



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**ÁREAS DE ENDEMISMO DE  
LA SIERRA MADRE DEL SUR**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**B I Ó L O G A**  
**P R E S E N T A**

**SANTIAGO ALVARADO MARGARITA**

**DIRECTOR DE TESIS: M. en C. Genaro Montaña Arias**

**Proyecto apoyado por DGAPA-PAPIIT No. RN215914**



**Octubre 2015**

México, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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





FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"  
DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
P R E S E N T E.

Comunico a usted que la alumna **SANTIAGO ALVARADO MARGARITA**, con número de cuenta **308323609**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **13 de octubre de 2015** a las **11:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** M. en C. FAUSTINO LÓPEZ BARRERA  
**VOCAL** M. en C. GENARO MONTAÑO ARIAS  
**SECRETARIO** Dr. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA  
**SUPLENTE** Dr. EFRAÍN REYES ÁNGELES CERVANTES  
**SUPLENTE** M. en C. FLORENCIA BECERRIL CRUZ

El título de la tesis que presenta es: **Áreas de endemismo de la Sierra Madre del Sur.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
México, D.F., a 21 de septiembre de 2015

**DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA-NÚÑEZ**  
DIRECTOR  
ZARAGOZA  
DIRECCIÓN

RECIBÍ  
OFICINA DE EXÁMENES  
PROFESIONALES Y DE GRADO

**VO. BO.**  
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL  
JEFE DE CARRERA

*Caminante, son tus huellas  
el camino y nada más;  
Caminante, no hay camino,  
se hace camino al andar.  
Al andar se hace el camino,  
y al volver la vista atrás  
se ve la senda que nunca  
se ha de volver a pisar.  
Caminante no hay camino  
sino estelas en la mar.*

Antonio Machado

## AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto No. RN215914 “Bosques templados húmedos mexicanos: propuesta para su conservación basada en estudios biogeográficos y de variación genética” por el apoyo otorgado.

Al PROGRAMA NACIONAL DE BECAS 2014 de la Secretaría de Educación Pública, por la beca de Titulación otorgada.

Y al programa BECAS PARA TITULACIÓN EXALUMNOS DE ALTO RENDIMIENTO CICLO ESCOLAR 2015-2016, UNAM.

## DEDICATORIA

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, porque desde el 2007 que comencé a pertenecer a ella, he recibido cosas excelentes que me permitieron llegar a este punto y en donde espero seguir superándome.

A la **Facultad de Estudios Superiores Zaragoza**, por ser mi casa en estos últimos años.

A mi familia, Mi familia, pequeña pero mi familia... Mi madre REYNA ALVARDO, mi padre FERNANDO SANTIGO y mi hermano BALTAZAR F. SANTIAGO ALVARADO y a los nuevos integrantes, LAURA Y FER... gracias **mamá**, por TODO, por ser mi pilar y la principal causa y/o razón de que estén leyendo esta tesis, **papá**, porque aunque no estas a mi lado sé que si lo estas, cuanto me hubiera gustado que estuvieras presente, pero soy creyente de que las cosas pasan por algo... y tu partida es solo una de ellas, a mi **hermano**, por regañarme, presionarme, porque fue para bien y por traer a la vida a ese pequeño saltamontes que alegra mis días, los quiero... ;;;;GRACIAS!!!! Y al resto de la familia: TIOS, PRIMOS, SOBRINOS, ABUELOS, PADRINOS...

A mis **maestros, David y Genaro**, GRACIAS por TODO y cuando digo TODO es TODO, por el apoyo, la confianza, las risas, las pláticas, y los continuos recordatorios de que aún me falta mucho para llegar a ser como ustedes, por la oportunidad de hacer lo que me gusta. Ah y ¿cómo olvidarlo? por el conocimiento, no solo académico, compartido.

**Doc.**, gracias por permitirme formar parte del prestigioso Laboratorio de Biogeografía, Sistemática y Conservación del cual está a cargo, el mejor en formar autodidactas y que conste que usted lo admitió, no es reproche, al contrario es reconocimiento y no lo digo solo por decirlo, sino porque esa fue y espero siga siendo mi experiencia como su alumna. Mi respeto y admiración.

**Prof.** mentiría si dijera que no he aprendido algo de usted, que me equivoque al mencionar la palabra “sistemática”, cuando me pregunto a qué proyecto me quería incorporar en LIF IV, porque sin duda alguna eso determino el camino que estoy siguiendo, gracias por darme la oportunidad de conocerlo y por ayudarme a recorrer el camino del mal, por no oponerse a responder mi interminable lista de preguntas (y que sigue en aumento), por la paciencia, por los consejos y por las gomitas, fuente de energía indispensable para la culminación de este trabajo.

A la maestra, **Flor**, porque si no me hubiera permitido hacer cierto trabajo sobre *Quercus*, los cuales me encantan (por si les quedaba alguna duda), no podría haber experimentado por primera vez, qué es la biogeografía y vivir en carne propia lo que representaba hacer 59 trazos individuales y por ende, saber en el lio que me estaba metiendo y en el que espero seguir por mucho tiempo, se lo agradezco!

Al maestro **Geovanni** gracias, por tu ayuda que me aclararon muchas cosas y que gracias a ello pude lograr parte de esta tesis (y porque tu si me hacías caso).

Al restos de mis sinodales, gracias por sus comentarios que enriquecieron este trabajo.

Al resto de mis maestros fuente de inspiración y de desagrado por ciertas cosas...

A la SSIG de la Conabio por permitirme realizar el servicio social con ustedes, **José Manuel, Verena, Germain, Arturo, Shareni, Armando y Ale (grande)** ;gracias! por el excelente trato que recibí por su parte durante mi estancia en el área y por el conocimiento compartido.

A los compañeros de servicio social con quienes pase muy buenos momentos mientras apretábamos una tecla, **Alma, Ale (pequeña), Fer y Yago**.

A mis amigas **Mariana, Jesica, Laura y Paulina**, gracias por soportarme más de cinco años, por ser mis compañeras de carrera, de clases, de campo, de juegos, por las discusiones y las diferencias que en algún momento llegamos a tener, pero que nos permitieron saber más las unas de las otras. Con ustedes comprobé; que al león no es como lo pintan; que las circunstancias llegan a repercutir en nuestras vidas, pero que la decisión con la que se plantea cómo seguir adelante abre puertas; que la disciplina, la constancia y el deseo, es fundamental para llegar a alcanzar nuestros objetivos o metas según se vea y que se vale cambiar de opinión aunque sea en el último momento, siempre que sea para estar bien con lo que queremos y salir adelante.

A los distinguidos integrantes e iniciadores de cierta asociación no lucrativa pero muy divertida: **Irma, Jesica y David** (larga historia, verdad “Haus”???) la cual preside cierta persona mencionada en este apartado, ¡¡muchachos!! Gracias por hacer más amena mi estancia en el laboratorio estos últimos meses, yo se los dije, aunque a veces no me hacen mucho caso, en el laboratorio aprenderían mucho y no se arrepentirían. Por compartir conmigo mi primer congreso fuera de casa, por las risas, por hablar incansablemente sobre nichos ecológicos y como cierto

investigador encuentra *hot spots*, por los deseos cumplidos y por mostrarme como verdaderamente se acosa jajaja.

A los chicos del Laboratorio 3 PA de la UMIEZ, **Beto y Pau**, por soportar mis momentos de estrés que me hacían molestarlos, interrumpirlos y hasta hacer que sus arañas perdieran una que otra patita, **Eli e Iran** por las pláticas y experiencias compartidas, al Teacher (maestro) **Pedro y Diana**, por sus sugerencias y por ser los últimos en salir del laboratorio conmigo.

A todos los compañeros y por qué no, amigos de carrera, con los cuales compartí aulas, laboratorios y hasta hotel-autobús: **Anita, Gen, Ceci, Richi, Juanito, Gaby, Saúl, Ana, Víctor, Chucho, Lore, Itza, Aurora, Sinaí, Wendy, Cesar, J. César, Daniel, Amy, Mara** etc.

Una maestra, que no recuerdo el nombre, en CCH nos dijo: los amigos que se hacen en la preparatoria son para toda la vida, porque ellos conocen esa otra parte de ti que solo a esta edad suceden... en mi caso **Chucha, Giovanni, Marisol, Luis, Mitzy**, Nadia, Darío y **César** (Chicharito) son esas personas. Quizás con algunos de ellos he perdido el contacto... pero eso no quiere decir que los he olvidado.

¡Ja! y ¿qué dijiste? yo no salgo en los agradecimientos de esta, pues ;;; no se te hizo **Sheila!!!** Te dejo al último pero no por ser menos importante sino porque tu caso es bastante peculiar, te conocí en CCH por Rosa, pero jamás me imagine en ese momento que formarías parte tan importante de mi vida, te volví a encontrar en la FES, en los primeros días y que casualidad ¿no? en la biblioteca. Decidimos trabajar en el mismo equipo en laboratorio y de ahí para el real jejeje como olvidar las cosas que nos pasaban en el laboratorio o en cualquier otro lado por el que pasábamos.

Te lo he dicho muchas veces, jamás olvidare la impresión que me diste cuando llegaste con tu pila de libros y tu idea para el magnífico proyecto, que algún día en uno de tus mundos paralelos patentaremos, porque me hizo entender de qué se trataba esto de estudiar. Gracias por las pláticas, por esa facilidad de saltar de tema en tema que aparentemente es muy sencillo pero no lo es, por las risas hasta provocar dolor en el estómago, por tus regaños (como olvidar el de Veracruz), por escucharme cada vez que hizo falta, por los viajes en Metrobus que en ocasiones motivaban y en otros desmotivaban al grado de no saber que estamos haciendo con nuestras vidas y por las tortas, que tu mami amablemente preparaba para ti y que terminaban, una parte de ellas, en mi estómago. Gracias Sheila por estar ahí siempre, por TODO!!!

... Y como esto se trata de una tesis, y no solo de agradecimientos, sobre una bonita Sierra llamada Madre del Sur y de unas cosas llamadas nichos ecológicos con los cuales intento regionalizarla, los invito sigan la lectura de este trabajo que me causo ansiedad, desesperación, preocupación pero que sin duda alguna me trajo mucho conocimiento, satisfacción, orgullo y emoción durante su realización, y que no cambiaría por NADA o por TODO (ni siquiera por el Eje Neovolcánico que creo es más sencillo de regionalizar).

De nuevo GRACIAS!

## CONTENIDO

<b>Contenido</b> .....	I
<b>Lista de Figuras</b> .....	III
<b>Lista de Cuadros</b> .....	VI
<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
<b>Marco Teórico</b> .....	4
Bases de datos, fuente de información.....	4
Biogeografía.....	5
Endemismo.....	5
Regionalización Biogeográfica.....	6
Sistemas de Información Geográfica y Modelos de Nicho Ecológico.....	8
Algoritmo Máxima Entropía (MaxEnt).....	10
<b>Justificación</b> .....	12
<b>Objetivos</b> .....	13
<b>Área de Estudio</b> .....	14
<b>Método</b> .....	17
Fuente de los registros y Elección de las especies.....	17
Calidad de la información.....	17
Variables utilizadas en la modelación y perfil bioclimático.....	17
Depuración del sesgo de la información.....	18
Construcción de los Modelos de Nicho Ecológico (MNE).....	19
Evaluación de los modelos.....	20
Identificación de Áreas de Endemismo.....	21

<b>Resultado y análisis</b> .....	25
Base de datos y validación de registros.....	25
Perfil bioclimático y variables importantes para los MNE.....	28
Modelos de Nicho Ecológico (MNE).....	30
Identificación de Áreas de Endemismo por superposición de modelos de nicho ecológico (MNE).....	45
Identificación de Áreas de Endemismo por análisis de similitud.....	50
Identificación de Áreas de Endemismo por PAE.....	55
Descripción de las Áreas de endemismo identificadas mediante el consenso de los tres métodos explorados.....	59
Propuesta de regionalización de la SMS.....	66
<b>Conclusiones</b> .....	78
<b>Bibliografía</b> .....	80
<b>Anexos</b> .....	1
Anexo 1. Perfiles Bioclimáticos.....	1
Anexo 2. Regionalizaciones Biogeográficas de México y su concepción de la SMS.....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de una Regionalización Biogeográfica.....	6
Figura 2. Representación del Nicho ecológico (Diagrama BAM). Obtenido y modificado de Soberón & Peterson, 2005.....	11
Figura 3. Área de estudio Sierra Madre del Sur.....	14
Figura 4. A. Tipos de Vegetación y B. Tipos de clima presentes en la Sierra Madre del Sur .....	15
Figura 5. Fenograma que permite discriminar entre los tipos de datos autocorrelacionados y atípicos.....	19
Figura 6. Esquema para la elección de variables.....	21
Figura 7. Diagrama de Flujo del método. Parte A.....	23
Figura 7. Diagrama de Flujo del método. Parte B.....	24
Figura 8. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Abies hickelii</i> B) Curva ROC y AUC.....	31
Figura 9. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Ainea conzattii</i> B) Curva ROC y AUC.....	31
Figura 10. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Axiniphyllum corymbosum</i> B) Curva ROC y AUC.....	31
Figura 11. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Beilschmiedia manantlanensis</i> B) Curva ROC y AUC.....	32
Figura 12. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Bursera altijuga</i> B) Curva ROC y AUC.....	32
Figura 13. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Bursera arida</i> B) Curva ROC y AUC.....	32
Figura 14. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Bursera biflora</i> B) Curva ROC y AUC.....	33
Figura 15. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Bursera confusa</i> B) Curva ROC y AUC.....	33
Figura 16. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Bursera biflora</i> B) Curva ROC y AUC.....	33
Figura 17. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Pinus jaliscana</i> B) Curva ROC y AUC.....	34

Figura 18. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Pinus rzedowskii</i> B) Curva ROC y AUC.....	34
Figura 19. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Populus guzmantlensis</i> B) Curva ROC y AUC.....	34
Figura 20. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Psacalium guerreroarum</i> B) Curva ROC y AUC.....	35
Figura 21. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Quercus martinezii</i> B) Curva ROC y AUC.....	35
Figura 22. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Quercus rubramenta</i> B) Curva ROC y AUC.....	35
Figura 23. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Quercus salicifolia</i> B) Curva ROC y AUC.....	36
Figura 24. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Quercus tuitensis</i> B) Curva ROC y AUC.....	36
Figura 25. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Quercus uxoris</i> B) Curva ROC y AUC.....	36
Figura 26. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Sessilantha helianta</i> B) Curva ROC y AUC.....	37
Figura 27. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Pseudoerycea cochranæ</i> B) Curva ROC y AUC.....	37
Figura 28. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Pseudoerycea smithi</i> B) Curva ROC y AUC.....	37
Figura 29. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Thorius narisovalis</i> B) Curva ROC y AUC.....	38
Figura 30. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Abronia oaxacæ</i> B) Curva ROC y AUC.....	38
Figura 31. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Anolis liogaster</i> B) Curva ROC y AUC.....	38
Figura 32. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Mesaspisi gadovii gadovii</i> B) Curva ROC y AUC.....	39
Figura 33. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Salvadora intermedia</i> B) Curva ROC y AUC.....	39
Figura 34. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Sceloporus adleri</i> B) Curva ROC y AUC.....	39

Figura 35. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Thamnophys crysocephalus</i> B) Curva ROC y AUC.....	40
Figura 36. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Cyanolyca mirabilis</i> B) Curva ROC y AUC.....	40
Figura 37. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Eupherusa poliocerca</i> A) Modelo ajustado B) Curva ROC.....	40
Figura 38. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Lophornis brachylophus</i> B) Curva ROC y AUC.....	41
Figura 39. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Megadontomys thomasi</i> B) Curva ROC y AUC.....	41
Figura 40. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Peromyscus gratus zapotecae</i> B) Curva ROC y AUC.....	41
Figura 41. A) Modelo de Nicho Ecológico para <i>Peromyscus winkelmanni</i> B) Curva ROC y AUC.....	42
Figura 42. Mapa con MNE de especies de amplia distribución.....	46
Figura 43. Mapa con MNE de especies de amplia distribución.....	46
Figura 44. MNE de especies con distribución restringida al oeste de la SMS-Jalisco.....	47
Figura 45. MNE de especies con distribución restringida al este de la SMS-Jalisco.....	47
Figura 46. MNE de especies con distribución restringida a Michoacán.....	48
Figura 47. MNE de especies con distribución restringida a Guerrero.....	48
Figura 48. MNE de especies con distribución restringida a Oaxaca.....	49
Figura 49. Dendrograma resultado del análisis de similitud (matriz modo Q)...	51
Figura 50. Representación espacial del análisis de similitud, mostrando los subgrupos identificados.....	51
Figura 51. Dendrograma resultado del análisis de similitud (matriz modo R)...	53
Figura 52. Representación espacial del análisis de similitud.....	53
Figura 53. Cladograma resultado del análisis de parsimonia.....	56
Figura 54. Clado A. SMS-Jalisco.....	57
Figura 55. Clado B. SMS-Michoacán.....	57
Figura 56. Clado C. SMS-Guerrero.....	58
Figura 57. Clado D. SMS-Oaxaca.....	58
Figura 58. Área de endemismo 1. Consenso de métodos de análisis.....	60

Figura 59 Área de endemismo 2. Consenso de métodos de análisis.....	61
Figura 60 Área de endemismo 3. Consenso de métodos de análisis.....	62
Figura 61. Área de endemismo 4. Consenso de métodos de análisis.....	63
Figura 62. Área de endemismo 5. Consenso de métodos de análisis.....	64
Figura 63. Área de endemismo 6. Consenso de métodos de análisis.....	65
Figura 64. Área de endemismo 7. Consenso de métodos de análisis.....	66
Figura 65. Propuesta del Esquema de Regionalización de la SMS.....	74
Figura 66. Sierra Madre del Sur.....	75
Figura 67. Subprovincias identificadas.....	76
Figura 68. Distritos identificados .....	77

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferentes concepciones del área que abarca la Sierra Madre del Sur.....	16
Cuadro 2. Variables utilizadas para generar los perfiles bioclimáticos así como lo MNE.....	18
Cuadro 3. Especies endémicas a la SMS y su número de registros.....	26
Cuadro 4. Variables empleadas para la construcción del MNE.....	29
Cuadro 5. Valores de las AUC de entrenamiento y de prueba de cada MNE generado.....	43
Cuadro 6. Categorización de los MNE generados.....	44

## **RESUMEN**

Los esquemas de regionalización biogeográfica tienen como base para su realización la identificación de patrones de distribución como el endemismo. La Sierra Madre del Sur (SMS) es reconocida como un área con identidad biogeográfica y ecológica. Sin embargo, su amplitud, límites y endemismo diagnósticos han sido objeto de discusión. El presente trabajo tiene como objetivo proponer la regionalización interna de la Sierra Madre del Sur, apoyada en áreas de endemismo. Se seleccionaron un total de 34 especies reportadas como endémicas de la SMS, de las cuales se obtuvo una consulta a bases de datos la cual fue depurada en su información taxonómica y geográfica. Se generaron Modelos de Nicho Ecológico (MNE), utilizando el algoritmo MaxEnt, los cuales fueron proyectados en un Sistema de Información Geográfica para su análisis. Las 34 especies que conformaron la base de datos, están incluidas en 18 familias y 23 géneros. Los grupos seleccionados fueron plantas (19 especies) anfibios (tres), reptiles (seis), aves (tres) y mamíferos (tres). En total, se recabaron 1178 registros que se redujeron a 508 localidades únicas al realizar la validación taxonómica y ecológica. La identificación de las áreas de endemismo consistió en establecer áreas de superposición de al menos dos MNE, así como por un Análisis de Similitud y uno de Parsimonia de Endemismo. A partir de los resultados se establecieron dos áreas con la categoría de subprovincia (SMS occidental y SMS oriental) y cinco distritos; dentro de la primera subprovincia tres (Jalisciense-Tuito, Jalisciense-Manantlán y Michoacana) y en la segunda dos (Guerrereense y Oaxaqueña) Cada una de las áreas establecidas cuenta con condiciones geográficas y ecológicas únicas, lo que nos habla de unidades identificables pero que al mismo tiempo poseen identidad propia.

## INTRODUCCIÓN

**Todo tiene un principio y un final... este es solo uno de ambos.**

Como disciplina de la biología, la biogeografía, se enfoca en describir los patrones espaciales de la biodiversidad, a través de su reconocimiento, para así proponer posibles explicaciones sobre las causas que los originaron. Un patrón de distribución, reconoce similitudes y regularidades entre las áreas de distribución de un conjunto de organismos presentes en un área (Zunino & Zullini, 2003).

En términos de patrones biogeográficos, el endemismo, no sólo está dado por la exclusividad de la distribución de un taxón, sino además por la congruencia de la distribución de dos o más de ellos, explicado como resultado de la evolución conjunta de varios linajes que fueron afectados por los mismos eventos de fragmentación de sus distribuciones (Humphries & Parenti, 1999). La identificación de estas áreas (patrones) permite proponer sistemas de regionalización biogeográfica, es decir, un sistema jerárquico que categoriza a las áreas geográficas en función de su biota (Escalante *et al.*, 2009).

La biogeografía se ha visto favorecida con el desarrollo de modernas herramientas, como los sistemas de información geográfica (SIG), que permiten llevar a cabo un análisis espacial de la información biológica de forma más eficiente (Linder, 2001). Además de apoyar la exploración de la distribución de ciertos grupos poco estudiados desde este enfoque.

En la actualidad, utilizan los Modelos de Nicho Ecológico (MNE) para la determinación de los patrones biogeográficos (Escalante *et al.*, 2007, 2009, son un ejemplo), como base para la realización de las diferentes metodologías utilizadas en biogeografía histórica. La utilización de los MNE permite la disminución de los sesgos geográficos, así como robustecer las predicciones de las áreas de distribución.

Entre los algoritmos más utilizados se encuentran el Genetic Algorithm for Rule-set Prediction (GARP; Stockwell & Peter, 1999), BIOCLIM (Nix, 1986) y Maximum Entropy (MaxEnt) (Phillips *et al.*, 2006) y son generados empleando información ambiental y georreferenciación (Escalante, 2009).

Algunos de los métodos biogeográficos que determinan las áreas de endemismo son el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) (Morrone, 1994; Rosen, 1988) y la delimitación de las áreas de superposición.

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo establecer un esquema de regionalización basado en la identificación de áreas de endemismo de la Sierra Madre del Sur, área compleja que ha sido base de diferentes discusiones sobre su identidad y delimitación.

## MARCO TEORICO

Lo poco que sé, se los debo a mi ignorancia...

### **Bases de datos, fuente de información.**

Las bases de datos son compilados de información provenientes de distintas fuentes, colecciones biológicas, bibliografía, inventarios faunísticos o botánicos, recolectas en campo, etc. las cuales se encuentran en constante actualización. Dentro de los tipos de bases, las curatoriales, se encargan de conjuntar la información obtenida de las etiquetas de los ejemplares depositados en colecciones biológicas (Oñate-Ocaña & Llorente-Bousquets, 2010).

Este tipo de bases de datos curatoriales están constituidas por diferentes entidades; la información de los ejemplares (número de la colección, fecha de recolecta), la información del nombre científico de la especie recolectada (especie, género, familia), la información geográfica del ejemplar (localidad, estado, municipio, país y las coordenadas geográficas) y el nombre del especialista o de la persona encargada de la recolección (Escalante, 2000).

Hay que tener en cuenta algunos problemas al emplear estos datos, como los de tipo nomenclatural y geográfico (Escalante, 2005).

#### **Errores de tipo Nomenclatural**

- Mala captura de datos
- Sinonimias

#### **Errores de tipo Geográfico**

- Coordenadas imprecisas
- Errores en la escritura de los nombres de localidades de recolecta o ambigüedad en ellas
- Falta de referencias geográficas secundarias que permitirían una georreferenciación posterior
- Mala captura de datos

Las bases de datos se han convertido en una fuente privilegiada e invaluable de información de fácil y eficiente manejo. Aunado a esto, la creciente estandarización de la información que manejan las diferentes colecciones, así como el uso de medios

electrónicos, han permitido el libre acceso a ellas; además han favorecido el intercambio y consulta de datos de manera abierta entre la comunidad científica, facilitado la investigación y planeación de estrategias de conservación (Navarro *et al.*, 2003).

## **Biogeografía**

La biogeografía es la disciplina encargada de analizar la distribución espacio-temporal de los seres vivos, y dentro de ella existen dos enfoques básicos: el ecológico y el histórico. El enfoque ecológico explica los patrones de distribución geográfica recurriendo a causas actuales, relacionadas con el medio en que se hallan las especies, o a sus relaciones con las especies con las que interactúa. El enfoque histórico recurre a causas más remotas en el tiempo, generalmente postulando como procesos causales a eventos del pasado (Espinosa, 2002). En este sentido, la biogeografía reconoce los patrones de distribución de los organismos, propone hipótesis acerca de los procesos que los causaron y los toma para poder establecer clasificaciones o regionalizaciones en términos de la biota de la Tierra (Reynoso, 1994).

Los patrones biogeográficos se refieren al arreglo o distribución de los taxones en el espacio geográfico. Estos son el resultado de tendencias de comportamiento dentro de un conjunto de datos (Espinosa, 2002). Los patrones de distribución constituyen la base empírica para el análisis biogeográfico, proporcionan la información para conocer dónde, cuándo y cómo evolucionaron los organismos, sus componentes espaciales y temporales pueden ser representados gráficamente, se pueden proponer hipótesis contrastables sobre las relaciones históricas entre la evolución de la distribución y la historia de la Tierra a partir de la correlación geográfica entre grafos de distribución y rasgos geológicos / geomorfológicos (Llorente, *et al.*, 2001).

## **Endemismo**

La propuesta actual del término endemismo es atribuido a un personaje cuya contribución a la biogeografía representó el inicio del establecimiento de las regionalizaciones de la tierra en términos de su biota, Agustín Pyramus De Candolle (De Candolle, 1820). A partir del reconocimiento del comportamiento de la distribución de los organismos, se observa de forma evidente que ésta no es azarosa y presenta ciertas tendencias que son reconocibles, De Candolle denominó especies endémicas o aborígenes a aquellas que, al demostrar distribución congruente, le dan identidad a ciertas regiones.

Una región biográfica según Platnick (1991), es definida como la superposición de distribuciones de dos o más especies, la cual es semejante a lo definido como área de endemismo. Las áreas de endemismo de especies y taxones superiores no solo constituyen las unidades básicas de los estudios biogeográficos, sino que además conducen al establecimiento de regionalizaciones a diferentes escalas (Escalante, 2009).

### **Regionalización Biogeográfica**

La regionalización biogeográfica, es un sistema constituido en categorías y ordenado en forma jerárquica (Zunino & Zullini, 2003), es una representación de unidades básicas de clasificación, constituidas por áreas que albergan grupos de especies con origen común y patrones similares de fisiografía, clima, suelo y fisonomía de la vegetación (Koleff & Moreno, 2005). Entre las categorías distinguibles se encuentran, el reino, las regiones, dominios, provincias y distritos (Cabrera & Willink, 1973; Brown & Gibson, 1983).

Las categorías de una regionalización biogeográfica son equivalentes a las establecidas en la jerarquía taxonómica, es estructurada en entidades menores ordenadas o anidadas dentro de otras mayores con propiedades emergentes y cierta autonomía (Figura. 1).

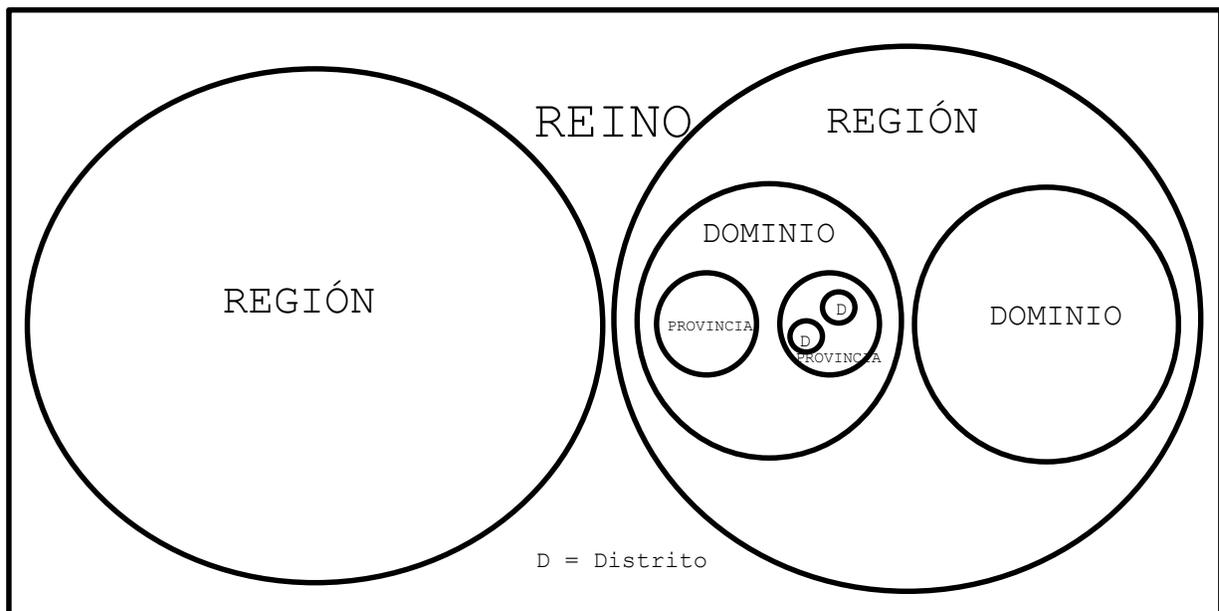


Figura 1. Esquema general de una Regionalización Biogeográfica

Según, Espinosa *et al.* (2001) para el reconocimiento de las relaciones geográficas de las especies en cuestión, existen diferentes criterios o **metodologías a considerar**, los cuales se describen a continuación:

- **Biogeografía Cladista**, para llevar a cabo esta metodología, es necesario el conocimiento de la filogenia exacta o correcta de los taxones, así como de su distribución, se sustituyen en los clados terminales de la filogenia su respectiva distribución obteniendo un cladograma de áreas que permitirá revelar las relaciones biogeográficas existentes entre las especies, se utilizan principalmente en grupos monofiléticos (Andersson, 1996).
- **Delimitación de áreas de endemismo**; Müller (1973) consideró que deberían darse tres condiciones para la identificación de áreas de endemismo:
  - (1) Las áreas de distribución de las especies analizadas deben ser relativamente menores en relación con el área en estudio.
  - (2) Las áreas de distribución deben ser apropiadamente conocidas.
  - (3) La validez de las especies no debería estar en disputa.

Al cumplir con estos supuestos se procede a superponer las áreas de distribución y establecer la congruencia de las mismas (al menos dos especies), ésta puede ser total o parcial y muchas veces depende de la escala a la que se está trabajando (Roig-Juñent, 2002).

- **Similitud de áreas**: a diferencia del método anterior, que hasta cierto punto requiere de un reconocimiento subjetivo. Éste implica la utilización de un método cuantitativo que respalda la identificación de las áreas. A grandes rasgos el método, consiste en generar una matriz de especies por localidades y, a partir de ella, otra en donde se asocien entre las especies o entre las localidades, empleando coeficientes que no consideren relaciones entre ausencias compartidas (Jaccard o Sorensen). Luego a la matriz de similitud, se le aplica un método de ligamiento promedio (UPGMA), con el fin de obtener un fenograma que exprese la relación entre las áreas o las especies, de acuerdo con la coincidencia en su distribución (Crisci & López, 1983).

- **Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE)** por sus siglas en inglés (*Parsimony Analysis of Endemism*), esta metodología fue propuesta en 1984 por Rosen, pero a lo largo de los años ha sido modificada, con el fin de cubrir diferentes objetivos o diferentes enfoques (Craw, 1988, Morrone, 1994).

Los pasos para realizar el PAE son:

- (1) Delimitar los taxones a analizar y las unidades de estudio (cuencas, provincias o cuadrículas), considerando únicamente aquellas unidades donde exista al menos una localidad para un taxón.
- (2) Construir una matriz de datos donde las columnas representen los taxones y los renglones las áreas. Se codifica con "1" si la especie se encuentra presente en la unidad o "0" si se encuentra ausente. Para enraizar el árbol, se adiciona un área hipotética codificada con "0" en todas las columnas.
- (3) Aplicar un análisis de parsimonia a la matriz de datos para obtener un cladograma.
- (4) Identificar en el cladograma los grupos de áreas definidos al menos por dos taxones exclusivos, también llamados sinapomorfías geográficas/geológicas por Rosen (1988).
- (5) Dibujar en el mapa las áreas de distribución de las sinapomorfías geográficas en cada grupo de áreas y delinear los límites de las áreas de endemismo.

El PAE se puede interpretar de diferentes formas (Escalante, 2011) propone dos formas de interpretación, la forma descriptiva y la histórica.

### **Sistemas de Información Geográfica y Modelos de Nicho Ecológico**

En la actualidad, los sistemas computarizados son una tecnología relativamente nueva y representan, asimismo, una poderosa herramienta de análisis y modelado de patrones, procesos y problemas ecológicos que tienen en común el manifestarse espacialmente. La tarea esencial de la *geoinformática* ha sido incorporar, en diferentes áreas de la ciencia, modernas tecnologías tal como los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG), los cuales son instrumentos comúnmente usados en la Ecología Geográfica.

Un SIG es una herramienta que permite conjuntar los datos almacenados para hacer interpretaciones y realizar aplicaciones prácticas de dichos datos. Es un software específico que permite a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos. El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo (Mateo *et al.*, 2011).

El enfoque ecológico inicial que se le dio a los SIG impulsó el desarrollo de algoritmos mejor conocidos como modelos de predicción, para tratar de inferir los patrones de variación de la biodiversidad en función de sus adaptaciones a condiciones actuales del medio, relacionados esencialmente con un gradiente ambiental. Estos algoritmos son alimentados con información obtenida de Colecciones Biológicas, mediante bases de datos taxonómicas de distribución, de información ambiental o de datos ecológicos (temperatura media anual, precipitación media anual y altitud, entre otras).

Los Modelos de Predicción y los SIG pueden analizar grandes cantidades de información y permiten la inclusión de información histórica con el fin de producir modelos de predicción sobre los patrones de distribución de las especies a grandes escalas. Las perspectivas de la aplicación de los SIG son prácticamente ilimitadas y, en la actualidad, se están incorporando a diversos campos de estudio. La conservación de la biodiversidad se considera una prioridad para las aplicaciones de estos sistemas, por lo que se han desarrollado algoritmos que permiten caracterizar la distribución geográfica de las especies y priorizar áreas para la conservación.

La generalización del uso de esta herramienta, así como de algoritmos estadísticos, ha favorecido la continua expansión de una metodología como es el modelado de la distribución potencial (MDP) o el establecimiento del Modelo del Nicho Ecológico (MNE) de una especie, que hoy en día es base de diferentes análisis (Guisan & Zimmermann 2000; Rushton *et al.*, 2004).

