i>Orthogeomys grandis</i> <i>Sorex veraepacis</i>

La mayoría de los NP prioritarios se localiza sobre la Faja Volcánica Transmexicana, seguido por la Sierra de Chiapas y algunos pocos sobre la Sierra Madre del Sur (Figura 32). En las provincias antes mencionadas existe superposición y aglomeración entre los NP, específicamente sobre la Sierra de Juárez y al norte de la Sierra de Chiapas (Figura 32).

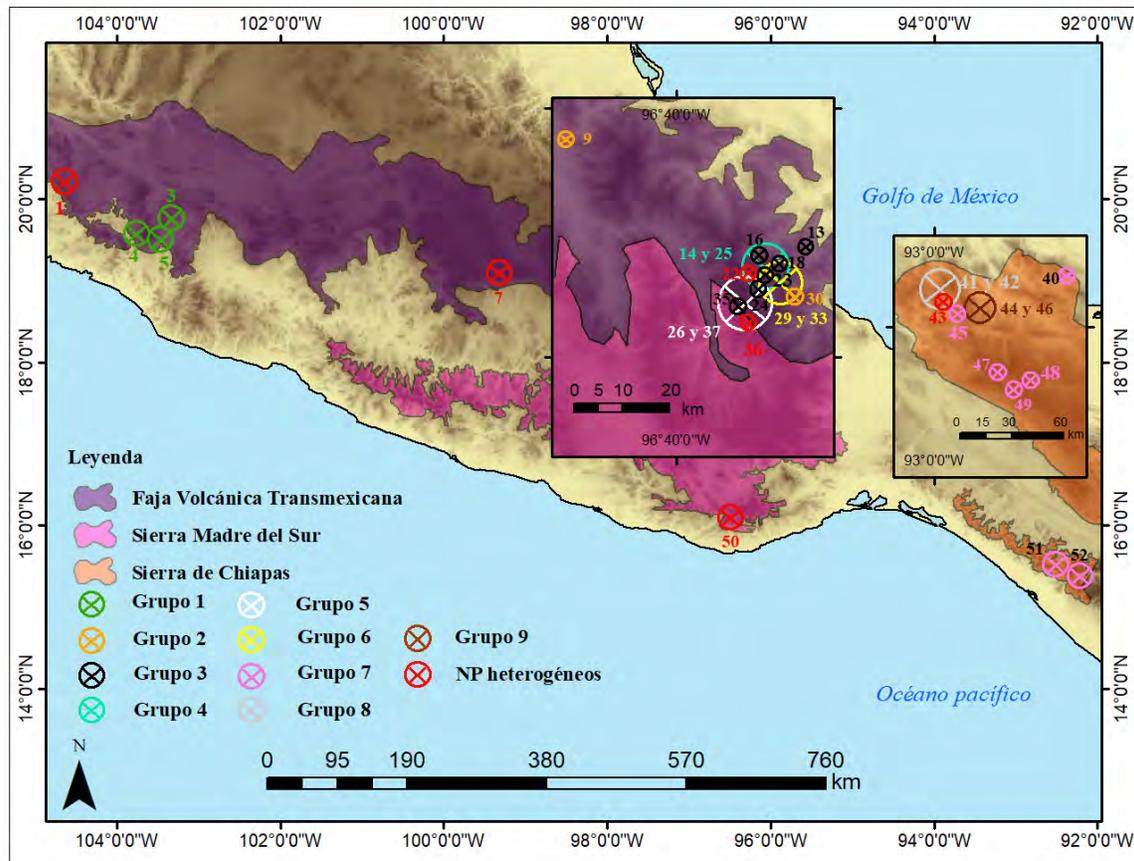


Figura 32. Nodos panbiogeográficos prioritarios. NP: nodo panbiogeográfico.

Los NP del grupo 3 fueron representados en color negro.

Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Morrone, 2014a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

2.5. Discusión

Al superponer los NP con los TG y con los TI que sustentan a los TG, se observó que no todas las especies que conforman los TG están presentes en los NP, lo cual coincide con los hallazgos de García-Marmolejo *et al.* (2008). Por otro lado, se reconocieron NP sustentados por TI pertenecientes a un mismo TG; esto puede deberse a los índices de consistencia (ci) menores a uno, que indican eventos de extinción que oscurecieron la evolución espacial de algunas especies de una biota, y por tal motivo dichas especies pudieron no ubicarse en los NP, los cuales sólo representan puntos adimensionales (Miguel-Talonia y Escalante, 2013).

Por lo tanto, los NP que presentaron esta condición fueron omitidos del análisis, ya que no representan convergencia biogeográfica.

También se reconocieron NP en los que ningún TI se intersectó con algún NP, esto se debe a la metodología que ejecuta Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007), la cual desarrolla un área de influencia (*buffer*) de cada TI para obtener el TG, pero no existe documentación sobre cómo se calcula el *buffer* ni es posible modificarlo (Morrone y Escalante, 2016). Por lo tanto, estos NP tampoco representan eventos de convergencia espacial, y en ese sentido no se puede estimar la riqueza que presentan.

Desde el punto de vista del AT y de la biogeografía de la conservación, la metodología que usa Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007) para identificar los NP no son del todo eficientes, ya que 57 de 109 NP no corresponden a eventos de convergencia entre componentes bióticos. Por lo tanto, Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007) no suele mostrar resultados eficientes para identificar NP, lo que complementa el estudio realizado por Charte (2012). Desde un punto de vista geológico, los NP identificados con Trazos2004 (Rojas-Parra, 2007) corresponden a zonas influenciadas por convergencia entre placas tectónicas (zonas montañosas); sin embargo, en términos de conservación, la mayoría de esos NP no necesariamente representan convergencia biogeográfica. Por lo tanto, sólo se deben priorizar los NP que posiblemente representan satisfactoriamente eventos de convergencia espacial, ya que es posible cuantificar el número de TI (riqueza) que se intersectan en los mismos. Por los motivos antes mencionados, 52 NP fueron seleccionados para realizar la priorización.

El objetivo de agrupar los NP con base en los mismos TG y los mismos niveles de anidamiento es priorizar NP en cada una de las zonas donde convergen las mismas historias biogeográficas, con el fin de evitar redundancia al momento de establecer prioridades en los NP a ser conservados.

Para obtener el índice de complementariedad (IC), se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de identificar programas de cómputo que lo ejecuten. Sin embargo no se encontraron programas que desarrollen este índice (aunque sí existe software que aplica índices de similitud biogeográfica), lo que es una desventaja al trabajar con una gran cantidad de datos. Por lo tanto, los cálculos de IC se realizaron en una hoja de cálculo, aplicándolo

para comparar los NP de cada grupo y seleccionar prioridades. Se sugiere hacer una revisión bibliográfica más detallada acerca de este tema y en su caso, desarrollar herramientas de cómputo que faciliten los análisis.

Al aplicar el IC al grupo 1, se identificó un trío de NP prioritarios, los cuales mostraron una complementariedad del 75%, lo que indica que los NP no comparten muchas especies. Aún cuando la complementariedad no es total, dichos resultados fueron los más altos comparado con los restantes pares de nodos, por lo tanto, estos NP son prioritarios en términos de conservación, ya que representan los sitios con mayor disimilitud del grupo.

Al aplicar el IC al grupo 2, se identificó un par de NP prioritarios. La comparación entre este par de NP mostró una complementariedad total (100%) por lo tanto, los NP no comparten especies. En el grupo 3 se reconocieron ocho pares de NP totalmente complementarios (100%), y es el grupo con mayor número de sitios prioritarios (6 NP).

Por otro lado, al aplicar el IC al grupo 4, se observó que el par de NP que sustenta dicho grupo presenta complementariedad baja (33%), lo que indica que ambos sitios comparten alto número de especies. Así mismo, dos son las especies que hacen la diferencia del 33% : *Cryptotis mexicana* y *Cryptotis magna*. Según la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (The IUCN Red List of Threatened Species; IUCN 2017); la primera especie se encuentra en estado de *preocupación menor*, mientras que la segunda se encuentra en estado *vulnerable*.

En el grupo 5 se observa que el par de NP que sustenta este grupo no presenta complementariedad (0%), lo cual indica que los NP son idénticos y, por lo tanto, comparten las mismas especies, por lo que al conservar alguno de los nodos se representa automáticamente al otro. Los NP del grupo 6, presentan las mismas características que los NP del grupo 5. Al aplicar el IC al grupo 7, se identificaron seis pares de NP totalmente complementarios (100%), es decir, que no comparten especies, por lo tanto, todos los NP (7) de este grupo son prioritarios.

Al aplicar el IC al grupo 8 se observó que el par de NP de este grupo presenta una complementariedad del 66%, lo cual indica que no comparten la mayoría de las especies. Finalmente los NP del grupo 9 presentan las mismas características que el par de NP del

grupo 8. En cuanto al conjunto heterogéneo de NP, dado que todos los NP tienen composiciones bióticas diferentes, todos son prioritarios en términos de conservación.

Se esperaría que los NP que conforman un grupo posean menor disimilitud, ya que en ellos convergen los mismos TG; sin embargo, se encontró que algunos pares de NP presentan complementariedad total, lo que indica que hay NP totalmente diferentes que conforman un mismo grupo. Esta incongruencia puede deberse a los índices de consistencia que presentan algunos TI o al método de identificación de los TG.

De manera general, de los 52 NP seleccionados previamente, 29 NP son los prioritarios en términos de conservación, la mayoría de ellos se ubica en tres áreas geográficas: (1) oeste de la Faja Volcánica Transmexicana; (2) sureste de la Faja Volcánica Transmexicana y noreste de la Sierra Madre del Sur y (3) noroeste de la Sierra de Chiapas (Figura 32). Un caso particular se observa en el norte de Oaxaca, sobre la Sierra de Juárez, donde existe una gran cantidad de NP prioritarios (13) y además éstos se encuentran superpuestos, lo que puede indicar que la Sierra de Juárez es la zona geobióticamente más compleja del CMM y puede ser la zona más importante en términos de conservación (Figura 32).

Al norte de la Sierra de Chiapas se observan algunas características similares que en la Sierra de Juárez (aglomeración de NP); mientras que al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana no hay superposición entre los NP prioritarios. Por otro lado, los NP que no se ubicaron en ninguna de las tres áreas geográficas antes mencionadas son los NP 7, 50, 51 y 52 (Figura 32).

EL NP Oaxaca norte, reconocido por Álvarez y Morrone (2004) coincide de manera general con la aglomeración de NP prioritarios reconocidos en este trabajo sobre la Sierra de Juárez, lo que refuerza la hipótesis de ser una zona compleja. Sin embargo, los criterios de complementariedad y diversidad filogenética desarrollados por Álvarez y Morrone (2004) consideraron al NP Oaxaca norte como sitio no prioritario para la conservación. Por otro lado, el NP Chichinautzin reconocido en el trabajo de Torres y Luna-Vega (2006), se ubica al norte del NP 7. El NP prioritario llamado Los Altos de Chiapas reconocido en el trabajo de García-Marmolejo *et al.* (2008) coincide de manera general con los NP 41, 42, 44 y 46.

El NP 27 reconocido en el trabajo de Fernández-Badillo (2013) coincide de manera general con los NP prioritarios reconocidos en esta tesis sobre la Sierra de Juárez. Sin embargo, el NP 27 identificado por este autor no fue considerado como prioritario ya que el análisis de complementariedad desarrollado en dicho trabajo reconoció otros NP más importantes en términos de conservación.

Por otro lado el NP prioritario Chichinautzin, identificado en el trabajo de Escamilla (2006) se ubica la norte del NP 7 reconocido en este trabajo.

2.6. Conclusión

-El software Trazos2004 mostró algunos resultados que no son informativos para identificar NP, ya que muchos de ellos no representan convergencia biogeográfica y por consiguiente, no pueden priorizarse en términos de conservación.

- De los 52 NP identificados, 29 fueron prioritarios en términos de conservación.

-17 NP prioritarios en este trabajo coincidieron con los NP prioritarios reconocidos en otros escritos académicos. Así mismo, dos NP prioritarios reconocidos por otros autores se localizan al norte, con respecto a la ubicación del NP 7 reconocido en esta tesis.

- La Sierra de Juárez puede constituir la zona del CMM más importante a ser conservada, ya que en ella se ubica una gran cantidad de NP prioritarios, lo que también indica su complejidad geobiótica.

-La Faja Volcánica Transmexicana es la provincia del CMM que posee el mayor número de NP prioritarios, lo que refuerza la hipótesis de ser una zona compleja.

Capítulo 3. Caracterización físico-geográfica y cultural de los Nodos Panbiogeográficos prioritarios

3.1. Marco Teórico / conceptual

La identificación de **áreas geográficas** en las que se divide la superficie terrestre (independientemente de la acción humana) ha sido labor fundamental de la comunidad científica; dicha actividad permite un vínculo entre los científicos y la sociedad, y genera información cartográfica que permite conservar de manera sustentable los recursos naturales (Morrone y Escalante, 2016).

A cada una de estas áreas geográficas se le denomina **área natural**, la cual es aquella que, cuando se expresa en un mapa, es homogénea en alguna característica, ya sea un área limitada por una cota altitudinal, tipo de vegetación, hábitat, entre otras (Miller, 1994; Escalante, 2009). De esta manera, la **caracterización físico-geográfica** es una aproximación práctica que permite identificar la composición y estructura de las áreas naturales así como identificar su distribución geográfica (Moss, 2001). Estas áreas se caracterizan por tener rasgos comunes de la naturaleza, no sólo de unidades vecinas, sino también de unidades lejanas; además son repetibles en el espacio y el tiempo (Priego, 2004).

El desarrollo de caracterizaciones físico-geográficas es relevante, ya que proporciona una visión integradora de la naturaleza en la superficie terrestre, desarrolla bases técnicas y sólidas para el análisis, planificación y gestión para futuros propósitos de restauración ecológica (Priego, Morales y Enríquez, 2004). Así, una caracterización físico-geográfica determina los atributos ambientales que presentan estas áreas geográficas, con el fin de generar un marco de referencia natural (Miller, 1994; RAE, 2001; Méndez y Cartaya, 2008). La importancia que tiene la caracterización físico-geográfica en este capítulo es identificar las condiciones ambientales que se ubican en los NP, y reconocer las variables más frecuentes que determinan la existencia y concentración de dichos sitios.

A pesar que el concepto biodiversidad es muy reciente en el ámbito científico (UNEP, 1992), para los pueblos indígenas ha estado siempre presente, ya que su relación con la diversidad biológica ha hecho que esos pueblos desarrollaran el uso de animales y plantas como alimento, medicina, vestimenta, limpieza corporal, entre otros aspectos; así mismo, la relación sociedad-naturaleza permite un desarrollo *biocultural*, el cual se refiere a la conjunción de la vegetación natural con la agrobiodiversidad de los pueblos indígenas, lo que constituye paisajes únicos en el mundo (Boege, 2008). La relación de los pueblos indígenas con la naturaleza está basada en saberes ambientales mediados por sus costumbres y cosmovisión; de esta manera han mantenido una relación sustentable con la naturaleza y ofrecen alternativas de conservación, actividades que permiten afrontar el deterioro ambiental (Boege, 2008; CDI, 2017). Por estas razones, los pueblos indígenas han sido reconocidos como sujetos sociales centrales para la conservación y el desarrollo sustentable (Boege, 2008).

3.1.1. Pueblos indígenas

La geografía humana estudia la distribución espacial del ser humano, de sus actividades y de sus obras, e intenta explicar dicha distribución por la manera en que los grupos humanos se insertan en el ambiente, lo explotan y lo transforman para satisfacer sus necesidades (Claval, 1999). Los **indígenas americanos** son las poblaciones aborígenes del continente, se trata de pueblos que han legado una multitud de documentos como textos históricos y relatos (Pericot, 1936). También puede definirse a estas poblaciones como las que habitaban América (incluyendo el territorio actual de México) antes de comenzar la etapa colonial y que actualmente conservan rasgos sociales, económicos, culturales y políticos, o parte de ellos (Congreso Constituyente, 1917).

Cada uno de esos pueblos posee características **bioculturales** particulares que los identifican; por ejemplo, la naturaleza condiciona a los pueblos su forma de alimentarse, de vestirse, de construir sus casas, promueve que sean sedentarios o nómadas (Claval, 1999). De esta manera, la cultura es un complejo conjunto de conocimientos, creencias, artes, reglas de conducta, costumbres y otras capacidades o hábitos adquiridos por un conjunto de personas (Comas, 1980).

En algunos casos existen áreas geográficas habitadas por diferentes pueblos indígenas, sin embargo, a pesar de ello conforman un mismo **patrón cultural**, es decir, una serie de rasgos y actividades que son compartidos en mayor o en menor medida por todos ellos; a esta correspondencia cultural que presentan los grupos indígenas se le llama región cultural (Pérez *et al.*, 2008). Así mismo, los geógrafos se han preocupado por la diversidad de grupos indígenas y de sus culturas; no obstante, hay que tener en cuenta que representar los pueblos indígenas en el espacio no resulta sencillo, ya que sus áreas de distribución son difusas y varían a lo largo del tiempo; además no siempre tienen límites bien definidos (Pérez *et al.*, 2008). A pesar de esta problemática, la clasificación de áreas geográficas donde habitan estos grupos indígenas ha sido objeto de estudio de muchos investigadores, de tal manera que se conjugan la antropología y la geografía (Pérez *et al.*, 2008).

3.2. Antecedentes

Existen pocos trabajos académicos que caractericen los NP en cuanto a las condiciones físico-geográficas que se ubican en ellos. García-Marmolejo *et al.* (2008) reconocieron 16 NP en México, los cuales fueron caracterizados de acuerdo con regiones geomórficas, provincias fisiográficas y morfotectónicas, tipos de vegetación e hipsometría. Estos autores reconocieron que los NP se ubican en ambas costas del país, principalmente en la costa del Pacífico, concentrándose hacia el sur, la parte oeste y sur de México, debido a la convergencia entre placas tectónicas; a diferencia de la costa este y la península de Yucatán que no poseen actividad geológica, por lo tanto estas zonas carecen casi totalmente de NP. Así mismo 12 de los 16 NP se localizan en los límites de las provincias morfotectónicas de México. Por otro lado, García-Marmolejo *et al.* (2008) argumentan que la diversidad mastofaunística de Oaxaca no solamente es importante en el número de especies, sino también en diversidad filogenética. La mayoría de los NP se ubica en zonas montañosas (CMM) y los tipos de vegetación en los que se asientan básicamente corresponden en primer lugar a selvas y bosques, aunque algunos combinan la vegetación original con agricultura y pastizales.

Gámez *et al.* (2012) llevaron a cabo una caracterización sobre la Faja Volcánica Transmexicana con base en los patrones de distribución de la mastofauna, geología, clima, altitud y vegetación. Estos autores argumentan que la altitud y vegetación son las variables que mejor explican la distribución de los mamíferos. La porción este de la Faja Volcánica

Transmexicana exhibe mayor número de especies y a partir de los 2500 msnm la riqueza disminuye drásticamente. De acuerdo con la información climática, en la parte este dominan los climas tipo $C(w_1)$ y $C(w_2)$ (templados subhúmedos), BS_1kw (semiárido templado) y $Cb'(w_2)$ (semifrío subhúmedo), mientras que en la porción oeste dominan climas $(A)C(w_0)$ (semicálido subhúmedo). La vegetación en el oeste corresponde en su mayoría al bosque tropical caducifolio, mientras que al oeste la vegetación que predomina es bosque de pino encino y matorral xerófilo. En cuanto a altitud, en la porción oeste se predominan altitudes menores a los 2000 msnm, mientras que en la parte este predominan altitudes que van de los 2000 a los 3000 msnm. En cuanto a la geología, el margen oeste del polígono presenta rocas intrusivas de Cenozoico, Mesozoico y Paleozoico, el margen este posee rocas jurásicas. En la zona centro y suroeste también existen áreas de Mesozoico, Paleozoico y Precámbrico, además de amplias extensiones de Cenozoico medio volcánico.

Por otro lado, no existen trabajos académicos que caractericen los NP con base en la distribución espacial de los grupos indígenas. Por lo tanto, en este trabajo se propone identificar tanto las características físico-geográficas como culturales en las que se ubican los NP prioritarios del CMM.

3.3. Material y métodos

Para realizar la caracterización físico-geográfica, se seleccionaron los 29 NP prioritarios reconocidos en el Capítulo 2 de esta tesis, los cuales fueron superpuestos en un SIG con los mapas digitales que representan las diferentes condiciones ambientales. El mapa de rocas fue obtenido de Inegi (2017a), mientras que los mapas de hipsometría, climas, edafología, uso de suelo y vegetación, hidrografía y cuencas hidrográficas, se obtuvieron del Portal de Geoinformación del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB; Conabio 2017). El siguiente paso consistió en superponer los NP con las áreas de distribución de los pueblos indígenas, las cuales fueron construidas con base en los datos del Atlas Nacional de los Pueblos indígenas y mapas digitales de unidades político administrativas (división política estatal y municipal), obtenidos del Portal de Geoinformación del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB; Conabio 2017), con el fin de establecer el tipo de pueblos indígenas que desarrollan sus actividades en sitios donde existe convergencia biogeográfica (NP).

Los mapas se elaboraron con el software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012), los cuales muestran de manera general las condiciones naturales y culturales ubicadas en los NP prioritarios. También se elaboraron cuadros que muestran detalles ambientales y antropológicos.

3.4. Resultados

A continuación se muestran ocho mapas, de los cuales, seis representan condiciones físico-geográficas y los otros dos representan la distribución de los pueblos indígenas que se ubican en los NP. También se presentan cuadros que muestran algunas características específicas.

- Rocas. Se reconocieron tres tipos de rocas que se ubican en los NP: (1) ígneas, incluyendo intrusivas y extrusivas; (2) sedimentarias y (3) metamórficas. Al oeste y centro sur de la Faja Volcánica Transmexicana se encuentran rocas ígneas extrusivas (Figura 33). Sobre la Sierra Juárez se ubican rocas ígneas extrusivas, rocas sedimentarias (lutita y caliza) y metamórficas (esquisto y pizarra); mientras que en la zona meridional de la Sierra Madre del Sur se reconocen rocas metamórficas (gneis; Figura 33). Por otro lado, en los Altos de Chiapas se localizan rocas sedimentarias (caliza, lutita, arenisca y limolita) y rocas ígneas extrusivas; y en la Sierra sur de Chiapas hay rocas sedimentarias (limolita y arenisca) y rocas ígneas intrusivas (Figura 33).

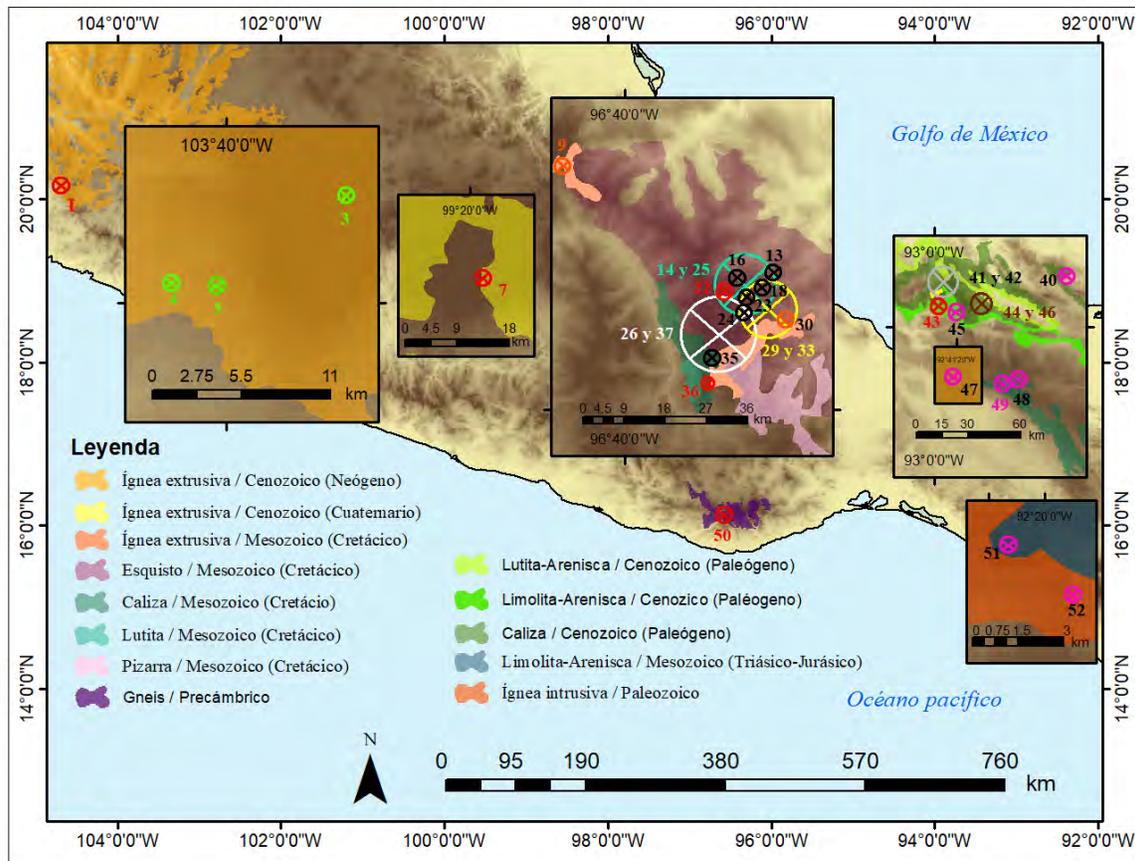


Figura 33. Rocas ubicadas en los nodos panbiogeográficos prioritarios.

Los NP del grupo 3 fueron representados en color negro.

Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Inegi, 2017a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 25. Especificaciones de las rocas ubicadas en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).

Elaboró Willie Corona con base en: (Lugo-Hubp, 2011; Contreras *et al.*, 2014).

NP	Tipo de roca	Descripción
3	Ígnea extrusiva (lavas)	Rocas que se solidifican sobre la superficie terrestre
4		
5		
9		
30	Esquisto (roca metamórfica)	Presenta minerales alargados claramente visibles, su escasa permeabilidad favorece una densidad elevada de la red fluvial
13		
16		
18		
23		
24		
35	Caliza (roca sedimentaria)	Roca que consiste en calcita o residuos calcáreos de organismos, es un tipo de roca muy resistente al intemperismo y erosión
NP-F Grupo 4	Esquisto (roca metamórfica)	

NP-F Grupo 5	Esquisto (roca metamórfica)	Roca formada por arcilla, se fragmenta con gran facilidad, por lo que presentan poca resistencia al intemperismo y erosión, por lo tanto forma suelos y relieve con pendiente media y débil.
	Caliza (sedimentaria)	
	Posiblemente: Ígnea extrusiva	
	Lutita (roca sedimentaria)	
	Pizarra (rocas metamórficas)	Roca muy suave al tacto, cuando se le golpea emite sonidos característicos. Es de escasa permeabilidad y débil resistencia al intemperismo y erosión, ya que es resultado del metamorfismo de lutitas.
NP-F Grupo 6	Esquisto (roca metamórfica)	
	Ígnea extrusiva (lavas)	
40	Caliza (sedimentaria)	
45	Limolita-Arenisca (sedimentarias)	Limolita es una roca semejante a la lutita, sin embargo presenta granos más gruesos (limos). Arenisca es una roca consistente en granos de arena cementados por material arcilloso y otros. Tiene una amplia utilización para la construcción y la industria.
47	Ígnea extrusiva (lavas)	
48	Caliza (sedimentaria)	
49		
51	Limolita-Arenisca (sedimentarias)	
52	Ígnea intrusiva	Rocas que se solidifican en el interior de la corteza terrestre, generalmente se les denomina plutones
NP-F Grupo 8	Ígnea intrusiva	
	Posiblemente:	
	Lutita-Arenisca (sedimentarias)	
	Ígnea extrusiva (lavas)	
	Limolita-Arenisca (sedimentarias)	
NP-F Grupo 9	Caliza (sedimentaria)	
	Posiblemente:	
	Lutita-Arenisca (sedimentarias)	
	Limolita-Arenisca (sedimentarias)	
1	Ígnea extrusiva (lavas)	
7		
22	Esquisto (roca metamórfica)	
36	Caliza (sedimentaria)	
43	Limolita-Arenisca (sedimentarias)	
50	Gneis	Roca que ha sido sometida al más alto grado de metamorfismo, se encuentra en las montañas antiguas.

- Relieve (altimetría). Se reconocieron ocho contrastes altitudinales. Al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana existen dos contrastes que juntos van desde los 2000 a los 4000 msnm, por otro lado, en la zona centro sur de la Faja existe un contraste altitudinal que va desde los 3000 a los 3500 msnm (Figura 34). Sobre la Sierra Juárez se ubican cuatro contrastes altitudinales que juntos van desde los 1000 a los 3000 msnm; así mismo en la zona septentrional de la Sierra Madre del Sur se reconoce un contraste altitudinal que va desde los 2000 a los 2500 msnm (Figura 34). Por otro lado, sobre los Altos de Chiapas se localizan seis contrastes altitudinales que juntos van desde 200 a los 3500 msnm, aproximadamente. Finalmente, en la Sierra sur de Chiapas se localizan dos contrastes altitudinales que van de los 2000 a los 3500 msnm (Figura 34).

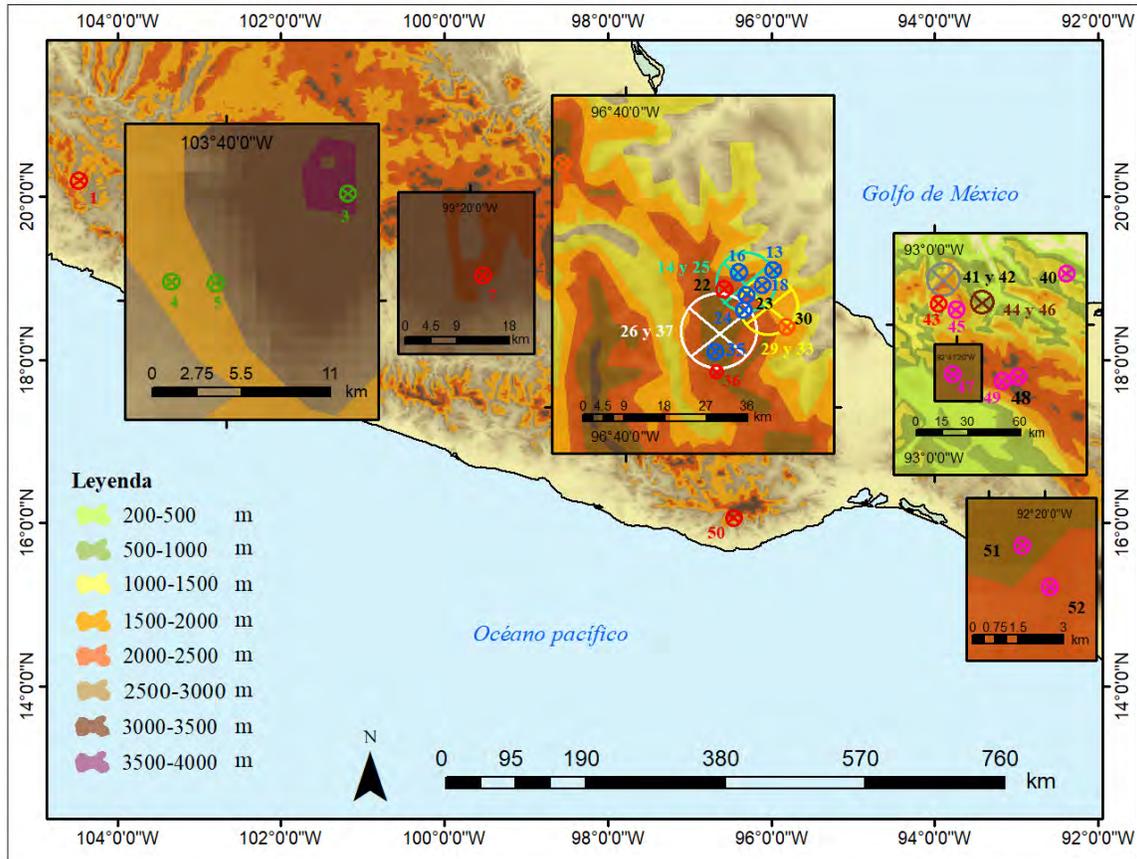


Figura 34. Altitud ubicada en los nodos panbiogeográficos prioritarios.
Elaboró Willie Corona con base en: (Inegi *et al.*, 1990; Eros, 2010a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 26. Especificaciones de la altitud ubicada en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).

Elaboró Willie Corona con base en: (Conabio, 1998a).

NP	Altitud aproximada (msnm)
3	3700
4	1600
5	1900
9	2300
30	1700
13	1300
16	1700
18	1700
23	2500
24	2500
35	2800
NP-F Grupo 4	800-3000
NP-F Grupo 5	1900-3000
NP-F Grupo 6	110-2800
40	1200
45	1700
47	2600
48	2200
49	2200
51	2650
52	2300
NP-F Grupo 8	500-2400
NP-F Grupo 9	300-1800
1	2200
7	3000
22	2700
36	2900
43	1150
50	2150

- Climas. Tomando en cuenta sólo los datos de temperatura, se identificaron nueve tipos de climas en los 29 NP. Al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana se localizan los climas templado subhúmedo, frío y semicálido subhúmedo del grupo C; mientras que en el centro sur de la Faja se ubica el clima semifrío subhúmedo (Figura 35). Por otro lado, sobre la Sierra Juárez se localizan los climas: caliente húmedo y semicálido húmedo del grupo C (grupo de transición entre los climas calientes y templados); templado húmedo, templado subhúmedo (no son climas de transición) y semifrío húmedo (grupo de transición entre los climas templados y fríos); mientras que la zona septentrional de la Sierra Madre del sur predomina el clima templado subhúmedo (Figura 35). Así mismo, en los Altos de Chiapas se localizan los climas:

caliente húmedo, caliente subhúmedo, semicálido húmedo del grupo C; templado húmedo, templado subhúmedo. Finalmente, en la Sierra Sur de Chiapas (Soconusco) se ubica el clima templado húmedo (Figura 35).