Los modelos de distribución tiene múltiples usos e implicaciones para: a) probar hipótesis biogeográficas, b) mejorar atlas faunísticos y florísticos, c) definir áreas prioritarias para la conservación de la diversidad vegetal, d) comprender el patrón de distribución de las especies en general y de especies con importancia comercial en particular, e) predecir las posibles áreas vulnerables o de influencia a las especies invasoras, f) cuantificar y

predecir el cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo, o bien para prever las modificaciones que el cambio de uso de suelo o el cambio climático podrían provocar sobre la distribución de las especies, entre otras. La mayoría de estos modelos se basan en el análisis de la relación especies-ambiente, asunto central de la biogeografía y la ecología.

El nicho ecológico se ha definido de diferentes formas a lo largo del tiempo. La primera se debe a Grinnell (1917), que entendió el nicho ecológico como una subdivisión del hábitat conteniendo las condiciones ambientales que permiten a los individuos de una especie sobrevivir y reproducirse. Este concepto está basado en variables por las que las especies no compiten. Por otro lado, Elton (1927) hizo hincapié en el papel funcional de una especie en una comunidad, en especial su posición en la cadena alimentaria, en función de variables que pueden ser consumidas por las especies.

Finalmente, Hutchinson (1957) definió matemáticamente los nichos fundamental y realizado. El nicho fundamental es un volumen de  $n$  dimensiones dentro del espacio ambiental donde una especie puede mantener una población viable y persistir a lo largo del tiempo, sin inmigración. Cada dimensión es una variable ambiental que influye sobre el nicho. El nicho realizado es una parte del nicho fundamental donde la especie no es excluida por competición (Fig. 2) (Soberón & Peterson, 2005; Sillero *et al.*, 2010).

En este sentido, los MDP O MNE están basados en hipótesis de como los factores ambientales determinan la distribución de las especies y las comunidades, bajo la premisa del conjunto de registros individualizados. Al emplear modelos cuantitativos que incluyan factores abióticos y bióticos en modelar el área de la distribución de una especie, lo que realmente se modela es el nicho fundamental de la especie (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001)

### **Algoritmo Máxima Entropía (MaxEnt).**

MaxEnt es un algoritmo cuyo propósito general es hacer predicciones o inferencias a partir de información incompleta, es decir, solo utiliza la presencia de especies en el área estudiada basado en una aproximación estadística llamada máxima entropía (Morales, 2012, Phillips *et al.*, 2006), el modelo obtenido representa las áreas en donde existe la más alta probabilidad de encontrar las condiciones para la distribución de la especie.

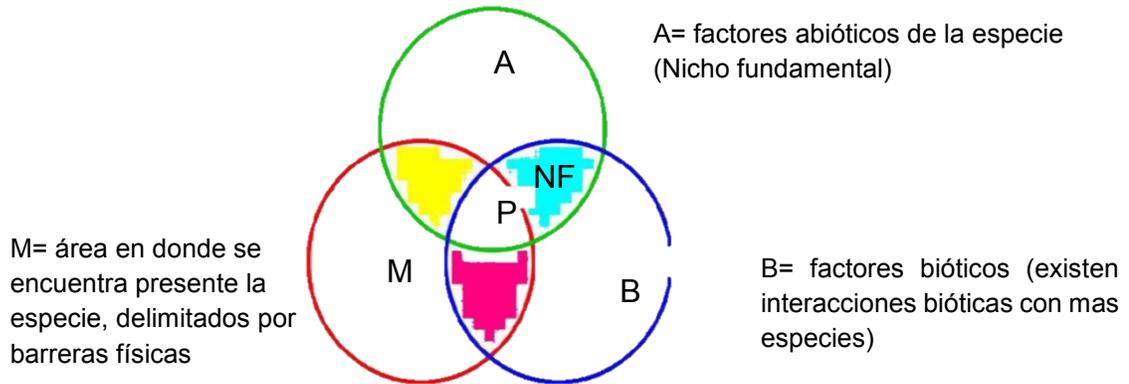


Figura 2. Representación del Nicho ecológico (Diagrama BAM). Obtenido y modificado de Soberón & Peterson, 2005

Algunas de las ventajas que ofrece la implementación de dicho algoritmo son las siguientes:

- (1) Se requiere sólo datos de presencia, junto con la información ambiental para el área de estudio.
- (2) Se puede utilizar datos tanto continuos como categóricos, y se puede hacer uso de algunas de las variables evaluadas.
- (3) Genera modelos determinísticos.
- (4) La distribución de probabilidad de MaxEnt tiene una concisa definición matemática, por lo tanto es susceptible de análisis.
- (5) Trabajos realizados permiten comprobar que respecto a otros algoritmos (por ejemplo: GARP), dependiendo el taxón en estudio, la evaluación del modelo es mejor para MaxEnt (Elith *et al.*, 2006).
- (6) Buen desempeño, especialmente con un número pequeño de muestras (Elith *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2006;).
- (7) Disponibilidad gratuita.

## **JUSTIFICACIÓN**

México posee una alta diversidad de especies en todo su territorio, causada por diferentes factores como: topografía, suelo, clima, historia geológica, etc., que forman un conjunto de condiciones que le otorga muchas posibilidades de adaptación a los organismos y en consecuencia condiciona la distribución de los mismos. Por ello, disciplinas como la biogeografía y la ecología tratan de explicar el porqué de esta distribución. Entre las tareas que tiene la biogeografía se encuentra la identificación de patrones de distribución, como lo son las áreas de endemismo. En este trabajo, se toma como objeto de estudio la Sierra Madre del Sur (SMS), la cual posee una compleja historia geológica y biótica. Esta provincia ha sido reconocida geográficamente de diferentes formas; como componente Neártico u Holártico o como integrante de la Zona de Transición Mexicana junto con las demás cordilleras del país, además de que en algunas de estas regionalizaciones le asignan o quitan ciertos componentes dependiendo del grupo de taxones o atributos con el cual se esté trabajando para establecer su identificación y delimitación biogeográfica. Al interior de la SMS son pocos los trabajos que han intentado establecer una regionalización del área que la comprende (Blancas-Calva, *et al.*, 2010; Morrone, 2014). Este trabajo, busca establecer una regionalización de la SMS fundamentada en diferentes metodologías, esperando que se logre un consenso y así se identifiquen diferentes áreas dentro de los límites de la región y atribuirles cierta categoría biogeográfica.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Determinar las áreas de endemismo de la Sierra Madre del Sur para proponer y sustentar su regionalización interna.

### **Particulares**

- Identificar las áreas de endemismo por tres métodos; superposición de los modelos, Análisis de Similitud de la composición biótica y áreas, y un Análisis de Parsimonia de Endemismos.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área que abarca la Sierra Madre del Sur (SMS) se delimitó siguiendo la clasificación que establecen las Ecorregiones Terrestres de México (Challenger & Soberon, 2008). Ésta es una cadena montañosa que corre de noroeste a sureste, paralela a la costa sur del Pacífico mexicano (de Cabo Corrientes hasta el Istmo de Tehuantepec), ocupando los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y parte de Puebla (Fig.3) extendiéndose al sur de la Faja Volcánica Transmexicana, cuya longitud aproximada es de 1100 Km y tiene una anchura promedio de 120 Km; su altura es muy variable, generalmente se mantiene por encima de los 1000 msnm y alcanza alturas mayores a los 3500 msnm, en el centro del estado de Guerrero (Cerro Teotepec).

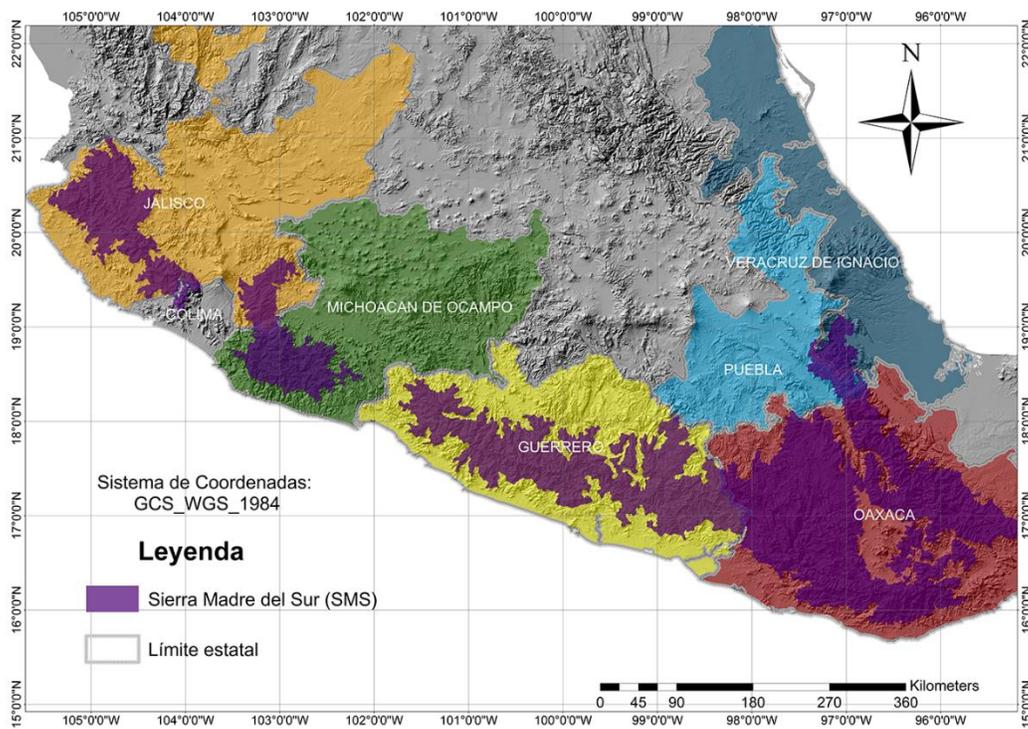


Figura 3. Área de estudio Sierra Madre del Sur

La SMS no es continua, sino se encuentra dividida por las desembocaduras hacia el Pacífico de ríos como el Armería, el Coahuayana, el Balsas, el Papagayo, el Ometepec y el Verde (Ferrusquía-Villafranca, 1998). La vegetación predominante en la SMS (Figura.4A) es el bosque de coníferas y encinos (47%), seguido del bosque tropical caducifolio (24%), bosque mesófilo de montaña (15%), y en mucho menor proporción los

bosques tropicales perennifolio y subcaducifolio, matorral xerófilo y el pastizal (14%) (Rzedowski, 1990).

El clima (Figura. 4B) dominante en toda la sierra es el templado (C), con una amplia variación en humedad. Así, hay climas templados húmedos, C(f), C(m), C(m)(f), y subhúmedos, C(w<sub>1</sub>), C(w<sub>2</sub>), C(w<sub>0</sub>); en algunos casos con verano fresco largo, Cb'(m), Cb'(w<sub>1</sub>), Cb'(w<sub>2</sub>). Con una menor extensión, también están presentes los climas cálidos, A, ya sea húmedos A(f), Am, Am(f), o subhúmedos, Aw<sub>1</sub>, Aw<sub>2</sub>, Aw<sub>0</sub>, y los semicálidos A(C), (A)C(m), (A)C(m)(f), (A)C(w<sub>1</sub>), (A)C(w<sub>2</sub>), (A)C(w<sub>0</sub>), (A)C(f). Hacia la porción occidental de la cuenca del río Balsas, es posible encontrar una pequeña porción de climas secos BS, BS<sub>1</sub> (h') w, BS<sub>1</sub>hw, BS<sub>1</sub>kw, BS<sub>0</sub> (h') w y BS<sub>0</sub>hw (García-Conabio, 1998).

El patrón climático general consiste en una fachada más húmeda, la orientada hacia el Pacífico y otra más seca, orientada hacia el Balsas; hay climas tropicales en las partes bajas que gradualmente cambian hacia semicálidos y templados hacia las mayores elevaciones.

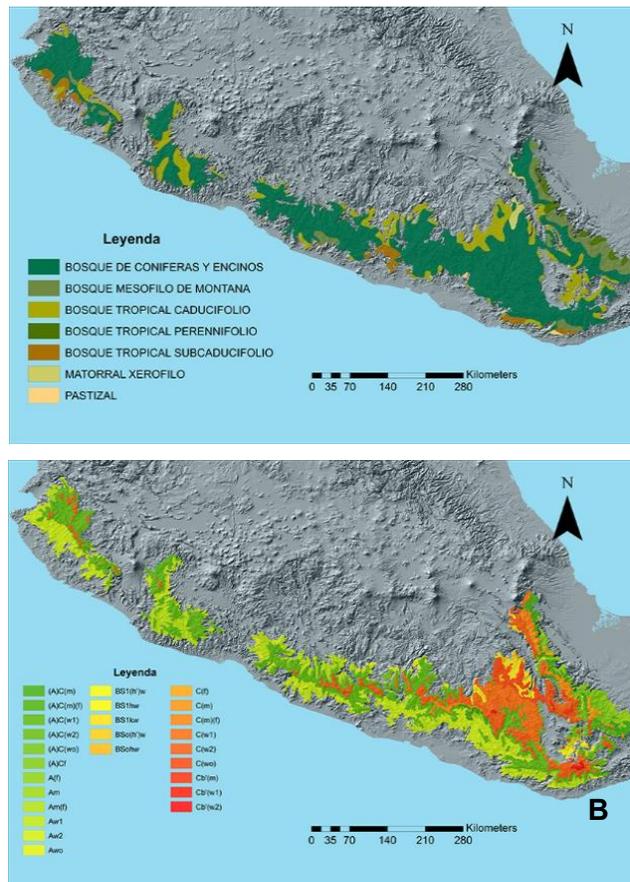


Figura 4. A. Tipos de Vegetacion y B. Tipos de clima presentes en la Sierra Madre del Sur

Según Ferrusquía (2007), la Sierra Madre del Sur es la provincia morfotectónica de mayor complejidad y diversidad geológica del país. A causa de sus niveles de altitud y escarpadas pendientes ha sido considerada como centro incomparable de endemismo y biodiversidad (Fa y Morales, 1998).

Diversos autores han realizado diferentes regionalizaciones del territorio mexicano, en donde se ha concebido a la Sierra Madre el Sur de diferentes formas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diferentes concepciones del área que abarca la Sierra Madre del Sur

AUTOR Y AÑO	ÁREA QUE RECONOCIA
Smith (1941)	La SMS queda comprendida dentro del conjunto de provincias que constituyen la región Neártica, en la subregión de las montañas rocallosas, llamándola provincia biótica guerrerense.
Cabrera y Willink (1973)	Incluye a la SMS dentro de la región Holártica, en el dominio Norteamericano Pacífico.
Rzedowski (1978)	En una clasificación fenética, considera a la SMS como parte del Reino Holártico y de la región pacífico-norteamericana, denominándola provincia de las serranías meridionales junto con el eje Neovolcánico.
Halffter (1978)	Ubica a la SMS dentro de la Zona de Transición Mexicana, que también contiene a las sierras Madre Oriental y Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana.
Samek (1988)	La SMS queda incluida en la Provincia de la Costa Pacífica de América Central, como parte de la región biogeográfica del Caribe.
Hernández-Baños <i>et al.</i> , 1995; Arriaga <i>et al.</i> , 1997; Marshall y Liebherr, 2000; Zink <i>et al.</i> , 2000; Morrone y Márquez, 2001; Contreras-Medina y Eloísa-León, 2001; Escalante <i>et al.</i> , 2004; Morrone, 2005) Morrone, 2005	Ubican esta provincia en la Zona de Transición Mexicana, que representa parte de los límites entre dos grandes regiones biogeográficas  De cenocrones neárticos, neotropicales y endémicos

## **MÉTODO**

¡No! No lo intentes... Hazlo o no lo hagas... Pero no lo intentes...

### **Fuente de los datos y elección de las especies**

Se establecieron las especies a utilizar en el trabajo a partir de la revisión de la base de datos que se obtuvo de una consulta al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) sobre especies que se distribuye en la SMS así como de la información disponible en el portal *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, <http://www.gbif.org/>) y literatura existente. De la consulta se eligieron aquellas especies indicadas como endémicas de la SMS, sin importar el grupo taxonómico al que perteneciera. Se realizó la construcción y estandarización de la base de datos general en Access 2010®. Tomando en cuenta el número de registros así como la información geográfica y taxonómica con la que contaba cada especie.

### **Calidad de la información**

Para garantizar la calidad de los datos se validaron tanto taxonómica como geográficamente. La taxonomía de cada registro se verificó que contara con el nombre válido de la especie, de lo contrario se corrigió, según lo establecido en catálogos en línea como TROPICOS (<http://www.tropicos.org/>) o CATALOGUE OF LIFE (<http://www.tropicos.org/>), con el fin de evitar problemas nomenclaturales como sinonimias o desactualizaciones. En cuanto a la validación geográfica, se verificó que las coordenadas del registro coincidieran con lo descrito en el campo 'localidad de la base de datos'. En este caso, se contrastó con la cobertura de Municipios de México, Google Earth y Nomenclátor de localidades de CONABIO (CONABIO, 2014)

### **Variables utilizadas en la modelación y perfil bioclimático**

La información de las 19 variables climáticas se obtuvo de WorldClim versión 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005) (Cuadro 2). Para generar el perfil bioclimático la información de los registros se cruzó con las variables y se extrajo la información mediante la herramienta 'extraer valores múltiples a puntos' del programa ArcMap versión 10.1 (ESRI, 1999-2012). Con esta información se generó el perfil bioclimático de cada especie, el cual sintetizó las condiciones climáticas de los sitios (Busby 1991; Lindenmayer *et al.*, 1991; Fischer *et al.*, 2001; Robertson *et al.*, 2003; Villaseñor & Téllez, 2004).

Cuadro 2. Variables utilizadas para generar los perfiles bioclimáticos así como lo MNE

Variables	
tppf	Temperatura mínima promedio del cuatrimestre más frío
tpcs	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco
tpcll	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso
tpcf	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío
tpa	Temperatura promedio anual
tmppc	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido
tcc	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco
ppll	Precipitación del periodo más lluviosos
pcs	Precipitación del cuatrimestre más seco
pcll	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso
pcf	Precipitación del cuatrimestre más frío
pcc	Precipitación del cuatrimestre más caliente
pa	Precipitación anual
odt	Oscilación diurna de la Temperatura
oat	Oscilación anual de la Temperatura
iso	Isotermalidad
ep	Estacionalidad de la precipitación
edt	Estacionalidad de la Temperatura
pps	Precipitación del periodo más seco

### **Depuración del sesgo de la información**

Se realizó una depuración por especie seleccionada, descartándose registros redundantes, atípicos y autocorrelacionados espacialmente. Los registros redundantes se eliminaron empleando la extensión Trazos 2004 (Rojas-Parra, 2005), la cual es utilizada como herramienta para la realización de análisis panbiogeográficos, pero que en primera instancia genera una base de datos sin registros repetidos o redundantes.

Los datos atípicos y autocorrelacionados, se eliminaron por especie, considerando la información obtenida en el perfil bioclimático, ésta se utilizó para establecer patrones ecológicos de la distribución de las especies (media, desviación estándar, máximos y mínimos por cada variable) y se realizó adicionalmente un análisis de conglomerados en Statgraphics Centurion XVI.I. De esta forma, se pudo visualizar en el fenograma qué tanto

distan los puntos entre sí, respecto a la información bioclimática que presentan, en donde los menos cercanos se salían de la media más una desviación estándar (tomando como referencia el perfil generado) y los autocorrelacionados mostraban la misma distancia en el fenograma (Fig. 5).

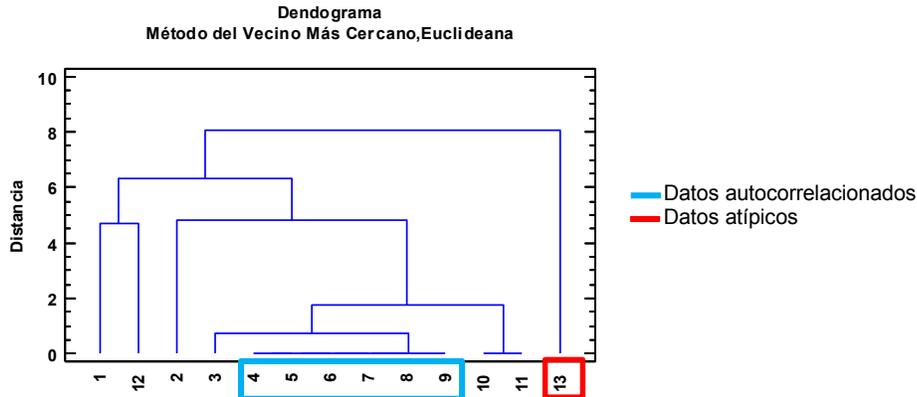


Figura 5. Fenograma que permite discriminar entre los tipos de datos autocorrelacionados y atípicos

### **Construcción de los Modelos de Nicho Ecológico (MNE)**

*Establecimiento de espacio M.* La región o espacio M es el área que se considera como apta para la movilidad o dispersión de la especie. Para delimitar la distribución potencial de las especies se utilizó como espacio M a las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrológicas de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1998), considerándolas como delimitador natural del nicho de las especies. La definición del espacio M para la modelación del nicho se obtuvo de la descripción de las distribuciones de cada especie. Para esto se construyó un polígono mediante el cual, se cortaron las coberturas de las variables que se utilizaron para la construcción de los MNE.

A partir de la muestra de registros únicos, sin datos atípicos y sin autocorrelación espacial, se obtuvo un primer modelo de nicho (modelo de entrenamiento) con el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt versión 3.3, Phillips *et al.*, 2006). Para esto, se usó por especie el 80% de los datos para realizar el modelo, y el 20% restante para validarlo. En cada análisis se estableció la opción para que el modelo mostrara: a) la imagen del modelo en formato *.png* b) las curvas de respuesta de cada una de las variables, el estadístico de la

curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*), o el área bajo la curva (AUC) c) el análisis de Jackknife para observar la contribución e importancia de cada variable en el mapa resultante, siendo estos últimos los utilizados para la construcción del modelo ajustado.

La *selección de las variables* que se empleó para generar el modelo ajustado consistió en elegir aquellas variables que contribuyeron o fueron importantes para el modelado de entrenamiento cuidando la posible redundancia entre las 19 variables y se estimó calculando la correlación de Pearson (19 x 19), usando un nivel de significancia del 0.01 con el programa SPSS 20.1. (Fig. 6A) Los valores de la matriz de correlación se contrastaron con los valores más altos de contribución (Fig. 6B) de las variables al modelo y del análisis de Jackknife en el caso de que se agotaran las variables que contribuyeron se seleccionaron las más importantes (Fig. 6C).

Con las variables seleccionadas se realizaron los segundos MNE, en este caso llamados, *modelos ajustados*.

### **Evaluación del modelo**

La evaluación consistió en contrastar las predicciones respecto a datos considerados independientes para obtener una medida de: 1) su significancia, y 2) su desempeño. Para la evaluación se emplearon las curvas ROC, que constituyen una herramienta fundamental y unificadora en el proceso de evaluación. Las ROC describieron todos los pares de intervalos de confianza de sensibilidad (identificación correcta de presencias, en las y) y la especificidad (tasa de falsas alarmas, en las x) resultantes de la variación continua de los puntos de corte en todo el intervalo de los resultados observados. Las ROC a su vez dieron origen al estadístico llamado AUC, que es una medida global de la exactitud de esta prueba diagnóstica (Burgueño *et al.*, 1995; Elith *et al.*, 2006 y Stockman *et al.*, 2006).

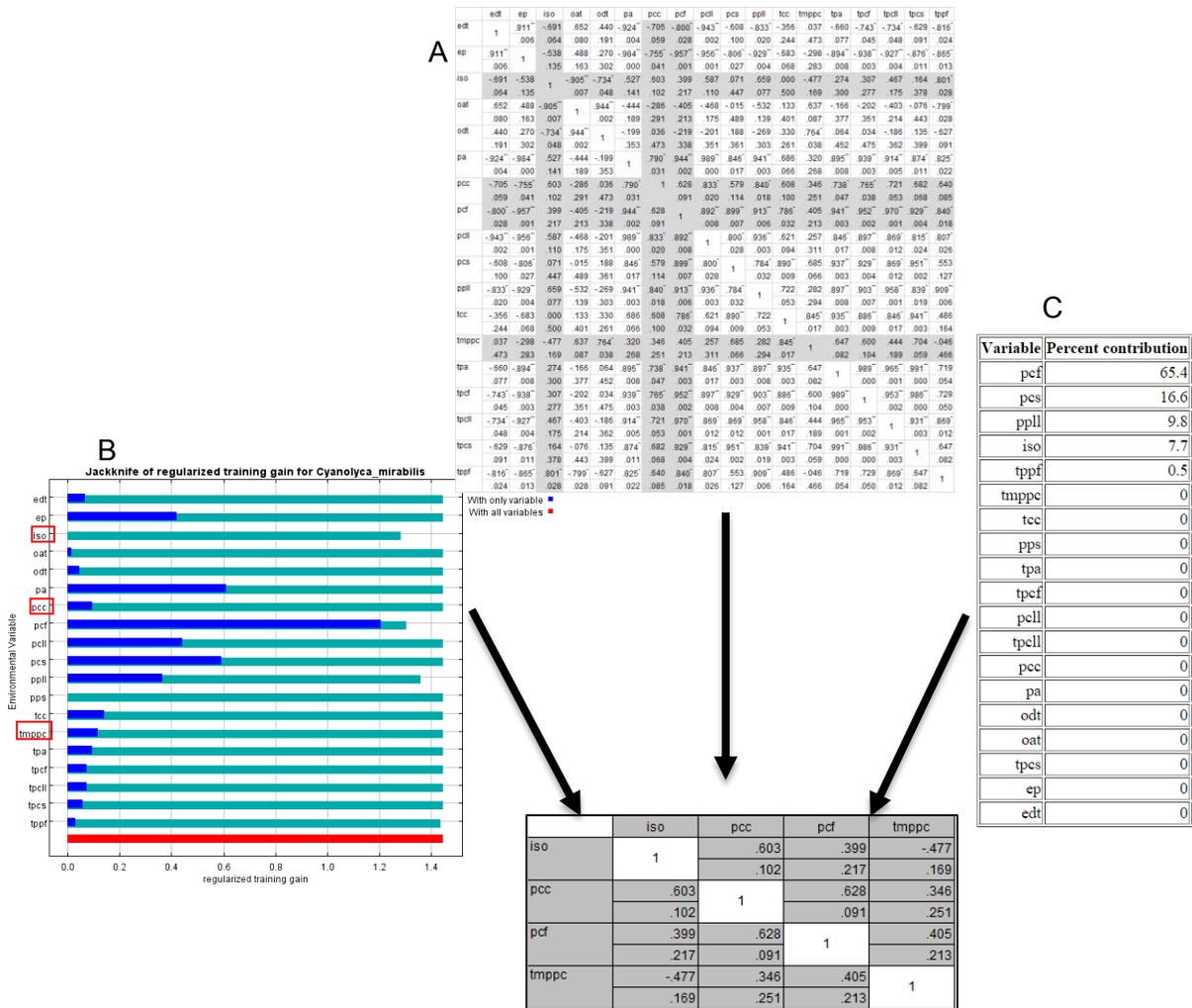


Figura 6. Esquema elección de variables

Finalmente, a los modelos ajustados se les extrajo un umbral que muestra el 90% de la probabilidad de encontrar las condiciones para su distribución con ArcView 3.2., asignándoles el valor de uno a los pixeles que tuvieran valores asociados mayores al valor del percentil 10 que calcula el algoritmo de modelado y de cero los que presentan valores menores.

### Identificación de Áreas de Endemismo

Las áreas de endemismo se detectaron mediante tres métodos:

*Superposición de áreas:*

Con los umbrales se procedió a proyectarlos en el SIG y así poder visualizar la congruencia de al menos dos MNE y establecer las áreas de superposición que presentan. Se realizó una suma de los modelos para identificar en qué áreas se superponían diferentes modelos.

A partir de una grilla de 0.5° por 0.5° se cuadrículó el área que abarca la SMS, se contabilizó el número de píxeles que presenta cada MNE con valor de “1” por cada uno de los cuadros de la grilla. Con dichos valores se construyó una matriz de datos en donde las especies ocupaban las columnas y las filas el respectivo identificador del cuadro

*Análisis de Parsimonia de Endemismos:*

A partir de la matriz obtenida se determinó que se le asignaría el valor de “1” (presencia) a aquel cuadro cuyo número de píxeles contabilizados estuviera por encima del primer cuartil y “0” (ausencia) al cuadro que tuviera valores inferiores a éste. Así, se obtuvo una matriz de incidencia. La matriz se sometió a un análisis de parsimonia, con el programa Winclada ver. 1.00.08 seleccionando el cladograma más parsimonioso.

*Análisis de similitud:*

Se generó una matriz de datos, en donde la información se organizó de dos formas, para agrupar áreas la matriz tuvo una estructura de modo Q (cuadro x especies) y para agrupar a las especies ésta se realizó en modo R (especies x cuadro).

A las matrices se les aplicó un análisis de similitud empleando el programa Estimates S, ver. 9 (Colwell, 2013) utilizando el índice de Sorensen corregido por Chao (Chao et al., 2005), en donde se comparó que tan similares eran las áreas de acuerdo al número de píxeles por especie que compartían en cada cuadro, en el primer caso. Y en el segundo caso se comparó la similitud de la distribución de las especies.

Con los resultados obtenidos en el análisis de similitud se construyeron matrices de disimilitud, con cada una de ellas se construyó un fenograma en el programa Stata empleando el algoritmo de ligamiento promedio ponderado (weigted-average).

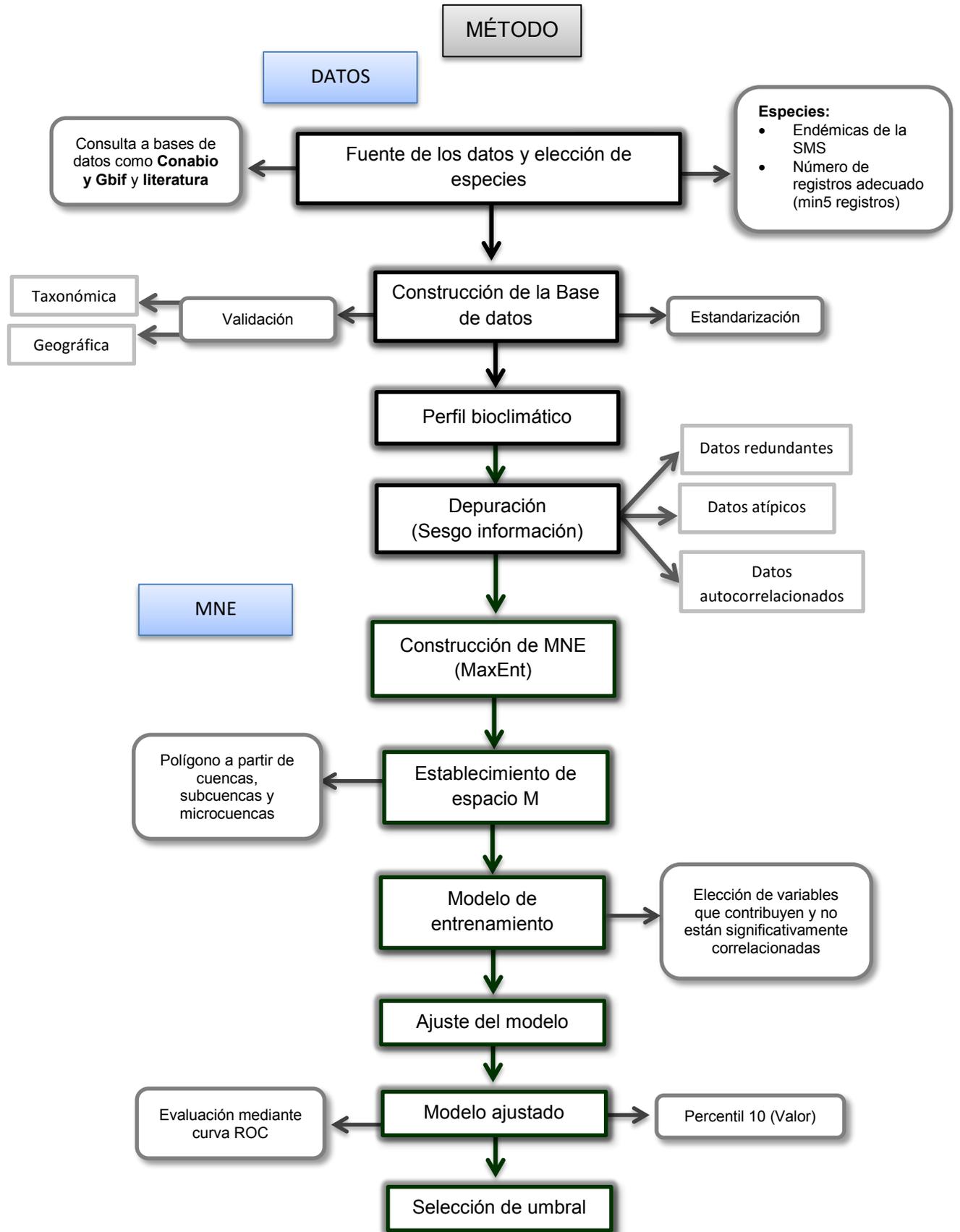


Figura 7 Diagrama de Flujo del método. Parte A.