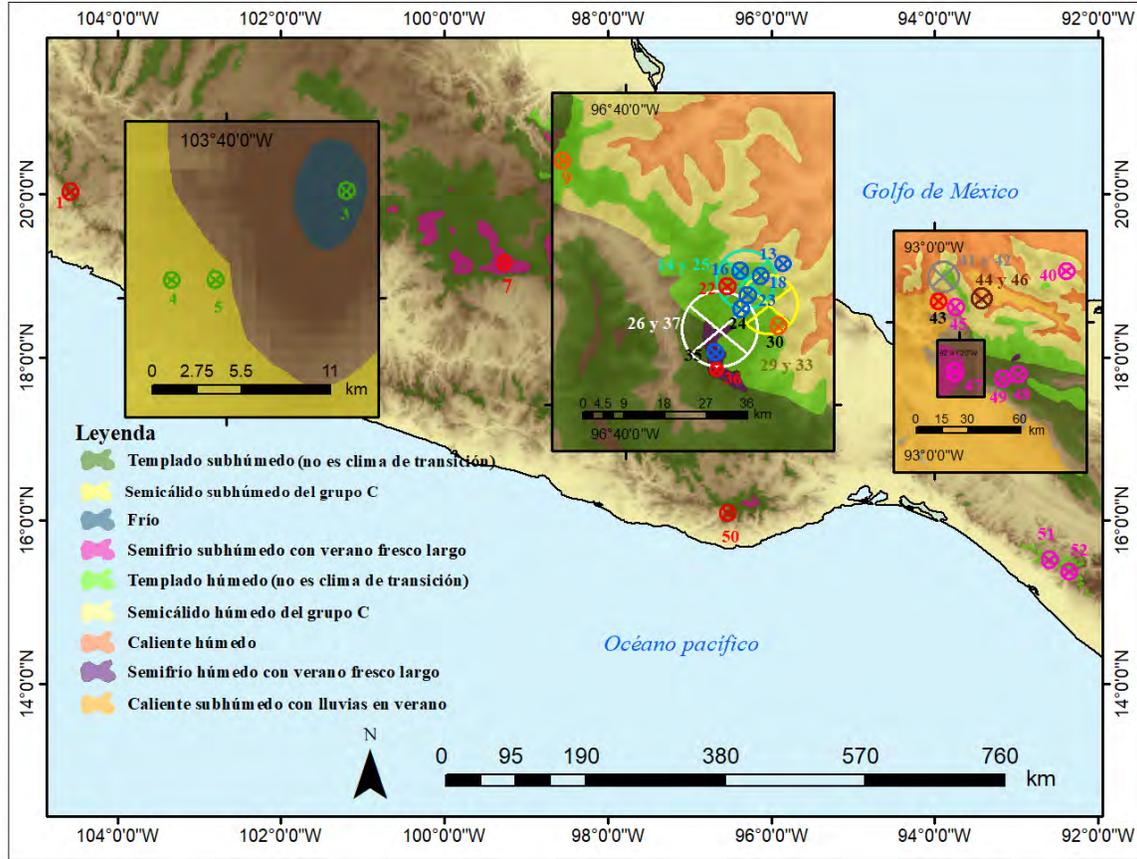


Figura 35. Climas ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios. Sólo se muestran los climas reconocidos a partir de la temperatura. Elaborado con base en: (García y Conabio, 1998; Eros, 2010a; Natural Earth, 2017c, 2017e)

Cuadro 27. Especificaciones de los climas ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F). Elaboró Willie Corona con base en: (García, 1964).

NP	Tipo o subtipo de clima	Símbolo
3	Frío	E(T)CHw
4	Semicálido subhúmedo del grupo C con lluvias en verano	(A)C(w2)
5		
9	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
30		
13	Semicálido húmedo del grupo C con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f)
16	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
18		

23		
24		
35	Semifrío húmedo con verano fresco largo	Cb'(m)
NP-F Grupo 4	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
	Posiblemente:	
	Semicálido húmedo del grupo C con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f)
	Semicálido húmedo del grupo C con lluvias en verano	(A)C(m)
	Cálido húmedo con lluvias en verano	Am
NP-F Grupo 5	Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w2)
	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
	Posiblemente:	
	Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w1)
	Semifrío húmedo con verano fresco largo	Cb'(m)
NP-F Grupo 6	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
	Semicálido húmedo del grupo C con lluvias entre verano e invierno	(A)C(fm)
	Posiblemente	
	Semicálido húmedo del grupo C con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f)
40	Semicálido húmedo del grupo C con lluvias entre verano e invierno	(A)C(fm)
45	Semicálido húmedo del grupo C con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f)
47	Semifrío subhúmedo con verano fresco y largo	Cb'(w2)
48	Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w2)
49		
51		
52	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
NP-F Grupo 8	Caliente húmedo con lluvias todo el año	Af
	Templado húmedo con lluvias todo el año	C(m)(f)
	Posiblemente:	
	Semicálido húmedo del grupo C con lluvias entre verano e invierno	(A)C(fm)
	Templado húmedo	C(f)
	Cálido húmedo con lluvias en verano	Am(f)
	Cálido subhúmedo	Aw2
	Semicálido húmedo del grupo C con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f)
NP-F Grupo 9	Semicálido húmedo del grupo C con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f)
	Cálido húmedo con lluvias en verano	Am(f)
	Posiblemente:	
	Cálido subhúmedo	Aw2(x')
1	Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w2)
7	Semifrío subhúmedo con verano fresco	Cb'(w2)
22	Templado húmedo con lluvias en verano	C(m)
36	Semifrío húmedo con verano fresco largo	Cb'(m)
43	Cálido subhúmedo	Aw2
50	Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w2)

- Suelos. De manera general se reconocieron nueve grupos de suelo. Los regosoles se ubican al oeste de la Faja Volcánica Transemxicana; mientras que en la zona centro sur de esta Faja se localizan andosoles (Figura 36). Así mismo, sobre la Sierra Juárez se ubican livisoles, acrisoles y cambisoles y en la zona meridional de la Sierra Madre del Sur se localizan acrisoles (Figura 36). Sobre los Altos de Chiapas se localizan acrisoles, leptosoles, luvisoles, rendzinas, feozems y gleysoles; finalmente sobre la Sierra sur de Chiapas se localizan acrisoles (Figura 36).

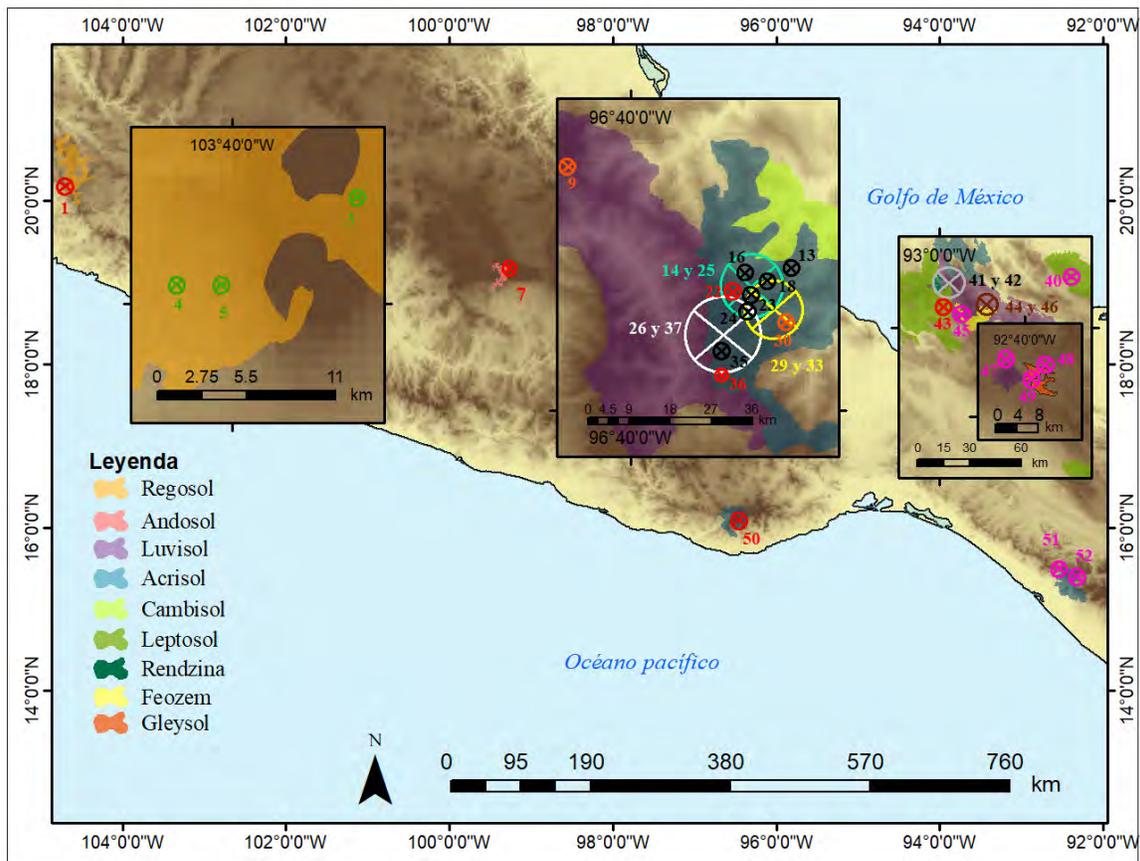


Figura 36. Suelos ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios.

Los NP del grupo 3 fueron representados en color negro.

Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Inegi, 2014b; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 28. Especificaciones de los suelos ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).

Elaboró Willie Corona con base en: (Porta y López-Acevedo, 2005; Lugo-Hubp, 2011; Inegi, 2017c).

NP	Tipo de suelo	Descripción
3	Regosol	Suelo relativamente joven que posee componentes con bajo grado de meteorización (no presenta un desarrollo significativo) y se ubica principalmente en zonas montañosas
4		
5		
9	Luvisol	Suelo con acumulación de arcilla y saturación de bases en cierta profundidad
30	Acrisol	Suelo con acumulación de arcilla, muy ácido y pobre en nutrientes
13		
16		
18		
23		
24		
35		
NP-F Grupo 4	Acrisol	Suelo relativamente joven o con componentes con bajo grado de meteorización, presenta estructura y color distinto al material originario.
	Posiblemente:	
	Cambisol	
NP-F Grupo 5	Acrisol	
	Posiblemente:	
	Luvisol	
NP-F Grupo 6	Acrisol	
40	Leptosol	Suelo de roca con una zona de enraizamiento limitada (10 cm).
45	Luvisol	
47		
48	Gleysol	Suelo (pantano) influenciado por el agua, posee una capa freática.
49	Gleysol	
51	Acrisol	
52		
NP-F Grupo 8	Leptosol	
	Luvisol	
	Posiblemente:	
	Acrisol	
	Rendzina	
		Suelo con materia orgánica abundante, se ubica en ambientes

	Feozem	más húmedos que los chernozems y kasañozems, con los cuales comparte ciertas características.
NP-F Grupo 9 1	Luvisol	
	Feozem	
	Regosol	
7	Andosol	Suelo de origen volcánico, condicionado por la química del Fe/Al. Está constituido por ceniza, la cual contiene alofano.
22	Acrisol Acrisol	
36		
43	leptosol	
50	Acrisol	

- Uso de suelo y vegetación. De acuerdo con la cartografía, se reconocieron dos usos de suelo y tres tipos de vegetación. La zona oeste y centro de la Faja Volcánica Transmexicana, así como la zona meridional de la Sierra Madre del Sur, se localizan bosques, mientras que en la Sierra Juárez (norte de Oaxaca) se localizan selvas, bosques y zonas agrícolas (Figura 37). Por otro lado, en los Altos de Chiapas se localizan pastizales, selvas, bosques y zonas urbanas, mientras que en la Sierra Sur de Chiapas (Soconusco) se ubican bosques y zonas agrícolas (Figura 37).

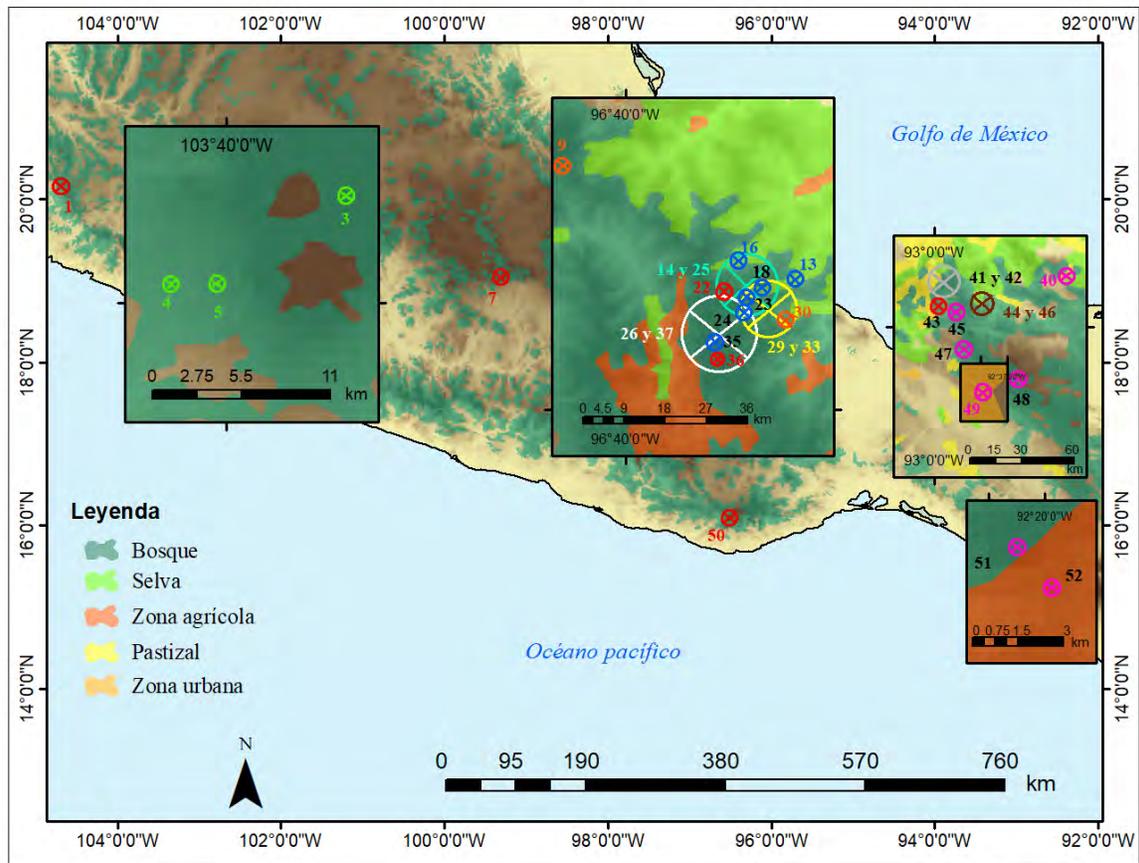


Figura 37. Vegetación ubicada en los nodos panbiogeográficos prioritarios. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Inegi, 2017d; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 29. Especificaciones de los tipos de vegetación ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F).

Elaboró Willie Corona con base en: (Rzedowski, 1978; Brown y Lomolino, 1998; Cox y Moore, 2000; Huber y Riina, 2003; Inegi, 2014d).