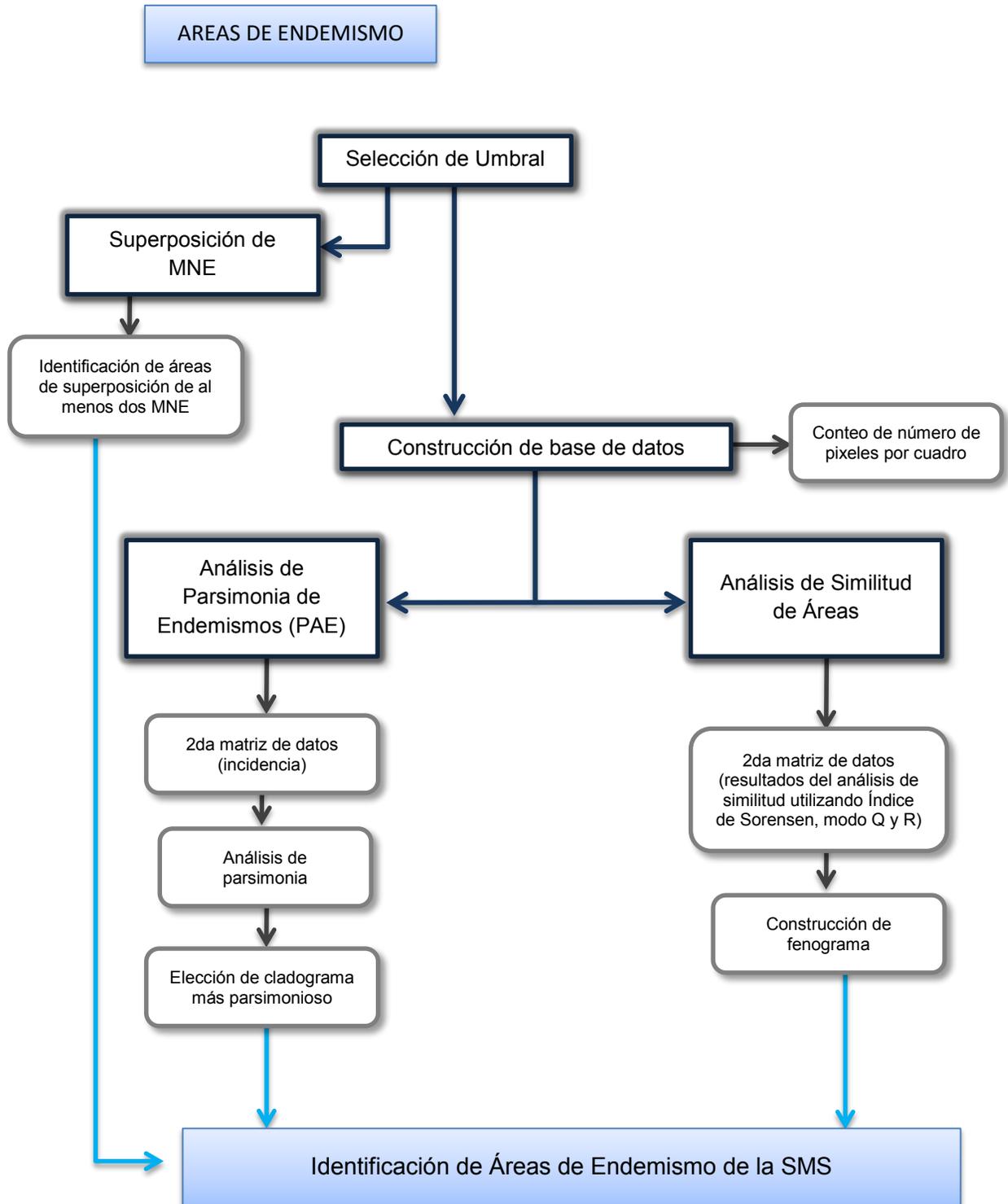


Figura 7. Diagrama de Flujo del método. Parte B.

## RESULTADOS Y ANALISIS

### Base de datos y validación de registros

La base de datos quedó integrada por 508 registros repartidos en 34 especies, pertenecientes a 23 géneros y agrupados en 18 familias. El total de las especies se encuentran incluidas en cinco grupos taxonómicos y presentan una distribución endémica en el área considerada como SMS. Los grupos seleccionados fueron plantas (19 especies), anfibios (tres), reptiles (seis), aves (tres) y mamíferos (tres) (Cuadro 3). La información provino de diferentes fuentes, el SNIB contribuyó con la mayor cantidad (86%), seguido de las bases de datos en línea (10%) y una pequeña porción de estos (4%) de la literatura.

De acuerdo con las fuentes de datos, existen más especies endémicas de la SMS. Sin embargo, no cuentan con el número mínimo de registros indispensables para la construcción del modelo de nicho ecológico correspondiente. El número de registros obtenidos se encuentra influido por la categoría de distribución que presenta cada una de las especies elegidas, pues aquellas que son consideradas como endémicas, presentan pocos registros debido a que su distribución llega a ser en ocasiones mínima.

Como resultado de la validación de los datos, el porcentaje de inconsistencias y errores detectados durante la validación de un total de 1686 registros de la base de datos inicial se encontraron un total de 1178 inconsistencias. Los errores que se detectaron con mayor frecuencia fueron: registros redundantes (40%=1013 datos) y datos estadísticamente atípicos (10%=165 datos únicos). Los registros que presentaron problemas de georreferenciación representaron entre el 2% y 5% de registros erróneos.

Durante el proceso de validación los registros en sus diferentes etapas disminuyeron con respecto al total de los registros iniciales, en todas las especies exceptuando *Ainea konzattii* y *Beilschmiedia manantlanensis*, que mantuvieron sus registros. Por ello, la base de datos final tuvo un 70% menos de registros; es decir, quedó finalmente conformada por un total de 505 registros (Cuadro 3).

Los registros repetidos y los datos estadísticamente atípicos fueron los más frecuentes durante la depuración y validación de la base de datos de las especies estudiadas en este trabajo. Esto puede deberse a que en las bases de datos de cada grupo hay registros

Cuadro 3. Especies endémicas a la SMS y su número de registros

Familia	Especies	Número de registros	Número de Registros sin redundantes	Número de Registros después de Calidad de Datos
<b>PLANTAS</b>				
<b>Asteraceae</b>	<i>Axiniphyllum corymbosum</i> Benth., 1872	46	26	25
	<i>Psacalium guerreroarum</i> B. L. Turner, 1989	18	12	5
<b>Burseraceae</b>	<i>Bursera altijuga</i> Rzed., Calderón & Medina 2004	13	13	6
	<i>Bursera arida</i> (Rose) Standl. 1929	36	36	21
	<i>Bursera biflora</i> (Rose) Standl. 1929	85	85	51
	<i>Bursera confusa</i> (Rose) Engl.	11	11	7
	<i>Bursera heliae</i> Rzed. & Calderón 2002	18	18	12
<b>Fagaceae</b>	<i>Quercus martinezii</i> C.H. Mull., 1954	92	18	17
	<i>Quercus rubramenta</i> Trel., 1934	55	11	10
	<i>Quercus salicifolia</i> Née, 1801	25	26	22
	<i>Quercus tuitensis</i> L.M. González, 2003	7	7	6
	<i>Quercus uxoris</i> McVaugh, 1972	41	19	17
<b>Iridaceae</b>	<i>Ainea konzattii</i> (R.C. Foster) Ravenna., 1979	7	6	6
	<i>Sessilanthera helianta</i> (Ravenna) Cruden., 1975	18	9	8
<b>Lauraceae</b>	<i>Beilschmiedia manantlanensis</i> Cuevas & Cochranæ	5	5	5
<b>Pinaceae</b>	<i>Abies hickeli</i> Flous & Gaussen, 1932	13	8	6
	<i>Pinus jaliscana</i> Pérez de la Rosa, 1983	25	25	21
	<i>Pinus rzedowskii</i> Madrigal & Caball. Del., 1969	40	30	20
<b>Salicaceae</b>	<i>Populus guzmantlensis</i> A. Vázquez & R.Cuevas, 1989	16	16	13
<b>ANFIBIOS</b>				
<b>Caudata: Plethodontidae</b>	<i>Pseudoerycea cochranæ</i> Taylor, 1943	32	10	7
	<i>Pseudoerycea smithi</i> Taylor, 1938	10	8	6
	<i>Thorius narisovalis</i> Taylor, 1939	28	11	10
<b>REPTILES</b>				
<b>Squamata: Anguidae</b>	<i>Abronia oaxacae</i> Günther, 1885	15	15	11
	<i>Mesaspis gadovii gadovii</i> Boulenger, 1913	108	26	21
<b>Squamata: Colubridae</b>	<i>Salvadora intermedia</i> Hartweg, 1940	13	7	5
<b>Squamata: Dactyloidae</b>	<i>Anolis liogaster</i> Bocourt, 1873	50	7	6

<b>Squamata: Natricidae</b>	<i>Thamnophys crysocephalus</i> Cope, 1885	83	29	28
<b>Squamata: Phrynosomatidae</b>	<i>Sceloporus adleri</i> Smith & Savitzky, 1974	216	33	25
<b>AVES</b>				
<b>Caprimulgiformes: Trochilidae</b>	<i>Eupherusa poliocerca</i> Elliot, 1871	255	61	45
	<i>Lophornis brachylophus</i> Moore, 1949	15	15	8
<b>Passeriformes: Corvidae</b>	<i>Cyanolyca mirabilis</i> Nelson, 1903	8	8	6
<b>MAMIFEROS</b>				
	<i>Megadontomys thomasi</i> Merriam, 1898	176	34	29
<b>Rodentia: Cricetidae</b>	<i>Peromyscus gratus zapotecae</i> Hooper, 1957	37	11	8
	<i>Peromyscus winkelmanni</i> Carleton, 1977	69	17	15

duplicados que han sido enviados de diferentes colecciones biológicas o bien a que las mismas localidades fueron visitadas en diferentes años o fechas del año, respecto a los datos atípicos, las malas determinaciones taxonómicas de los ejemplares en cuestión o en su defecto la mala captura de coordenadas e insuficiente información acerca de la localidad de recolecta, condicionan esta situación (Soberon y Peterson, 2004; Mateo *et al.* 2011 y Castillo *et al.*, 2014).

En cuanto a los registros que presentaron otros tipos de errores e inconsistencias distintos a los antes mencionados (con un porcentaje menor al 20%), su eliminación también contribuyó a la validación y depuración de la base de datos.

El análisis del proceso de depuración y validación de la base de datos de las especies en estudio sugiere que los inconvenientes o inconsistencias aquí reportados podrían ser comunes en las colecciones y bases de datos biológicas independientemente del grupo taxonómico que se trabaje y que, por lo tanto, su detección y eliminación es un aspecto importante antes de utilizar la base de datos para cualquier análisis biogeográfico.

En trabajos como Franklin, (1995), Hernández *et al.*, (2006) y Elith *et al.*, (2006) se discute la importancia que tiene el número de registros para modelar la distribución potencial de una especie, sin embargo, en este trabajo se plantea que la robustez de estos modelos no se encuentra determinada por la cantidad de registros sino por la calidad de éstos. Es decir, lo importante es tener localidades únicas que no estén correlacionadas

especialmente y que cumplan con los requerimientos climáticos de acuerdo con los parámetros de la especie en cuestión.

### **Perfil bioclimático y variables importantes para los MNE**

El perfil bioclimático para cada uno de las especies (ANEXO I) muestra los requerimientos climáticos promedio, máximos y mínimos para su distribución. En el cuadro 4 se presentan las variables que más contribuyeron en la elaboración de los MNE, por cada especie. Estas variables se analizaron, con base en los datos obtenidos del perfil bioclimático, se sometieron a un análisis de correlación de Pearson manteniendo a aquellas variables que no estaban correlacionadas a un nivel de significancia de 0.001.

Se detectó que el comportamiento y contribución al modelo de las 19 variables es diferente en cada grupo taxonómicos y al interior de los grupos. A nivel específico solo algunas especies presentaron un patrón diferente.

Para el caso de las plantas, la distribución potencial del género *Bursera* se vio determinado por la precipitación del cuatrimestre más cálido (pcc), la precipitación del cuatrimestre más lluvioso (pcll) y la oscilación diurna de la temperatura (odt). En el caso del género *Quercus*, las variables más importantes fueron precipitación del cuatrimestre más frío (pcf) y la precipitación del cuatrimestre más cálido (pcs). Para el género *Pinus*, la precipitación anual (pa) se mantuvo constante en la construcción del MNE (cuadro 4). En general, las variables para las especies de plantas (Cuadro 4) que involucran precipitación fueron más utilizadas en comparación con las de temperatura; además de que existe una clara distinción entre las variables que se seleccionaron para los distintos géneros que cuentan con dos o más especies.

Para los anfibios (Cuadro 4), la precipitación del cuatrimestre más cálido (pcc) fue empleada por dos de las tres especies del grupo que se seleccionaron y, pese a que dos de ellas (*Pseudoerycea cochranae* y *Pseudoerycea smithi*) pertenecen al mismo género, no utilizaron las mismas variables al generarse los MNE, pues su distribución no es similar. La primera se restringe a las partes altas del sur del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la segunda se encuentra presente únicamente en la Sierra de Juárez, específicamente en el cerro de San Felipe.

Las especies que pertenecen al grupo de los Reptiles (Cuadro 4) no presentan un patrón de preferencia hacia las variables de temperatura o precipitación empleadas pues la mayoría de ellas (tres o más) ocuparon variables como precipitación del cuatrimestre más frío (pcf), isoterma (iso) y temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (tpcll).

En cuanto a las Aves (Cuadro 4) las tres especies seleccionadas emplearon la variable pcf (precipitación del cuatrimestre más frío) para generar su MNE, dos de ellas utilizaron isoterma (iso) y la temperatura máxima promedio del periodo más cálido (tmppc).

Por último, los mamíferos (Cuadro 4) no presentaron un patrón acerca de las variables que utilizaron para construir su respectivo modelo, a pesar de que dos especies son del mismo género, con esto se hace evidente que aunque dos especies se encuentren emparentadas no necesariamente compartirán las mismas áreas de distribución y, por ende, las condiciones que necesitan para que lo hagan no serán las mismas.

En general, las variables utilizadas para la elaboración del modelo ajustado y que mejor explicaron el modelo de distribución de cada una de las especies (Figuras 8-41; Cuadro 4) no fueron las mismas. Es decir, cada especie tiene sus particularidades aun cuando hay variables compartidas que muestran la idoneidad de las especies.

Cuadro 4. Variables empleadas para la construcción del MNE

PLANTAS																			
ESPECIES	VARIABLES																		
	tppf	tpcs	tpcll	tpcf	tpa	tmppc	tcc	odt	oat	iso	edt	ppll	pcs	pcll	pcf	Pcc	pa	ep	pps
<i>Abies hickeli</i>	■					■					■								
<i>Ainea konzattii</i>			■							■						■			
<i>Axiniphyllum corymbosum</i>											■				■				■
<i>Beilschmiedia manantlanensis</i>											■						■	■	
<i>Bursera altijuga</i>								■	■	■				■					
<i>Bursera arida</i>								■						■		■			
<i>Bursera biflora</i>											■			■		■			
<i>Bursera confusa</i>								■				■				■			
<i>Bursera heliae</i>	■															■			
<i>Pinus jaliscana</i>										■					■		■		
<i>Pinus rzedowskii</i>		■															■		
<i>Populus guzmantlensis</i>										■	■						■	■	



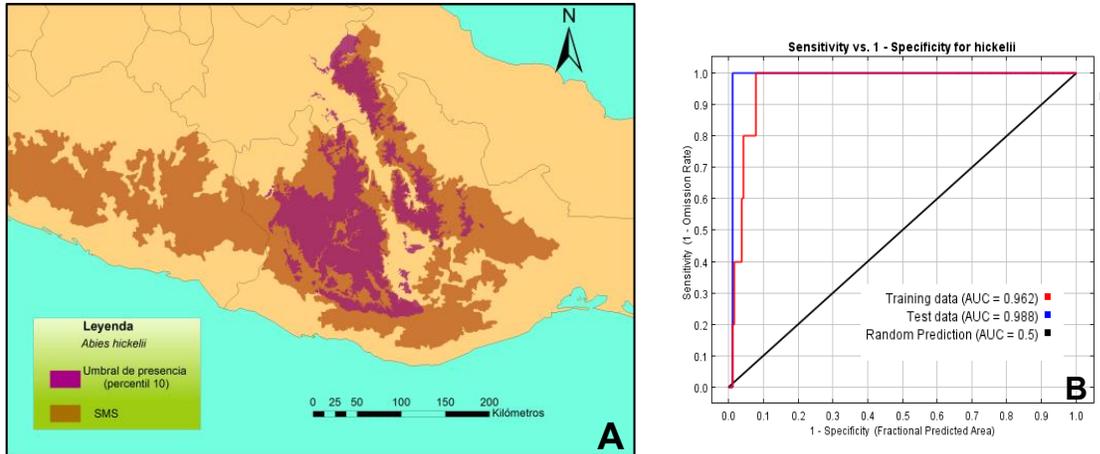


Figura 8. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Abies hickelii* B) Curva ROC y AUC.

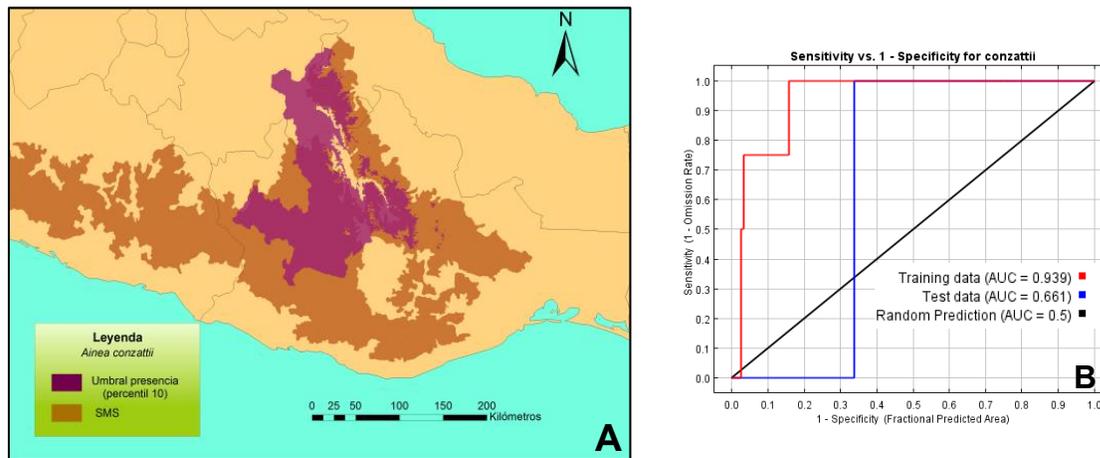


Figura 9. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Ainea conzattii* B) Curva ROC y AUC.

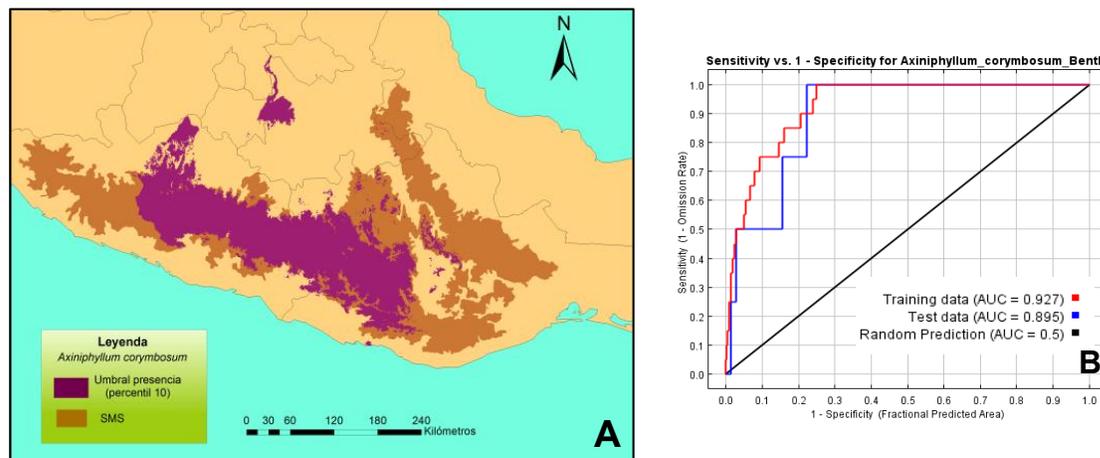


Figura 10. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Axiniphyllum corymbosum* B) Curva ROC y AUC.

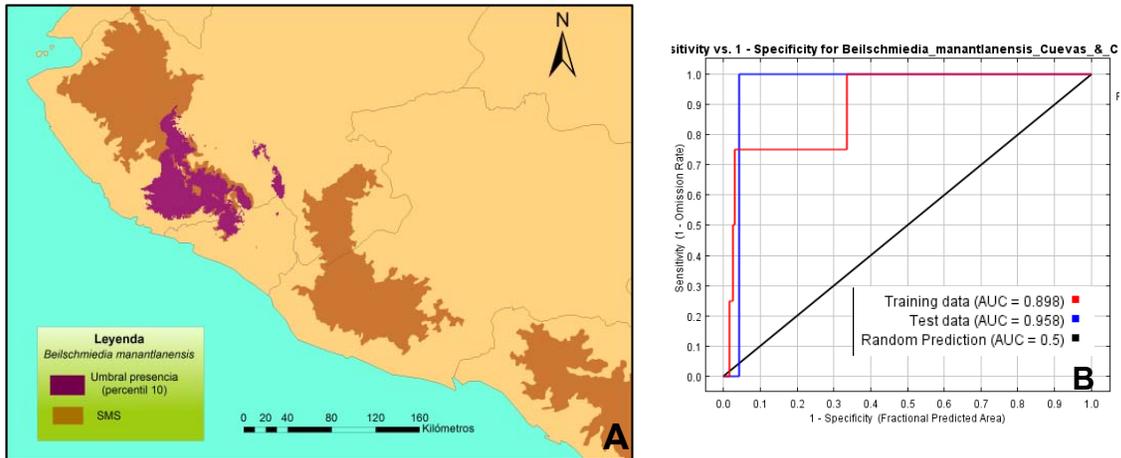


Figura 11. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Beilschmiedia manantlanensis* B) Curva ROC y AUC.

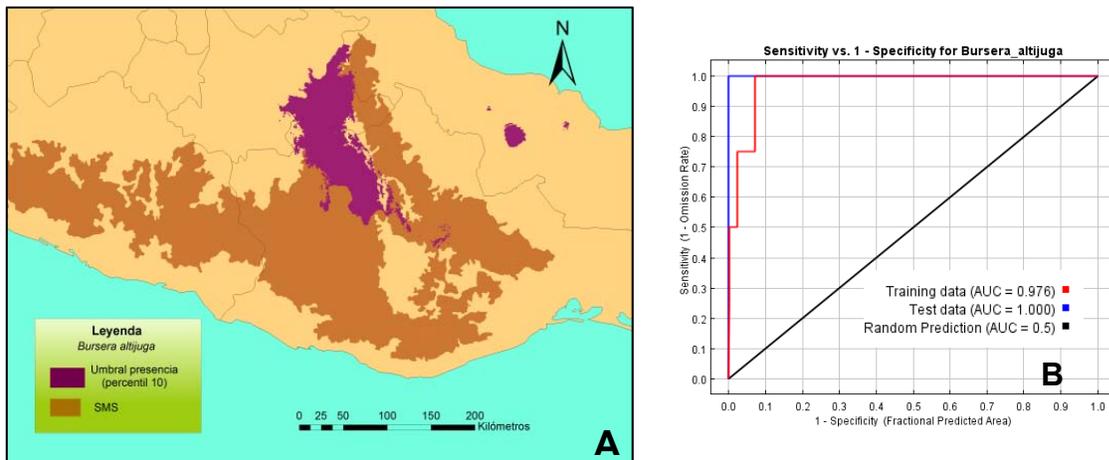


Figura 12. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Bursera altijuga* B) Curva ROC y AUC.

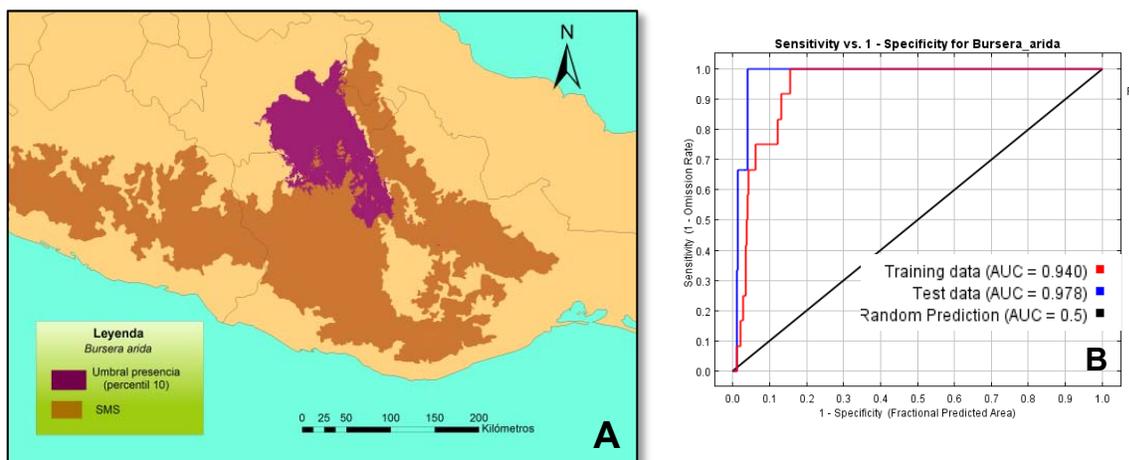


Figura 13. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Bursera arida* B) Curva ROC y AUC.

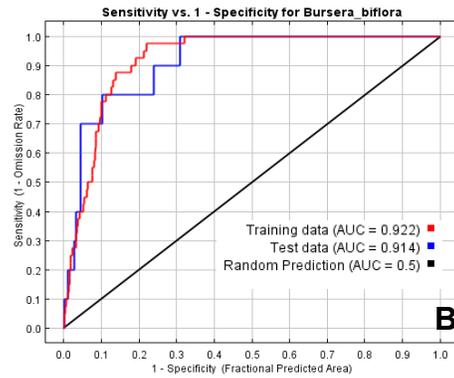
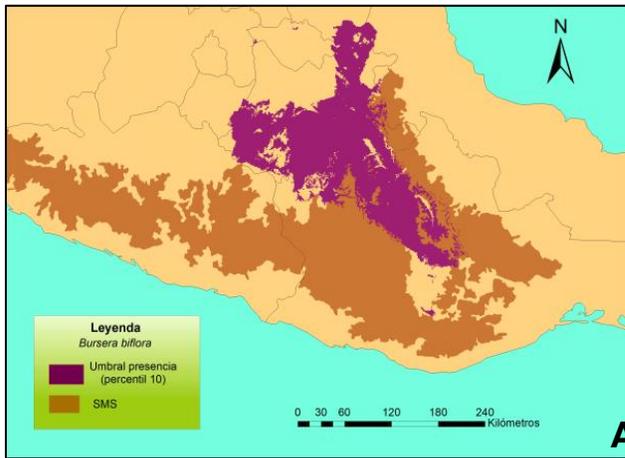


Figura 14. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Bursera biflora* B) Curva ROC y AUC.

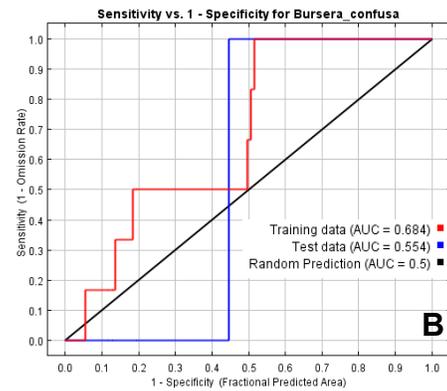
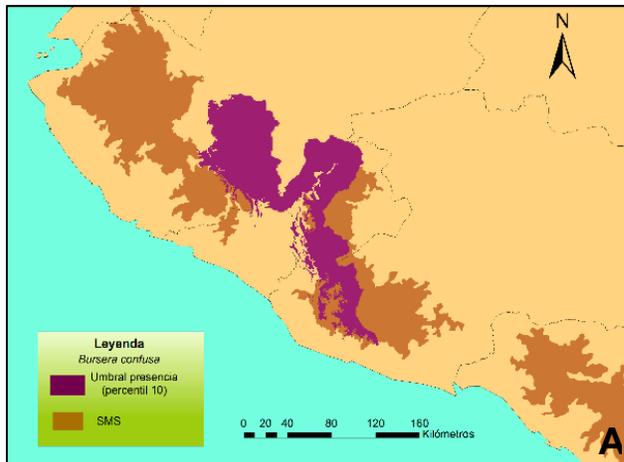


Figura 15. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Bursera confusa* B) Curva ROC y AUC.

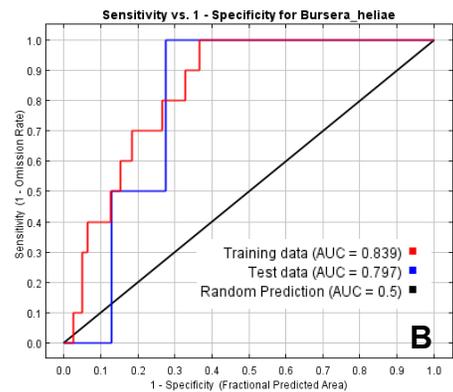
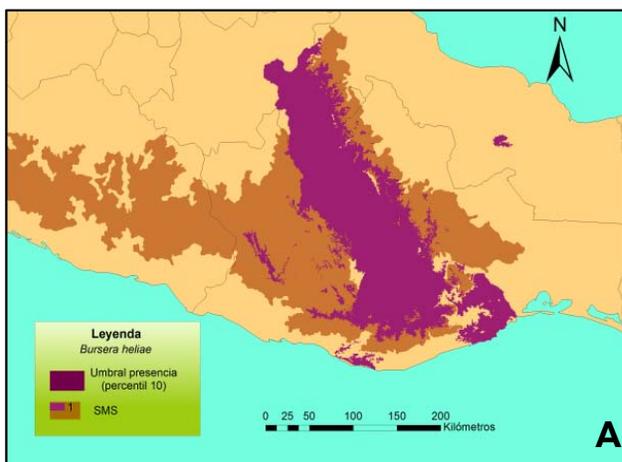


Figura 16. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Bursera heliae* B) Curva ROC y AUC.

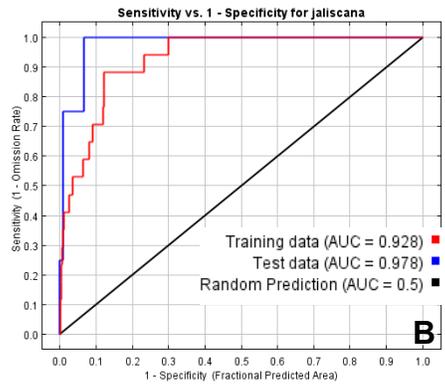
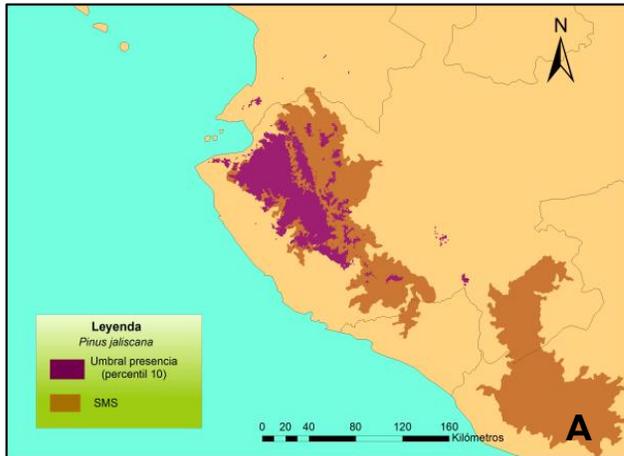


Figura 17. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Pinus jaliscana* B) Curva ROC y AUC.

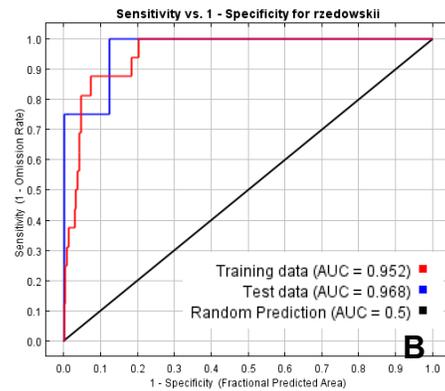
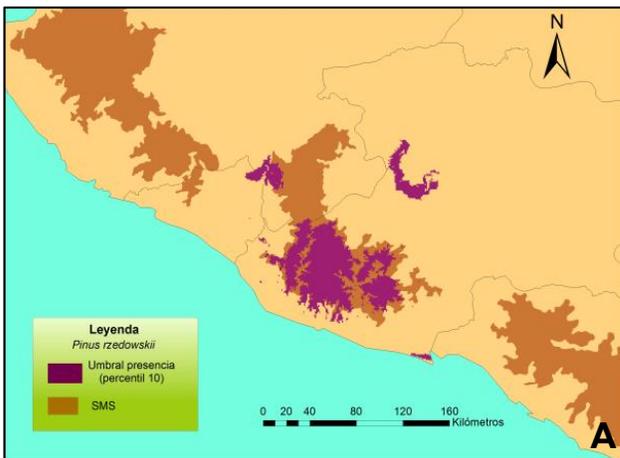


Figura 18. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Pinus rzedowskii* B) Curva ROC y AUC.

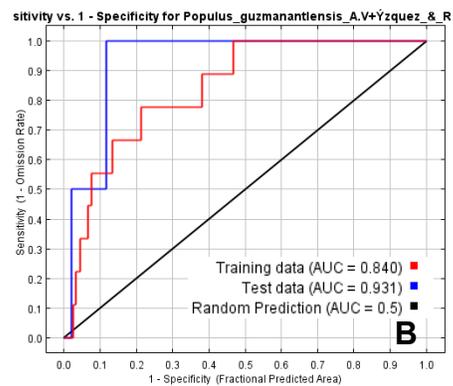
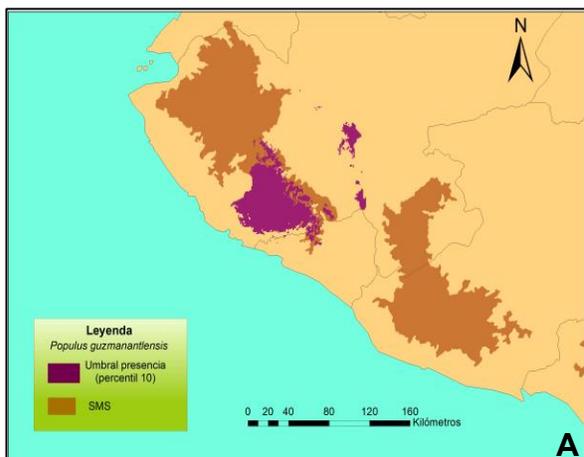


Figura 19. Modelo de Nicho Ecológico para *Populus guzmanantlensis* B) Curva ROC y AUC.

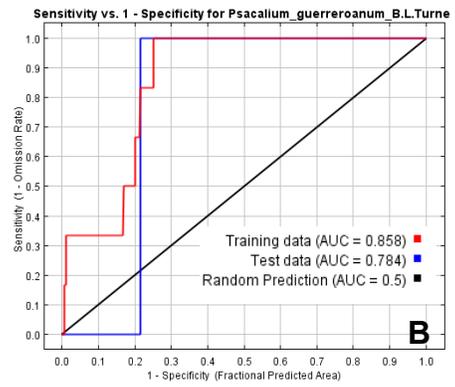
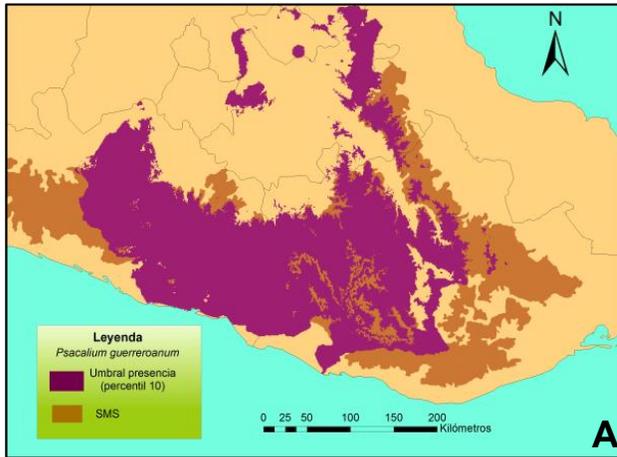


Figura 20. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Psacalium guerreroarum* B) Curva ROC y AUC.