NP	Tipo o subtipo de vegetación	Descripción
3	Bosque de Pino	Comunidad arbórea moderadamente abierta, dominada por especies de <i>Pinus</i> .
4	Bosque de Pino-Encino	Comunidades de bosque dominadas por gimnospermas. Se localiza desde el nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea. En zonas específicas, ambos tipos de árboles forman una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros.
5		
9		
30	Bosque Mesófilo de Montaña	Comunidad arbórea que contiene varios estratos arbóreos con epífitas y abundantes helechos. Este bosque se localiza en sitios que presentan condiciones favorables de humedad y neblinas que van desde los 600-2700 msnm.
13	Selva alta perennifolia (Bosque lluvioso tropical)	Bosque siempre verde situado en regiones que rodean el ecuador, con fuertes lluvias y sin estación seca prolongada.
16		
18		
23	Bosque Mesófilo de Montaña	
24		
35	Bosque de Pino-Encino	
	Bosque Mesófilo de Montaña	
	Posiblemente:	

NP-F Grupo 4	Bosque de Pino	
	Bosque de Pino-Encino	
	Selva alta perennifolia (Bosque lluvioso tropical)	
NP-F Grupo 5	Bosque de Pino	Tipo de agricultura en la cual, el desarrollo de los cultivos que se siembran dependen del agua de lluvia, por lo tanto su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener agua
	Bosque de Pino-Encino	
	Posiblemente:	
	Bosque Mesófilo de Montaña	
	Zona Agrícola (Agricultura de temporal)	
NP-F Grupo 6	Bosque Mesófilo de Montaña	
	Bosque de Encino	
	Posiblemente:	
	Bosque de Pino-Encino	
	Selva alta perennifolia (Bosque lluvioso tropical)	
40	Pastizal cultivado	Comunidad dominada por gramíneas, aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación, también se puede establecer en zonas agrícolas abandonadas o bien, pueden ser resultado de áreas que se incendiaron
45	Bosque de Pino	
47	Bosque de Pino-Encino	
48	Bosque de Encino	Comunidades arbóreas, subarbóreas y ocasionalmente arbustivas integradas por especies del género Quercus (encinos y robles) que en México, salvo condiciones secas se ubican desde los 300-2800 msnm. Este bosque se encuentra muy relacionado con los bosques de pino.
49	Zonas urbanas	
51	Bosque Mesófilo de Montaña	
52	Zona Agrícola (Agricultura de temporal)	
NP-F Grupo 8	Pastizal cultivado	
	Bosque Mesófilo de Montaña	
	Posiblemente:	
	Selva alta perennifolia (Bosque lluvioso tropical)	
	Bosque de Pino-Encino	
	Bosque de Pino	
	Zonas Urbanas	
NP-F Grupo 9	Bosque de Pino-Encino	
	Posiblemente:	
	Selva alta perennifolia (Bosque lluvioso tropical)	
	Bosque Mesófilo de Montaña	
1	Bosque de Pino-Encino	
7	Bosque de Pino	
22		
36	Bosque de Pino-Encino	
43		
50		

- Cuencas hidrográficas. De acuerdo con la cartografía, se reconocieron ocho cuencas hidrográficas. En la Faja Volcánica Transmexicana se ubican cinco cuencas (San Nicolás, Armería, Balsas, Coahuylana y Papaloapan), y en la Sierra Madre del Sur se reconocen tres (Balsas, Papaloapan y Copalita). La Faja Volcánica Transmexicana y

la Sierra Madre del Sur comparten dos cuencas (Figura 38). Por otro lado, la Sierra de Chiapas incluye tres cuencas: una en los Altos de Chiapas (Grijalva-Usumacinta), y dos en la Sierra Sur (Grijalva-Usumacinta y Huehuetan; Figura 38).

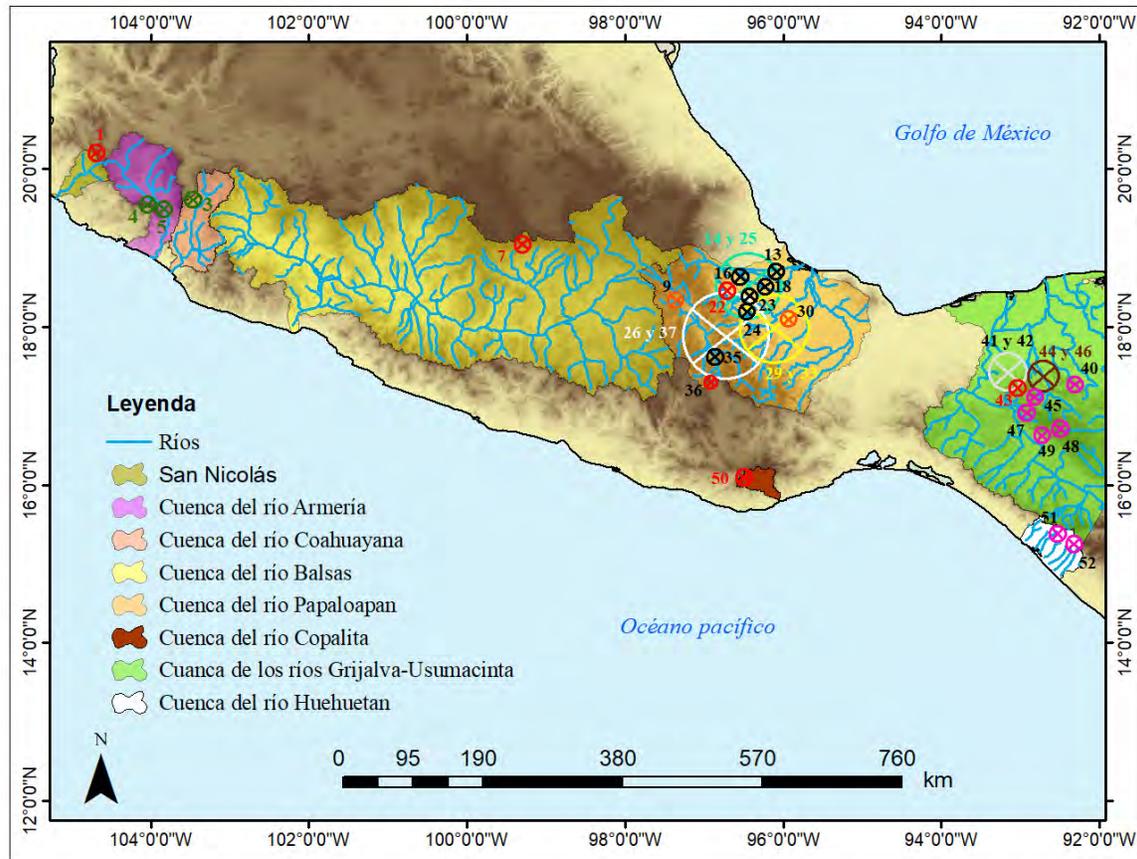


Figura 38. Cuencas hidrográficas ubicadas en los nodos panbiogeográficos prioritarios. Los nodos ubicados en las cuencas hidrográficas de los ríos Papaloapan y Grijalva-Usumacinta no están representados a escala real. Así mismo, los NP del grupo 3 fueron representados en color negro. Elaboró Willie Corona con base en: (Maderey y Torres-Ruata, 1998; Eros, 2010a; Natural Earth, 2017c, 2017e).

- **Pueblos indígenas:** se reconocieron ocho grupos indígenas, cuya distribución geográfica se superpone con los NP prioritarios, estos grupos se ubican en los estados de Oaxaca y Chiapas (Figuras 39 y 40). Los Mazatecos se localizan al norte y noreste de Oaxaca, en las regiones de la Cañada y Papaloapan; por su parte, los Cuicatecos se ubican al norte del estado, distribuyéndose por casi todo el distrito de Cuicatlán. Los Chinantecos se ubican al noreste de Oaxaca, y finalmente, los zapotecos abarcan una porción importante del estado, distribuyéndose por las regiones de la Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra del Sur y Tehuantepec (Figura 39). Por otro lado, los Choles se ubican al noreste y este del estado de Chiapas, distribuyéndose por algunos

municipios del estado de Tabasco; los Tzotziles se ubican al oeste, centro-norte y este del estado; finalmente los Mames y los Mochos se ubican al sureste de Chiapas (Figura 40).

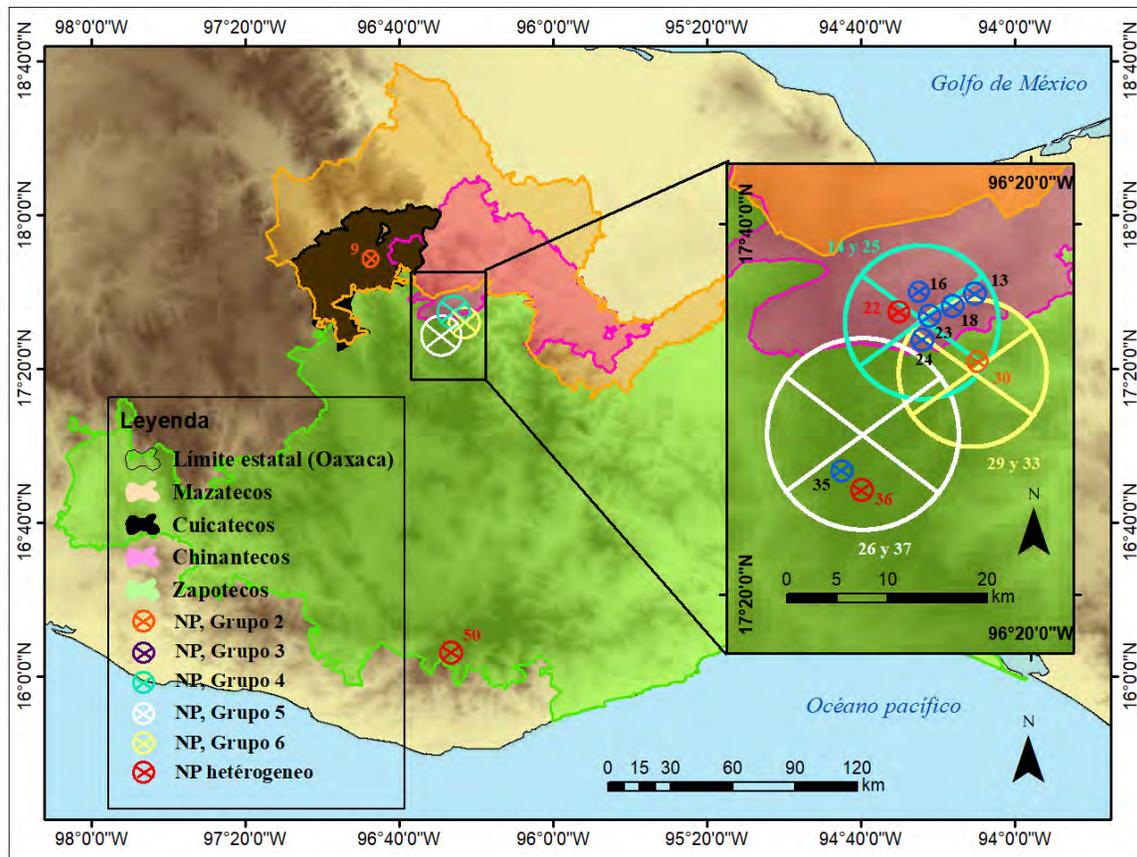


Figura 39. Pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios del estado de Oaxaca. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Inegi, 2016a, 2016b; CDI, 2017; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 30. Especificaciones de los pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F) del estado de Oaxaca.

Elaboró Willie Corona con base en: (CDI, 2017).

NP	Pueblo indígena	Descripción
9	Cuicatecos	La palabra cuicateco es de origen nahua que significa canto. Según fuentes históricas, los mexicas (aztecas) denominaron a esta región como Cuicatlán (lugar del canto), debido a la afición de sus habitantes por la practica de esta actividad. Por otro lado los cultivos de subsistencia que practican son el maíz, frijol, chile, calabaza, papa y en algunos lugares el trigo. Para el comercio siembran café caña de azucar, tabaco, algodón, además de frutas como el aguacate, mango, chicopazote, naranja, mamamey, durazno y nuez. Como actividades extras (que ayudan al ingreso familiar) son la renta de bosques para la actividad forestal, la venta de artesanía textil y alfarería.
	Mazatecos	Se autodenominan “los que trabajamos el monte, humildes, gente de costumbres”. Sus asentamientos pueden ser compactos, semidispersos o dispersos, dependiendo de su localización (pendientes o plainicies). Sus viviendas las construyen de madera y adóbe, con techos de palma o paja, no obstante estos materiales tienden a ser sustituidos por ladrillo, cemento y laminas de asbesto o metálicas. Por otro lado la pesca y la agricultura han sido las actividades más importantes, la agricultura de autoconsumo cada día es desplazada por cultivos de caña de azucar y café, así como actividades para la producción de carne. Finalmente, los ancianos utilizan vestido tradicional, las mujeres utilizan huipil con listones y franjas multicolores entrelazados; su vestimenta se complementa con coloridos collares y aretes. Los hombres usan huaraches de cuero o andan descalzos, muy posos utilizan calzón y camisa de manta, mismos que identifican el atuendo tradicional.
13	Chinantecos	Se llaman así mismos “gente de palabra antigua”. El 5% de sus tierras poseen características adecuadas para llevar a cabo la agricultura, el 80% de ellas es de segunda y el 5% son incultivables. Además de la agricultura de subsistencia, se presenta agricultura de tipo comercial (arroz caña de azucar, café y tabaco). También practican la caza y la pezca. Algunas de las mujeres chinantecas conservan su vestimenta tradicional, ellas elaboran los hupliles en donde plasman la historia de sus pasado prehispánico, los cubren de símbolos y signos que reflejan sus costumbres y su relación con la naturaleza. Finalmente sus principales actividades son la Semana Santa, Todos los Santos y las fiestas del santo patrono de cada uno de los pueblos que los chinantecos habitan.
16		
18		
22		
23		
24		
30	Zapotecos	Se llaman así mismos “gente que proviene de las nubes”. Fueron los mexicas quienes los denominaron zapotecatl, termino que se deformato con la presencia de los españoles en su territorio y derivó en zapotecos. Es el grupo indígena más abundante del estado de Oaxaca y uno de los más numerosos del país, sus pueblos están divididos en barrios y cada unidad familiar posee pequeñas parcelas de temporal algunas de ellas mjuj erosinadas, en ellas se siembra, maíz, frijol, calabaza, chile y café. Para complementar sus ingresos, crían aves de corral o practican la artesanía textil. Por otro lado, los zapotecas que habitan la Sierra de Juárez aún siguen usando prendas tradicionales, las mujeres usan rebosos de algodón y en menor medida de seda, así como blusas de algodón borado; entre los hombres, algunos calzan huaraches de cuero
35		
36		

		y sombreros de palma, los cuales estan siendo remplazados por tenis o gorras y la precencia de pantalón de manta es muy escaza.
NP-F Grupo 4	Zapotecos Chinantecos	Ver arriba.
NP-F Grupo 5	Zapotecos	Ver arriba.
	Posiblemente: Chinantecos, ya que la distribución geográfica del NP se superpone parcialmente con la distribución del pueblo indígena.	
NP-F Grupo 6	Zapotecos	Ver arriba.
	Posiblemente: Chinantecos	

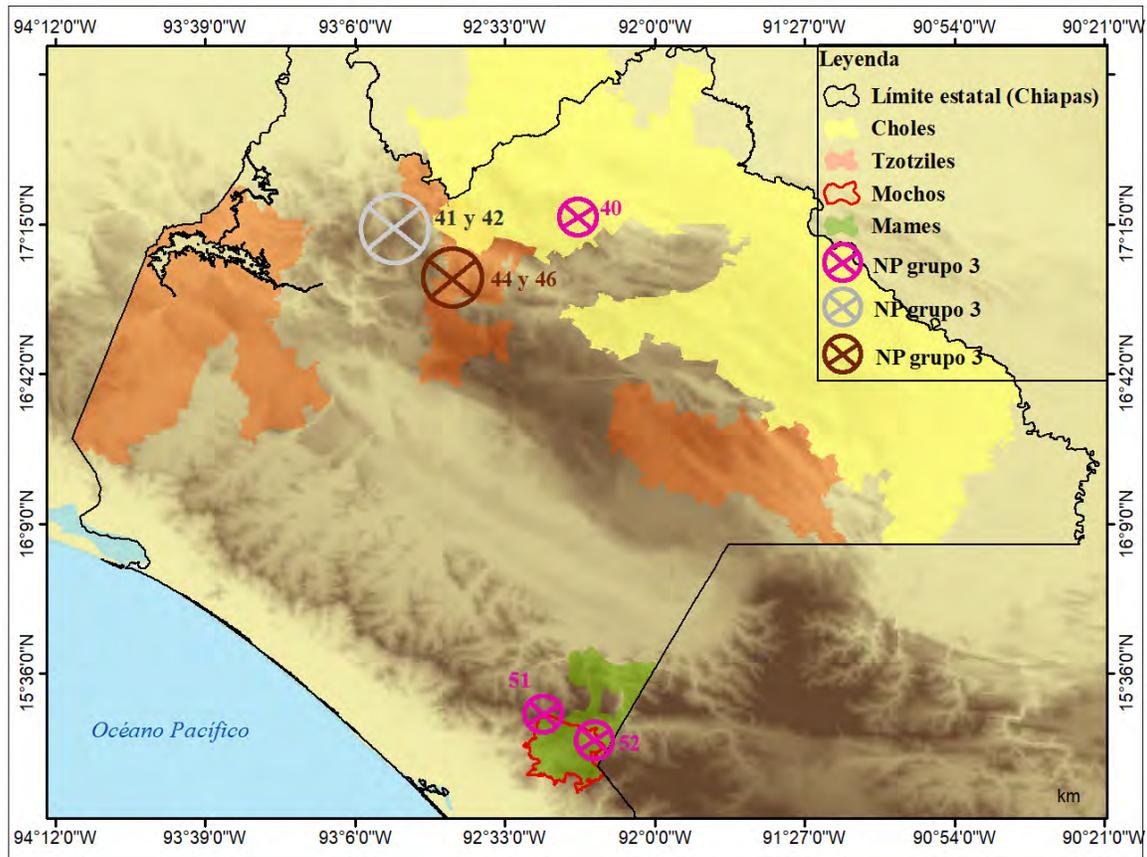


Figura 40. Pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos prioritarios del estado de Chiapas. Elaboró Willie Corona con base en: (Eros, 2010a; Inegi, 2016a, 2016b; CDI, 2017; Natural Earth, 2017c, 2017e).