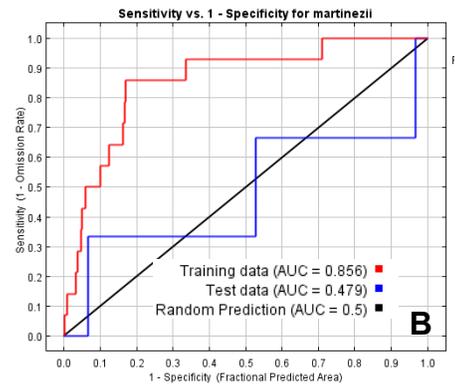
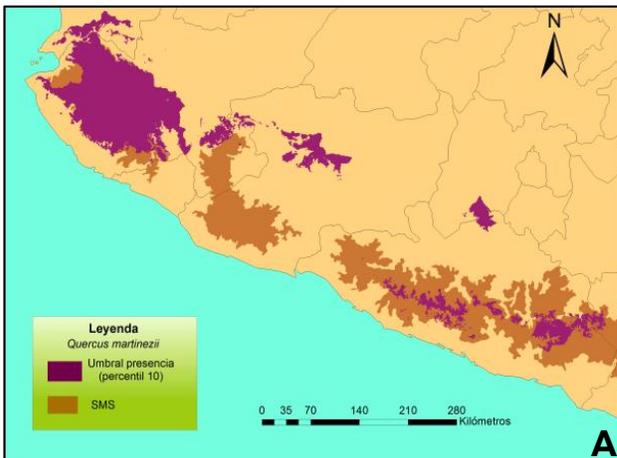


Figura 21. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Quercus martinezii* B) Curva ROC y AUC.

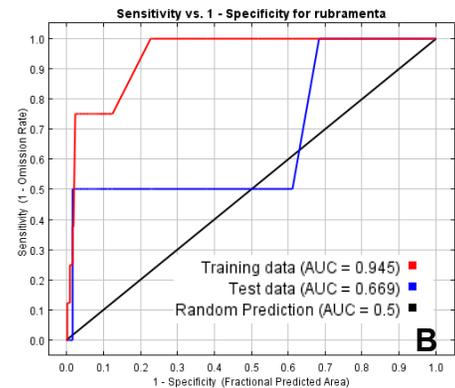
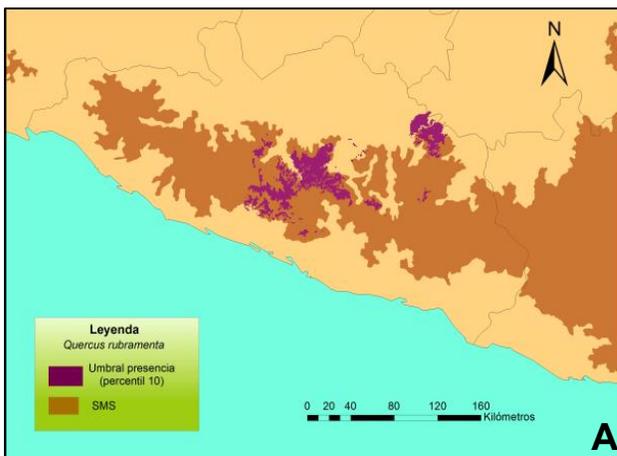


Figura 22. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Quercus rubramenta* B) Curva ROC y AUC.

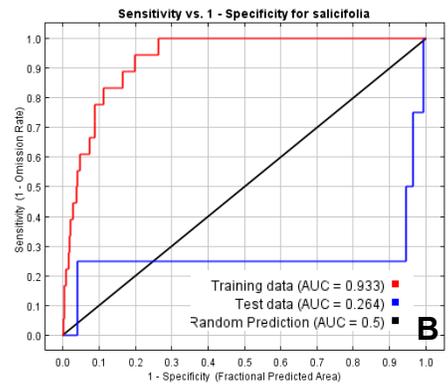
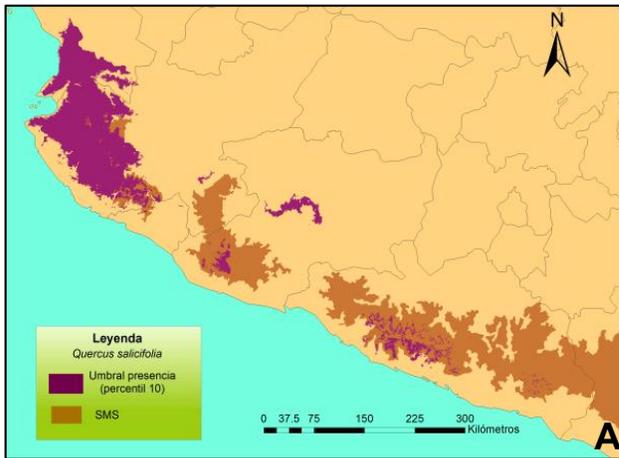


Figura 23.A) Modelo de Nicho Ecológico para *Quercus salicifolia* B) Curva ROC y AUC.

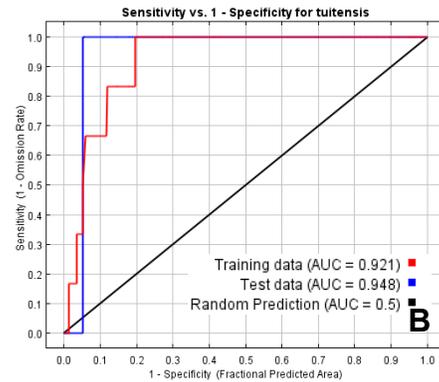
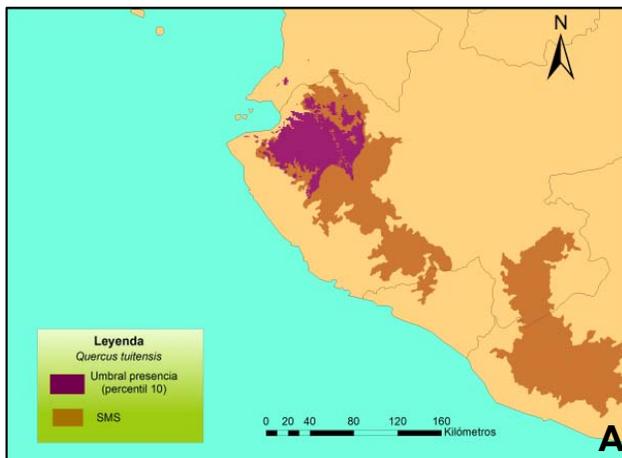


Figura 24. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Quercus tuitensis* B) Curva ROC y AUC.

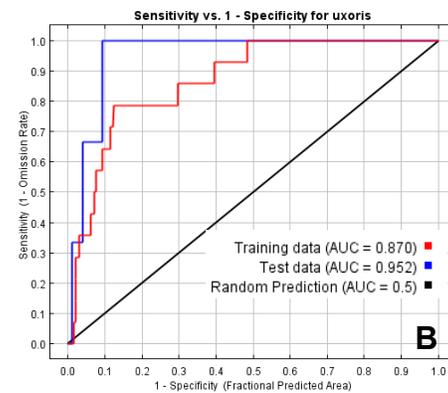
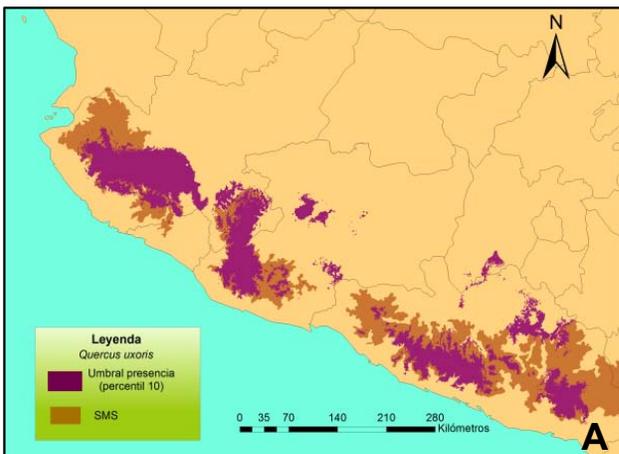


Figura 25.A) Modelo de Nicho Ecológico para *Quercus uxoris* B) Curva ROC y AUC.

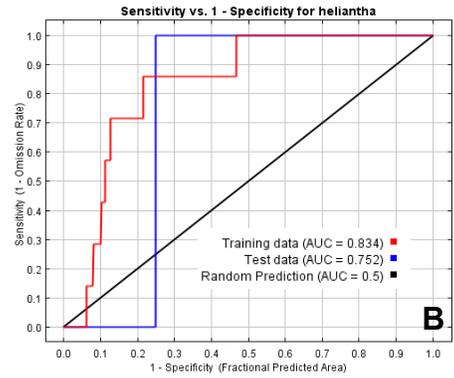
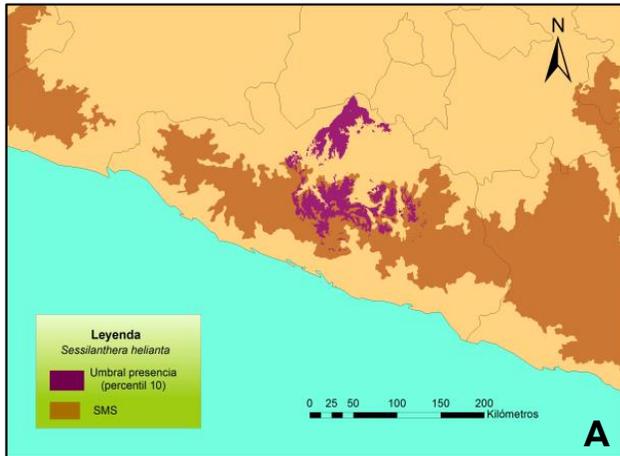


Figura 26. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Sessilanthera helianta* B) Curva ROC y AUC.

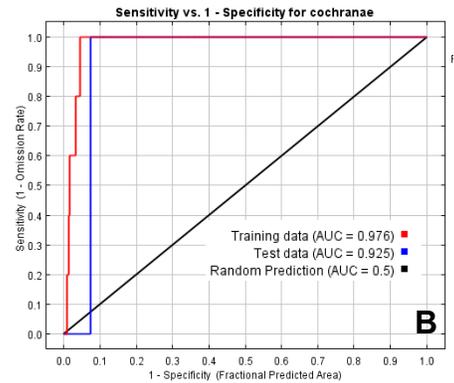
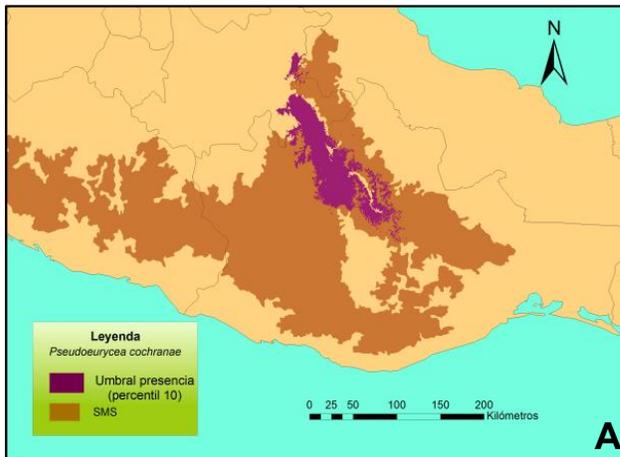


Figura 27. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Pseudoerycea cochranæ* B) Curva ROC y AUC.

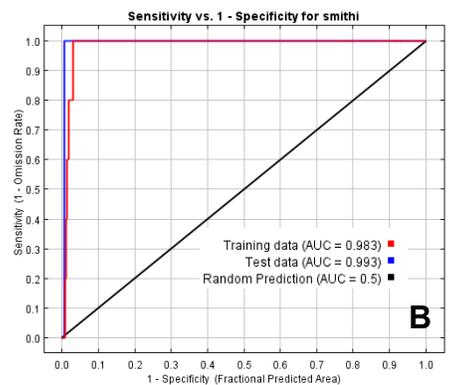
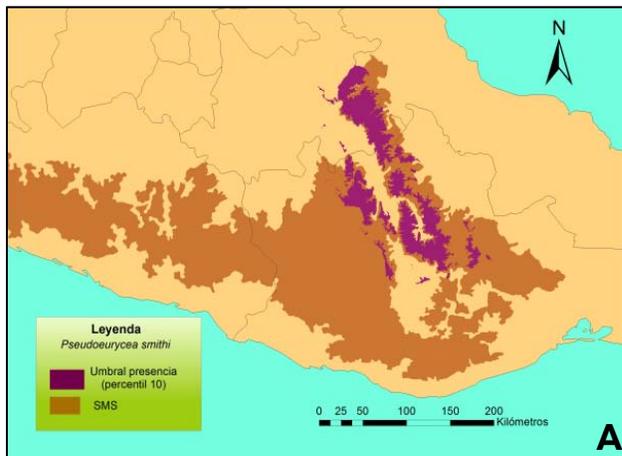


Figura 28. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Pseudoerycea smithi* B) Curva ROC y AUC.

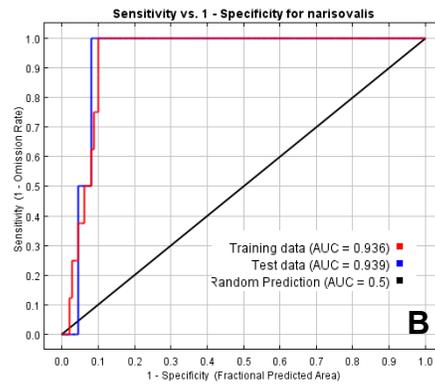
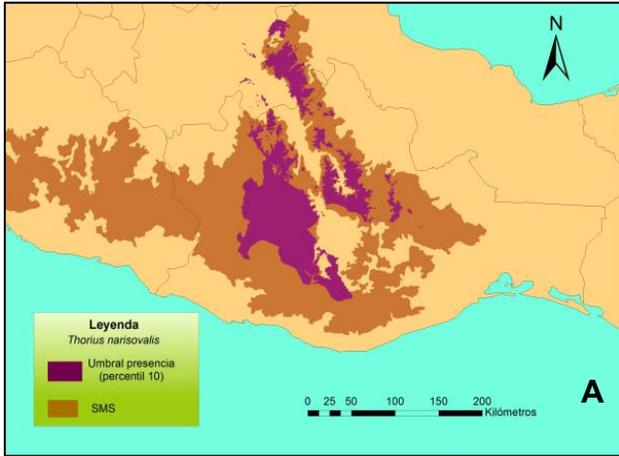


Figura 29. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Thorius narisovalis* B) Curva ROC y AUC.

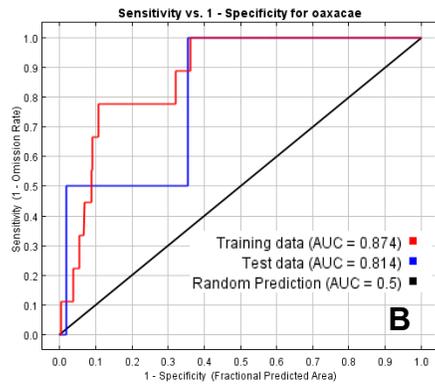
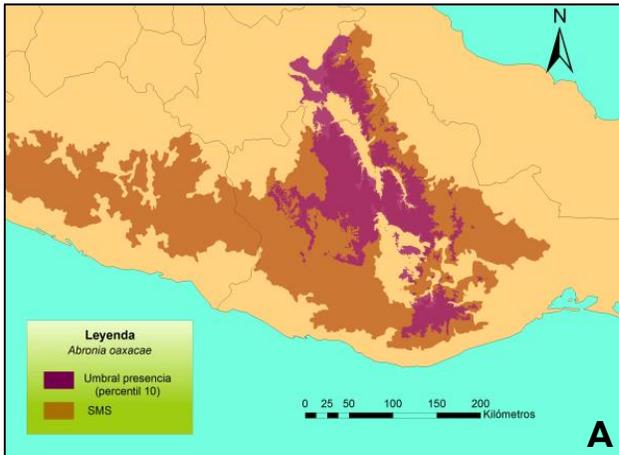


Figura 30. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Abronia oaxacae* B) Curva ROC y AUC.

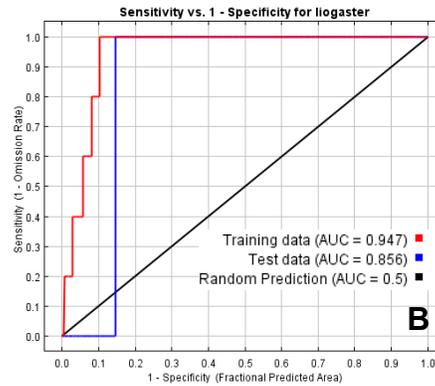
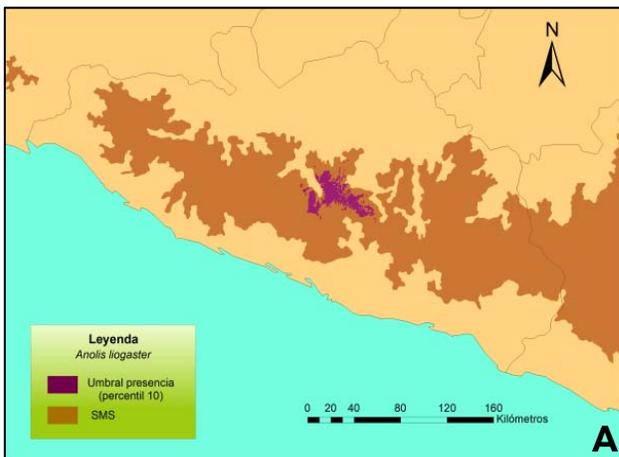


Figura 31. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Anolis liogaster* B) Curva ROC y AUC.

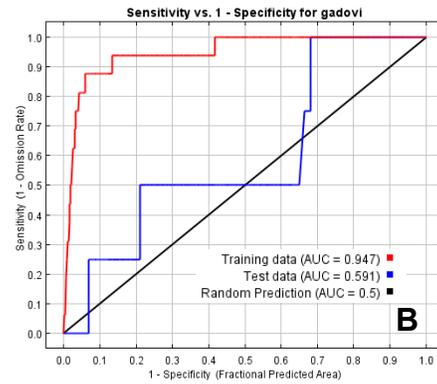
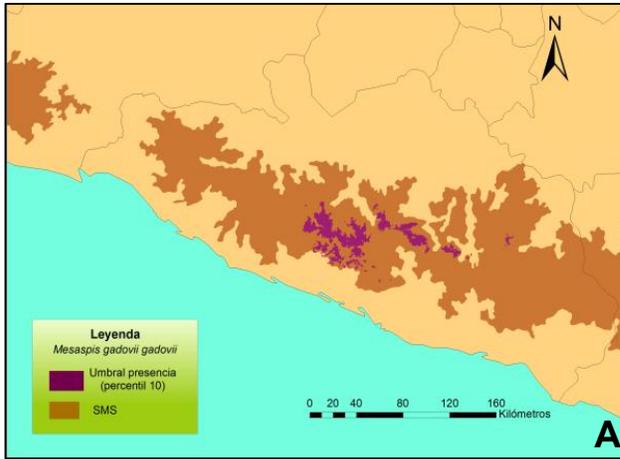


Figura 32. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Mesaspis gadovii gadovii* B) Curva ROC y AUC.

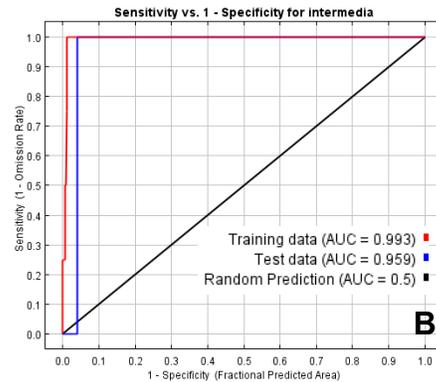
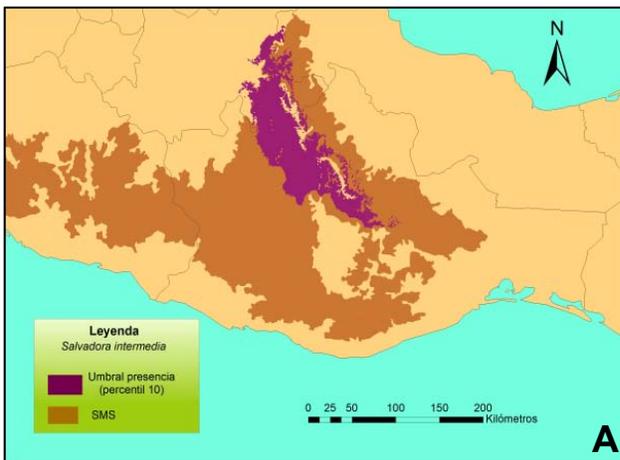


Figura 33. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Salvadora intermedia* B) Curva ROC y AUC.

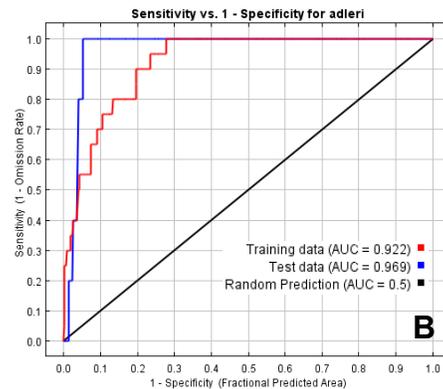
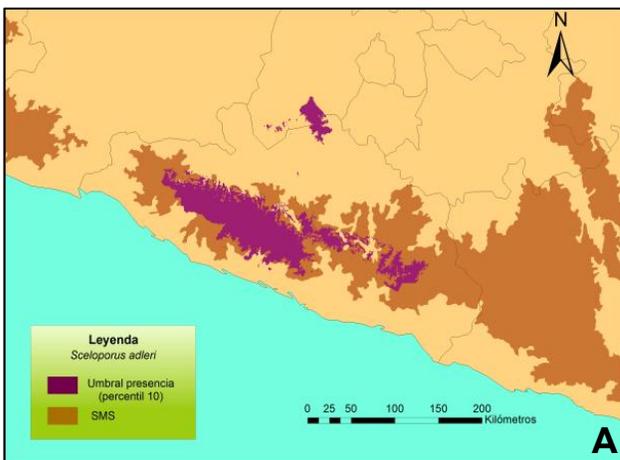


Figura 34. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Sceloporus adleri* B) Curva ROC y AUC.

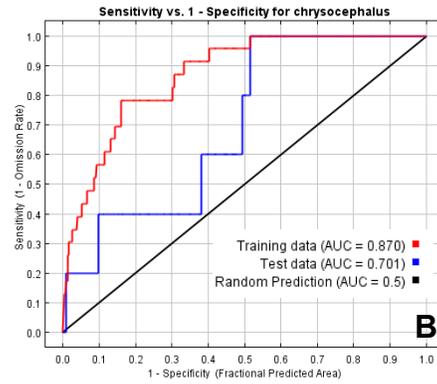
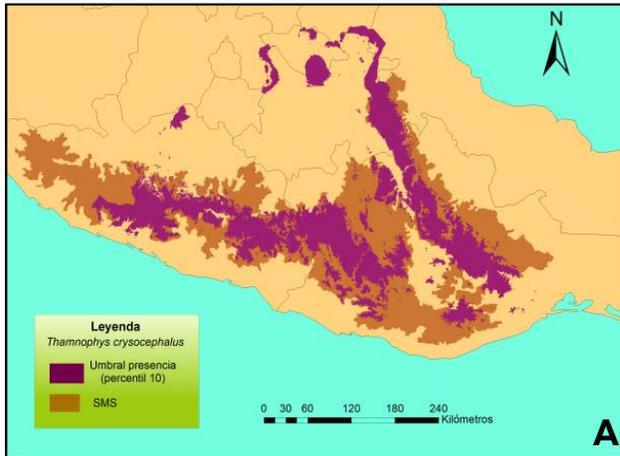


Figura 35. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Thamnophys crysocephalus* B) Curva ROC y AUC.

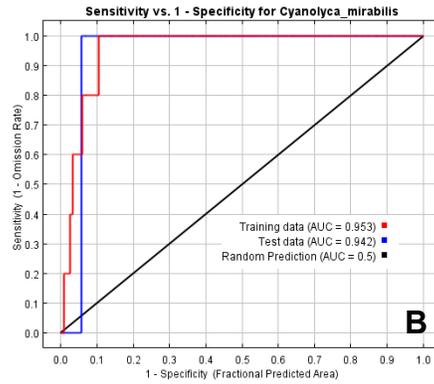
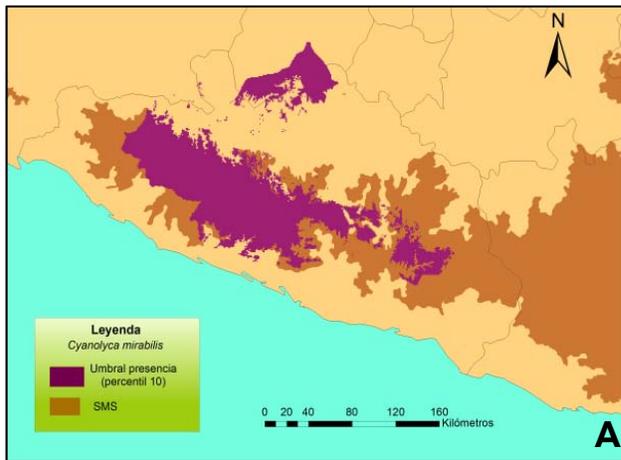


Figura 36. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Cyanolyca mirabilis* B) Curva ROC y AUC.

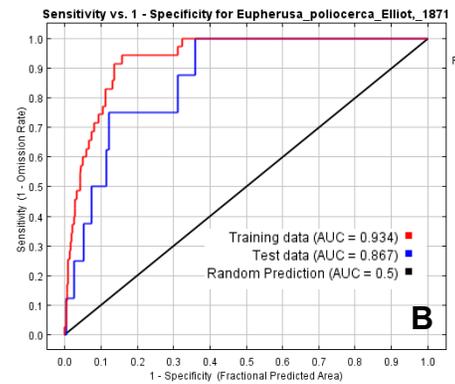
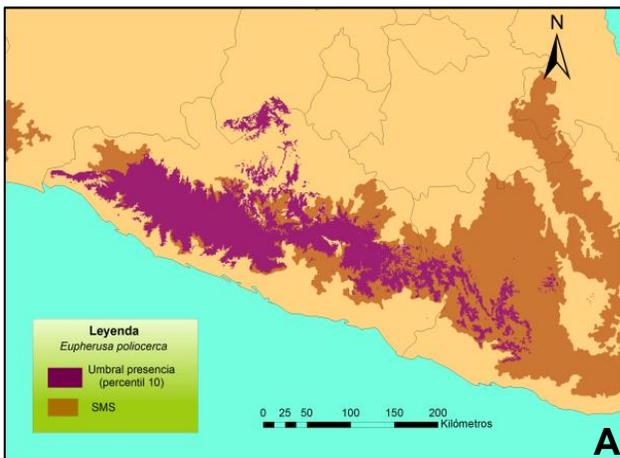


Figura 37. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Eupherusa poliocerca* B) Curva ROC y AUC.

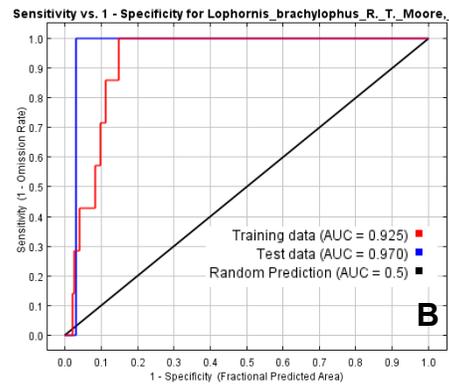
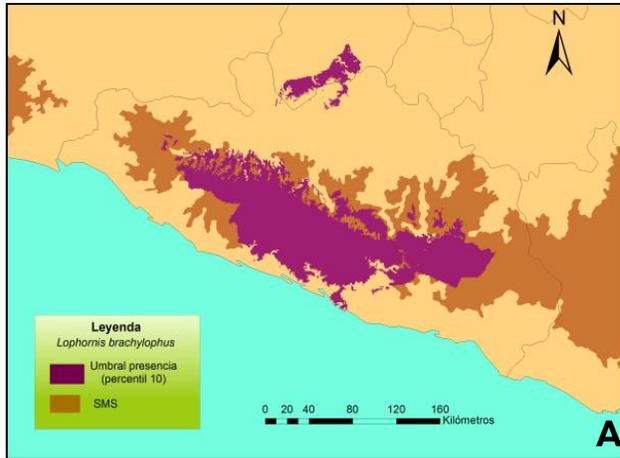


Figura 38. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Lophornis brachylophus* B) Curva ROC y AUC.

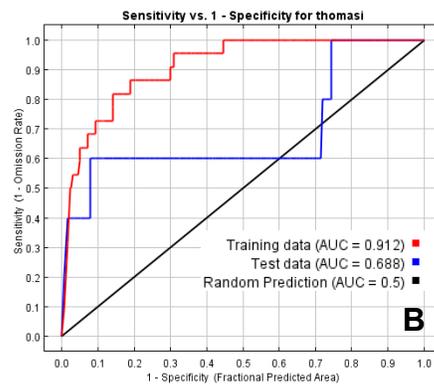
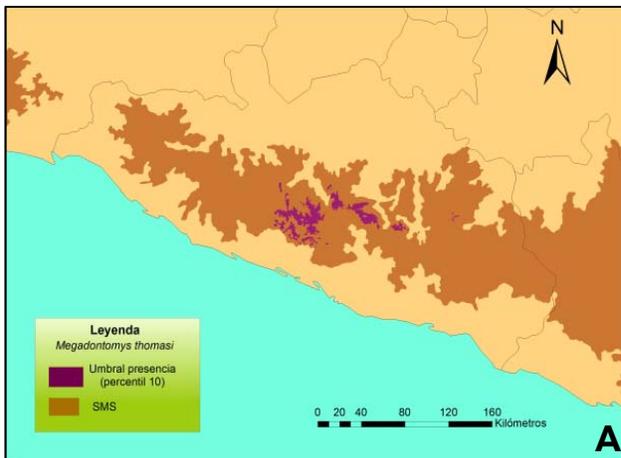


Figura 39. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Megadontomys thomasi* B) Curva ROC y AUC.

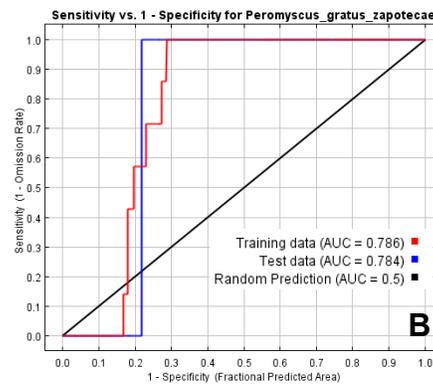
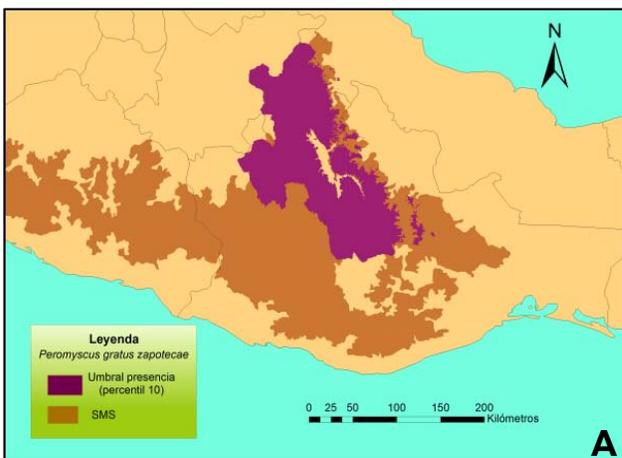


Figura 40. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Peromyscus gratus zapotecae* B) Curva ROC y AUC.

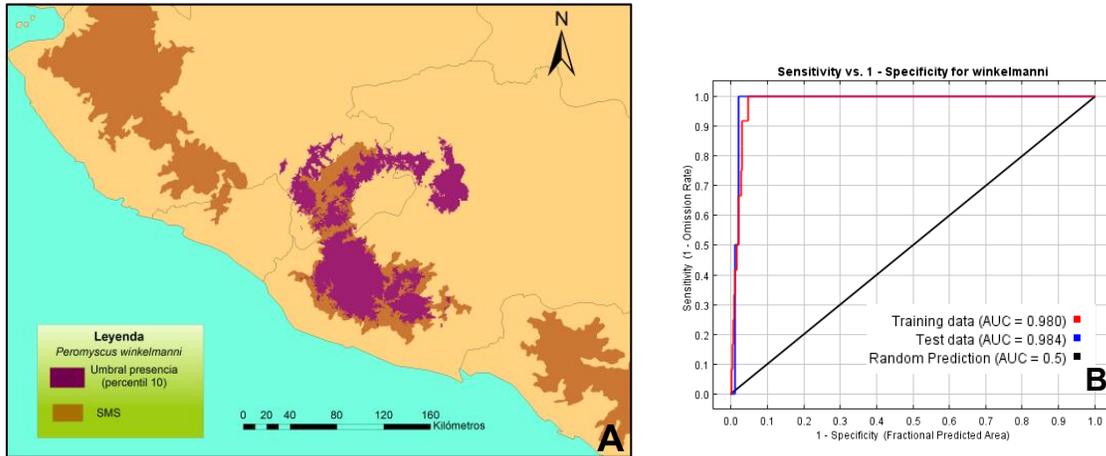


Figura 41. A) Modelo de Nicho Ecológico para *Peromyscus winkelmanni* B) Curva ROC y AUC.

En diversos trabajos se ha evaluado la sensibilidad de las predicciones de los MNE, y éstas indican que la eficiencia en tales predicciones tiende a estabilizarse en relación con el número de coberturas usadas (Peterson y Cohoon, 1999). Sin embargo, es posible generar modelos significativamente robustos usando un menor número de variables, siempre y cuando éstas no estén correlacionadas y sean las adecuadas para mostrar la idoneidad de la especie (ver cuadro 4). En este sentido, el número de variables que se usaron en el presente trabajo no fueron un problema, en términos de robustez de los modelos obtenidos.