Cuadro 31. Especificaciones de los pueblos indígenas ubicados en los nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios y en los nodos panbiogeográficos fusionados (NP-F) del estado de Chiapas. Elaboró Willie Corona con base en: (CDI, 2017).

NP	Pueblo indígena	Descripción
40	Choles	Se denominan a sí mismos como milperos, los hombres creados del maíz que viven y explican su existencia en torno al maíz, el cual es un alimento sagrado otorgado por los dioses. La casa chol es rectangular con techo de palma y zacate, el piso es de tierra apisonada; las casas se encuentran dispersas, escondidas en la vegetación y cerca de los ríos, mientras que en las cabeceras municipales las casas de los choles son de concreto, con techo de lamina, puertas y ventanas de hierro. Por otro lado, los ancianos siempre usan la vestimenta tradicional, el resto de la población lo hace invariablemente en días festivos. El traje de las mujeres se compone de falda azul marino o negra que llega a los tobillos adornada de listones rojos y blusa blanca con bordados de diferentes colores; el traje del hombre se compone de camisa y calzón de manta, bolsas y morrales de piel que ellos mismos elaboran. Normalmente los cholos caminan descalzos, algunos usan huaraches. Cultivan maíz, frijol, calabaza, café, arboles frutales (cítricos) y platanos; en las cercanías de sus casas, las mujeres cultivan legumbres y plantas medicinales.
NP-F Grupo 8	Posiblemente:	
	Tzotziles	Se denominan así mismos como “hombres verdaderos”. Por otro lado las concepciones y valores de los tzotziles giran en torno al maíz, que es considerado como fuente de prestigio social. Sus principales cultivos son el maíz, frijol, trigo, papa y hortalizas; en algunos lugares se cultiva café y caña de zucar; por otro lado los frutales mas comunes son: durazno, manzan y pera, además de piña aguacate, naranja y mango (en climas semicálidos). Las casas están construidas con casa de madera, techo de zacate o palma y piso de tierra apisonada; además posee una forma rectangular con puerta y pequeñas ventanas (algunas no las tienen). Cada comunidad tzotzil tiene su forma de vestir, pero generalmente las mujeres tejen sus huipiles y camisas tradicionales, y algunas localidades usan chamorro de lana en los hombres y una falda de ese mismo material en las mujeres.
NP-F Grupo 9	Tzotziles	Ver arriba.
51	Mochós	El vocablo mochos significa “no hay”, se dice que al llegar los españoles les preguntaban a los antiguos habitantes por el nombre del lugar y lo único que respondieron era mochó. Antiguamente los mochos construían sus viviendas con paredes de tejamil y techo de ese mismo material o con hojas de palma. En la actualidad, la vivienda se construye con paredes de adobe, techos de láminas y piso de cemento. Las mujeres vestían con enagua amplia como falda y cubrían su cabeza con un rebozo. Los hombres vestían con calzón y cmisa de manta y huaraches. Actualmente los mochos no usan estas prendas tradicionales. Por otro lado, los mochos dependen de la agricultura; no obstante en las fincas cafetaleras del Soconusco y la venta del copal son los medios fundamentales de sus ingresos.
	Mames	El vocablo mame significa “padre, abuelo o ancestro”. Los mames practican agricultura de subsistencia basada en maíz, frijol, papa, repollo y trigo; además de producción de artículos para el comercio: ajonjolí, cacahuete, tomate, haba, cebolla, café y algunas frutas como naranja, guayanba, limón y platanos. Las escasas artesanías que se producen tienen un bajo carácter utilitario y poca importancia comercial, las mujeres a menudo elaboran recipientes de barro como cazuelas ollas y cántaros. Finalmente los mames tienen como vecinos a pequeños grupos de otros pueblos indígenas (jacaltecos, mochos, quiches, entre otros).
52	Mochos	
	Mames	

3.5. Discusión

Pocas áreas geográficas con la dimensión de México poseen una constitución tan compleja en sus elementos físico-geográficos (relieve, climas, biodiversidad y geología complejos, entre otros) lo que en conjunto dificulta su análisis. Adicionalmente, la información acerca de la geología de México es incompleta y es inadecuada para tratar de explicar su composición, origen y evolución (Ferrsuquilla-Villafranca, 1998). México ha sido un escenario donde han ocurrido eventos de especiación, esto debido a su compleja historia geológica; de esta manera, el surgimiento de montañas ha fragmentado las poblaciones ancestrales de los taxones, por lo que el patrón actual de muchas especies sugiere una evolución conjunta (Ferrsuquilla-Villafranca, 1998). Así, al intentar estudiar la evolución geológica, es posible la iluminación recíproca desde la biogeografía evolutiva. Por otro lado, México también cuenta con una gran diversidad cultural (Semarnat- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI), 2012).

En cuanto a su composición, las rocas ígneas del occidente y centro de la Faja Volcánica Transmexicana son las rocas más recientes que se ubican en los NP y se relacionan con la existencia del margen activo al occidente de México (Ferrari *et al.*, 2007). Por el contrario, en Oaxaca predominan rocas metamórficas y en Chiapas las rocas sedimentarias, estas últimas influenciadas por procesos de sedimentación relacionados con la apertura del Golfo de México (Ortega *et al.*, 2000). La modificación de las rocas sedimentarias y metamórficas de ambos estados está asociada al margen activo del occidente que ocasionó que el terreno se elevara al este de México (Ferrari *et al.*, 2007). Por otra parte, en Oaxaca se ubican las rocas más antiguas que datan del Precámbrico tardío (Ferrari *et al.*, 2007), las cuales se ubican al sur del estado (Figura 33). Las rocas que le siguen en antigüedad son las ígneas extrusivas ubicadas al sureste del Soconusco, que datan del Paleozoico tardío (Figura 33; Ferrari *et al.* 2007). De manera general, los nodos se distribuyen equitativamente en los tres tipos básicos de rocas (11 NP por cada tipo de roca; Cuadro 25). Una desventaja al momento de elaborar la representación cartográfica fue el hecho de que el mapa de Inegi (2017a) no especifica el tipo de rocas que componen las rocas ígneas tanto intrusivas como extrusivas, lo que es un inconveniente al momento de realizar una caracterización geológica.

Finalmente, en la Figura 33 se observa que la Sierra de Juárez y los Altos de Chiapas poseen la mayor diversidad de rocas en comparación con el oeste, centro y sur de México, por lo que da un indicio acerca de su complejidad geológica.

La topografía es una expresión de las diversas variedades y estructuras que poseen las rocas debajo de la superficie, las cuales se han modificado debido a eventos tectónicos (Vidal-Zepeda y Alcántara, 2007). No obstante, hay que tener en cuenta que el relieve también se modifica debido a las condiciones climáticas; es decir, tanto el relieve influye en el clima, como el clima influye en el relieve (Aguilar-Aguilar y Contreras, 2001; Lugo-Hubp, 2011). En la figura 34 se observa que los NP se localizan en intervalos altitudinales que van desde los 200 a los 4000 m, y el intervalo de 1500 a 2500 m es el que presenta la mayor cantidad de NP, coincidiendo con los hallazgos de Gámez *et al.* (2012). En la Sierra Juárez y los Altos de Chiapas se presentan los más grandes contrastes altitudinales en comparación con otros sitios, lo que indica su complejidad orográfica.

Así mismo, el clima es influenciado no solo por la latitud, sino también por la altitud, sobre todo cuando el relieve es muy abrupto y se producen condiciones especiales en los que se distribuyen varios climas (Vidal-Zepeda y Hernández, 2007). De esta manera los relieves abruptos de la Sierra de Juárez y los Altos de Chiapas dan como resultado varios grupos climáticos; también se observa que los climas calientes sólo se ubican en estas áreas geográficas (Figura 35). En dicha figura, es común observar climas intermedios denominados así por García (1964), uno de esos climas es el semicálido; cuando este clima presenta características *C*, se añade previamente la letra (*A*) para indicar sus tendencias a climas del grupo *A* (este grupo se ubicó al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Juárez y en los Altos de Chiapas; Figura 35). Por el contrario si un clima semicálido resulta dentro del grupo *A*, se añade la letra (*C*) después de la *A*, para indicar su tendencia a condiciones climáticas del grupo *C* (estos climas no se reconocieron en la figura 35). Por otro lado, a los climas de transición entre los templados fríos, García (1964) los denominó *semifríos* (este grupo de clima se ubicó en la zona centro-sur de la Faja Volcánica Transmexicana, sur de la Sierra Juárez y en los Altos de Chiapas; Figura 35). En resumen, el sistema climático de Köppen sirve para definir grandes áreas climáticas del mundo; cuando se aplica a México, resultan muy extensas áreas del país con climas homogéneos; no obstante dentro de esas

áreas (que presentan climas uniformes) hay diferencias climáticas notables; más aún climas de transición. Es por ello que el trabajo de García (1964) es relevante para aproximarse a las condiciones climáticas que presentan las áreas naturales en México y en este caso en los NP ubicados en el CMM.

El suelo está formado por capas u horizontes, los cuales son observados al abrir una calicata y es el primer paso para llevar a cabo un estudio del suelo en el campo (Porta y López-Acevedo 2005). Una vez identificados sus horizontes, se formulan hipótesis acerca de los factores y procesos formadores, los cuales se corroboran con análisis de laboratorio (Porta y López-Acevedo, 2005). La posición en el paisaje es el factor formador que más influye en los suelos, por lo que describir las geoformas de un sitio determinado puede ser de gran utilidad al momento de cartografiar los suelos (Porta y López-Acevedo, 2005). En la Figura 36 se puede inferir que las geoformas que en conjunto conforman a la Sierra de Juárez y los Altos de Chiapas, parecen tener una compleja topografía, misma que se refleja en la variabilidad de los suelos (en especial los Altos de Chiapas). Finalmente se observa que la mayoría de los NP se ubican sobre acrisoles; los cuales son un grupo de suelo que presenta mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial, por lo tanto llevan un horizonte árgico en el subsuelo (Fao, 2007). En México se usan en la agricultura con rendimientos muy bajos, salvo algunos árboles frutales (cuyos rendimientos van de medios a altos); también se usan en la ganadería con pastos inducidos (Inegi, 2017c).

La geomorfología y la climatología permiten delimitar cuencas hidrográficas sobre la superficie terrestre (Vidal-Zepeda y Alcántara, 2007). En la figura 38 se observa que los NP se ubican en seis cuencas pertenecientes a la vertiente del Pacífico y dos pertenecen a la vertiente del Golfo; no obstante, las cuencas hidrográficas de esta última vertiente tienen la mayor cantidad de NP. Esto a su vez tiene correspondencia con los ríos más caudalosos, ya que en dichas cuencas se ubican climas con abundantes lluvias la mayor parte del año, lo que indica su complejidad hidrogeográfica. En la figura 38 se observa también que la cuenca del río Huehuetan no presenta una corriente principal con sus afluentes, lo que genera cierta incongruencia que posiblemente se deba a la escala cartográfica de los ríos (Maderey y Torres-Ruata, 1998).

La combinación de la geomorfología, la climatología y la edafogeografía permiten el desarrollo de la vegetación, la cual protege las laderas del impacto directo de las tormentas, incrementa estabilidad en las laderas y proporciona a la sociedad un sinnúmero de recursos naturales (Instituto de Geografía, 2007). Sin embargo, el cambio drástico de áreas con vegetación natural por áreas antropizadas modifica drásticamente el uso de suelo en esos sitios (Instituto de Geografía, 2007). En la Figura 37 se muestra que la mayoría de los NP se ubicó en zonas boscosas, la Sierra de Juárez y los Altos de Chiapas son las áreas geográficas que presentan los mayores contrastes entre tipos de vegetación y uso de suelo. Los Altos de Chiapas es el único sitio que posee pastizales y zonas urbanas; por el contrario, en la Sierra Juárez y en la Sierra Sur de Chiapas sólo se ubican zonas agrícolas.

Respecto a la dimensión espacial de los pueblos indígenas, no se encontró información digital que permitiera identificar la construcción de las áreas geográficas habitadas por estos pueblos. Algunos documentos como el de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI 2006) y el de Boege (2008), sólo muestran de manera general e impresa las áreas de distribución de los grupos indígenas, pero no especifican todos los municipios o localidades que ellos habitan, lo que genera ciertas limitaciones. La información almacenada en el Atlas Nacional de Pueblos Indígenas (CDI 2017) muestra características de los distintos pueblos indígenas y da una idea de las áreas que estos ocupan, enfatiza los municipios, regiones y distritos que cuentan con presencia de pueblos indígenas. Sin embargo, en algunos pueblos sólo se mencionan los municipios o regiones más importantes y muchas veces las referencias geográficas no son del todo claras. Así mismo es importante señalar que los pueblos indígenas no ocupan la totalidad de esas áreas geográficas (no ocupan una superficie continua) presentadas en la Figura 40 y en el documento de la CDI (2006), lo que genera una correspondencia con las áreas de distribución de los taxones (Espinosa-Organista *et al.*, 2001; Zunino y Zullino, 2003). Sin embargo, la distribución discontinua de los pueblos indígenas puede deberse a aspectos sociales como: volumen de población indígena, patrones de asentamiento, migración, modos de vida y formas de relación (la mayoría de las veces la población indígena es discriminada por el resto de la sociedad nacional), entre otros. Dado lo anterior, es importante tener en cuenta estos aspectos al intentar cartografiar las áreas de distribución de estos pueblos (Comas 1980; CDI 2006).

En la figura 39 se identificaron cuatro áreas de distribución de pueblos indígenas, las cuales están superpuestas al norte de Oaxaca, lo que genera una mezcla de pueblos indígenas que ocupan un mismo espacio, por lo que puede considerarse como una zona compleja desde un punto de vista cultural (antropológico). La mayoría de los NP se ubicó en la distribución del grupo indígena zapoteco (Figura 39). En cuanto al estado de Chiapas, se reconocieron cuatro áreas de distribución ocupadas por diferentes pueblos indígenas; la mayoría de los NP se ubican en los pueblos de los mames y los mochos, la distribución de este último queda anidada dentro de la distribución de los mames, lo que genera cierta complejidad antropológica (Figura 40).

En la época precolombina, los pueblos indígenas anteriormente descritos, junto con otros pueblos aborígenes conformaron una **región cultural** denominada *Mesoamérica*, la cual comprendía la zona meridional actual del territorio de México y los países de Belice y Guatemala, y algunas zonas de Honduras y el Salvador. En esta área habitaban diferentes grupos indígenas que poseían características culturales comunes como el cultivo del maíz, la calabaza y el frijol, la utilización del calendario ritual de 260 días, la edificación de estructuras, la elaboración de libros con papel de amate y piel de venado, entre otras características (Pérez *et al.*, 2008). En la actualidad se siguen observando rasgos culturales comunes entre algunos pueblos indígenas que se superponen con los NP de mamíferos terrestres. De manera general, las tres características que más se comparten entre estos pueblos son: (1) la agricultura de subsistencia (practicada por los ocho grupos indígenas), los productos compartidos entre los pueblos son el maíz, frijol, chile, calabaza y papa; (2) la agricultura comercial (practicada por seis pueblos), los productos que son compartidos entre los pueblos son el café, la caña de azúcar y frutos; y (3); vestimenta típica tradicional (huipiles y vestimenta de manta) compartida por cinco grupos indígenas (Cuadros 30 y 31). De esta manera se sugiere que estos grupos indígenas conformen una región cultural.

Se observa que los NP del oeste y centro de México no fueron caracterizados de manera cultural, ya que según el Atlas de los Pueblos Indígenas (CDI 2017), los Nahuas se ubican en Jalisco, sin embargo, no se especifica en que municipios se localizan, por lo que no se puede asegurar que su distribución se superponga con el NP 1. Otro grupo que se localiza en Jalisco son los Huicholes, cuya distribución no se superpuso con el NP

anteriormente mencionado. Por otro lado, no existen pueblos indígenas en Colima y los Nahuas que habitan el estado de Morelos no se ubican en el mismo sitio que el NP 7 (CDI 2017).

El estado de Oaxaca es el que presenta mayor complejidad geológica y geomorfológica (Hernández, Ortiz y Figueroa, 2009); así mismo, es el estado que presenta mayor población indígena (Boege, 2008), seguido de los estados de Chiapas y Guerrero (Conabio, 2012); además, Oaxaca y Chiapas tienen la mayor diversidad biológica del país, (Arita *et al.*, 1997; Boege, 2008). Lamentablemente, los tres estados antes mencionados son los más pobres a nivel nacional (Conabio, 2010).

Como se observa en las diferentes figuras, la dimensión espacial de la naturaleza y de los pueblos indígenas esta ordenada de una manera jerárquica, es decir que entidades mayores anidan a las menores (Eldredge, 1997). Finalmente, se sugiere realizar estudios más detallados acerca de las formas de apropiación de la biota que realizan los pueblos indígenas antes mencionado con las especies de los NP.

En Oaxaca y Chiapas se ubican la Sierra Juárez y la Sierra Sur de Chiapas, las cuales parecen ser las áreas geográficas más complejas del CMM desde el punto de vista biogeográfico, físico-geográfico, cultural. En términos de conservación, al priorizar los NP de estas áreas también se protegerá gran cantidad de **recursos naturales y culturales**.

3.6. Conclusión

- La caracterización tanto física como cultural de los 29 nodos panbiogeográficos (NP) prioritarios fue inexacta, ya que los NP no representan ubicación precisa ni una dimensión espacial definida, sin embargo, fue posible aproximarse a sus características reales.

- Los NP se ubicaron, en igual proporción, sobre rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. La mayoría de los NP se reconoció en altitudes que van desde 1500 a 2500 msnm, principalmente en climas templados, suelos acrisoles, en bosques, sobre la vertiente del Golfo, y coincidieron en su mayoría con el pueblo indígena zapoteco.

- La Sierra Juárez y la Sierra Sur de Chiapas fueron las áreas geográficas del CMM más complejas desde el punto de vista biogeográfico, físico-geográfico y antropológico, por lo que son las más importantes en términos de conservación.

Conclusión general

La crisis y los eventos de extinción que actualmente presenta la biodiversidad son de las problemáticas más urgentes que enfrenta la humanidad. Si esta tendencia continúa, los patrones de distribución geográfica en el futuro serán modificados, y en consecuencia, las estrategias de conservación mediante la priorización de los NP serán reducidas. Por lo tanto, como geógrafos tenemos que asegurar el futuro de la biodiversidad, al analizar su dimensión espacial y con base en ello, identificar las áreas más propensas a ser conservadas. De esta manera es que se recurre a la interdisciplina, ya que la conservación biológica es un tema complejo que debe ser analizado desde diferentes puntos de vista. Así, dentro de esta investigación y enfatizando el enfoque geográfico (al utilizarlo para prevenir el proceso de extinción actual), el Análisis de Trazos, el PAE con Eliminación Progresiva de Caracteres y el software Trazos2004 permitieron asociar los patrones de distribución de los mamíferos con su geología histórica, al reconstruir de manera conjunta la historia de las áreas y de los taxones distribuidos en ellas. Estas herramientas, junto con el índice de complementariedad y la caracterización físico-geográfica y cultural fueron útiles para contribuir tanto en la conservación de los patrones y procesos biogeográficos que generan la biodiversidad de mamíferos del Componente Mexicano de Montaña, como en preservar la mayor cantidad de recursos naturales y culturales, mediante la priorización de 29 NP.

Por otro lado, es importante mencionar que no todas las localidades de recolecta registradas en las bases de datos corresponden necesariamente a la evolución espacial (TI) de un taxón, ya que puede haber registros accidentales, datos mal georreferenciados e introducciones antropogénicas. Algunas localidades muchas veces se encuentran sobre carreteras o áreas urbanas y otras se ubican en sitios de difícil acceso, por lo que en conjunto estas problemáticas tendrían un sesgo en el muestreo geográfico de los taxones, pudiendo llevar a cabo estimaciones erróneas al momento de ejecutar AT (Soberón *et al.*, 1996; Chazdon *et al.*, 1998; Hortal, Lobo, J. M y Jiménez-Valverde, 2007; Morrone y Escalante, 2016). Posiblemente por esta y otras razones (discutidas en los capítulos 1 y 2 de esta tesis), la mayoría de los NP no representó satisfactoriamente eventos de

convergencia biogeográfica. Otra limitación de esta investigación es el hecho de que los NP reconocidos no representan superficies geográficas definidas, por lo que al llevar a cabo la caracterización de los mismos, se pueden obtener resultados erróneos.

Finalmente y con la intención de ampliar los objetivos de la presente investigación se propone realizar un análisis de homología biogeográfica secundaria mediante biogeografía cladística, con la cual se identifica la naturalidad de las áreas involucradas en los componentes bióticos y con ello corroborar los NP identificados, al validarlos como verdaderos sitios prioritarios. Además, los resultados obtenidos en el AT se pueden integrar con los análisis de geología histórica, con el fin de identificar relaciones entre la distribución de los mamíferos y la historia de la Tierra (Croizat, 1958, 1964; Grehan, 2001). Así mismo, los componentes bióticos pueden emplearse para establecer un arreglo jerárquico de clasificación biogeográfica (Morrone, 2007, 2009).

Posteriormente se tendrían que dimensionar los NP prioritarios (ya que no es lo mismo caracterizar puntos adimensionales que áreas geográficas) y realizar trabajo de campo verificadorio; esto con la finalidad de poner a prueba la caracterización presentada en esta tesis. Si se identifica que las condiciones ambientales y la distribución de los pueblos indígenas en los NP es congruente, entonces tendremos una fiabilidad en resultados obtenidos en la caracterización de los NP. De presentarse lo contrario, sería necesario realizar una revisión bibliográfica más detallada y obtener mapas más actualizados o proponer modificación en los mapas consultados, así como de corregir la caracterización de los NP presentada en esta tesis.

Al realizar el trabajo de campo también se podrían visitar las poblaciones indígenas ubicadas en los NP, llevar a cabo entrevistas e identificar si conocen o no algunas especies que sustentan dichos sitios y con base en ello realizar interpretaciones acerca de las formas de la apropiación de la mastofauna, la cual nos puede brindar información para preservar tanto la biodiversidad como los recursos naturales implicados en los NP y de esta manera lograr en el futuro un manejo espacial adecuado de dichos sitios.

Glosario

1. **Apomorfía.** Estado de carácter derivado, surge a partir del estado plesiomórfico, es decir, aquel que resulta de una transformación dentro del grupo en estudio.
2. **Autapomorfía.** Estado de carácter apomórfico que se presenta en un único taxón o área geográfica.
3. **Biogeografía cladística.** Enfoque biogeográfico que asume una correspondencia entre las filogenias de los taxones con su distribución geográfica, con el fin de proponer hipótesis acerca de relaciones históricas entre áreas.
4. **Carácter.** Cualquier atributo observable en un taxón o área geográfica que permite diferenciarlo de los demás.
5. **Cladograma.** Diagrama ramificado que muestra relaciones jerárquicas entre taxones, es decir, el patrón resultante del proceso evolutivo.
6. **Cladograma de áreas.** Cladograma en el que en lugar de taxones se ubican las áreas que ellos habitan.
7. **Estado de carácter.** Cualquier manifestación que presenta un carácter taxonómico. Por ejemplo, para el carácter «presencia en un área», los estados serían «presencia» o «ausencia».
8. **Evolución orgánica.** Cambio en las proporciones de los seres vivos que difieren genéticamente entre sí.
9. **Filogenia.** Historia evolutiva de un taxón, se identifica a partir de un cladograma.
10. **Homoplasia.** Desarrollo independiente de un carácter a partir de ancestros diferentes. En biogeografía se interpreta como un evento de dispersión.
11. **Flujo génico.** Intercambio de genes ente poblaciones.
12. **Monofilético.** También llamado clado o grupo natural, es aquel que incluye todos los taxones (o áreas) descendientes de un ancestro común. Posee existencia real como resultado de la evolución y se reconoce por compartir una o más sinapomorfias
13. **Plesiomorfía.** Estado de carácter ancestral que surge primero en el tiempo, se infiere que se encontraba en los ancestros del grupo en estudio.

14. **Polifilético.** Grupo basado en caracteres convergentes derivados independientemente, es decir aquel grupo que incluye taxones o áreas que provienen de ancestros diferentes.
15. **Sinapomorfia.** Estado de carácter apomórfico que se comparte en dos o más taxones o áreas.
16. **Sistemática.** Estudio de la diversidad biológica a partir de la comparación entre taxones, se encarga con esto de describir la biodiversidad, proponer hipótesis acerca de las causas que la originaron, encontrar el orden de dicha diversidad y mostrar un sistema de referencia del mundo de la vida.
17. **Sistemática filogenética.** También llamada cladística, es el estudio de la diversidad biológica a partir de sus relaciones evolutivas, las cuales se ven reflejadas en la clasificación natural de los mismos.
18. **Reversión.** Se da cuando una de las sinapomorfias se pierde en alguno de sus descendientes, el cual posee el estado plesiomórfico. En biogeografía se interpreta como un evento de extinción.
19. **Taxón.** Conjunto de seres vivos considerado como una unidad de cualquier categoría en una clasificación.

Fuente de consulta:

Morrone, J. J. y Escalante, T. (2012) *Diccionario de Biogeografía*. 1a ed. México: Las prensas de Ciencias UNAM.

Referencias Bibliográficas

- Ackery, P.A. y Vane-Wright, R. I. (1984) *Milkweed butterflies*. Nueva York: Cornell University Press.
- Aguilar-Aguilar, R. y Contreras, R. (2001) «La distribución de los Mamíferos Marinos de México: Un enfoque Panbiogeográfico», en Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J. J. (eds.) *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Las prensas de Ciencias UNAM, pp. 213-2219.
- Aguilar, V., Aguirre, A., Álvarez, P., Arenas, V., Ávila, S., Barrera, J. C., Berlanga, H., Bezaury, J., Cabello, A., Calderón, R., Candelaria, C., Carranza, A., Carrera, E., Carvajal, M. A., Cerdeira, S., Contreras, F., Córdova, A., Díaz, A., Dreckmann, K., Escobar, E., Espinosa, H., Espinosa, J. M., Esquivel, R., Estrada, A., Flores, F., Flores, C., Gallegos, M., Galván, V. H., Gasca, R., García, G., García, J. M., Godínez, E., González, G., González, J., Gutiérrez, D., Hernández, D., Hernández, S., Herrera, J., Horta, G., Kolb, M., Koleff, P., Land, V., De la Lanza, G., Leyte, G., Licea, S., Lucano, G., March, I., Medrano, L., Munguía, M., Mora, S., Padrón, F., Péresbarbosa, E., Portilla, E., Prol, R. M., Ramírez, Ó., Reyes, H., Rojas, L., Rojas, S., Rojo, J., Ruíz, S., Salmerón, O., Sarti, L., Schmitter, J. J., Silva, F., Solís, F., Solís, V., Tambutti, M., Tapia, M., Torres, A. M., Torres, J. F., Tovilla, C., Ulloa, R., Vázquez, A., Zavala, A., Zavala, J. y Zertuche, J. (2007) *Biodiversidad insular, Vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México (océanos, costas e islas)*. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Mapa_y_poster_Gap_Marino_Esp.pdf (Accedido: 22 de agosto de 2017).
- Álvarez, E. y Morrone, J. J. (2004) «Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad», *Interciencia*, 29, pp. 112-120.
- Anónimo (2009) *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/q_anp.html.
- Arita, H., Figueroa, F., Frisch, A., Rodríguez, P. y Santos del Prado, K. (1997) «Geographical range size and the conservation of Mexican mammals», *Conservation biology*, 11, pp. 92-100.
- Arriaga-Cabrera, L., Aguilar, V. y Espinoza, J. M. (2009) «Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad», en *Capital natural de México: estado de conservación y tendencias de cambio*, pp. 433-457.
- Barrera-Moreno, O., Escalante, T. y Rodríguez-Tapia, G. (2011) «Panbiogeografía y modelos digitales de elevación: Un caso de estudio con roedores en la faja volcánica transmexicana», *Revista de Geografía Norte Grande*, 48, pp. 11-25.

- Boege, E. (2008) *El patrimonio biocultural de pueblos indígenas de México: Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México.
- Brown, J. H. y Lomolino, M. V. (1998) *Biogeography*. Massachusetts: Sinauer Associates, Sunderland.
- Cabrera, A. L. y Willink, A. (1973) *Biogeografía de América Latina*. Washinton, D.C: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Serie de Biología, monografía 13.
- Cabrera, E. L. y Garrido, L. (2008) «Práctica 16: Complementariedad de especies entre áreas», en Martínez, L. A., Castañeda, A. N., Morrone, J. J. y Llorente-Bousquets, J. (eds.) *Manual de prácticas de Biogeografía*. México: Las prensas de Ciencias UNAM, pp. 44-45.
- Camin, J. H. y Sokal, R. R. (2007) «A Method for Deducing Branching Sequences in Phylogeny», *Evolution*, 19(3), pp. 311-326.
- De Candolle, A. P. (1820) «Geographie botanique», en *Dictionnaire des Sciences Naturelles*, Vol. 18. Estrasburgo y París: F.G.Levrault, imprimer du Roi, pp. 359-442.
- Casagrande, D., Roig-Juñent, S. y Szumik, C. (2009) «Endemismo a diferentes escalas espaciales un ejemplo con Carabidae (Coleóptera Insecta) de América del Sur austral», *Revista chilena de historia natural*, 82, pp. 17-42.
- CDI (2006) *Regiones indígenas de México*. México. Disponible en: www.cdi.go.mx. (Accedido: 20 de noviembre de 2017).
- CDI (2017) *Atlas de los Pueblos Indígenas de México*. Disponible en: <http://www.cdi.gob.mx/atlas/> (Accedido: 15 de noviembre de 2017).
- Ceballos, G. (1999) «Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México», *Biodiversitas*, 27(5), pp. 2-8.
- Cecca, F. (2002) *Palaeobiogeography of Marine Fossil Invertebrates: Concepts and Methods*. Londres y Nueva York: Taylor and Francis.
- Charte, E. (2012) *Comparación de tres metodologías automatizadas panbiogeográficas con los grupos Bromeliaceae, Ephemeroptera, Haemagogus y Psorophora*. Universidad de Carabobo.
- Chazdon, R. L., Colwell, R. K., Denslo, J. S. y Guariguata, M. R. (1998) «Statistical methods for estimating species for woody regeneration in primary and secondary rain forests of northeastern Costa Rica», en Dallmeier, F. y Comiskey, J. A. (eds.) *Forest biodiversity research, monitoring and modeling: conceptual background and old world case studies*. Man and the Biosphere Series, 20, pp. 285-310.

Cipamex-Conabio (1999) *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (Accedido: 5 de agosto de 2017).

Claval, P. (1999) *Geografía Cultural*. Buenos Aires: EUDEBA.

Colwell, R. K. y Coddington, J. A. (1994) «Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation», *Phil. Trans. R. Soc London B*, 345, pp. 110-118.

Comas, J. (1980) *Origen de las culturas precolombinas*. México: Secretaría de Educación Pública.

Conabio (1998a) *Curvas de nivel para la República Mexicana*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 11 de noviembre de 2017).

Conabio (1998b) *Regiones Marinas Prioritarias de México*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rmpm4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (Accedido: 3 de abril de 2017).

Conabio (2000) *Regiones Terrestres Prioritarias*. México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rtp1mgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (Accedido: 3 de abril de 2017).

Conabio (2002) *Regiones Hidrológicas Prioritarias*. México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rhpri4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (Accedido: 3 de abril de 2017).

Conabio (2010) *Grados de marginación por entidad federativa*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 1 de diciembre de 2017).

Conabio (2012) *Población indígena de México por Entidad Federativa*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 1 de diciembre de 2017).

Conabio (2017) *Portal de Geoinformación: Sistema Nacional de información sobre la Biodiversidad*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 15 de diciembre de 2017).

Conabio y Conanp (2012) *Sitios prioritarios para la conservación de los primates mexicanos*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/spm1mgw (Accedido: 21 de agosto de 2017).

Conabio, Conanp y Tnc (2007) *Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/spt1mgw (Accedido: 22 de agosto de 2017).

- Conabio, Conanp y Tnc (2009) *Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/spm1mgw (Accedido: 21 de agosto de 2017).
- Conanp (2016) *Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP)*. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap> (Accedido: 16 de agosto de 2017).
- Conanp (2017) *Áreas Naturales Protegidas Decretadas*. Disponible en: http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm (Accedido: 17 de agosto de 2017).
- Conanp y Conabio (2010) *Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/spm1mgw (Accedido: 21 de agosto de 2017).
- Congreso Constituyente (1917) «Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos», en *Artículo 2º. La Nación Mexicana es única e indivisible*. México, p. 296.
- Contreras-Medina, R. (2006) «LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICO Y SU APLICACIÓN A LA DISTRIBUCIÓN DE LAS GIMNOSPERMAS EN MÉXICO», *Inerciencia*, 31, pp. 176-182.
- Contreras, A., Cota, E., García, P., Gonzáles, C., Montellano, M., Quiroz, S., Rivera, S. y Sour, F. (2014) *Paleontología*. México: Las prensas de Ciencias UNAM.
- Contreras, R., Morrone, J. J. y Luna-Vega, I. (2001) «Biogeographic methods identify gymnosperm biodiversity hotspots», *Naturwissenschaften*, 88, pp. 427-430.
- Cox, C. B. y Moore, P. D. (2000) *Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach*. Oxford: Blackwell Science.
- Craw, R. C. (1988) «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, pp. 291-310.
- Craw, R. C. (1989a) «New Zealand biogeography: A panbiogeographic approach», *New Zealand Journal of Zoology*, 6, pp. 527-547.
- Craw, R. C. (1989b) «Quantitative panbiogeography: Introduction to methods», *New Zealand Journal of Zoology*, 16, pp. 485-494.
- Craw, R. C. y Gibbs, G. W. (1984) «Croizat's Panbiogeography and Principia Botanica», *Tuatara*. Victoria University Press, 27(1).
- Craw, R. C., Grehan, J. R. y Hedges, M. J. (1999) *Panbiogeography: tracking the history of life*. New York y Oxford: University Press.