La elección adecuada de las variables y la validación de los datos permitió generar modelos robustos, eliminándose zonas con sobrepredicción, que provocaban que se concentraran en ciertos sitios las altas probabilidades de encontrar las condiciones para que se distribuya la especie.

De los 34 MNE ajustados, 11 presentaron una mejoría al aumentar el valor máximo de probabilidad (cercanos a 1) y 23 una disminución en este valor al ser ajustado. Además, se observó un incremento en las áreas de probabilidades medias (0.4-0.7) aumentando con ello las áreas con probabilidad de presencia de la especie (distribución actual) o real, al seleccionar el umbral.

Los MNE fueron evaluados con registros que no fueron incluidos en el análisis de modelación mediante la curva ROC y el área bajo la curva (AUC), Benito & Peñas (2007) y Lobo *et al.* (2007) mencionan que hasta el momento esta prueba es la más utilizada y

fiable para la evaluación de los modelos de distribución potencial, la curva ROC de forma categórica representa que tan bueno es un modelo. En cambio, el AUC representa esta misma condición de forma cuantitativa, estando ambas relacionadas, cuando una curva con AUC es igual a 1 el modelo será perfecto y tenderá a la esquina superior izquierda y cuando éste sea igual o menor a 0.5 y cruce la diagonal del gráfico, el modelo será malo.

Las curvas ROC y su AUC fueron generados por el algoritmo MaxEnt, cada gráfico se encuentra representado en las figuras (Fig. 8-41, inciso B) y los valores obtenidos de la AUC se presentan en el Cuadro 5; en donde, el AUC de prueba, corresponde a la curva de los puntos con los que se evalúan el modelo y el AUC de entrenamiento a los puntos con los que se construye el modelo y su respectiva desviación estándar.

Cuadro 5. Valores de las AUC de entrenamiento y de prueba de cada MNE generado

ESPECIES	AUC datos muestra	AUC datos prueba	Desv. Estand.
<b>PLANTAS</b>			
<i>Abies hickelii</i>	0.962	0.988	-1
<i>Ainea konzattii</i>	0.939	0.661	-1
<i>Axiniphyllum corymbosum</i>	0.927	0.895	0.0444
<i>Beilschmiedia manantlanensis</i>	0.898	0.958	-1
<i>Bursera altijuga</i>	0.976	1	-1
<i>Bursera arida</i>	0.94	0.978	0.008
<i>Bursera biflora</i>	0.922	0.914	0.032
<i>Bursera confusa</i>	0.684	0.554	-1
<i>Bursera heliae</i>	0.839	0.797	0.052
<i>Pinus jaliscana</i>	0.928	0.978	0.013
<i>Pinus rzedowskii</i>	0.952	0.968	0.026
<i>Populus guzmantlensis</i>	0.84	0.931	0.034
<i>Psacalium guerreroarum</i>	0.858	0.784	-1
<i>Quercus martinezii</i>	0.856	0.479	0.212
<i>Quercus rubramenta</i>	0.945	0.669	0.223
<i>Quercus salicifolia</i>	0.933	0.264	0.201
<i>Quercus tuitensis</i>	0.921	0.948	-1
<i>Quercus uxoris</i>	0.87	0.952	0.020
<i>Sessilantha helianta</i>	0.8834	0.752	-1
<b>ANFIBIOS</b>			
<i>Pseudoerycea cochranae</i>	0.976	0.925	-1
<i>Pseudoerycea smithi</i>	0.983	0.993	-1
<i>Thorius narisovalis</i>	0.936	0.939	0.012
<b>REPTILES</b>			
<i>Abronia oaxacae</i>	0.874	0.814	0.118
<i>Anolis liogaster</i>	0.947	0.856	-1
<i>Mesaspis gadovii gadovii</i>	0.947	0.591	0.135
<i>Salvadora intermedia</i>	0.993	0.959	-1

<i>Sceloporus adleri</i>	0.922	0.969	0.007
<i>Thamnophys crysocephalus</i>	0.87	0.701	0.093
<b>AVES</b>			
<i>Cyanolyca mirabilis</i>	0.953	0.942	-1
<i>Eupherusa poliocerca</i>	0.934	0.867	0.044
<i>Lophornis brachylophus</i>	0.925	0.97	-1
<b>MAMIFEROS</b>			
<i>Megadontomys thomasi</i>	0.912	0.688	0.155
<i>Peromyscus gratus zapotecae</i>	0.786	0.784	-1
<i>Peromyscus winkelmanni</i>	0.98	0.984	0.004

El área bajo la curva de los registros de prueba para las especies vegetales presentó una media de 0.899, y de los registros de entrenamiento fue de 0.814, la media del AUC de los modelos correspondientes a las especie de reptiles fueron, para los registros de prueba 0.926 y para los registros de entrenamiento de 0.815. Para los anfibios el AUC promedio de los registros de prueba fue de 0.976 y de los registros de entrenamiento fue 0.925. En el caso de las aves el promedio del AUC de los registros de prueba fue de 0.937 y el promedio de la AUC de los registros de entrenamiento 0.926. Por último, Los mamíferos tuvieron en promedio, el AUC de los registros de prueba 0.893 y de los registros de entrenamiento 0.819.

Cuadro 6. Categorización de los MNE generados

	PLANTAS	ANFIBIOS	REPTILES	AVES	MAMIFEROS
<b>Excelentes</b>	<i>Abies hickeli</i> <i>Beilschmiedia manantlanensis</i> <i>Bursera altijuga</i> <i>Bursera arida</i> <i>Bursera biflora</i> <i>Pinus jaliscana</i> <i>Pinus rzedowskii</i> <i>Populus guzmantlensis</i> <i>Psacalium guerreroarum</i> <i>Quercus tuitensis</i> <i>Quercus uxoris</i>	<i>Pseudoerycea cochranae</i> <i>Pseudoerycea smithi</i> <i>Thorius narisovalis</i>	<i>Salvadora intermedia</i> <i>Sceloporus adleri</i>	<i>Cyanolyca mirabilis</i> <i>Lophornis brachylophus</i>	<i>Peromyscus winkelmanni</i>
<b>Buenos</b>	<i>Axiniphyllum corymbosum</i>		<i>Abronia oaxacae</i> <i>Anolis liogaster</i>	<i>Eupherusa poliocerca</i>	
<b>Regulares</b>	<i>Bursera heliae</i>		<i>Thamnophys crysocephalus</i>		<i>Peromyscus gratus zapotecae</i>
<b>Pobres</b>	<i>Ainea konzattii</i> <i>Quercus rubramenta</i> <i>Sessilanthera helianta</i>				<i>Megadontomys thomasi</i>

<b>Malos</b>	<i>Bursera confusa</i> <i>Quercus martinezii</i> <i>Quercus salicifolia</i>		<i>Mesaspis gadovii gadovii</i>		
--------------	---	--	---------------------------------	--	--

En general, se pueden considerar los modelos buenos o excelentes, pues el 68% de ellos presenta valores de las AUC tanto de prueba como de la muestra en el intervalo de 0.8 a 1 (Cuadro 6), según parámetros de (Burgueño, 1995) quien establece que valores de la AUC entre 0.9 y 1 son presentados cuando los modelos son excelentes, entre 0.8 y 0.9 cuando son buenos, entre 0.7 y 0.8 regulares y entre 0.6 y 0.7 serán pobres (Ortega-Huerta & Peterson, 2008).

Los restantes (32% de los modelos), al no contar con un número adecuado de registros para realizar la prueba del modelo (evaluación ejecutada con un registro), la curva se encontró cercana la diagonal, lo que trae como consecuencia que, según los gráficos de la curva ROC, se consideraran estos modelos poco adecuados (Cuadro 6).

No es posible determinar con exactitud cuánto sobreestiman u omiten los modelos las áreas de distribución potencial. Sólo con trabajo de campo y/o el análisis a mayor escala se podrá determinar qué tanto la distribución de cada especie se extiende más allá de sus límites reales.

Los 34 modelos elaborados en este trabajo (Figuras 8-41) se utilizaron para identificar áreas de endemismo mediante, tres metodologías y los resultados se describen a continuación.

### **Identificación de Áreas de Endemismo por superposición de modelos de nicho ecológico (MNE)**

Se identificaron siete áreas de endemismo por superposición de dos o más MNE (Fig. 42-48). Las áreas de endemismo se determinaron reconociendo patrones de distribución, es

decir, repeticiones en la naturaleza que, aunque imperfecta, permitió establecer comportamientos a partir del reconocimiento de similitudes entre las áreas de distribución de las especies estudiadas (Escalante *et al.*, 2003). Los patrones identificados se describen a continuación:

### PATRÓN 1

El patrón lo integran tres especies: *Quercus martinezii*, *Q. salicifolia* y *Q. uxoris*.

Comprende zonas de la SMS de los estados de Jalisco, Michoacán y Guerrero.

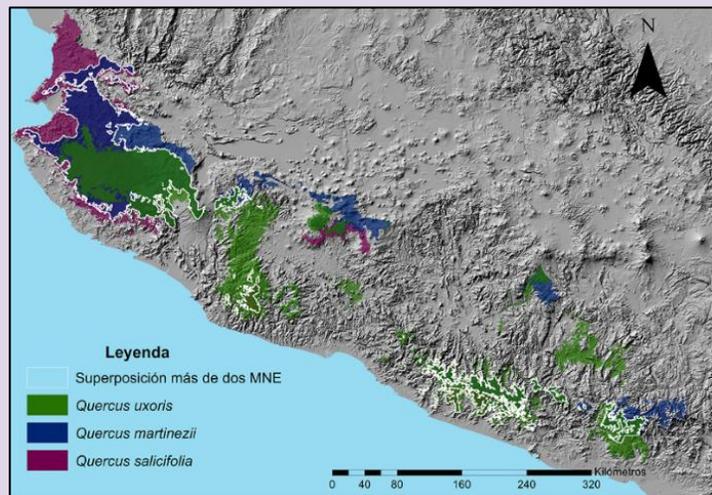


Figura 42. Mapa con MNE de especies de amplia distribución

### PATRÓN 2

Patrón integrado por tres especies: *Axiniphyllum corymbosum*, *Psacalium guerreroarum* y *Thamnophys crysocephalus*

Comprende zonas de la SMS de los estados Guerrero y Oaxaca

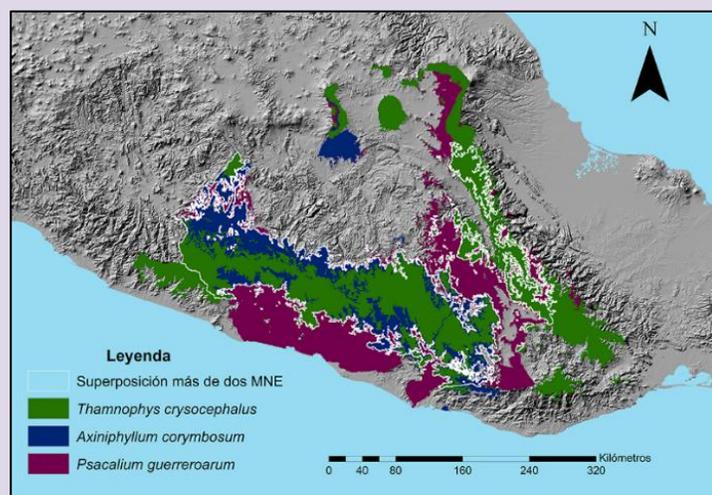


Figura 43. Mapa con MNE de especies de amplia distribución

### PATRÓN 3

Las especies que concuerdan en este patrón área son dos:

*Quercus tuitensis*, *Pinus jaliscana*.

El área en el que se encuentra la superposición corresponde a la SMS del estado de Jalisco en su porción oeste

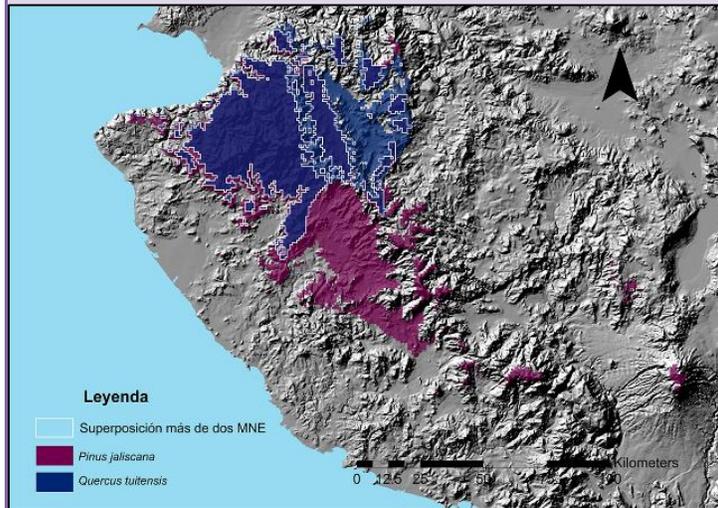


Figura 44. MNE de especies con distribución restringida al oeste de la SMS-Jalisco

### PATRÓN 4

Las especies que constituyen este patrón son dos:

*Beilschmiedia manantlanensis*,  
*Populus guzmanantlensi*.

De forma similar al anterior patrón detectado, forma parte de la porción de la SMS del estado de Jalisco restringiéndose a la Sierra de Manatlan en el sector este.

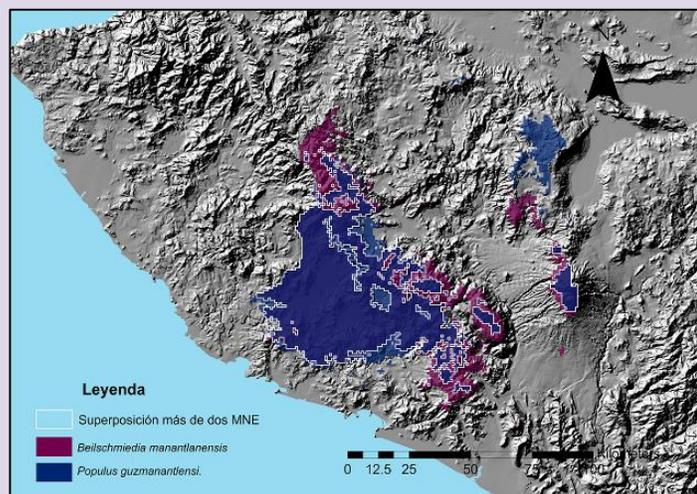


Figura 45. MNE de especies con distribución restringida al este de la SMS-Jalisco

## PATRÓN 5

Las especies que presentan este patrón fueron tres: *Bursera confusa*, *Pinus rzedowskii* y *Peromyscus winkelmanni*. Esta superposición de modelos se sitúa en la SMS del estado de Michoacán.

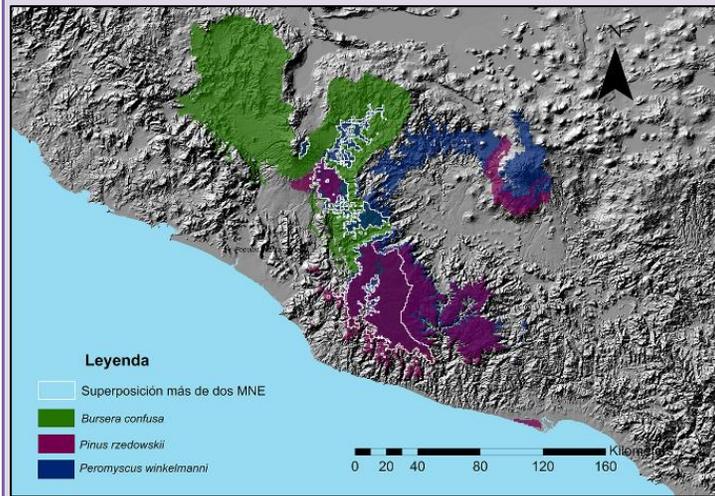


Figura 46. MNE de especies con distribución restringida a Michoacán

## PATRÓN 6

Este patrón se encuentra sustentado por la distribución de nueve especies: *Quercus rubramenta*, *Sessilanthera helianta*, *Anolis liogaster*, *Mesaspis gadovii gadovii*, *Sceloporus adleri*, *Cyanolyca mirabilis*, *Eupherusa poliocerca*, *Lophornis brachylophus* y *Megadontomys thomasi*. Su distribución abarca la SMS del estado de Guerrero.

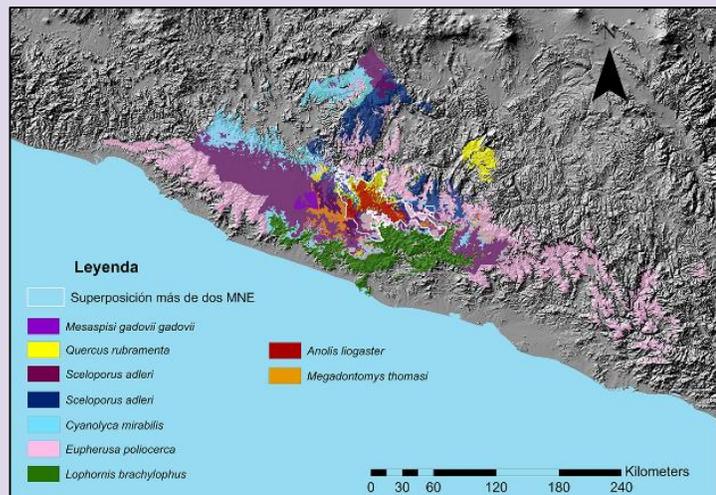


Figura 47. MNE de especies con distribución restringida a Guerrero

## PATRÓN 7

Las especies con distribución concordante en esta área que permiten la identificación de este patrón fueron 12: *Abies hickelii*, *Ainea conzattii*, *Bursera altijuga*, *B. arida*, *B. biflora*, *B. heliae*., *Pseudoerycea cochranee*, *P. smithi*, *Thorius narisovalis*, *Abronia oaxacae*, *Salvadora intermedia*, *Peromyscus gratus zapotecae*

Su distribución comprende la SMS del estado de Oaxaca.

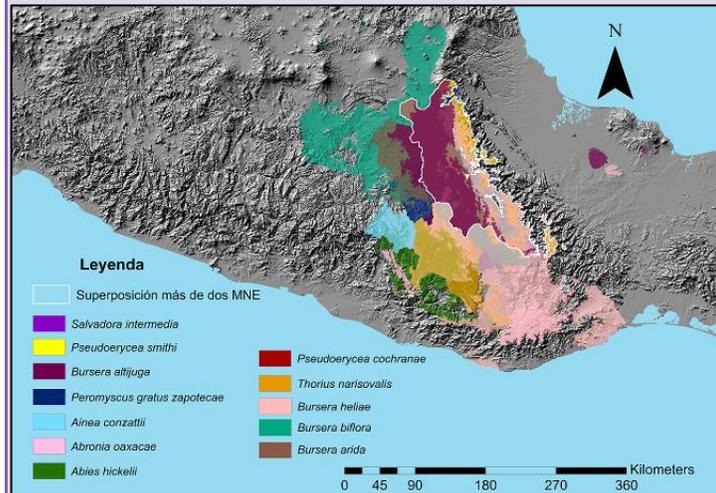


Figura 48. MNE de especies con distribución restringida a Oaxaca

Cada uno de los patrones identificados así como las especies que las integran, indica una diferencia marcada entre cada uno de los sitios que integran a la SMS. Sin embargo, se logran identificar tendencias en las distribuciones de los taxones elegidos en este trabajo.

Los patrones identificados coinciden con rasgos topográficos característicos de cada zona, lo que indica que dichos rasgos determinan en gran medida la gran variabilidad climática y éstos, a su vez, determinaron los patrones de distribución de las especies estudiadas. Fuera de los alcances de este trabajo, resulta importante realizar análisis en los que se analicen los parámetros climáticos, así como su variabilidad natural y tendencias históricas, por cada especie. Con el fin de establecer criterios que ayuden a definir límites funcionales y los procesos históricos que regulan la distribución de las especies.

### Identificación de Áreas de Endemismo por análisis de similitud

Como resultado del análisis de similitud se obtuvieron dos dendogramas, cada uno debido a diferentes análisis como se describen a continuación:

Con la matriz de datos en modo Q se generó un dendrograma en donde se establece la disimilitud entre los 75 cuadros que se superponen con el polígono de la SMS. Se estableció el 0.8 de disimilitud como el primer criterio de reconocimiento de los grupos formados por el dendrograma, a este nivel se identificaron tres grupos (1), (2) y (3). Los tres grupos mencionados se encuentran asociados a la porción oriental y occidental de la SMS, así como a un área intermedia en donde probablemente convergen áreas de distribución de ambos sectores.

El segundo criterio de reconocimiento fue con 0.3 de disimilitud, en donde, cada uno de los grupos identificados se asocia a cierta porción de la SMS y se integra por diferente número de subgrupos.

El **Grupo 1** formado en el dendrograma, aglomera a tres subgrupos continuos:

**Subgrupo a:**(0.10 de disimilitud) abarca el área que comprende a las sierras del norte de Oaxaca.

**Subgrupo b:**(0.13 de disimilitud) comprende la porción de la SMS de Guerrero, en la zona central de esta entidad.

**Subgrupo c:**(0.23 de disimilitud) el área que abarca este conjunto de cuadros corresponde a parte del territorio de Oaxaca y Guerrero.

El **Grupo 2** lo integran dos subgrupos:

**Subgrupo d:**(0.05 de disimilitud)

**Subgrupo e:**(0.13 de disimilitud)

Y el **Grupo 3** lo conforman:

**Subgrupo f:**(0.30 de disimilitud) grupo cuya distribución concuerda con la extensión de la SMS que se ubica en el estado de Jalisco.

**Subgrupo g:**(0.13 de disimilitud) los cuadros que constituyen este grupo coincide con parte de la SMS que se encuentra en el estado de Michoacán.

**Subgrupo h:**(0.10 de disimilitud) integrado por cuadros que también coinciden con la SMS de Michoacán

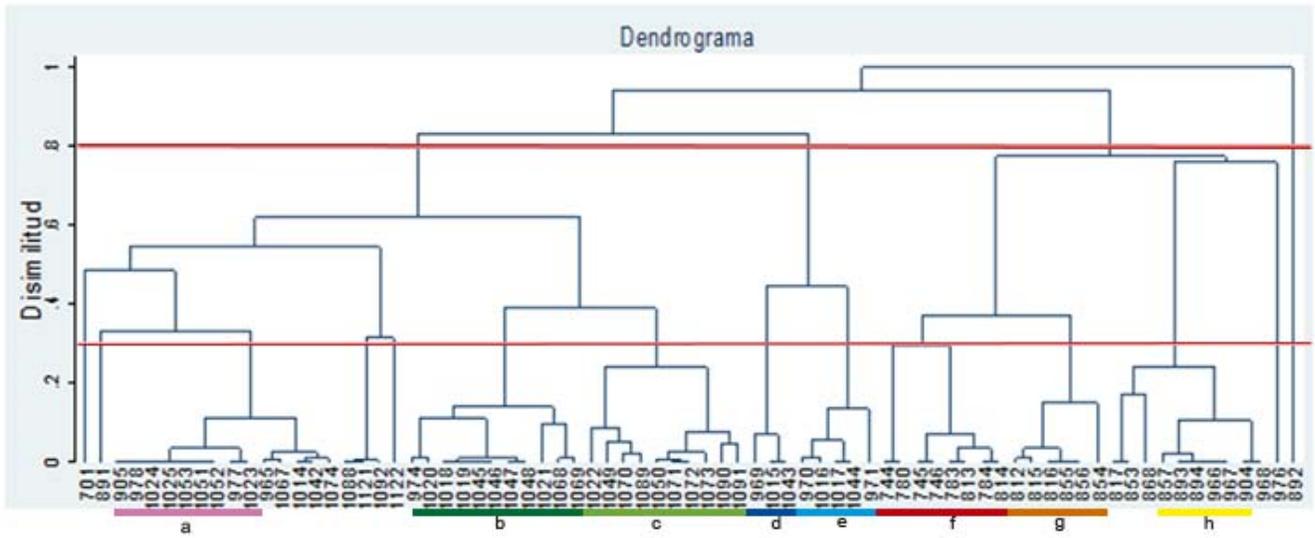


Figura 49. Dendrograma resultado del análisis de similitud (matriz modo Q)

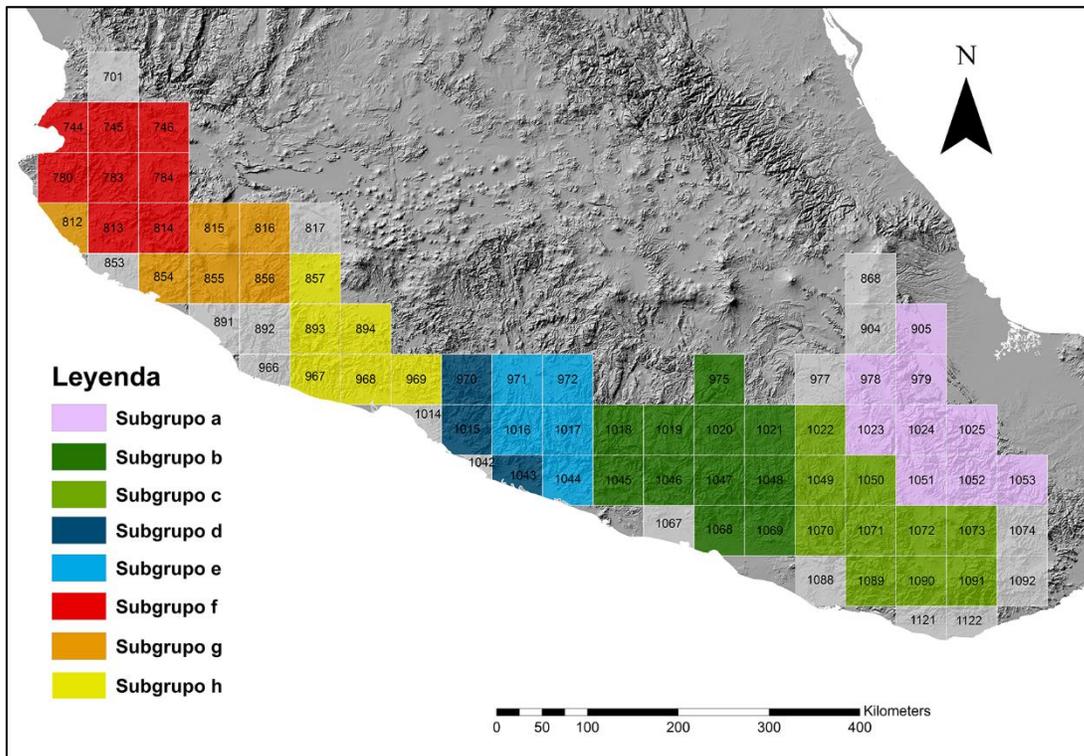


Figura 50. Representación espacial del análisis de similitud, se aprecian los subgrupos identificados.

En el siguiente análisis empleando la matriz de disimilitud en modo R se construyó el dendrograma siguiente (Figura 51) en este caso se identificaron siete subgrupos integrados por diferente número de especies.

El arreglo que presenta el fenograma distingue dos grupos, en donde se incluyen respectivamente las especies que presentan distribución amplia dentro de la SMS a las cuales se encuentran asociados las demás especies. La caracterización de cada uno de los grupos se describe a continuación y se representa en la Figura 52:

**GRUPO 1** (0.8 de disimilitud)

**Subgrupo A:** (0.18 de disimilitud) constituido por 12 especies cuya distribución abarca el estado de Oaxaca.

**Subgrupo B:** (0.1 de disimilitud) constituido por tres especies que presentan distribución amplia del sector oriental Guerrero-Oaxaca.

**Subgrupo C:** (0.3 de disimilitud) constituido por nueve especies distribuidas en la SMS del estado de Guerrero.

**GRUPO 2** (0.8 de disimilitud)

**Grupo 2.1** (0.52 de disimilitud)

**Subgrupo D y E:** (0.04 y 0.02 de disimilitud respectivamente), constituido cuatro especies cuya distribución se restringe a las dos porciones que integran a la SMS del estado de Jalisco.

**Subgrupo F:** (0.22 de disimilitud), que comprende las tres especies de amplia distribución de las SMS del sector occidental.

**Subgrupo G:** (0.1 de disimilitud) integrado por tres especies de distribución endémica a las SMS de Michoacán.

Cada uno de los grupos identificados es concordante con los patrones determinados en el análisis anterior (superposición).

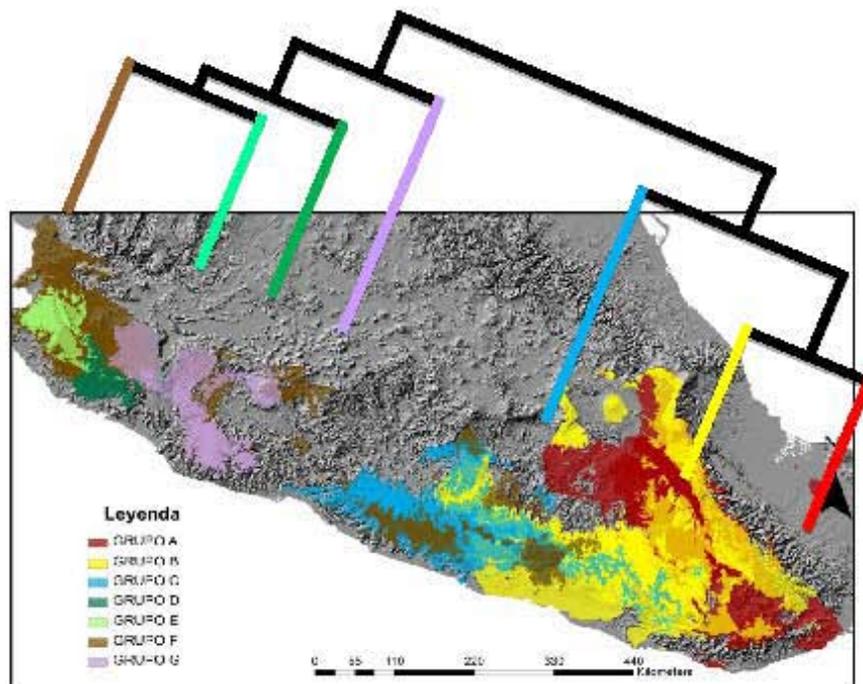
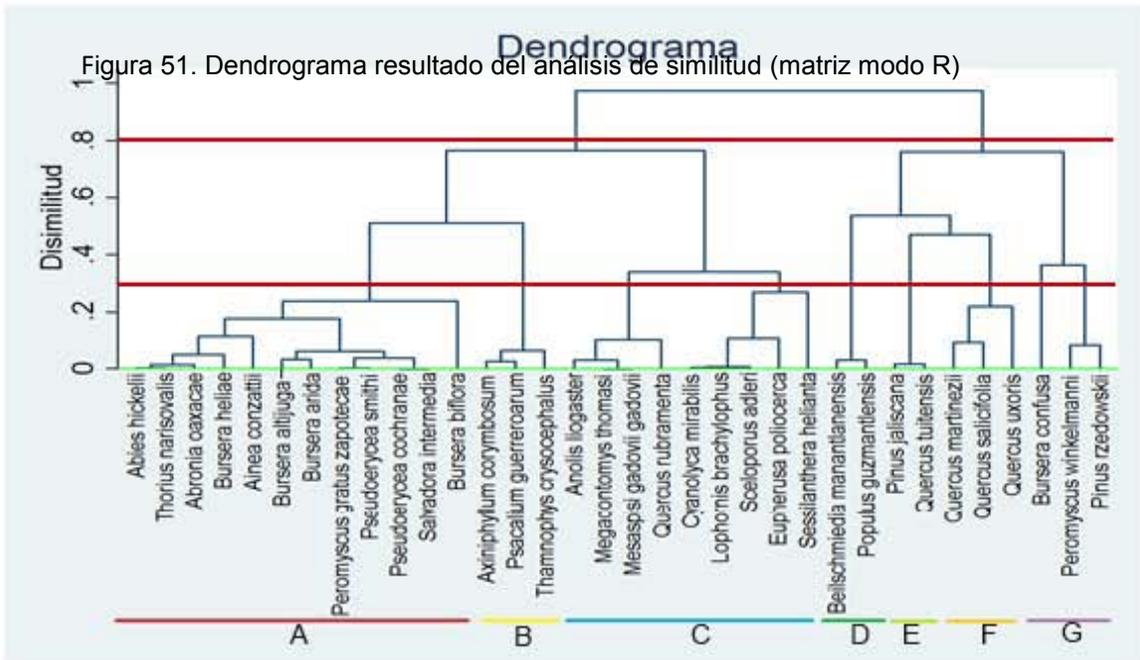


Figura 52. Representación espacial del análisis de similitud

El análisis de similitud es categorizado dentro de los métodos biogeográficos como de tipo cuantitativo, con el cual se pretende reducir incertidumbre al proceso, en donde, se busca establecer ya sea la similitud (o disimilitud) entre las áreas a comparar o establecer qué taxones son similares por la distribución que presentan (Murguía & Villaseñor, 2000; Murguía y Rojas. 2003) lo que conllevará a una propuesta sobre los patrones de distribución de las especies en estudio y por tanto la base para una regionalización biogeográfica (Murguía & Villaseñor, 2000; Miguel-Telonia et al., 2014).

Linder (2001) hace mención que existen diferentes metodologías para establecer áreas de endemismo; sin embargo, aquellas que siguen un criterio fenético han sido empleadas para entender cómo es la composición del área de estudio, así como el cambio en la composición de las áreas (por ejemplo, cuadros) y que al momento de hacer la representación en mapas es posible hacer una delimitación de dichas áreas.

En ambos fenogramas se establecen dos grupos claramente diferentes, uno que agrupa a los cuadrantes y el otro a las especies que se distribuyen en el sector occidental de la SMS, comprendiendo los estados de Jalisco a Michoacán. En el caso del fenograma de áreas de Jalisco a una porción de Guerrero en el caso de la distribución de las especies. Y el otro grupo que comprende al sector oriental de la sierra, abarcando los cuadros y la distribución de las especies en Oaxaca y Guerrero.

Es evidente que en el fenograma de áreas, no es posible saber que especies contribuyen a la formación de cada uno de los grupos generados; sin embargo, al contrastar ambos fenogramas es posible inferir cuales son las especies que están integrando cada subgrupo de cuadros y de forma inversa con qué valor de disimilitud se distribuyen las especies en esas áreas.

Anteriormente, Cortés-Ramírez et al., (2012) aplico esta misma metodología para establecer las relaciones de similitud de áreas (cuadrantes de  $0.25^{\circ} \times 25^{\circ}$ ) dentro de la península de Yucatán, en este caso aplican el índice de Bray-Curtis , el cual no da valor a las ausencias compartidas entre cada unidad clasificatoria.