- Craw, R. C. y Sermonti, G. (1988) «Special issue on panbiogeography», *Riv. Biol-Biol. Forum*, 814.
- Croizat, L. (1958) *Panbiogeography*. Vol. 1 y 2. Caracas: Publicado por el autor.
- Croizat, L. (1964) *Space, time, form: The biological synthesis*. Caracas: Publicado por el autor.
- Dice, L. R. (1943) *The biotic provinces of North America*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galleti, M., Ceballos, G., Issac, N. J. B. y Collen, B. (2014) «Defaunation in the Anthropocene», *Science*, 345, pp. 401-406.
- Don Ho (2016) *Notepad++*. Disponible en: <https://notepad-plus-plus.org/> (Accedido: 28 de febrero de 2017).
- Durand, L., Figueroa, F. y Guzman, F. (2012) *La naturaleza en contexto hacia una ecología política mexicana*. México: UNAM, CIICH.
- Echeverría-Londoño, S. y Miranda-Esquivel, D. R. (2011) «MartiTracks : A Geometrical Approach for Identifying Geographical Patterns of Distribution», *PLoS ONE*, 6(4), pp. 1-7.
- Echeverry, A. y Morrone, J. J. (2010) «Parsimony analysis of endemism as a panbiogeographical tool: An analysis of Caribbean plant taxa», *Biological Journal of the Linnean Society*, 101, pp. 961-976.
- Eldredge, N. (1997) *Síntesis inacabada: Jerarquías biológicas y pensamiento evolutivo moderno*. México: Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica.
- Eros (2010a) *30 arc-second DEM of North America*. Disponible en: <https://databasin.org/datasets/d2198be9d2264de19cb93fe6a380b69c> (Accedido: 4 de marzo de 2017).
- Eros (2010b) *30 arc-second DEM of South America*. Disponible en: <https://databasin.org/datasets/d8b7e23f724d46c99db1421623fd1b4f> (Accedido: 4 de marzo de 2017).
- Escalante, T. (2003) «Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos», *Anuales del Instituto de Biología*, 74, pp. 211-237.
- Escalante, T., Gámez, N., Rodríguez-Tapia, G., León-Paniagua, L., Barrera, O. y Sánchez-C. (2007) «Biogeografía y conservación de los mamíferos», en Luna-Vega, I., Morrone, J. J. y Espinosa-Organista, D. (eds.) *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. México: UNAM, pp. 485-502.
- Escalante, T. (2007) «Integrando biogeografía histórica y ecológica: El caso de los mamíferos terrestres de México», *Biogeografía*, 2, pp. 13-16.

- Escalante, T. (2009) «Un ensayo sobre regionalización biogeográfica», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, pp. 551-560.
- Escalante, T., Rodríguez-Tapaia, G., Szumik, C. A., Morrone, J. J. y Rivas, M. (2010) «Delimitation of the Nearctic region according to mammalian distributional patterns», *Journal of Mammalogy*, 91(6), pp. 1381-1388.
- Escalante, T. (2011) «De cómo el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) tampoco explica la selección natural», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), pp. 1057-1059.
- Escalante, T. (2013) *Atlas Biogeográfico de los Mamíferos Terrestres de América del Norte*. Disponible en: <http://atlasbiogeografico.com/>.
- Escalante, T., Noguera-Urbano, E. A., Pimentel, B. y Aguado-Bautista, O. (2016) «Methodological Issues in Modern Track Analysis», *Evolutionary Biology*. Springer US, 10.1007/s1, pp. 1-10.
- Escalante, T., Espinosa-Organista, D. y Llorente-Bousquets, J. (2003) «Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de los patrones biogeográficos: ejemplos en México», en Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J. J. (eds.) *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. México: Las prensas de Ciencias, pp. 303-307.
- Escalante, T., Espinosa-Organista, D. y Morrone, J. J. (2002) «Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México», *Acta zool*, 87, pp. 47-65.
- Escalante, T., Espinosa-Organista, D. y Morrone, J. J. (2003) «Using Parsimony Analysis of Endemicity to analyze the distribution of Mexican land mammals», *Southwestern Naturalist*, 48, pp. 563-578.
- Escalante, T. y Morales, R. (2015) «Biogeografía de la Conservación: Prioridades y Desafíos», *Biogeografía*, 8, pp. 36-44.
- Escalante, T. y Morrone, J. J. (2003) «¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos?», en Morrone, J. J. y Llorente-Bousquets, J. (eds.) *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. México: Las prensas de Ciencias UNAM, pp. 167-172.
- Escalante, T., Rodríguez-Tapaia, G. y Morrone, J. J. (2004) «The diversification of Nearctic mammals in the Mexican Transition Zone», *Biological Journal of the Linnean Society*, 83, pp. 327-339.
- Escalante, T., Rodríguez-Tapaia, G. y Morrone, J. J. (2005) «Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales», *Revista mexicana de Biodiversidad*, 76(2), pp. 199-205.
- Escamilla, A. J. (2006) *Evaluación de la Importancia Biogeográfica del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl Zoquiapan aplicando análisis de trazos (Panbiogeografía).pdf*. UNAM.

Espinosa-Organista, D., Morrone, J. J., Llorente-Busquets, J. y Flores-Villela, O. (2002) *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. México: Las prensas de Ciencias, UNAM.

Espinosa-Organista, D., Aguilar, C. y Escalante, T. (2001) «Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica», en Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J. J. (eds.) *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. México: Las prensas de Ciencias UNAM, pp. 31-37.

Espinosa-Organista, D. y Ocegueda, S. (2007) «Introducción», en Luna-Vega, I., Morrone, J. J., y Espinosa-Organista, D. (eds.) *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 5-6.

ESRI (1996) *Arc View 3.2*. Nueva York: Environmental Systems Research Institute, Inc. Disponible en: <http://arcview.software.informer.com/3.2/>. (Accedido: 03 de abril de 2017)

ESRI (2012) *ArcGis 10.1*. Disponible en: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000012000000.htm>. (Accedido: 03 de abril de 2017)

Fa, J. E. y Morales, L.M. (1993) «Patrones de diversidad de mamíferos de México», en Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (eds.) *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. México: Instituto de Biología UNAM, pp. 315-352.

Fa, J. E. y Morales, L. M. (1991) «Mammals and protected areas in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt», en Mares, M. Y. y Schmidly, D. J. (eds.) *Latin America mammalogy: history, diversity and conservation*. Norman: University of Oklahoma Press, pp. 199-226.

Faith, D. P. (1994) «Phylogenetic diversity: A general framework for the prediction of feature diversity», en Forey, P. I., Humphries, C. J., y Vane-Wright, R. I. (eds.) *Systematics and conservation evaluation*. Oxford: Clarendon Press The Systematics Association Special Vol, 50, pp. 251-268.

Faith, D. P. y Walker, P. A. (1996) «How do indicator groups provide information about the relative biodiversity of different sets of areas? On hotspots, complementary and patterns-based approaches», *Biodiversity Lett*, 3, pp. 18-25.

Fao (2007) «Base Referencial Mundial del Recurso Suelo», *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos*, 103, p. 117. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Base+referencial+mundial+del+recurso+suelo#0>.

Farris, J. S. (1989) «The retention index and the rescaled consistency index», *Cladistics*, 5, pp. 417-419.

Fernández-Badillo, L. (2013) *Patrones de distribución de las lagartijas y las serpientes en los desiertos mexicanos*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Ferrari, L., Morán, D., González, E. y Luna, L. (2007) «Geología», en IG (ed.) *Nuevo Atlas Nacional de México*. México, p. NAII.

- Ferruquilla-Villafranca, I. (1998) «Geología de México: una sinopsis», en Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (eds.) *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*. México: Instituto de Biología, UNAM, pp. 3-108.
- Figueroa, F., Sánchez-Cordero, V., Meave, J. A. y Trejo, I. (2009) «Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves», *Environmental Conservation*, 61, pp. 180-191.
- Fortino, A. y Morrone, J. J. (1997) «Signos gráficos para la representación de análisis panbiogeográficos», *Biogeographica*, 73(2), pp. 49-56.
- Gámez, N., Escalante, T., Rodríguez-Tapia, G., Linaje, M. y Morrone, J. J. (2012) «Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1), pp. 258-272.
- García-Barros, E., Guerra, P., Luxiáñez, M. J., Cano, J. M., Munguria, M. L., Moreno, J. C., Sainz, H., Sanz, M. J. y Simón, C. J. (2002) «Parsimony analysis of endemism and its application to animal and plant geographical distributions in the Ibero-Balearic region (western Mediterranean)», *Journal of Biogeography*, 29, pp. 109-124.
- García-Marmolejo, G., Escalante, T. y Morrone, J. J. (2008) «ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES PARA LA CONSERVACIÓN DE MAMÍFEROS TERRESTRES NEOTROPICALES DE MÉXICO», *Mastozoología Neotropical*, 15, pp. 41-65. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45712056005>.
- García, E. (1964) *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. 3ª edición. Editado por Offset Larios. México.
- García, E. y Conabio (1998) *Climas*. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/climalmgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no. (Accedido: 10 de noviembre de 2017)
- García, R. (2002) *Biología de la conservación: Conceptos y prácticas*. Santo domingo de Heredia: INBio.
- Goldman, E. A. y Moore, R. T. (1946) «Biotic provinces of México», *Journal of Mammalogy*, 26, pp. 347-360.
- Goloboff, P. A. (1993) «Estimating character weights during tree search», *Cladistics*, 9, pp. 83-91.
- Goloboff, P. A., Farris, J. y Nixon, K. (2016) «TNT: with a full implementation of phylogenetic morphometrics». Disponible en: <http://www.lillo.org.ar/phylogeny/tnt/>.
- González-Zamora, A., Luna-Vega, I., Villaseñor, J. L. y Ruiz-Jiménez, C. A. (2007) «Distributional patterns and conservation of species of Asteraceae (asters etc.) endemic to eastern Mexico: A panbiogeographical approach», *Systematics and Biodiversity*, 5(2), pp. 135-144. Disponible en: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1477200006002192.

- Grehan, J. R. (1989) «Panbiogeography an conservation science in New Zealand», *New Zealand Journal of Zoology*, 16, pp. 731-748.
- Grehan, J. R. (1993) «Conservation biogeography and the biodiversity crisis: a global problem in space/time», *Biodiversity Letters*, 1, pp. 134-140.
- Grehan, J. R. (2001) «Panbiogeografía y la geografía de la vida», en Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J. J. (eds.) *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. México: Las prensas de Ciencias UNAM, pp. 181-195.
- Halfpeter, G. (1962) «Explicación preeliminar de la distribución geográfica de los Scarabaeidea mexicanos», *Acta Zoológica Mexicana*, 5, pp. 1-17.
- Halfpeter, G. (1978) «Un nuevo patrón de dispersión en la zona de transición mexicana: El mesoamericano de montaña», *Folia Entomológica Mexicana*, 39-40, pp. 219-222.
- Halfpeter, G. (1987) «Biogeography of the Montane Entomofauna of Mexico and Central America», *Annual Review of Entomology*, 32, pp. 95-114.
- Hallam, A. (1974) «Changing patterns of provinciality and diveristy of fossil animals in relation to plate tectonics», *Journal of biogeography*, 1, pp. 213-225.
- Heads, M. J. (2004) «What is a node?», *Journal of Biogeography*, 31, pp. 1883-1891.
- Hernández, F. y Peimbert, I. (1969) *Apuntes de Geografía General*.
- Hernández, J., Ortiz, M. A. y Figueroa, M. (2009) «Análisis morfoestructural del estado de Oaxaca, México: un enfoque de clasificación tipológica del relieve», *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 68, pp. 7-24.
- Hortal, J., Lobo, J. M. y Jiménez-Valverde, A. (2007) «Limitations of biodiversity databases: Case study on seed-plantdiversity in Tenerife, Canary Island», *Conservation Biology*, 21, pp. 853-863.
- Huber, O. y Riina, R. (2003) *Glosario fitoecológico de las Américas: México, América Central e islas del caribe: Paises hispanohablantes*. París: UNESCO-CoroLab Humbolt.
- Hull, D. L. (1988) *Science as a process: A evolutionary account of the social and conceptual development of science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Humphries, C. J. y Parenti, L. R. (1999) *Cladistic Biogeography: Interpreting Patterns of Plant and Animal Distributions*. 2th ed. Oxford: University Press.
- Humphries, C. J., Vane-Wright, R. I. y Williams, P. H. (1991) «Biodiversity reserves: setting new priorities for the conservation of wildlife», *Park*, 2, pp. 34-38.
- Inegi., Lugo-Hupb, J., Vidal-Zepeda, R., Fernández-Equiarte, A., Gallegos-García, A. y Zavala-H, J. (1990) *Hipsometría*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 10 de noviembre de 2017).

Inegi (2000) *Acala*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825657345> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2001a) *Llano Grande*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825666507> (Accedido: 11 de septiembre de 2017).

Inegi (2001b) *Motuzintla de Mendoza*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825700027> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2001c) *San Cristóbal de las Casas*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825657352> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2001d) *San Juan Quiotepec*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825666163> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2002) *Escuintla*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825701833> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2003) *San Agustín Loxicha*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825705442> (Accedido: 11 de septiembre de 2017).

Inegi (2004a) *Ixhuatán*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825708504> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2004b) *Jitotol*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825708542> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2004c) *Tumbalá*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825708054> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2014a) *Ciudad Guzmán*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825205973> (Accedido: 10 de septiembre de 2017).

Inegi (2014b) *Conjunto de datos vectoriales edafológico*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 10 de noviembre de 2017).

Inegi (2014c) *Cuicatlán*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825206796> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2014d) *Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación*. México: Inegi.

Inegi (2014e) *San Gabriel*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825205966> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2014f) *Santa Catarina Ixtepeji*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825206901> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2014g) *Villa Milpa Alta*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825206307> (Accedido: 11 de julio de 2017).

Inegi (2016a) *División política estatal, 1:250000*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 16 de noviembre de 2017).

Inegi (2016b) *División política municipal, 1:250000*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

Inegi (2017a) *Datos vectoriales. Rocas*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/geologia/infoescala.aspx> (Accedido: 10 de noviembre de 2017).

Inegi (2017b) *Mapa Virtual de México*. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/> (Accedido: 9 de septiembre de 2017).

Inegi (2017c) *Unidades y subunidades de suelo. Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf> (Accedido: 9 de noviembre de 2017).

Inegi (2017d) *Uso de suelo y vegetación*. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/ususuelo/inf_elm.aspx (Accedido: 10 de noviembre de 2017).

Instituto de Geografía (2007) «Vegetación», en *Nuevo Atlas Nacional de México*. México: UNAM, p. NAVI 1 A.

IUCN (2017) *The IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/> (Accedido: 16 de diciembre de 2017).

Kluge, A. G. y Farris, J. S. (1969) «Quantitative Phyletics and the Evolution of Anurans», *Systematic Zoology*, 18, pp. 1-32.

Krebs, C. J. (1985) *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 3°. Nueva York: Harper y Row Publishers.

- Lieberman, B. S. (2004) «Range expansion, extinction, and biogeographic congruence: An deep time perspective», en Lomolino, M. V. y Heaney, L. R. (eds.) *Frontiers of biogeography: New directions in the geography of nature*. Massachusetts: Sinauer Associates Inc, pp. 111-124.
- Liria, J. (2008) «Sistemas de información geográfica y análisis espaciales: un método combinado para realizar estudios panbiogeográficos», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, pp. 281-284.
- Llorente-Bousquets, J. y Yáñez Ordóñez, O. (2008) «Definición de Biogeografía II», en Castañeda Sortibrán, A.A.N., Morrone, J. J., y Llorente-Bousquets, J. (eds.) *Manual de prácticas de Biogeografía*. México: Las prensas de Ciencias, UNAM, pp. 2-3.
- Lomolino, M. V., Riddle, B. R., Whittaker, R. J. y Brown, J. H. (2006) *Biogeography*. Massachusetts: Sinauer Associates, Sunderland.
- Lugo-Hubp, J. (2011) *Diccionario geomorfológico*. México: Instituto de Geografía y Coordinación de Ciencias, UNAM.
- Luna-Vega, I., Alcantara, O., Espinosa-Organista, D. y Morrone, J. J. (1999) «Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa», en *Journal of Biogeography*, pp. 1299-1305.
- Luna-Vega, I., Alcantara, O., Morrone, J. J. y Espinosa-Organista, D. (2000) «Track Analysis and Conservation Priorities in the Cloud Forests of Hidalgo, Mexico», *Diversity and Distributions*, 6, pp. 137-143.
- Luna-Vega, I. (2008) «Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas. Historical biogeography applied to the distribution of Mexican plants», *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 79(79), pp. 217-241.
- Luna-Vega, I., Morrone, J. J. y Escalante, T. (2010) «Conservation biogeography: A viewpoint from evolutionary biogeography», en Gailis, M. y Kalninjs, S. (eds.) *Biogeography*. Nueva York: Nova-Science Publishers, pp. 229-240.
- MacDonald, G. M. (2003) *Biogeography: Introduction to Space, Time, and Life*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Maderey, L. y Torres-Ruata, C. (1998) *Hidrología*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Accedido: 10 de noviembre de 2017).
- Margules, C. R. y Sarkar, S. (2009) *Planeación sistemática de la conservación*. Ciudad de México: UNAM-Conanp- Conabio.
- Martínez-Aquino, A., Aguilar-Aguilar, H., Del Conde-Juárez, S. A. y Contreras-Medina, R. (2007) «Empleo de herramientas panbiogeográficas para detectar áreas para conservar: Un ejemplo con taxones dulceacuícolas», en Luna-Vega, I., Morrone, J. J., y Espinosa-Organista, D. (eds.) *Biodiversidad De La Faja Volcánica Transmexicana*. México: UNAM, pp. 449-460.