Mediante un estudio de los patrones biogeográfico de las aves que se distribuyen en la provincia del Balsas Castro et al., (2014) propusieron la división de la misma en dos distritos faunísticos: oriental y occidental. En este trabajo, ellos aplicaron los coeficientes de Jaccard y el Jaccard modificado por Chao (Chao *et al.*, 2005), el cual incorpora datos de

abundancia para considerar la posibilidad de falsas ausencias debidas a las especies no vistas, que pueden explicarse como la rareza de éstas en las áreas a comparar, o bien por el poco esfuerzo de muestreo.

Para la SMS no se encontraron trabajos que puedan respaldar los resultados que se obtiene mediante este análisis; sin embargo, si es comprobable que el método arroja resultados certeros que pudiesen sustentar una propuesta de regionalización a nivel de provincia.

En este sentido, el análisis realizado incorporó los dos índices de Sorensen lo cual origino resultados más robustos ya que se consideran la abundancia de las especies a partir de los datos de muestreo, incorporando el efecto de las especies compartidas no vistas.

### **Identificación de Áreas de Endemismo por PAE**

Se obtuvo un total de 100 árboles parsimoniosos, para la elección del cladograma se aplicó un consenso de Nelson, obteniendo un árbol con  $L=152$ ,  $CI=22$  y  $RI=69$  (Figura 53). En este cladograma se establecieron cuatro grupos, los cuales fueron representados en un mapa para identificar las áreas agrupadas por las sinapomorfías (Figuras 54-57).

Mediante los cladogramas obtenidos se reconoció la homología biogeográfica para establecer esquemas de regionalización. Se identificaron distribuciones simpátrida de las especies estudiadas (Figuras 54-57). En este caso, los taxones compartidos, que representan los caracteres derivados compartidos de los taxones se utilizan para formular hipótesis de relaciones históricas de áreas (Contreras Medina, 2006; Escalante, 2009).

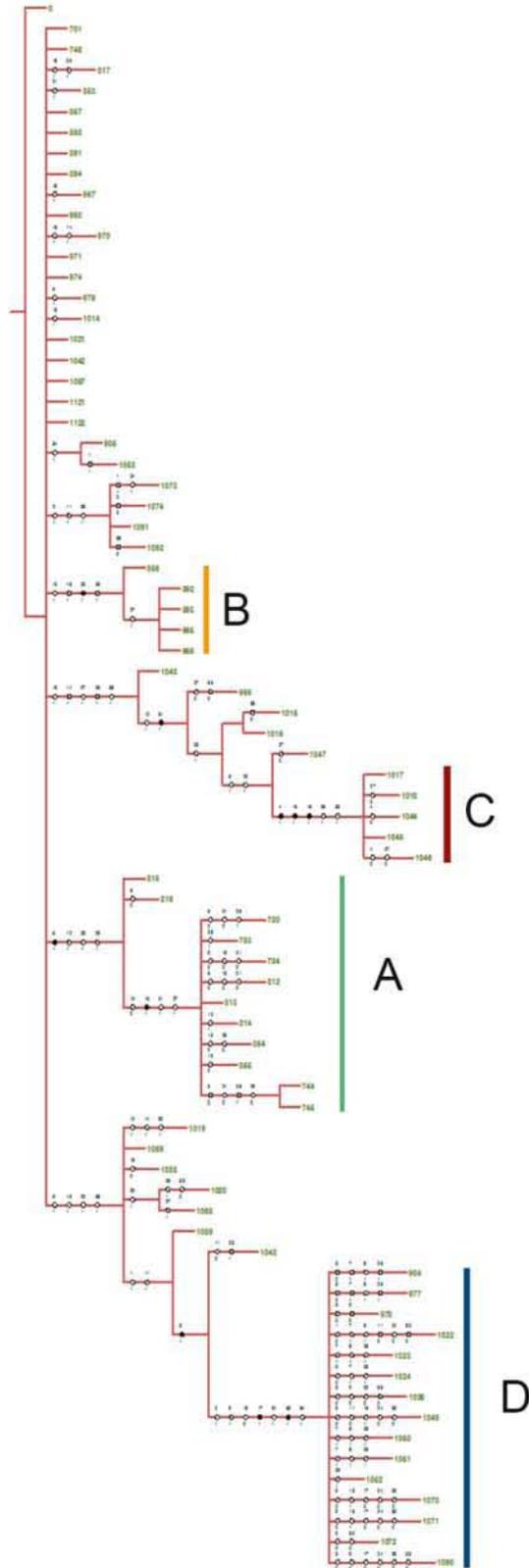


Figura 53. Cladograma resultado del análisis de parsimonia

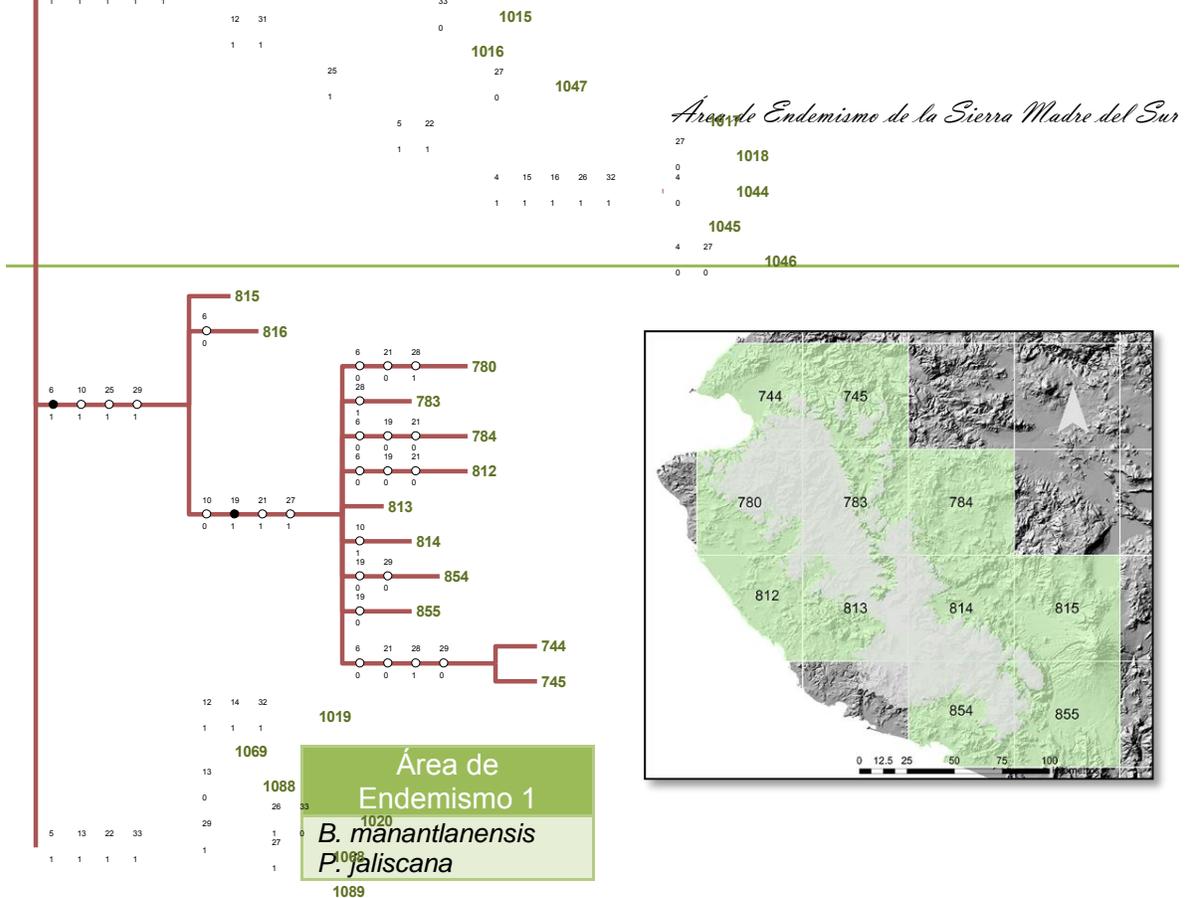


Figura 54. Clado A. SMS-Jalisco

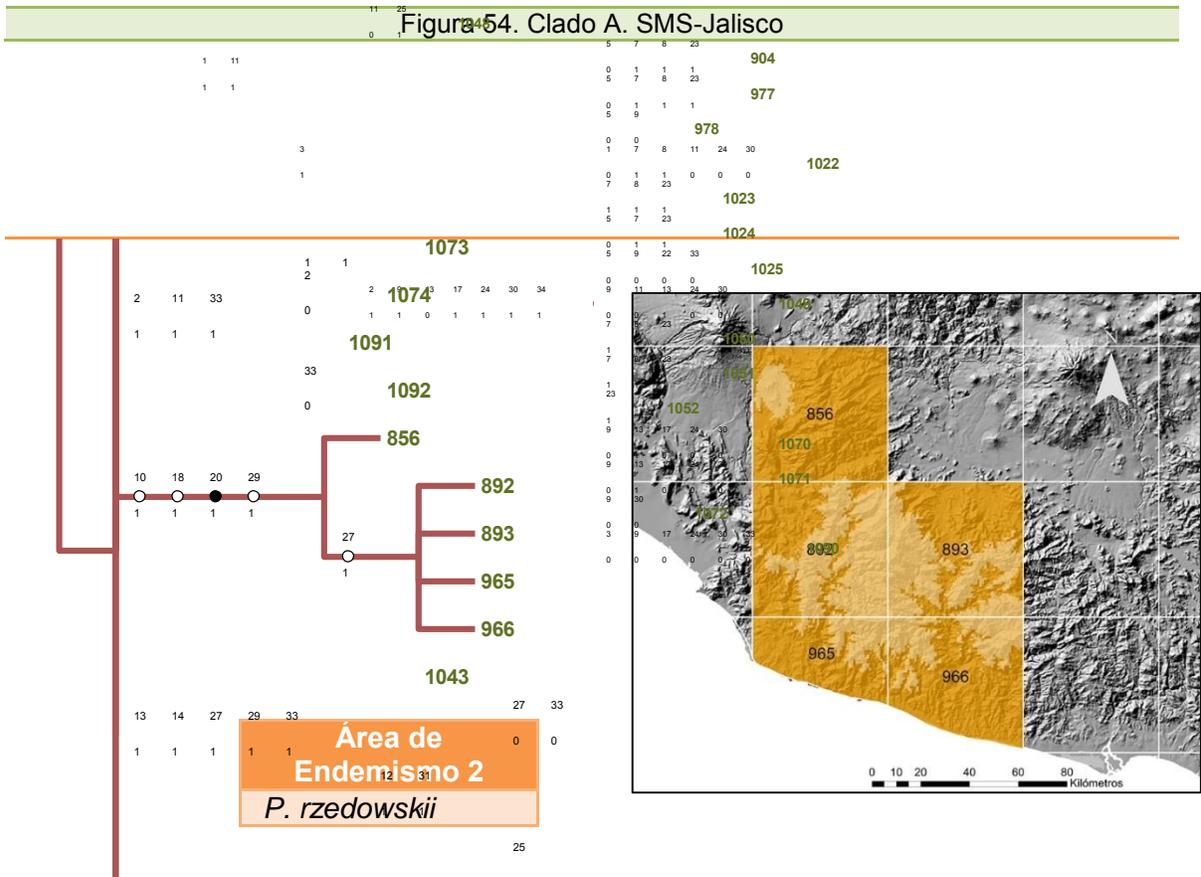
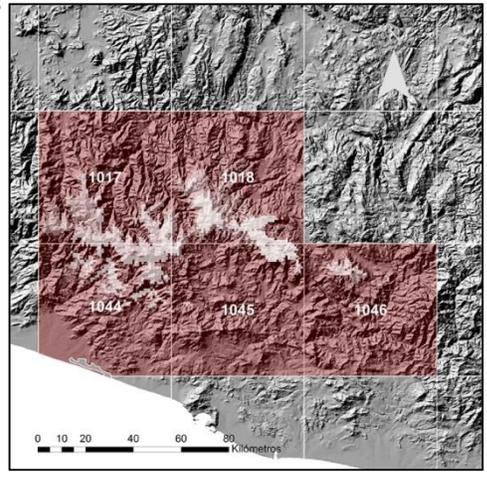
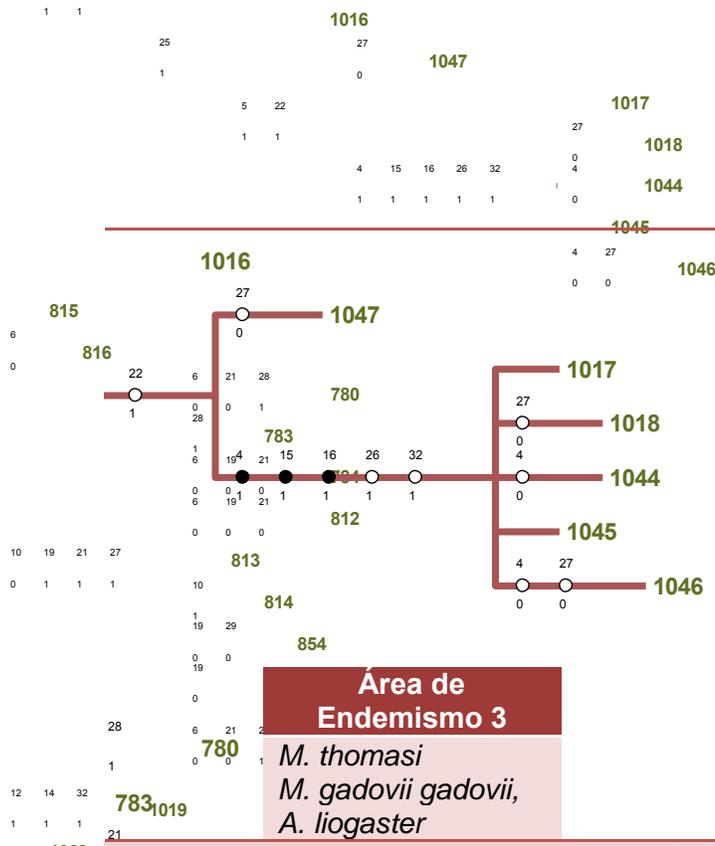
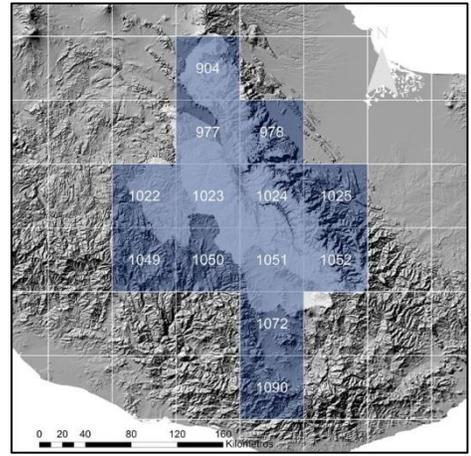
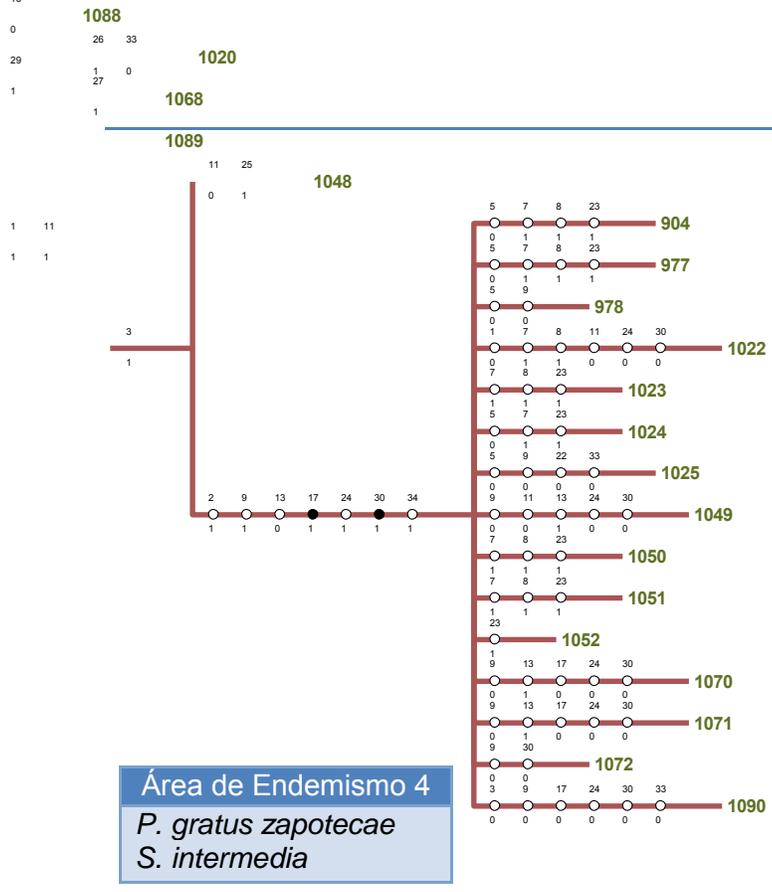


Figura 55. Clado B. SMS-Michoacán



**Área de Endemismo 3**  
*M. thomasi*  
*M. gadovii gadovii*,  
*A. liogaster*

Figura 56. Clado C. SMS-Guerrero



**Área de Endemismo 4**  
*P. gratus zapotecae*  
*S. intermedia*

Figura 57. Clado D. SMS-Oaxaca

Para que exista un sustento en el establecimiento de los grupos detectados en un cladograma es necesario que existan al menos una sinapomorfías presentes por clado (Posadas & Miranda-Esquivel, 1999). En este trabajo de los cuatro grupos sólo dos cumplen esta condición (clado 3 y clado 4) los cladros 1 y clado 2 solo cuentan con una sinapomorfía. Sin embargo cada grupo es concordante con las áreas detectadas en la superposición de modelos y el análisis de similitud realizándose un consenso entre las tres metodologías.

Este análisis ha sido empleado en diversos trabajos (Espinosa *et al.* 2004; Escalante *et al.* 2007) con el mismo fin, determinar áreas de endemismo para respaldar una regionalización biogeográfica, para detectar provincias a diferentes escalas o para detectar distritos dentro de una provincia.

### **Descripción de las Áreas de endemismo identificadas mediante el consenso de los tres métodos explorados**

Las áreas de endemismo identificadas mediante la superposición de dos o más MNE, el análisis de similitud en modo Q (cuadros) y modo R (especies) y el PAE determinaron en conjunto siete áreas caracterizadas por taxones específicos y condiciones ambientales particulares, es decir, áreas simpátricas que comparten una historia en común.

Se encontraron asociaciones de rasgos topográficos que respaldan la existencia de estas áreas de endemismo, en donde el surgimiento de estos componentes provocó la existencia de dicho patrón.

#### **Área de endemismo 1 (AE1):**

Esta área de endemismo se determinó con base al análisis de superposición de áreas de distribución con el patrón uno (Figura. 42), así como por los análisis de similitud (modo Q y R), en ambos fenogramas se establece la existencia de un grupo cuyas especies o cuadros analizados se distribuyen en el sector occidental de lo que se comprende como SMS (Figuras 49 y 51).

El AE1, comprende cerca del 50% del total de la SMS, presenta manchones que son concordantes con las sierras; Tuito, Cuale, Manantlán, Coalcomán y parte de la Sierra de Guerrero que integran la SMS de esta porción, no forma un área continua ya que se encuentra fragmentada por desembocaduras de ríos como el Armería y Coahuayana

(Figura 58). Esta porción se encuentra en contacto con vegetación como son las selvas bajas caducifolias o subcaducifolias en mayor proporción.

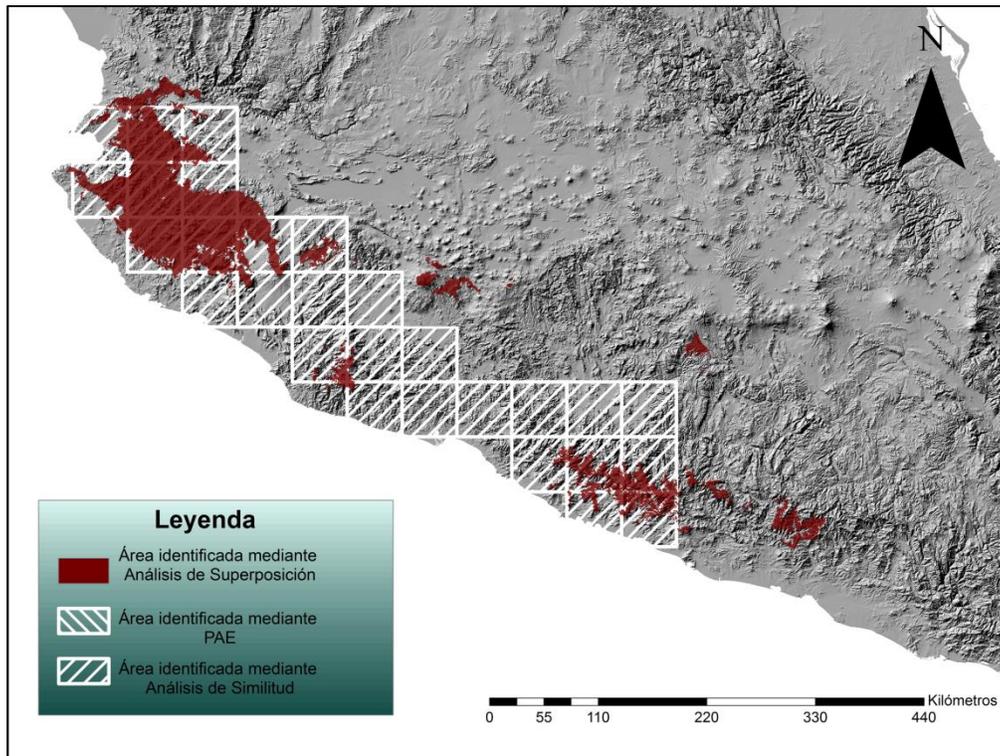


Figura 58. Área de endemismo 1. Consenso de métodos de análisis

### **Área de Endemismo 2 (AE2):**

Esta área se determinó por la superposición de áreas de distribución con el patrón dos (Figura 43) así como los análisis de similitud, en los cuales se establece la existencia de un grupo cuya distribución ocurre en este sector oriental (Figuras 49 y 51).

La AE2, abarca cerca del 50% de la SMS y está determinada en el sector oriental de la misma. Proporcionalmente esta es más grande, conforma un área continua, salvo en la porción de la Sierra Triqui-Mixteca y la Sierra de Juárez, la cual se ve interrumpida por el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Cañada (Figura 59). En la porción occidental de la SMS se caracteriza por presentar vegetación como selva baja caducifolia y matorrales xerófilos, en esta zona se encuentran con mayor superficie de cobertura los bosques mesófilos de montaña así como las selvas altas perennifolias.

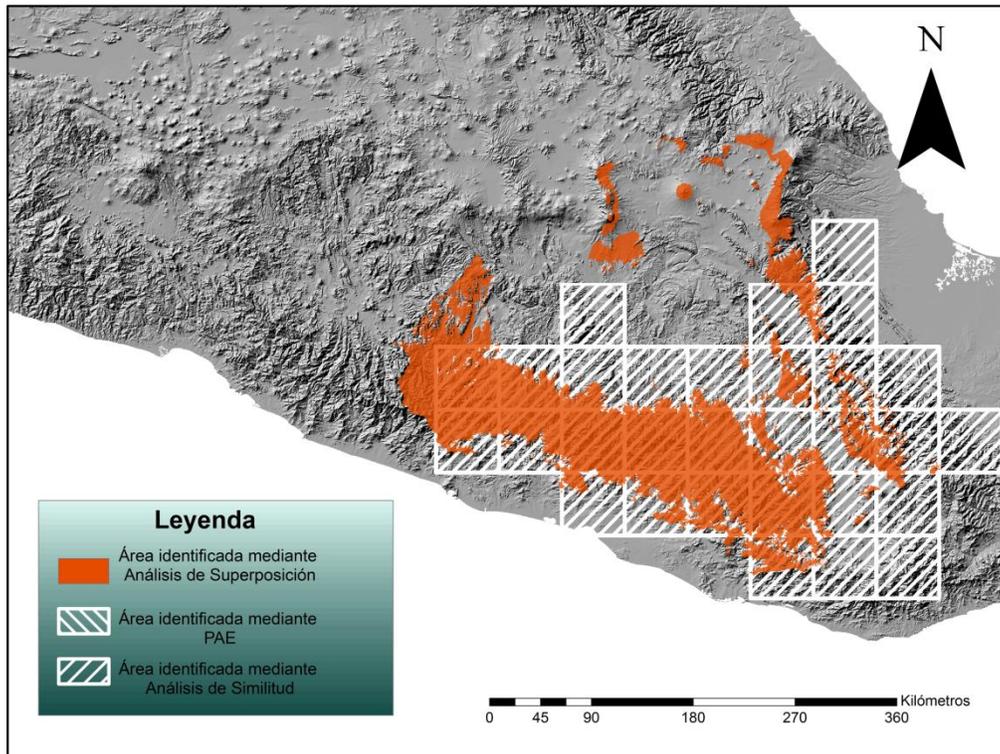


Figura 59 Área de endemismo 2. Consenso de métodos de análisis

### **Área de Endemismo 3 (AE3):**

Esta área se identificó mediante los tres análisis realizados, superposición de MNE, resultando el patron tres (Figura 44), el análisis de similitud en modo Q generó el subgrupo nueve (Figura 49) y el analisis en modo R genero el subgrupo E (Figura 51), Por otra parte el PAE tambien genera esta agrupacion y se ve reflejado en el clado A (Figura 54).

El AE3 se ubica dentro de las Sierras del Occidente de Jalisco, adjunto a la Bahía de Banderas exactamente en los alrededores de la Sierra del Tuito y el Cuale (Figura 60). La SMS en Jalisco se caracteriza por ser de forma discontinua y fragmentada ocupando principalmente barrancas y valles intermontanos con condiciones húmedas y hacia la vertiente del pacífico selva baja caducifolia. Esta parte de la SMS se distingue por su marcada estacionalidad con una estación seca prolongada, por lo que los bosques son menos húmedos que los de otras regiones del país.

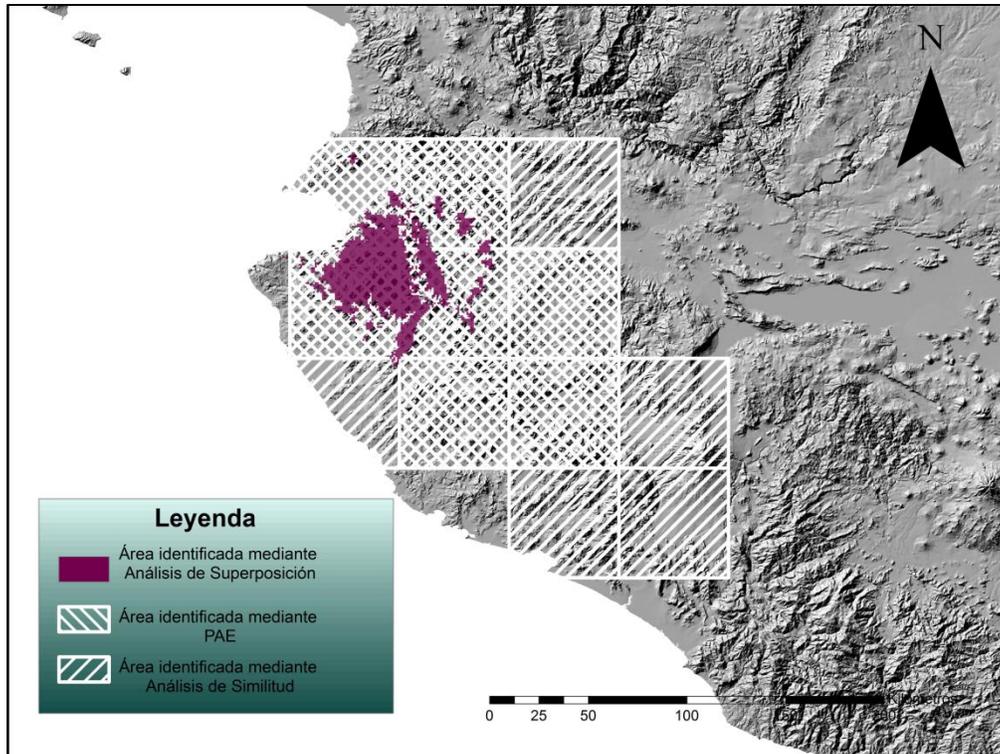


Figura 60 Área de endemismo 3. Consenso de métodos de análisis

#### **Área de endemismo 4 (AE4):**

Esta área de endemismo se identificó, por el patrón cuatro, en el análisis de superposición de MNE (Figura 45) , mediante el subgrupo nueve detectado del fenograma con el que se analizó la similitud de los cuadros afines al área considerada como SMS (Figura 49) y por el subgrupo D en el fenograma, en donde se analizan la similitud en la distribución de las especies seleccionadas (Figura 51); respecto al resultado que genero el PAE, éste también se identificó mediante el clado A (Figura 54).

El área de endemismo tres, concuerda con la Sierra de Manantlán (Figura 61). Esta se ubica dentro de los límites del estado de Jalisco y es caracterizada por la presencia de una gran extensión de Bosque Mesófilo de Montaña, así como por Bosques de coníferas y de encinos.

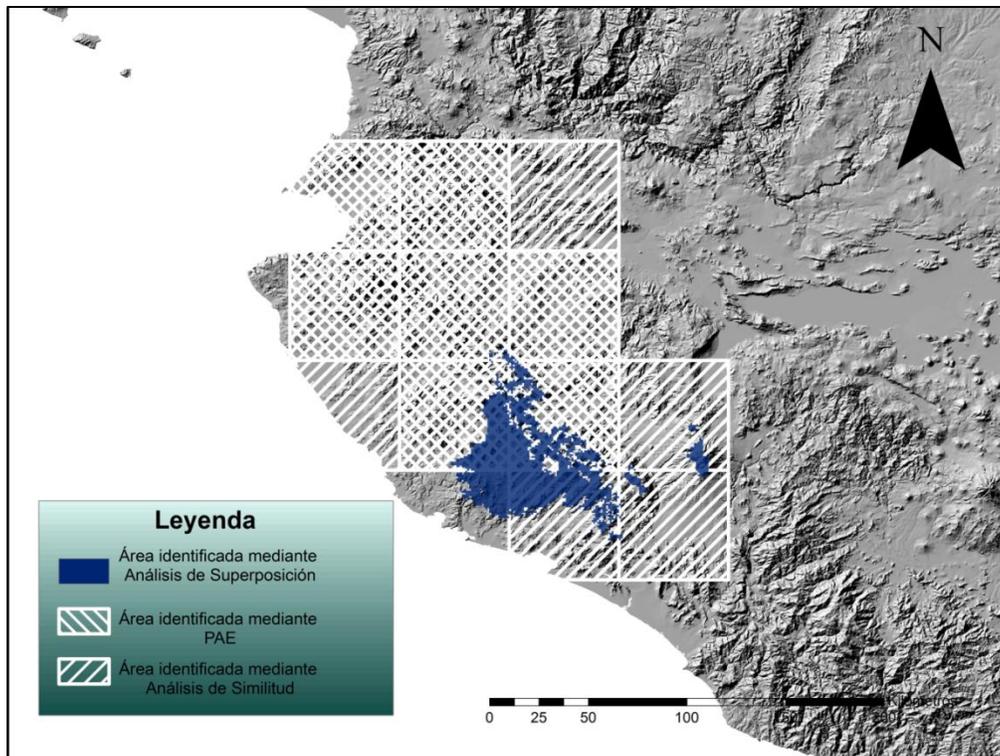


Figura 61. Área de endemismo 4. Consenso de métodos de análisis

### **Área de endemismo 5 (AE5):**

El área de endemismo cinco se identificó a partir del establecimiento del patrón cinco de superposición (Figura 46); así como, con el análisis de similitud en modo Q al construirse los subgrupo 10 y 12 (Figura 49), y en modo R el subgrupo G confirmando la presencia de especies cuya distribución es similar en esta área (Figura 51) y con el PAE mediante la construcción del clado B (Figura 55).

El AE5 se ubica en la Sierra de Coalcomán, en el estado de Michoacán (Figura 62). Esta sierra se caracteriza por su riqueza biológica. La composición florística de esta zona es poco estudiada; sin embargo, ésta se caracteriza por la presencia de bosques de pino, de encino, selvas bajas caducifolias y medianas subcaducifolias con la presencia de algunos fragmentos de bosque mesófilo enclavados en cañadas que no han sido explorados en su totalidad.

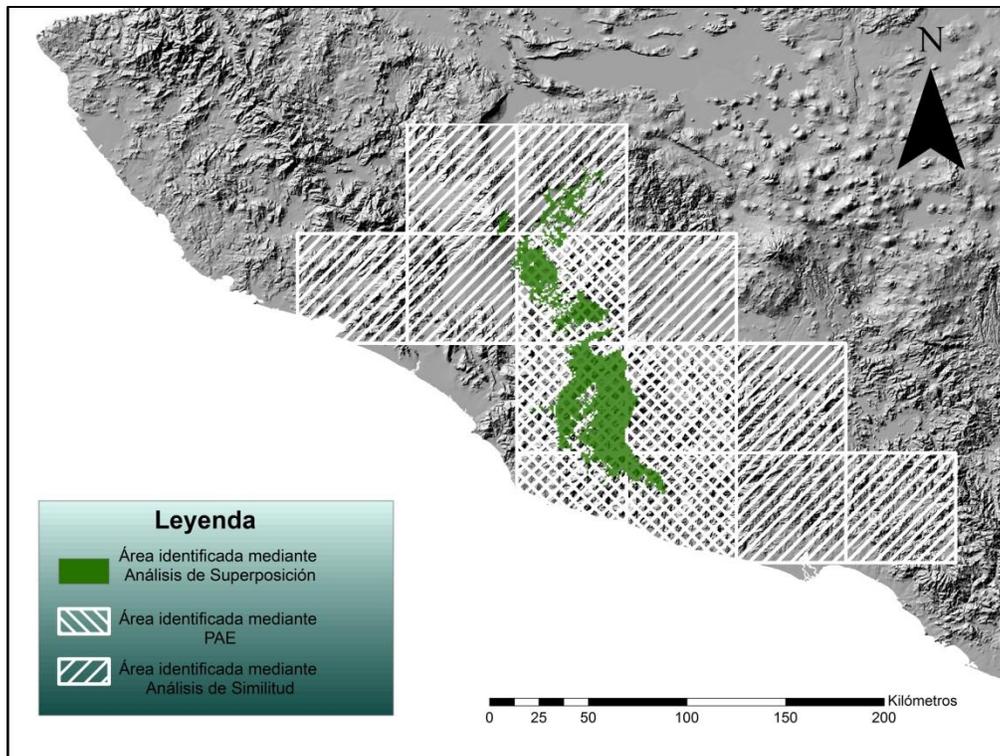


Figura 62. Área de endemismo 5. Consenso de métodos de análisis

### **Área de Endemismo 6 (AE6):**

El establecimiento de esta área de endemismo se basa en la identificación del patrón seis de superposición (Figura 47): el subgrupos 5, del fenograma con el que se analiza la similitud entre la áreas analizadas (Figura 49), y el subgrupo C, del fenograma que muestra la similitud en la distribución de las especie (Figura 51), así como por el clado C identificado del PAE (Figura 56).