Martínez, P. C. (2008) *Paleobiogeografía y Diversidad de tres géneros de Plantas Acuáticas Fósiles (Typha, Scirpus y Nymphaea)*. UNAM.

MEA (2005) *Ecosystems and human wellbeing: Synthesis*. Washinton, D.C: Island Press.

Méndez, W. y Cartaya, S. (2008) «Caracterización ambiental en los proyectos de investigación de Geografía Física: lineamientos metodológicos», *Geoenseñanza*, (February). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36014579004>.

Microsoft Office (2010) *Microsoft Excel*. Disponible en: <https://products.office.com/es-mx/excel> (Accedido: 28 de febrero de 2017).

Miguel-Talonia, C. y Escalante, T. (2013) «Los nodos: El aporte de la panbiogeografía al entendimiento de la biodiversidad», *BIOGEOGRAFÍA*, 6, pp. 30-42.

Miller, R. I. (1994) «Appendix A: Glosary», en Miller, R. I. (ed.) *Mapping the diversity of nature*. Londres: Chaman and Hall, pp. 207-209.

Morain, S. A. (1984) *Systematic and regional biogeography*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

Morales, R. A., Escalante, T., Noguera-Urbano, E. A., Gámez, N. y Rodríguez-Tapia, G.. (2016) «Conservation biogeography in the Mexican Mountain Component: bridging conservation and patterns of endemism», *Therya*, 7, pp. 215-219.

Morrone, J. J. (1994) «On the identifications of areas of endemism», *Systematic Biology*, pp. 438-441.

Morrone, J. J. (1999) «How can biogeography and cladistics interact for the selection of areas for biodiversity conservation?: A view from Andean weevils (Coleoptera: Curculionidae)», *Biogeographica*, 75, pp. 89-96.

Morrone, J. J. (2000a) *El lenguaje de la cladística*. México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM.

Morrone, J. J. (2000b) «El tiempo de Darwin y el espacio de Croizat: Rupturas espistémicas en los estudios evolutivos», *Ciencia*, 51, pp. 39-46.

Morrone, J. J. (2000c) «ENTRE EL ESCARNIO Y EL ENCOMIO: LÉON CROIZAT Y LA PANBIOGEOGRAFÍA», *Interciencia*, 25(1), pp. 41-47.

Morrone, J. J. (2000d) «La importancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad», en F, M. P., Morrone, J. J., y Melic, A. (eds.) *Hacia un Proyecto C YTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica*. México: Physis (Buenos Aires).

Morrone, J. J. (2001a) «Homology, biogeography and areas of endemism», *Diversity and Distribution*, 7, pp. 297–300.

Morrone, J. J. (2001b) *Sistemática, Biogeografía y Evolución. Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio*. México: Las prensas de Ciencias UNAM.

- Morrone, J. J. (2004a) *Homología biogeográfica: Las coordenadas espaciales de la vida, Cuadernos del Instituto de Biología*. México: Cuadernos del Instituto de Biología.
- Morrone, J. J. (2004b) «Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición», *Revista Brasileira de Entomología*, 48, pp. 149-162.
- Morrone, J. J. (2005) «Hacia una síntesis biogeográfica de México», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76, pp. 207-252.
- Morrone, J. J. (2006a) «Biogeographic areas and transition zones of Latin America and The Caribbean Islands based on panbiogeographic, an cladistic analyses of the entomofauna», *Annual Review of Entomology*, (51), pp. 467-494.
- Morrone, J. J. (2007) «Hacia una biogeografía evolutiva», *Revista Chilena de Historia Natural*, 80(4), pp. 509-520.
- Morrone, J. J. (2009) *Evolutionary Biogeography: An Integrative Approach with Case Studies*. Nueva York: Columbia University Press.
- Morrone, J. J. (2014a) *Biogeographical regionalisation of the Neotropical region*.
- Morrone, J. J. (2014b) «Parsimony analysis of endemism (PAE) revisited», *Journal of Biogeography*, 41, pp. 842-854.
- Morrone, J. J. (2015) «Track analysis beyond panbiogeography», *Journal of Biogeography*, 42(3), pp. 413-425.
- Morrone, J. J. y Escalante, T. (2002) «Parsimony analysis of endemism (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: When size matters», *Journal of Biogeography*, 29(8), pp. 1095-1104.
- Morrone, J. J. y Escalante, T. (2016) *Introducción a la biogeografía*. México: UNAM.
- Morrone, J. J. y Espinosa-Organista, D. (1998) «La relevancia de los Atlas Biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana», *Ciencia*, 49, pp. 12-16.
- Morrone, J. J. y Márquez, J. (2001) «Halffter's Mexican Transition Zone, Beetle Generalized Tracks, and Geographical Homology», *Journal of Biogeography*, 28, pp. 635-650.
- Morrone, J. J. y Márquez, J. (2003) «Aproximación a un atlas biogeográfico Mexicano: Componentes bióticos principales y provincias biogeográficas», en Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J. J. (eds.) *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. México: Las prensas de Ciencias UNAM, pp. 217-220.
- Morrone, J. J. y Ruggiero, A. (2001) «Cómo planificar un análisis biogeográfico», *Dugesiana*, 7, pp. 1-8.
- Moss, M. R. (2001) «Preamble», en Zee, D. van der y Zonneveld, I. S. (eds.) *Landscape Ecology Applied in Land. Evaluation, Development and Conservation*. ITC, p. 412.

Murguía, M. y Rojas, F. (2001) «Biogeografía cuantitativa», en Llorente-Busquets, J. y Morrone, J. J. (eds.) *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Las Prensa. México, pp. 39-47.

Myers, A. A. y Giller, P. S. (1988) «Process, pattern an scale in biogeography», en Myers, A. A. y Giller, P. S. (eds.) *Analytical Biogeography: An Integrated aproach to the study of animal and plant distributions*. Londres: Chaman and Hall, pp. 3-12.

Natural Earth (2017a) *Area and point labels of major physical features. Primarily derived from Patterson's Physical Map of the World*. Disponible en: <http://www.naturearthdata.com/downloads/50m-physical-vectors> (Accedido: 16 de julio de 2017).

Natural Earth (2017b) *Land polygons including major islands, 1:50 000*. Disponible en: <http://www.naturearthdata.com/downloads/50m-physical-vectors/50m-land/> (Accedido: 4 de marzo de 2017).

Natural Earth (2017c) *Land polygons inlcuding major islands, 1:10 000*. Disponible en: <http://www.naturearthdata.com/downloads/10m-physical-vectors/10m-land/> (Accedido: 1 de enero de 2017).

Natural Earth (2017d) *Natural and artificial lakes, 1:50 000*. Disponible en: <http://www.naturearthdata.com/downloads/50m-physical-vectors/> (Accedido: 4 de marzo de 2017).

Natural Earth (2017e) *Ocean polygon split into contiguous pieces, 1: 50 000*. Disponible en: <http://www.naturearthdata.com/downloads/50m-physical-vectors/50m-ocean/> (Accedido: 4 de marzo de 2017).

Nelson, G. (1994) «Homology and systematics», en Hall, B. K. (ed.) *Homology: The hierarchical basis of comparative biology*. San Diego: Academic Press, pp. 101-149.

Nihei, S. S. (2006) «Misconceptions about parsimony analysis of endemcity», *Journal of biogeography*, 33, pp. 2099-2106.

Nixon, K. C. (2002) *Winclada, Publicado por el autor*.

Ortega, F., Sedlock, R. L. y Speed, R. (2000) «Evolución tectónica de México durante el Fanerozoico», en Llorente-Bousquets, J., González, E., y Papavero, N. (eds.) *Biodiversidad taxonómica y biogeográfica de artrópodos de México: Hacia una síntesis de conocimiento*. II. México: Facultad de Ciencias, UNAM. (CONABIO) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 3-59.

Page, R. D. M. (1987) «Graphs and Generalized Tracks: Quantifying Croizat's Panbiogeography», *Systematic Zoology*, 36, pp. 1-17.

Pérez, B., Cruz, Á. y Batalla, J. J. (2008) *América Pecolombina: El despertar de los testigos mudos*. Madrid: Edimat.

- Pericot, L. (1936) *América Indígena*. 1°. Barcelona: Salvat editores.
- Pielou, E. C. (1992) *Biogeography*. Malabar: Krieger Publishing Company.
- Pinna, M. G. G. (1991) «Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm», *Cladistics*, 7, pp. 367-394.
- Platnick, N. I. (1991) «On the areas of edemism», *Australian Systematic Botany*, 4, pp. 11-12.
- Porta, J. y López-Acevedo, M. (2005) *Agenda de campo de suelos*. Mundipresna, Universidad de Lleida.
- Pressey, L. R., Humphries, C. J., Margules, C. R., Vane-Wright, R. I. y Williams, P. H. (1993) «Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection.», *Trends Ecology and evolution*, 8, pp. 124-128.
- Priego, A. (2004) *Relación entre la heterogeneidad geoecológica y la biodiversidad en ecosistemas costeros tropicales*.8, pp. 124-128.
- Priego, A., Morales, H. y Enríquez, C. (2004) «Paisajes fisicogeográficos de la cuenca Lerma-Chapala», *Gaceta ecológica*, 71, pp. 11-22.
- QGIS Development Team (2016) *QGIS Geographic Information System*. Disponible en: <http://qgis.org/es/site/> (Accedido: 27 de febrero de 2017).
- R Core Team (2015) *R: A language and environment for statistical*. Disponible en: <http://www.r-project.org/>. (Accedido: 27 de febrero de 2017).
- RAE (2001) *Diccionario de la lengua española*. 22.° ed. Madrid: Real Academia Española.
- Ramírez-Pulido, J. y Castro-Campillo, A. (1990) «Provincias mastofaunísticas», en *Atlas Nacional de México*, vol. 2. México: Instituto de Geografía, UNAM, p. mapa IV.88A.
- Ramírez-Pulido, J. y Castro-Campillo, A. (1993) «Diversidad mastozoológica en México», *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, pp. 413-427.
- Rieppel, O. (1991) «Thinks, taxa an relationships», *Cladistics*. *Cladistics*, 7, pp. 93-100.
- Robinson, J. y Redford, K. (1997) «Cosecha sostenible de mamíferos forestales neotropicales», en Robinson, J. y Redford, K. (eds.) *Uso y conservación de la vida silvestre neotropical*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 485-501.
- Rojas-Parra, C. A. (2007) «Una herramienta automatizada para realizar análisis panbiogeográficos.», *Biogeografía*, 1, p. 31-33.
- Rojas, A. E. y Moreno, C. E. (2014) *Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres*, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Disponible en: <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/e10.html>.

- Ron, S. R. (2000) «Area relationship of Neotropical lowland rainforests based on raw distributions of vertebrate groups», *The Biological Journal of the Linnean Society*, 71, pp. 379-402.
- Rosen, B. R. (1988) «From fossils to earth history: Applied historical biogeography», en Myers, A. A. y Guiller, P. S. (eds.) *Analytical Biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Londres y Nueva York: Chaman and Hall, pp. 437-481.
- Rosen, B. R. y Smith, A. B. (1988) *Tectonics from fossils? Analysis of reef-coral and sea-urchin distributions from late Cretaceous to Recent, using a new method*. Geological Society, London, Special.
- Rzedowski, J. (1978) *Vegetación de México*. México: Limusa.
- Sánchez-Cordero, V., Cirelli, V., Munguía, M. y Sarkar, S. (2005) «Place prioritization for biodiversity representation using species' ecological niche modelling», *Biodiversity Informatics*, 2, pp. 11-23.
- Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Escalante, T., Figueroa, F., Rodríguez-Tapia, G., Linaje, M., Fuller, T. y Sarkar, S. (2009) «Deforestation and biodiversity conservation in México», en Columbus, A. M. y Kuznetsov, L. (eds.) *Endangered species: New research*. Nueva York: Nova Science Publishers, Inc, pp. 279-297.
- Sarkar, S. (2005) *Biodiversity and environmental phylosophy: A introduction*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Sarrailh, E. E. O. de (1991) *Geografía: Enfoques métodos y técnicas*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Scott, J. M. (1997) «Garp Analysis for biodiversity survey and mintenance», en Reaka-Kudla, M. L., Wilson, D. E., y Wilson, E. O. (eds.) *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Washinton, D.C: National Academy Press, pp. 321-340.
- Scott, J. M., Davis, F. W., McGhie, R. G., Wright, R. G., Groves, C. y Estes, J. (2001) «NATURE RESERVES: DO THEY CAPTURE THE FULL RANGE OF AMERICA'S BIOLOGICAL DIVERSITY?», *Ecol. Aplicat*, 11, pp. 999-1107.
- Semarnat (1988) *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf> (Accedido: 12 de agosto de 2017).
- Semarnat-Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI) (2012) *Riqueza lingüística y biológica de México*. Toluca de Lerdo: Cuadernos de dibulgación ambiental.
- Siebert, D. J. (1992) «Tree statistics; tree and “confidence”: concensus trees; alternatives to parsimony; character weighting; character conflict and its resolution», en Forey, P. L., Humphries, C. J., Kitching, I. J., Scotlan, R. W., Siebert, D. J. y Williams, D. M. (eds.) *Cladistics: A pratical course in Sistematics*. Oxford: Clarendon Press The Sistematics Association Publication No. 10, pp. 72-88.

- Soberón, J., Llorente-Bousquets, J. y Benítez, H. (1996) «An international view of national biological surveys», *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 83, pp. 526-573.
- Soulé, M. E. (1985) «What is conservation biology?», *BioScience*, 35, pp. 727-734.
- Spellberg, I. F. y Sawyer, J. W. D. (1999) *An introduction to applied biogeography*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Szumik, C. A., Cuezco, F., Goloboff, P. y Chalup, A. E. (2002) «An Optimality-Criterion to Determine Areas of Endemism», *Systematic Biology*, 51, pp. 806-816.
- Torres, A. y Luna-Vega, I. (2006) «ANÁLISIS DE TRAZOS PARA ESTABLECER ÁREAS DE CONSERVACIÓN EN LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA», *Interciencia*, 31, pp. 849-855.
- Trejo-Torres, J. C. y Ackerman, J. (2001) «biogeography of the antilles based on a parsimony analysis of orchid distributions», *Journal of Biogeography*, 28, pp. 775-794.
- UNEP (1992) *Convention on biological diversity*. Nairobi: Kenia.
- Upchurch, P., Hunn, C. A. y Norman, D. B. (2002) «An analysis of dinosaurian biogeography: Evidence for the existence of vicariance and dispersal patterns caused by geological events», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 2, pp. 613-621.
- Vane-Wright, R. I., Humphries, C. J. y Williams, P. H. (1991) «What to protect? Systematics and the agony of choice», *Biological conservation*, 55, pp. 235-254.
- Vavrek, M. J. (2011) «fossil: palaeoecological and palaeogeographical analysis tools», *Paleontología Electrónica*, 14, pp. 1-16.
- Vázquez, L. B. y Valenzuela-Galván, D. (2009) «¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país?», *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 80, pp. 249-258.
- Vidal-Zepeda, R. y Alcántara, I. (2007) «Naturaleza y medio ambiente», en IG (ed.) *Nuevo Atlas Nacional de México*. México, p. NA.
- Vidal-Zepeda, R. y Hernández, M. E. (2007) «Climas», en IG (ed.) *Nuevo Atlas Nacional de México*. México, p. NA IV.
- Wheeler, Q. D. (1986) «Character weighting and cladistic analysis», *Systematic Zoology*, 35, pp. 102-109.
- Whittaker, R. J., Araújo, M. B., Jepson, P., Ladle, R. J., Watson, J. E. M. y Willis, K. J. (2005) «Conservation biogeography: Assessment and prospect», *Diversity and Distributions*.
- Whittaker, R. J. y Fernández-Palacios, J. M. (2007) *Island biogeography. Ecology, evolution, and conservation*. Oxford: Oxford University Press.

Williams, P. H., Humphries, C. J. y Vane-Wright, R. I. (1991) «Measuring biodiversity: Taxonomic relatedness for conservation priorities», *Australian Systematic Botany*, 4, pp. 665-679.

Zunino, M. y Zullini, A. (2003) *Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución*. México: Fondo de Cultura Económica.