Esta área de endemismo presenta una distribución en la porción de la SMS que se ubica en el territorio del estado de Guerrero (Figura 63). El rasgo topográfico más sobresaliente al cual se encuentra asociada esta área de endemismo es el Cerro de Teotepec. Éste es considerado la elevación más prominente de la SMS, del cual descienden filis montañosos como la Sierra de Campo Morado y Filo de Caballo. Esta zona es caracterizada por presentar especies afines a los bosques de coníferas, encinos y mixtos, así como por Bosques mesófilos de montaña en la localidad El Jilguero en la Sierra de Guerrero.

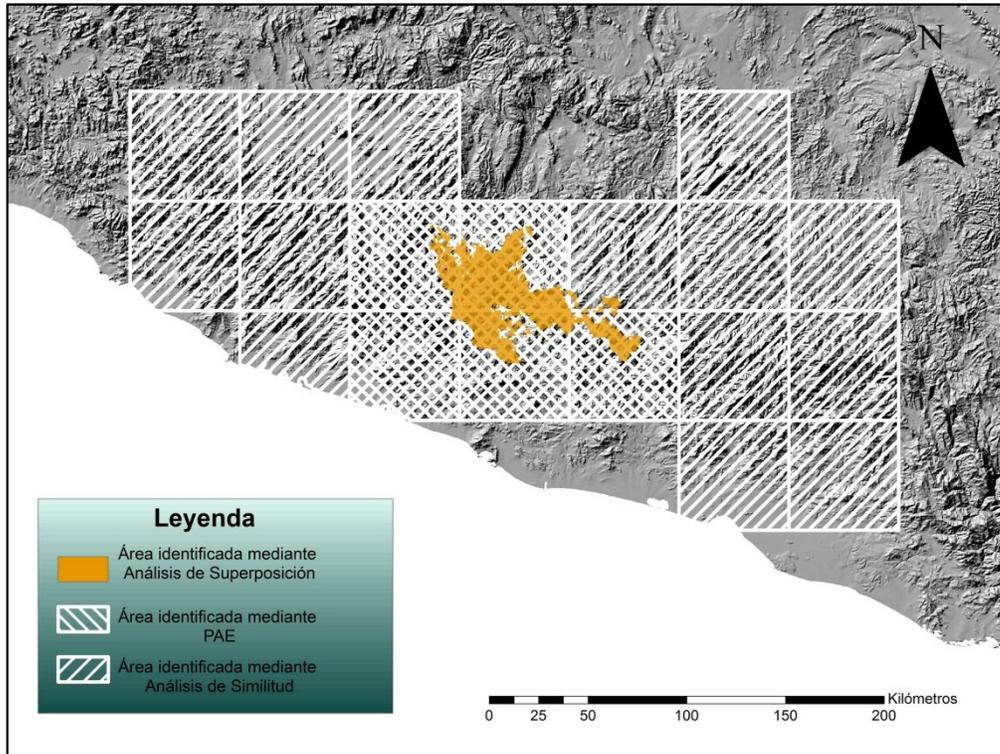


Figura 63 Área de endemismo 6. Consenso de métodos de análisis

### **Área de Endemismo 7 (AE7):**

Esta área de endemismo fue identificada mediante el reconocimiento del patrón siete de superposición en el área de distribución (Figura 48). Con el análisis de similitud, al analizar las áreas compartidas por las especies que se distribuyen en la SMS se identificó el subgrupo dos (Figura 49) y con el fenograma que identifica las especies similares respecto a su distribución, el subgrupo A (Figura 51). Y, por el clado D, identificado en el cladograma del PAE (Figura 57).

El AE7 se ubica en el estado de Oaxaca particularmente a las Sierras del Norte del estado (Figura 64). Esta área comprende bosques mesófilos de montaña, de coníferas, encinos y mixtos así como la única porción de selvas altas perennifolias de la sierra. Algunas zonas con presencia de especies de matorral xerófilo y selvas bajas caducifolias, debido a su colindancia con el Valle de Tehuacan-Cuicatlán.

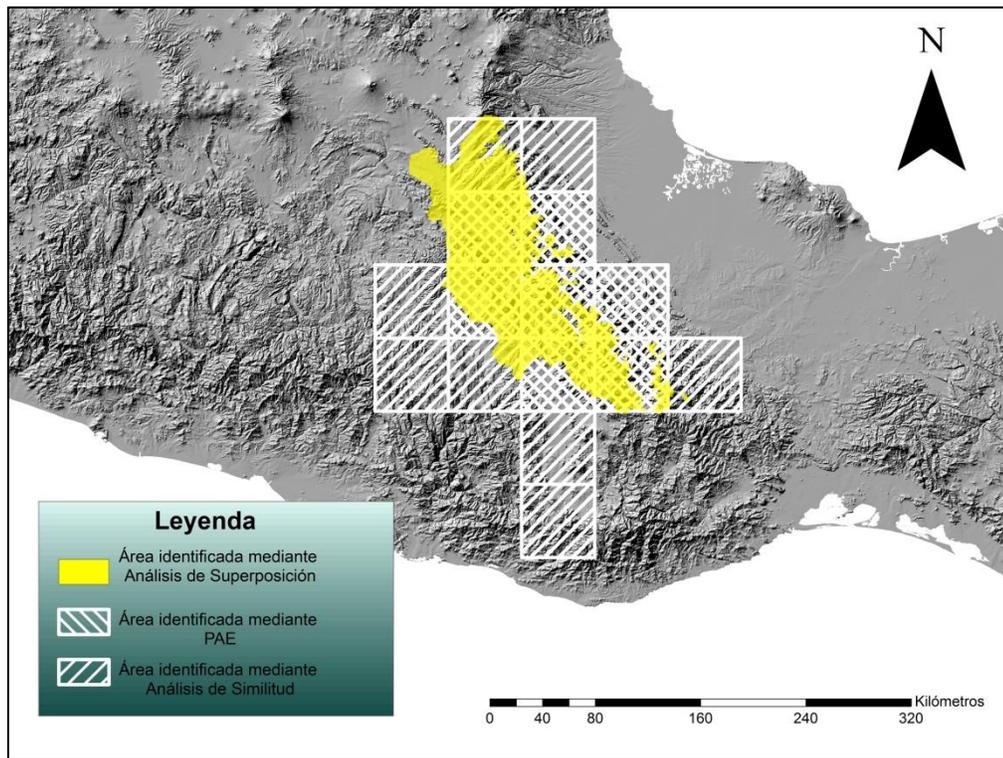


Figura 64. Área de endemismo 7. Consenso de métodos de análisis

### **Propuesta de regionalización de la SMS**

Las áreas de endemismo reportadas en este trabajo (Figura. 48-54) se sustentan en especies con un patrón de distribución bien definido, y permiten visualizar un claro comportamiento dentro de la SMS, ya que la mayoría de ellas respetan límites topográficos o históricos como son las montañas más altas de la SMS y ecológicos formando parte de las grandes asociaciones vegetales que conforman la SMS.

En este trabajo se consideró a las Ecorregiones Terrestres propuestas por CONABIO (INEGI-Conabio INE, 2008) para delimitar el área que ocupa la SMS. Este sistema de regionalización no sólo utiliza datos puntuales de la distribución de ciertos taxones sino que toma como base para su estructuración aspectos ecológicos que unifican criterios como el climático y el geomorfológico e identifican similitudes en la composición biológica de las áreas. Aunado a esto, se empatan a ellos los esquemas biogeográficos, en

un intento de integrar y establecer un sistema único y así ofrecer un criterio adicional para elaborar los planes de conservación (Challenger y Soberón, 2008; Conabio et al., 2007).

Las provincias y los distritos encontrados en este trabajo para la SMS se diagnosticaron por un conjunto particular de especies que tienen una distribución homopátrida (especies endémicas), con características geológicas y ambientales especiales (Espinosa et al., 2001) y se encuentran contenidos unos en otros (Brown & Lomolino, 2008).

Se identificaron dentro de la SMS, dos subprovincias: **SMS- occidental** y **SMS- oriental** y cinco distritos; tres ubicados dentro de los límites de la SMS-occidental: **Jalisciense-Tuito**, **Jalisciense-Manantlán** y **Michoacana** y dos asignados a la SMS-oriental: **Guerrerense** y **Oaxaqueña** (Figura 65).

#### **Provincia: Sierra Madre del Sur**

La provincia SMS ha sido atribuida a diferentes áreas del territorio mexicano y su identificación aún está en discusión (Figura 66) clasificaciones como la de Goldman y Moore (1945), Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990), Arriaga et al., (1997), Campbell (1999), Morrone et al., (1999), Espinosa-Organista et al. (2000), Morrone (2001, 2002, 2005) y Morrone et al. (2002) mencionan la existencia de una provincia que lleva este nombre; sin embargo, al revisar qué áreas comprende esta provincia, no son exactamente las mismas extensiones y límites debido a que no se emplean los mismos criterios para identificarlas. Algunas de ellas abarcan parte del estado de Oaxaca y Guerrero y otras abarcan hasta una parte del estado de Michoacán.

Los resultados de los tres análisis realizados (superposición, Similitud y PAE) indicaron que no es posible reconocer un patrón de superposición de las distribuciones de las especies que concuerde con el área total establecida como SMS. Es decir, la distribución se restringe a porciones de ésta. Por lo tanto, en este trabajo no se identificó como un área natural. Pero sí como un área altamente heterogénea en su composición específica, que presenta condiciones similares tanto en lo accidentado de su fisiografía como en sus condiciones ambientales y, por ello, es catalogada como una unidad natural pese a no ser continua.

En diversos estudios, como los de Marshal y Liebher (2000), Morrone (2002, 2004, 2005) y Escalante et al. (2003), se establecieron sistemas de regionalización de México,

empleando el PAE, y comparando con otros taxones que presentan una distribución fuera de los límites de la SMS, reconociendo la existencia de ésta, y destacando la estrecha relación que existe con la Faja Volcánica Transmexicana. Sin embargo, Luna et al. (1999), quien empleó esta misma metodología, mencionaron que no es posible identificarla como un área natural considerando sólo los bosques mesófilos de montaña.

Los análisis fenéticos hasta la fecha han sido poco empleados con el objetivo de llevar a cabo regionalizaciones (Hernández-Baños et al., 1995 y Rzedowski, 1973, 1978). Sin embargo, mediante un análisis fenético, (Hernández-Baños et al., 1995), reconocieron a la SMS como provincia.

### **Subprovincia #1: SMS-occidental**

La parte occidental de la SMS se identificó a partir del área de endemismo uno, que se sustenta por la distribución potencial de los siguientes taxones: *Quercus uxoris*, *Quercus martinezii*, *Quercus salicifolia* (Figura 67). Esta subprovincia es muy cuestionada, en particular la porción de Jalisco, ya que autores como Morrone et al.(2002), Arriaga et al. (1997) no la consideran como componente de la SMS. Sin embargo, la presencia de tres especies cuya distribución coincide con el área que abarca la sierra en los estados de Jalisco, Michoacán y parte de Guerrero permitió el reconocimiento de esta subprovincia.

En estudios previos, Stuart (1964), al realizar su propuesta de regionalización con base en la distribución de mamíferos, establece la provincia de Nayarit-Guerrero, en donde ésta concuerda con el área que se propone como subprovincia SMS-occidental. En este trabajo se evidencia que existen relaciones geográficas que esta sustentado por un grupo de taxones en esta zona.

La subprovincia SMS-occidental coincide con la SMS de la regionalización biogeográfica de la Conabio (Arriaga et al., 1997). En esta propuesta se incluyeron las áreas que se encuentran en los estados de Guerrero y Michoacán. Sin embargo, con el esquema de regionalización que propuso Ferrusquía-Villafranca (1990), su ubicación coincide la provincia Jalisco-Guerrero, salvo por la zona que este autor incluye a la Cuenca de Río Balsas (Subprovincia Balsasana). Respecto a la clasificación que genera, Rzedowskii y Reyna Trujillo, 1990, queda incluida dentro de lo que denominan como serranías meridionales. En la regionalización mastofaunística (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990), solo la porción del estado de Guerrero es reconocida como SMS, las áreas

de Michoacán y Jalisco, las ubican dentro de la provincia Nayarita y contrastando con la regionalización herpetofaunística (Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990) solo coincide con la SMS en la porción de Guerrero de esta subprovincia.

A su vez la SMS-Occ se encuentra subdividida en tres distritos con identidad particular los cuales se describen a continuación:

#### **Distrito #1: Jalisciense-Tuito**

El distrito uno, denominado como Jalisciense-Tuito, es identificado como el área de endemismo tres, el cual se sustenta por la distribución potencial de las siguientes especies: *Quercus tuitensis*, *Pinus jaliscana*, en donde el área de distribución de *P. jaliscana* fue quien definió el área que abarca el distrito (Figura 67).

En el distrito Jalisciense-Tuito, la distribución de las especies en cuestión respeta ciertos límites que ayudaron a la delimitación del área quedando incluida en lo considerado como SMS para este trabajo.

La regionalización que propusieron, Rzedowski y Reyna Trujillo (1990) y Ferrusquía Villafranca (1990) relacionan al área identificada (Distrito uno) con la SMS pues la incluyen dentro de las provincias de las Serranías Meridionales y Jalisco-Guerrero (subprovincia occidental), respectivamente. Sin embargo, clasificaciones como las de Morrone et al. (2002), Arriaga et al. (1997), Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990), Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), no reconocen esta zona.

#### **Distrito #2: Jalisciense-Manantlán**

La identificación del área de endemismo cuatro permitió el establecimiento del segundo distrito de la SMS. Este se encuentra sustentado por la distribución potencial de los taxones: *Beilschmiedia manantlanensis* y *Populus guzmantlensis*. Las regionalizaciones que incluyen a esta área son las propuestas por Rzedowski y Reyna Trujillo (1990) como parte de las Serranías Meridionales y por Ferrusquía Villafranca (1990) en la provincia Jalisco-Guerrero, subprovincia Occidental (Figura 67).

Existe un consenso en el hecho de que, tanto las sierras de Tuito-Cuale, así como la de Manantlán, son más afines a la Faja Volcánica Transmexicana que a la SMS, como se maneja en este trabajo. Sin embargo, Escalante et al. (2007), reconocieron dos distritos (este y oeste) al establecer una regionalización de la FVTM. Las sierras mencionadas

concuerdan con su distrito oeste. Pese a esto, sus resultados muestran que las especies características de este sector que ellos emplean presentan muy poca superposición en sus áreas de distribución, por lo que no se pudo delimitar apropiadamente un área de endemismo, pudiendo plantear la hipótesis que este sector no corresponde a la FVTM sino a la SMS, porque como presenta Hernández-Santana et al. (1995), al realizar una clasificación morfoestructural del sistema montañoso Sierra Madre del Sur basándose en su geomorfología y génesis, establecen que se encuentra dividida en nueve macrounidades: en donde una de ellas es Jalisco, que ocupa los sistemas orográficos de Sierra de Cacoma Occidental (Tuito-Cuale) y Cacoma Oriental y de la Sierra de Manantlan.

El patrón de distribución de las especies que comprenden Jalisco, Michoacán y Guerrero, sustentan su pertenencia a la SMS.

### **Distrito #3: Michoacana**

El distrito llamado Michoacana está sustentado por el área de endemismo cinco. Resultado de la distribución congruente de tres especies *Pinus rzedowskii*, *Peromyscus winkelmanni* y *Bursera confusa*. Para este distrito la distribución de *P. rzedowskii* permite delimitar el área que abarca este distrito (Figura 68).

Este distrito coincide con las provincias Jalisco-Guerrerense, subprovincia Occidental y N2 (Zonas de extensión regional y áreas adyacentes con asociaciones bióticas complejas, con afinidad Neártica) propuestas por Ferrusquía-Villafranca (1990). Se encuentra en el límite con la subprovincia Balsasana perteneciente a la misma provincia.

El distrito Michoacana, en las propuestas que plantean Rzedowski y Reyna Trujillo, 1990 y Arriaga et al 1997 queda incluido en el porción de la SMS que abarca el estado de Michoacán, es un área aislada del resto de la provincia. En cambio, con las regionalizaciones generadas bajo los enfoques mastofaunístico y herpetofaunístico, éste distrito forma parte de la provincia Nayarita y como parte del Eje Neovolcánico (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990).

### **Subprovincia #2: SMS- Oriental**

La segunda subprovincia reconocida a partir del área de endemismo dos se encuentra sustentada por la distribución potencial de las siguientes especies: *Thamnophis*

*cryocephalus*, *Psacalium guerreroarum*, *Axiniphyllum corymbosum* ubicadas principalmente en los estados de Guerrero y Oaxaca (Figura 67).

En trabajo como: Halfther (1978), Liebher (1994), Marshall y Liebher (2000), Morrone (2001, 2002, 2003) y Morrone y Márquez (2003) han discutido esta porción geográfica y la reconocen como provincia Sierra Madre del Sur, excluyendo la porción de Michoacán, para llegar a esta conclusión utilizan la distribución de especies de coleópteros. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten catalogarla como subprovincia, sustentada por especies diferentes.

La SMS-Oriental, al contrastarse con la regionalización biogeográfica de Conabio (Arriaga et al., 1997) concuerda con la porción continua de la provincia SMS, que abarca los estados de Guerrero y Oaxaca y con la provincia Oaxaca. Y con la clasificación de Ferrusquia Villafranca (1990) coincide con lo que él denomina, N3, N4, N5, N6 y la provincia Oaxaquense, con sus subprovincias Valle Nacionaliana, Mixteco Zapotecana, y dos áreas más que a las que no les asigna nombre.

Las regionalizaciones de (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990) coinciden al reconocer una provincia denomina SMS que considera el área de esta subprovincia SMS Oriental, pero en el caso de la regionalización mastofaunística también lo hace con la provincia Oaxaco-Tehuacanense. Según, la propuesta de Rzedowski y Reyna Trujillo (1990); la subprovincia propuesta en este trabajo es equiparable con una porción de las Serranías Meridionales y con la provincia Valle de Tehuacan.

#### **Distrito #4: Guerrense**

El distrito cuatro fue definido con base en la identificación del área de endemismo seis, se ubica en la SMS del estado de Guerrero, sustentado por la distribución potencial de las siguientes especies: *Anolis liogaster*, *Mesaspis gadovii gadovii*, *Sceloporus adleri*, *Megadontomys thomasi*, *Quercus rubramenta*, *Sessilanthera helianta*. Sin embargo, las áreas de distribución de *M. thomasi*, *M. gadovii gadovii* y *A. liogaster* son las que permitieron la delimitación del área que abarca este distrito (Figura 68).

Este distrito queda ubicado en la provincia Jalisqueno-Guerrense, subprovincia Balsasana y en lo que denomina como N3 Ferrusquia-Villafranca (1990). Las regionalizaciones que presentan tanto Goldman y Moore (1945), Stuart (1964), Ramírez-

Pulido y Castro-Campillo (1990), Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) y Arriaga et al. (1997) definen cada uno de ellos una provincia denominada SMS, en donde, este distrito que incluido en una porción de esta. Finalmente, según la clasificación de Rzedowski y Reyna Trujillo, 1990, el distrito Guerrerense se integraría en lo que ellos llamaron las Serranías Meridionales.

En otras clasificaciones, como Smith (1941) y Escalante et al. (1998) reconocen cada uno provincias, con las cuales el distrito identificado en este trabajo coincide. Smith reconoce la Provincia Guerrense, y Escalante y colaboradores, la Provincia Nudo Zempoaltepec y con la Sierra Madre del Sur –Guerrero.

### **Distrito #5: Oaxaquense**

El distrito cinco llamado Oaxaquense fue identificado por el área de endemismo siete. Las especies que definen este distrito son: *Abies hickelii*, *Abronia oaxacae*, *Bursera altijuga*, *Bursera arida*, *Bursera biflora*, *Salvadora intermedia*, *Peromyscus gratus zapotecae*, *Bursera heliae*, *Pseudoreurycea cochranae*, *Pseudoreurycea smithi*, *Thoris narisovalis*, *Ainea konzattii*. A partir de los análisis realizados, en particular el PAE, se definió que las áreas de distribución de *P. gratus zapotecae* y *S. intermedia* son las que delimitan el área que ocupa este distrito (Figura 68).

De acuerdo con Ferrusquía Villafranca (1990), este distrito se encuentra incluido en lo que considera como las subprovincias Valle Nacionaliana y Mixteco-Zapotecana, de su provincia Oaxaquense y las zonas N4, N5 y N6.

Si comparamos el distrito Oaxaquense, con las clasificaciones de Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), se sitúa en el sector este de lo que consideran como provincia SMS y con la Provincia Oaxaca establecida por Arriaga et al. (1997). En el caso de la clasificación de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990, el distrito Oaxaquense es equiparable a la provincia Oaxaco-Tehuacanense.

En general son pocos los trabajos que tienen por objetivo, la regionalización dentro de las provincias reconocidas para México, independientemente de la regionalización que ocupen, ejemplo de esta situación son Espinosa et al. 2004, para la Sierra Madre Oriental y Escalante et al., 2007 para la Faja Volcánica Transmexicana.

Para la SMS, se han realizado dos trabajos como los de Blancas-Calva, 2006 y Blancas-Calva et al., 2010, quienes analizan las relaciones biogeográficas de la avifauna tomando como base de su estudio la SMS. Sin embargo, no asigna una categoría a las áreas con patrones tanto de riqueza como ambientales que encuentra y que bien podrían ser un ejercicio de regionalización.

## Esquema de Regionalización propuesto para la SMS



Figura 65. Propuesta del Esquema de Regionalización de la SMS

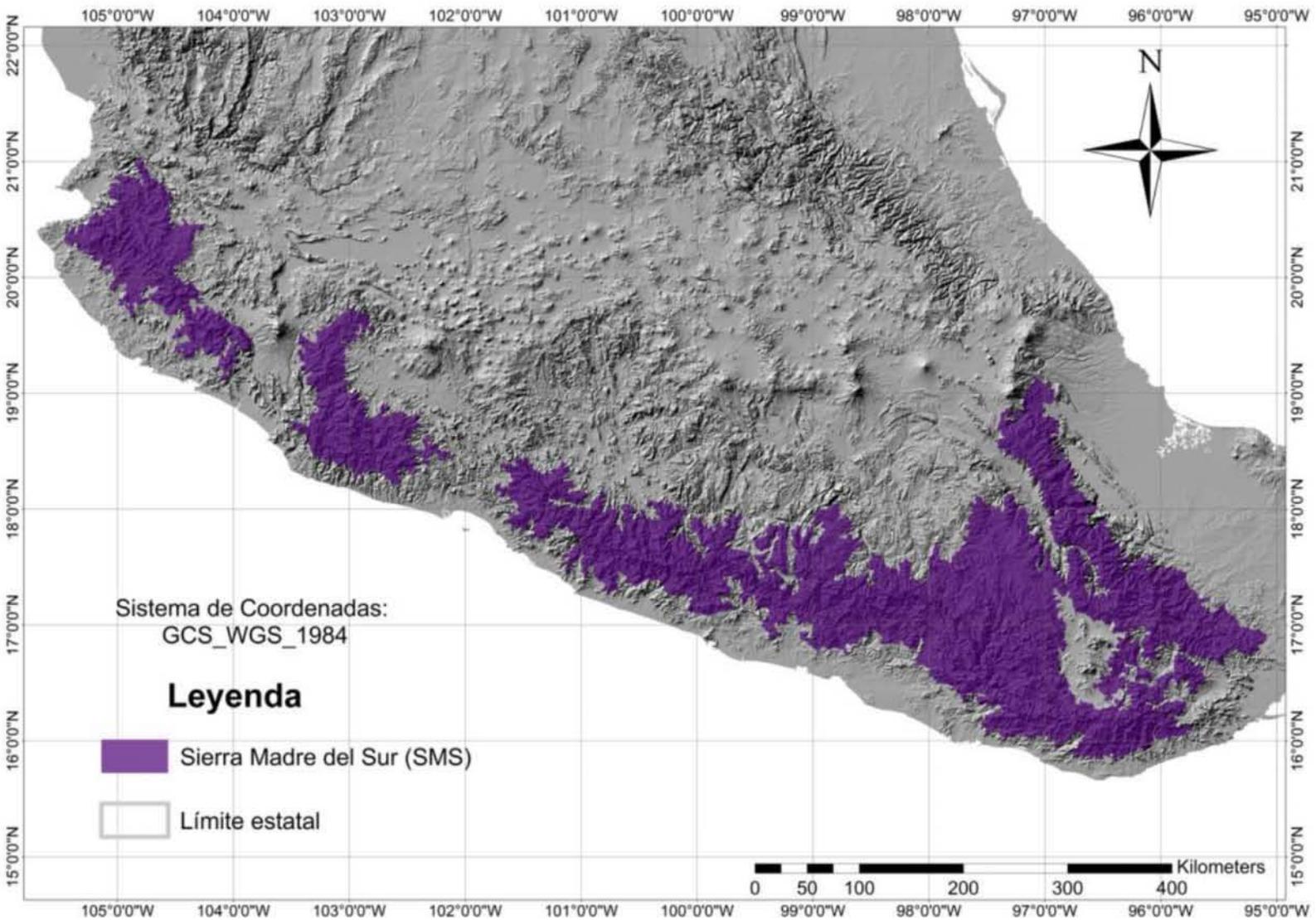


Figura 66. Sierra Madre del Sur

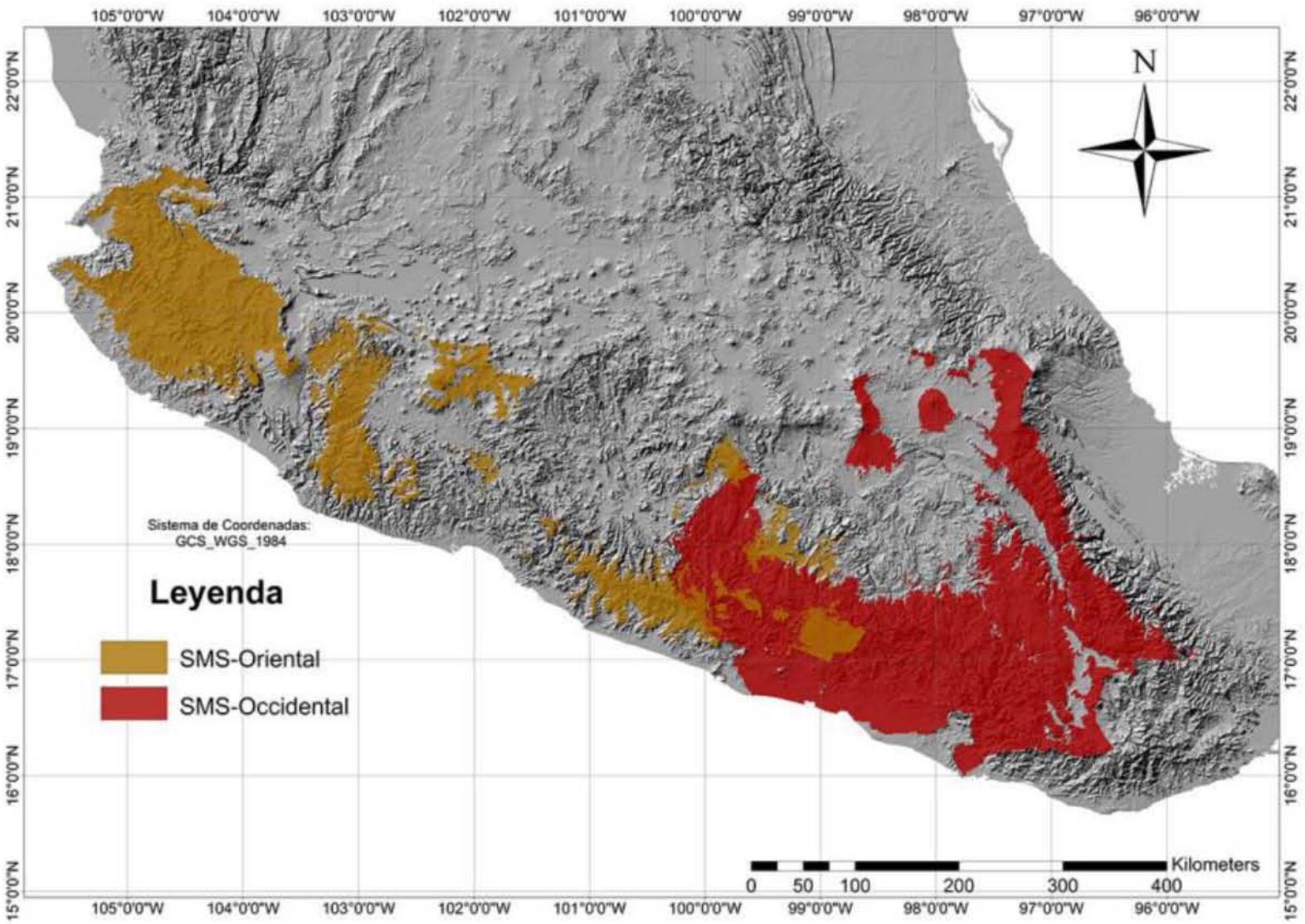


Figura 67. Subprovincias identificadas

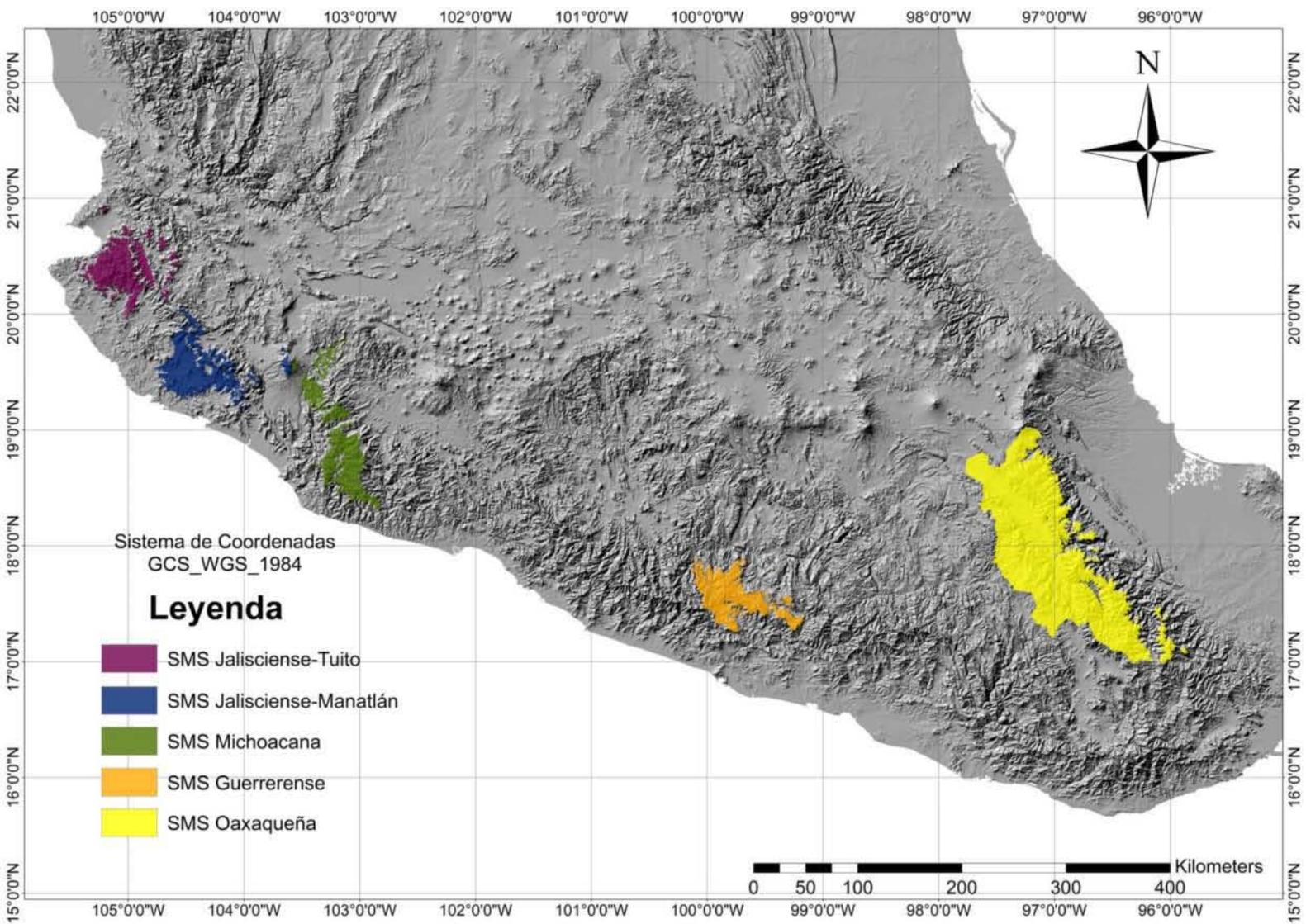


Figura 68. Distritos identificados

## **CONCLUSIONES**

El análisis de identificación de áreas de endemismo permitió el establecimiento de una regionalización del área comprendida como SMS basada en la distribución de especies endémicas.

La base de datos final integro 508 registros, estandarizados y depurados de forma geográfica y taxonómica. De los 1178 registros con los que se contó al inicio del trabajo; el 40% fueron datos redundantes, el 10% datos atípicos y autocorrelacionados y entre el 2-5% registros mal georreferenciados. La depuración de los datos permitió obtener MNE más robustos para determinar las áreas de endemismo.

Los perfiles bioclimáticos de las especies en estudio permitieron establecer los requerimientos climáticos de las mismas, además, ayudaron para elegir las variables adecuadas para la construcción de los MNE, lo cual permitió establecer patrones climáticos evidenciado ciertas tendencias por grupo taxonómico.

Se obtuvieron 34 MNE que permitieron determinar las áreas de distribución potencial de las especies en cuestión. Cada modelo fue evaluado con estadísticos sencillos como su curva ROC Y AUC, lo que permitió determinar la robustez de los modelos de forma general, caracterizándolos en su mayoría como buenos o excelentes.

La identificación de las áreas de endemismo consistió en el establecimiento: de siete patrones asociados a ciertas áreas que componen a la SMS, por superposición de modelos; por análisis de similitud, dos dedrogramas en donde ambos revelan tendencias de la distribución de las especies muy similares a las formadas por el primer análisis, integrándose dos grandes áreas, con tres y dos más pequeñas anidadas en ellas y con el PAE, un cladograma compuesto de cuatro clados asociados a cuatro de las áreas identificadas con los dos análisis anteriores. Lo anterior, respalda el establecimiento de siete áreas de endemismo con características y taxones específicos, asociados a rasgos topográficos que las respaldan.

La complejidad ambiental y heterogeneidad fisiográfica dificulto la presencia de especies con distribución que abarcar el total del área de estudio, por tanto no se sustenta la existencia natural del área SMS con este trabajo. Sin embargo, se identificaron dos

subprovincias: SMS- occidental y SMS- oriental y cinco distritos; tres ubicados dentro de los límites de la SMS-occidental: Jalisciense-Tuito, Jalisciense-Manantlán y Michoacana y dos asignados a la SMS-oriental: Guerrerense y Oaxaqueña, que presentan similitudes en las condiciones ecológicas e históricas que permiten el reconocimiento e identificación como unidades.

El que la SMS se encuentre en una zona compleja, dificulta la exploración de los diferentes sitios que la integran y por tanto no se cuenta con un número adecuado de registros con buena calidad que permitieran ampliar el análisis biogeográfico, la futura exploración de más taxones ofrece la posibilidad de hallarlos y así complementar o refutar los resultados obtenidos en este trabajo.

¡Hasta la victoria siempre!

## REFERENCIAS

- Andersson, L. (1996) An ontological dilemma: Epistemology and methodology of historical biogeography. *Journal of Biogeography*, 23: 269-277
- Arriaga, L., Aguilar, C., Espinosa, D. & Jiménez, R. (Eds.) (1997) Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Taller de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), November, Mexico City, 327 pp.
- Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. (2007): "Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 7, p. 100-119,
- Blancas-Calva, E. A. G. Navarro-Sigüenza y J. J. Morrone. (2010) Patrones biogeográficos de la avifauna de la Sierra Madre del Sur. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 561- 568.
- Brown, J. H. y M. V. Lomolino. (1998) *Biogeography*, 2a ed., Sinauer Associates, Inc. Pub. Sunderland
- Burgueño, M. J., J. L. Garcia-Bastos y J. M. Gonzales- Buitrago (1995) Las curvas ROC en la evaluación de pruebas diagnósticas. *Medicina Clinica* (Barcelona) 104: 661-670.
- Busby, J. R. (1991) BIOCLIM A bioclimate analysis and prediction system. En: Margules, C.R. y M. Austin (eds), *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, pp. 64-68.
- Cabrera, A. L. y A. Willink. (1973) *Biogeografía de América Latina. Serie de Biología, Monografía* 13. OEA, Washington, D.C. 117 p
- Campbell, J. A. (1999) Distribution patterns of amphibians in Middle America. In *Patterns of distribution of amphibians: a global perspective*, Duellman, W. E. (ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, pp. 111-210.
- Casas-Andreu, G. y T. Reyna-Trujillo. (1990) Herpetofauna (anfibios y reptiles). Mapa IV.8.6. In Atlas nacional de México, vol. III. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.
- Castillo M., Michán L. y Martínez A.L. (2014). La biocuración en biodiversidad: procesos, aciertos, errores, soluciones y perspectivas. *Acta Botánica Mexicana*. 108:81-103.
- Castro-Torreblanca, M. E. Blancas-Calva, G. M. Rodríguez-Mirón y D. Espinosa-Organista (2014) Patrones espaciales de distribución y diversidad de la avifauna en la provincia del Balsas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 823-830
- Catalogue of Life (<http://www.tropicos.org/>)

- Challenger, A., Soberón, J. (2008) Los ecosistemas terrestres. In: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 87-108.
- Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K., & Shen, T. J. (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8(2), 148-159.
- Colwell R. K. (2013) Estimates S: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Conabio-Conanp-TNC-Pronatura-FCF, UAN L. (2007) *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy- Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- CONABIO, (03/04/2014). 'Localidades rurales y urbanas 2, 2010', escala: 1:1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Datos estadísticos del 2010, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México, D.F
- Contreras-Medina, R. (2006) Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia*. Marzo 31:3 176-182
- Contreras-Medina, R. y H. Eliosa-León. (2001) Una visión panbiogeográfica preliminar de México. In: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Conceptos, teorías, métodos y aplicaciones*, J. Llorente-Bousquets y J. J. Morrone. (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 197-211.
- Cortés-Ramírez, G., A. Gordillo-Martínez y A. G. Navarro-Sigüenza. (2012) Patrones biogeográficos de las aves de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 530-542
- Craw, R. C., J. R. Grehan y M. J. Heads. (1999) *Panbiogeography: Tracking the history of life*. Oxford Biogeography series 11, Nueva York y Oxford.
- Crisci, J. V. & M. F. López. (1983) *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Monografía de la OEA, Serie Biología, núm. 26, Washintong, D.C.
- De Candolle, A. P. (1820) Géographie botanique. In: *Dictionnaire des Sciences Naturelles*. P. 352-422
- Elith, J., C. H. Gram., R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J., F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams,

- M. S. Wisz and N. E. Zimmermann. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecohyphy* 29: 129-151
- Elton, C. (1927) *Animal Ecology*. London. Sedgwick and Jackson
  - Escalante, T. (2005). Las bases de datos curatoriales y el estudio espacial de la biodiversidad: Un ejemplo con los mamíferos terrestres de México. Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática, 339-350.
  - Escalante T. (2009) Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 551-560
  - Escalante, T. (2011). De cómo el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) tampoco explica la selección natural. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82:3, 1057-1059.
  - Escalante, P., Navarro, A.G. & Peterson, A.T. (1998) Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. In: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. & Fa, A. (Eds.), *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México City, pp. 279–304.
  - Escalante, T., J. Llorente, D. Espinosa y J. Soberón. (2000) Bases de datos y sistemas de información: aplicaciones en biogeografía. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 24(92): 325-341.
  - Escalante, T., D. Espinosa y J. Llorente-Bousquets. (2003) Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de patrones biogeográficos: ejemplos en México. En: Morrone J.J. Y J. Llorente (eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma México. México, D. F. p. 39-47
  - Escalante, T., G. Rodríguez y J. J. Morrone. (2004) The diversification of Nearctic mammals in the Mexican Transition Zone. *Biological Journal of the Linnean Society* 83:327-339.
  - Escalante. T. G. Rodríguez, N. Gámez, L. León-Paniagua, O. Barrera y V. Sánchez-Cordero. (2007) Biogeografía y Conservación de los mamíferos. In: Luna, I., Morrone, J.J., Espinosa, D., (Eds.) *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. La Prensa de las Ciencias, pp.485-502
  - Escalante T, M. Linaje, P. Illoldi-Rangel, M. Rivas, P. Estrada, F. Neira & J.J. Morrone (2009) Ecological niche models and patterns of richness and endemism of the southern

- Andean genus *Eurymetopum* (Coleoptera, Cleridae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53(3): 379–385.
- Espinosa, D., J. J. Morrone, J. Llorente y O. Flores. (2002) Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica. Facultad de Ciencias, UREH, Las Prensas de Ciencias, FES Zaragoza, México, D. F.
  - Espinosa-Organista, D., J. J. Morrone, C. Aguilar y J. Llorente. (2000) Regionalización biogeográfica de México: Provincias bióticas. In Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, vol. II, J. Llorente-Bousquets, E. González y N. Papaverio (eds.). UNAM, México, D.F., p. 61-94.
  - Espinosa, D., S. Ocegueda *et al.* (2008) El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. In: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 33-65.
  - Espinosa-Organista, D., C. Aguilar y S. Ocegueda. (2004) Identidad biogeográfica de la Sierra Madre Oriental y posibles subdivisiones bióticas. In Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa-Organista (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F., p. 487-500.
  - Espinosa D., Zúñiga, C. A., & Espinosa, T. E. (2001). Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. In: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, México, 31-37.
  - Fa, J.E. y L.M. Morales. (1998) Patrones y diversidad de mamíferos en México. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. pp 315-354.
  - Ferrusquía-Villafranca, I. (1990) Regionalización biogeográfica. Mapa IV.8.10. In: Atlas Nacional de México. Vol. III. Instituto de Geografía, UNAM, Mexico City, map.
  - Ferrusquía-Villafranca, I. (1998) La Geología de México: Una sinopsis: In T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. Fa, Edits., *La Biodiversidad de México*, D.F.; UNAM, Inst. Biología, Publicación Especial, Cap. 1, pp. 1-107
  - Fischer, J., D. B. Lindenmayer, H. A. Nix, J.L. Stein y J.A. Stein. (2001) Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *Journal of Biogeography* 28: 293-304.
  - Franklin, J. (1995) Predictive vegetation mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography*, 19, 474–499.

- García, E.-CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. 'Climas' (Clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF, <http://www.gbif.org/>)
- Guisan A. & N.E. Zimmermann (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186
- Goldman, E. A. y R. T. Moore. (1945) The biotic provinces of Mexico. *Journal of Mammalogy* 26: 347-360.
- Grinnell, J. (1917) The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34: 427-433.
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L. and Albert D. L. (2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.
- Hernández-Baños, B. E., A. T. Peterson, A. G. Navarro-Sigüenza, A. G. y B. P. Escalante-Pliego. (1995) Bird faunas of the humid montane forests of Mesoamerica: biogeographic patterns and priorities for conservation. *Bird Conservation International* 5:251-277.
- Halffter, G. (1978) Un nuevo patrón de dispersión en la Zona de Transición Mexicana: el mesoamericano de montaña. *Folia Entomológica Mexicana* 39-40: 219-222.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Humphries, C. y L.R. Parenti. (1999) *Cladistic biogeography*, 2a ed., Oxford University Press, Oxford.
- Hutchinson, G.E. (1957) Concluding remarks. Cold Spring Harbour symposium on quantitative biology: 415-427.
- INEGI, CONABIO e INE. (2008) 'Ecorregiones terrestres de México'. Escala 1:1000000. México.
- Koleff, P. & E. Moreno. (2005) Áreas protegidas de México. Regionalización y representación de la riqueza. In: J. Llorente & J.J. Morrone (eds). *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. CONABIO, UNAM. 351-373.
- Liebherr, J. K. (1994) Biogeographic patterns of montane Mexican and Central America Carabidae (Coleoptera). *Canadian Entomologist* 126:841-860.
- Linder H. P. (2001). Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography*. 28:169-182

- Lindenmayer, D.B., H.A. Nix, J.P. McMahon, M.F. Hutchinson y M.T. Tanton (1991) The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.
- Llorente Bousquets, J. E., Papavero, N., & Bueno Hernández, A. (2001). Síntesis histórica de la biogeografía. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 24: (91)
- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A. & Real, R. (2007). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17 145-151.
- Luna Vega, I., O. Alcántara, D. Espinosa-Organista y J. J. Morrone. (1999) Historical relationships of the Mexican cloud forests: A preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305.
- Marshall, C. J. y J. K. Liebherr. (2000) Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 27: 203-216.
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84:2, 217-240.
- Miguel-Telonia, C., Téllez - Valdés, O., Murguía-Romero, M. (2014) Las cactáceas del Valle de Tehuacan - Cuicatlán, México: estimación de la calidad del muestreo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 436-444.
- Morales, N.S. (2012) Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. *Revista Conservación Ambiental* Volumen 2/Número 1/Notas y Comentarios /Páginas 1-5 [www.ecomabi.cl](http://www.ecomabi.cl) Fundación Ecomabi® Sección Notas y Comentarios
- Morrone, J.J., Espinosa-Organista D., Llorente Bousquets J. (2002) Mexican Biogeographic Provinces: Preliminary scheme, General characterizations, and synonymies. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.) 85: 83-108
- Morrone, J. J. (2002) Presentación sintética de un nuevo esquema biogeográfico de América Latina y el Caribe. In *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES*, volumen 2, C. Costa, S. A. Vanin, J. M. Lobo y A. Melic (eds.). Zaragoza (España), p. 267-275.
- Morrone, J. J. (1994) On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*. 43:438-441.

- Morrone, J. J. (1999) Presentación preliminar de un nuevo esquema biogeográfico de América del Sur. *Biogeographica* 75: 1-16.
- Morrone, J. J., D. Espinosa-Organista y J. Llorente-Bousquets. (2002) Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 85: 83-108.
- Morrone, J.J. (2014) Biogeographical regionalization of the Neotropical region. *Zootaxa* 3782 1: 001–110
- Morrone, J. J. y J. Márquez. (2001) Halffter's Mexican transition zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. *Journal of biogeography* 28:635-650.
- Morrone, J. J. y J. Márquez. (2003) Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. In Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, J. J. Morrone, y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F., p. 217-220.
- Morrone, J. J. (2005) Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 2:207-257.
- Müller, P. (1973) The dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical realm: A study in the evolution of the Neotropical biota and its native landscapes. Junk, La Haya
- Murguía, M. y J. L. Villaseñor. (2000) Biogeografía cuantitativa, pp. 39-47. In: Llorente, J. y J.J. Morrone (eds.) *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, UNAM, México, D.F.
- Murguía, M. & Villaseñor, J.L. (2000). Estimating the effect of the similarity and the cluster algorithm on biogeographic classifications *Ann. Bot. Fennici* 40: 415-421
- Murguía, M. y F. Rojas. (2003) Biogeografía cuantitativa. In. Morrone J.J. Y J. Llorente (eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*, Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma México. México, D. F. p. 39-47
- Navarro, A., A. T. Peterson, Y. Nakazawa e I. Liebig-Fossas. (2003) Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad. In: J. Morrone y J. Llorente B. (eds.) *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 115–122.
- Nix, H.A. (1986) A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. Atlas of elapid snakes of Australia: Australian flora and fauna series 7 (ed. by R. Longmore), pp. 4–15. *Bureau of Flora and Fauna*, Canberra.

- Oñate-Ocaña, L y Llorente-Bousquets, J. (2010) El uso de bases de datos curatoriales para reconstruir la historia del conocimiento taxonómico: un ejemplo con papilionidas y piéridas mexicanas (Insecta: Lepidoptera). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, México 81:2
- Ortega-huerta M. A. Y A T. Peterson. (2008) Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 205-216.
- Peterson, A. T., & K. P. Cohoon. (1999) Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological Modelling*. 117(1):159-164.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. (2006): A maximum entropy modelling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190, pp. 231-259.
- Platnick N I. (1991) On areas of endemism. *Australian Systematic Botany*; 4 xi-xii Preface
- Posadas P. y D. R. Miranda-Esquivel. (1999) El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*. 72: 539-546
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. (1990) Regionalización mastofaunística (mamíferos). Mapa IV.8.8.A. In Atlas Nacional de México, vol. III, Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.
- Reynoso, V. H. 1994. Principios y conceptos en los sistemas de clasificación biogeográfica de la Tierra, pp. 537-539 en: Llorente Bousquets, J. e I. Luna Vega (eds.), *Taxonomía Biológica*, Serie Texto Científico Universitario, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Roig-Juñent, S., Crisci, J. V., Posadas, P., Lagos, S., Costa, C., Vanin, S. A., & Melic, A. (2002). Areas de distribución y endemismo en zonas continentales. *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomológica Sistemática*, 2.
- Rojas Parra C. A. (2005). Automatización del método de la panbiogeografía: identificación de centros de diversidad del parque Nacional Iztaccíhuatl, Popocatepetl, Zoquiapan y anexas. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.6
- Rosen, B. R. (1988) From fossils to earth history: Applied historical biogeography. In: A. A. Myers y P. Giller (eds.). *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions*, Chapman and Hall, London. p. 437–481.

- Rushton S.P., SJ Ormerod & G Kerby (2004) New paradigms for modelling species distributions? *Journal of Applied Ecology* 41: 193-200
- Rzedowski, J. (1973) Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In Vegetation and vegetational history of northern Latin America, A. Graham (ed.). Elsevier, Amsterdam, p. 61-72.
- Rzedowski, J. (1978) *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Rzedowski, J. (1990) 'Vegetación Potencial'. IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II.
- Rzedowski, J., Reyna-Trujillo, T. (1990) Provincias florísticas. Mapa IV.8.3, en Atlas Nacional de México, vol. III. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Robertson, M.P., C. Peter, M.H. Villety B.S.Ripley. (2003) Comparing models for predicting species' potential distributions: a case study using correlative and mechanistic predictive modelling techniques. *Ecology Modeling* 164: 153–167.
- Samek, V. (1988) Fitorregionalización del Caribe. *Revista del Jardín Botánico Nacional (Cuba)* 9:25-38.
- Sánchez-Cordero V., A. Townsend Peterson y P. Escalante- Pliego. (2001) El Modelado de la Distribución de Especies y la Conservación de la Diversidad Biológica. In: H. M. Hernández., A.N. Gracia Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa (comps). *Enfoques Contemporáneos para el estudio de la Biodiversidad*, Instituto de Biología, UNAM, pp. 359-379
- Sillero, N., A. M. Barbosa, F. Martinez-Freiria & R. Real. (2010). Los modelos de nicho ecológico en la herpetología ibérica: pasado, presente y futuro ibérica: pasado, presente y futuro. *Boletín de la Asociación Herpetológica de España*. 21: 2 – 24
- Smith, H. (1941) Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 2, 103–110.
- Soberón J. y Peterson T.A. (2004) Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical Transactions The Royal Society London Britannia. Biological Sciences*. 359: (1444)689-698.
- Soberón, J. & Peterson, A.T. (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2 1-10.
- Stockman, A.K., D.A. Beamer y J.E. Bond. (2006) An evaluation of a GARP model as an approach to predicting the spatial distribution of non-vagile invertebrate species *Diver. Dist.* 12: 81–89.

- Stockwell, D. B. R. y D. Peters. (1999) The GARP modeling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13:143-158.
- Stuart, L. C. (1964) Fauna of Middle America. In *Handbook of Middle American Indians*, vol. 1, R. C. West (ed.), p. 316-363.
- TROPICOS (<http://www.tropicos.org/>)
- Villaseñor, J.L y O. Téllez-Valdez. (2004) Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Astereaceae) en México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 75(2): 205-220.
- Zink, R. M., R. C. Blackwell-Rago y F. Ronquist. (2000). *The shifting roles of dispersal and vicariance in biogeography*. *Proceedings of the Royal Society of London B* 276:497-503.
- Zunino, M y A. Zulini. (2003) *Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica, México. 359 pp.

## ANEXO 1

Perfil bioclimático de *Abies hickelii*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.39 ± 0.10	0.27	0.55
<b>ep</b>	96.88±8.03	86.00	110.00
<b>iso</b>	0.70±0.04	0.64	0.75
<b>oat</b>	16.99±2.33	14.40	20.90
<b>odt</b>	11.80±1.18	10.00	13.40
<b>pa</b>	1178.63±206.59	965.00	1557.0
<b>pcc</b>	255.75±81.43	156.00	381.00
<b>pcf</b>	46.75±25.53	22.00	102.00
<b>pcll</b>	677.25±123.00	524.00	932.00
<b>pcs</b>	31.00±21.81	0.00	66.00
<b>ppll</b>	62.25±11.21	49.00	84.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	18.39±3.89	13.60	24.90
<b>tmppc</b>	25.58±4.62	19.80	32.60
<b>tpa</b>	16.75±3.77	11.90	23.30
<b>tpcf</b>	15.41±3.56	10.80	21.80
<b>tpcll</b>	16.80±3.85	11.60	23.50
<b>tpcs</b>	16.16±4.06	11.60	23.20
<b>tppf</b>	8.58±2.95	5.30	14.30

Perfil bioclimático de *Ainea conzatti*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.46 ± 0.06	0.40	0.53
<b>ep</b>	94±2.28	91.00	97.00
<b>iso</b>	0.70±0.03	0.66	0.72
<b>oat</b>	20±1.35	17.80	21.70
<b>odt</b>	13.97±1.24	11.70	15.50
<b>pa</b>	917.33±179.93	611.00	1094.0
<b>pcc</b>	276.83±76.3	169.00	355.00
<b>pcf</b>	35.50±10.48	16.00	46.00
<b>pcll</b>	515.33±105.50	338.00	617.00
<b>pcs</b>	39.33±14.83	0.00	40.00
<b>ppll</b>	46.83±7.05	36.00	53.00
<b>pps</b>	0	0.00	0.00
<b>tcc</b>	18.67±1.07	16.70	19.80
<b>tmppc</b>	27.05±1.45	24.20	28.30
<b>tpa</b>	16.95±1.36	14.50	18.30
<b>tpcf</b>	15.20±1.38	12.90	16.70
<b>tpcll</b>	17.37±1.57	14.40	18.70
<b>tpcs</b>	15.42±1.13	13.60	16.80
<b>tppf</b>	7.07±0.96	6.10	8.40

Perfil bioclimático de *Axiniphyllum corymbosum*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.42 ±0.06	0.27	0.52
<b>ep</b>	102.73 ±6.17	84.00	111.00
<b>iso</b>	0.70 ±0.04	0.64	0.75
<b>oat</b>	19.04 ±1.59	14.70	21.50
<b>odt</b>	13.28 ±1.18	11.00	15.60
<b>pa</b>	1218.35 ±221.22	876.00	1624.0
<b>pcc</b>	276.77 ±71.06	172.00	410.00
<b>pcf</b>	35.19 ±14.48	21.00	93.00
<b>pcll</b>	740.54 ±146.74	487.00	995.00
<b>pcs</b>	19.08 ±18.86	0.00	51.00
<b>ppll</b>	66.58 ±14.23	44.00	93.00
<b>pps</b>	0	0	0
<b>tcc</b>	21.33 ±2.58	17.50	24.90
<b>tmppc</b>	29.27 ±2.66	24.00	32.90
<b>tpa</b>	19.71 ±2.46	15.40	23.20
<b>tpcf</b>	18.12 ±2.48	13.60	21.70
<b>tpcll</b>	19.98 ±2.40	15.40	23.40
<b>tpcs</b>	18.89 ±3.01	15.00	23.10
<b>tppf</b>	10.26 ±2.63	5.80	13.90

Perfil bioclimático de *Beilschmiedia manantlanensis*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.62 ±0.01	0.61	0.63
<b>ep</b>	105.40 ±5.32	101.00	114.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.00	0.66	0.66
<b>oat</b>	24.10 ±0.54	23.30	24.70
<b>odt</b>	15.94 ±0.38	15.40	16.40
<b>pa</b>	1254.80 ±92.83	1112.00	1347.0
<b>pcc</b>	544.80 ±44.60	478.00	592.00
<b>pcf</b>	57.40 ±7.57	44.00	62.00
<b>pcll</b>	800.00 ±50.10	752.00	866.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	71.80 ±4.15	67.00	77.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.92 ±1.03	23.90	26.50
<b>tmppc</b>	34.50 ±0.95	33.40	35.60
<b>tpa</b>	22.88 ±1.05	21.80	24.50
<b>tpcf</b>	20.32 ±1.04	19.30	21.90
<b>tpcll</b>	24.32 ±1.01	23.30	25.90
<b>tpcs</b>	22.40 ±1.32	21.10	24.30
<b>tppf</b>	10.38 ±1.16	9.40	12.30

Perfil bioclimático de *Bursera altijuga*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.55±0.03	0.51	0.61
<b>ep</b>	93.62±1.71	90.00	97.00
<b>iso</b>	0.67±0.01	0.65	0.68
<b>oat</b>	20.59±0.37	20.30	21.40
<b>odt</b>	13.74±0.21	13.60	14.20
<b>pa</b>	551.46±49.92	479.00	700.00
<b>pcc</b>	196.23±40.9	193.00	206.00
<b>pcf</b>	18.23±2.89	14.00	27.00
<b>pcll</b>	282.46±27.73	248.00	367.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	32.62±1.89	30.00	38.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	18.52±0.70	17.20	20.00
<b>tmppc</b>	26.98±0.74	25.70	28.50
<b>tpa</b>	16.51±0.66	15.20	17.80
<b>tpcf</b>	14.38±0.54	13.30	15.30
<b>tpcll</b>	17.69±0.81	15.70	19.20
<b>tpcs</b>	14.43±0.56	13.60	15.70
<b>tppf</b>	6.39±0.44	5.30	7.10

Perfil bioclimático de *Bursera arida*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.65 ±0.05	0.54	0.76
<b>ep</b>	97.00±3.45	88.00	102.00
<b>iso</b>	0.66±0.00	0.62	0.67
<b>oat</b>	22.30±1.43	19.40	25.70
<b>odt</b>	14.61±0.97	12.10	16.80
<b>pa</b>	599.19±358.52	430.00	2647.00
<b>pcc</b>	187.47±95.64	135.00	729.00
<b>pcf</b>	20.67±25.00	11.00	164.00
<b>pcll</b>	317.17±207.90	232.00	1499.00
<b>pcs</b>	4.11±24.66	0.00	148.00
<b>ppll</b>	34.25±18.76	25.00	142.00
<b>pps</b>	0.00±	0.00	0.00
<b>tcc</b>	22.17±2.73	18.00	26.80
<b>tmppc</b>	30.96±3.08	26.40	37.00
<b>tpa</b>	19.87±2.54	15.90	24.40
<b>tpcf</b>	17.22±2.30	13.70	21.50
<b>tpcll</b>	20.94±2.58	16.40	25.90
<b>tpcs</b>	17.62 ±2.53	14.10	22.20
<b>tppf</b>	8.66 ±2.04	5.60	14.70

Perfil bioclimático de *Bursera biflora*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.64±0.09	0.47	0.87
<b>ep</b>	95.51±3.82	87.00	118.00
<b>iso</b>	0.65±0.02	0.61	0.69
<b>oat</b>	21.92±1.19	19.20	26.90
<b>odt</b>	14.25±0.71	12.30	16.70
<b>pa</b>	606.78±146.33	453.00	1136.00
<b>pcc</b>	191.58±30.42	140.00	344.00
<b>pcf</b>	21.49±11.72	11.00	67.00
<b>pcll</b>	323.65±97.44	232.00	708.00
<b>pcs</b>	6.48±12.79	0.00	45.00
<b>ppll</b>	34.08±7.04	25.00	73.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	21.39±3.05	17.00	28.10
<b>tmppc</b>	30.07±3.10	25.20	36.70
<b>tpa</b>	19.10±2.78	15.00	25.10
<b>tpcf</b>	16.51±2.40	12.80	21.70
<b>tpcll</b>	20.22±2.90	15.80	26.50
<b>tpcs</b>	16.90±2.56	12.80	22.40
<b>tppf</b>	8.14±2.35	3.80	13.60

Perfil bioclimático de *Bursera confusa*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.61±0.11	0.46	0.76
<b>ep</b>	105.45±4.39	100.00	115.00
<b>iso</b>	0.67±0.04	0.61	0.73
<b>oat</b>	23.31±2.37	19.70	25.70
<b>odt</b>	15.54±1.05	14.40	17.00
<b>pa</b>	943.91±77.00	860.00	1055.00
<b>pcc</b>	346.45±68.31	260.00	442.00
<b>pcf</b>	43.64±6.99	35.00	53.00
<b>pcll</b>	598.73±58.65	532.00	738.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	54.27±5.42	50.00	69.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	25.32±2.25	21.90	27.60
<b>tmppc</b>	34.56±1.78	31.40	36.60
<b>tpa</b>	23.31±2.60	19.40	26.10
<b>tpcf</b>	20.75±3.01	16.30	24.00
<b>tpcll</b>	24.63±2.39	21.00	27.20
<b>tpcs</b>	22.90±2.21	19.60	25.30
<b>tppf</b>	11.24±3.24	7.20	15.30

Perfil bioclimático de *Bursera helia*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.51±0.11	0.24	0.64
<b>ep</b>	96.17±3.62	88.00	101.00
<b>iso</b>	0.68±0.04	0.63	0.78
<b>oat</b>	20.41±2.23	15.50	22.50
<b>odt</b>	13.80±1.39	10.90	15.50
<b>pa</b>	732.72±195.81	541.00	1077.00
<b>pcc</b>	205.83±22.14	180.00	263.00
<b>pcf</b>	21.72±18.38	6.00	72.00
<b>pcll</b>	404.67±107.72	299.00	601.00
<b>pcs</b>	11.78±17.68	0.00	49.00
<b>ppll</b>	39.83±9.25	31.00	57.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	21.96±3.16	15.00	25.50
<b>tmppc</b>	30.13±3.79	21.60	34.50
<b>tpa</b>	20.08±2.89	13.60	23.50
<b>tpcf</b>	18.04±2.49	12.50	21.20
<b>tpcll</b>	20.81±3.14	13.70	24.40
<b>tpcs</b>	18.22±2.41	12.80	21.20
<b>tppf</b>	9.73±1.82	6.10	11.90

Perfil bioclimático de *Pinus jaliscana*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.73 ±0.04	0.64	0.81
<b>ep</b>	113.08 ±3.97	103.00	119.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.01	0.63	0.68
<b>oat</b>	23.70 ±0.60	21.80	25.40
<b>odt</b>	15.62 ±0.29	14.80	16.10
<b>pa</b>	1425.44 ±148.40	1101.00	1688.00
<b>pcc</b>	770.96 ±113.07	540.00	898.00
<b>pcf</b>	70.84 ±6.47	58.00	77.00
<b>pcll</b>	986.64 ±128.71	701.00	1171.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	90.64 ±11.64	65.00	104.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.66±1.30	21.20	27.10
<b>tmppc</b>	33.55 ±1.27	30.30	36.30
<b>tpa</b>	22.38 ±1.31	19.30	25.10
<b>tpcf</b>	19.40 ±1.37	16.50	22.30
<b>tpcll</b>	24.41 ±1.19	21.10	26.40
<b>tpcs</b>			
<b>tppf</b>			

Perfil bioclimático de *Pinus rzedowskii*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.44±0.04	0.4	0.63
<b>ep</b>	103.43±1.74	102	109
<b>iso</b>	0.67±0.01	0.63	0.68
<b>oat</b>	19.67±1.39	17.8	25.5
<b>odt</b>	13.16±0.89	11.3	16.3
<b>pa</b>	1256.20±59.99	1074	1304
<b>pcc</b>	298.63±36.92	232	383
<b>pcf</b>	42.73±3.74	32	47
<b>pcll</b>	783.13±38.45	645	819
<b>pcs</b>	0.00	0	0
<b>ppll</b>	68.63±2.83	57	72
<b>pps</b>	0.00	0	0
<b>tcc</b>	25.15±0.25	24.7	26.2
<b>tmppc</b>	33.54±0.64	32.9	36.6
<b>tpa</b>	23.47±0.21	23	24.2
<b>tpcf</b>	21.68±0.27	21.1	22
<b>tpcll</b>	23.96±0.29	23.6	25.4
<b>tpcs</b>	23.23±0.20	22.7	23.6
<b>tppf</b>	13.88±0.79	11.1	15.1

Perfil bioclimático de *Populus guzmantlensis*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.64±0.02	0.58	0.69
<b>ep</b>	111.06±3.86	102.00	116.00
<b>iso</b>	0.65±0.01	0.64	0.67
<b>oat</b>	23.78±0.66	22.90	25.10
<b>odt</b>	15.48±0.48	14.90	16.50
<b>pa</b>	1213.38±108.58	950.00	1364.00
<b>pcc</b>	456.00±45.36	347.00	533.00
<b>pcf</b>	54.31±5.46	44.00	61.00
<b>pcll</b>	815.94±84.36	613.00	896.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	73.56±6.78	57.00	80.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	26.31±1.03	24.30	27.10
<b>tmppc</b>	35.67±0.81	34.00	36.30
<b>tpa</b>	24.26±1.03	22.20	25.10
<b>tpcf</b>	21.56±1.02	19.60	22.40
<b>tpcll</b>	25.56±0.99	23.70	26.30
<b>tpcs</b>	24.28±1.32	21.50	25.30
<b>tppf</b>	11.91±1.21	9.60	12.90

Perfil bioclimático de *Psacalium guerreroanum*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.40±0.04	0.33	0.44
<b>ep</b>	100.25±7.02	92.00	108.00
<b>iso</b>	0.70±0.01	0.69	0.72
<b>oat</b>	18.49±1.71	16.20	20.80
<b>odt</b>	12.96±1.39	11.10	14.80
<b>pa</b>	1034.42±246.83	708.00	1353.00
<b>pcc</b>	264.50±32.45	223.00	320.00
<b>pcf</b>	29.42±5.82	23.00	43.00
<b>pcll</b>	619.75±182.18	380.00	857.00
<b>pcs</b>	14.92±16.21	0.00	42.00
<b>ppll</b>	55.58±13.71	40.00	75.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	20.66±2.07	18.10	23.20
<b>tmppc</b>	28.56±1.64	26.40	30.80
<b>tpa</b>	19.13±2.13	16.40	21.60
<b>tpcf</b>	17.64±2.31	14.70	20.00
<b>tpcll</b>	19.44±1.92	17.00	22.00
<b>tpcs</b>	18.04 ±2.71	14.70	21.40
<b>tppf</b>	10.07 ±3.01	6.60	13.50

Perfil bioclimático de *Quercus martinezii*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.49±0.12	0.27	0.72
<b>ep</b>	104.17±3.19	97.00	109.00
<b>iso</b>	0.67±0.03	0.63	0.75
<b>oat</b>	20.37±2.73	15.60	24.50
<b>odt</b>	13.62±1.61	11.20	16.30
<b>pa</b>	1309.44±219.28	846.00	1590.00
<b>pcc</b>	361.72±125.29	132.00	601.00
<b>pcf</b>	45.72±15.13	17.00	67.00
<b>pcll</b>	800.11±132.97	500.00	968.00
<b>pcs</b>	12.06±15.64	0.00	35.00
<b>ppll</b>	73.33±13.43	43.00	97.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	23.71±1.85	17.90	25.20
<b>tmppc</b>	32.07±2.11	24.80	34.10
<b>tpa</b>	21.88±1.83	16.90	24.00
<b>tpcf</b>	19.98±2.03	15.90	22.90
<b>tpcll</b>	22.50±1.75	17.00	24.10
<b>tpcs</b>	21.53±2.13	16.00	23.70
<b>tppf</b>	11.69±2.59	7.40	16.20

Perfil bioclimático de *Quercus rubramenta*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.45 ±0.04	0.41	0.56
<b>ep</b>	105.91 ±1.70	103.00	108.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.01	0.64	0.68
<b>oat</b>	19.62 ±0.79	18.30	21.60
<b>odt</b>	12.92 ±0.43	12.50	14.10
<b>pa</b>	1384.36 ±191.22	929.00	1547.00
<b>pcc</b>	283.18 ±55.67	191.00	329.00
<b>pcf</b>	40.82 ±9.62	25.00	52.00
<b>pcll</b>	843.45 ±108.13	571.00	927.00
<b>pcs</b>	19.82 ±15.89	0.00	34.00
<b>ppll</b>	76.82 ±11.38	50.00	87.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.55 ±0.79	23.00	25.20
<b>tmppc</b>	32.70 ±0.75	31.20	33.40
<b>tpa</b>	22.67 ±0.92	20.90	23.50
<b>tpcf</b>	20.98 ±1.04	19.20	21.90
<b>tpcll</b>	22.80 ±0.98	20.70	23.60
<b>tpcs</b>	22.72 ±0.83	21.30	23.40
<b>tppf</b>	13.08 ±1.18	10.60	14.20

Perfil bioclimático de *Quercus salicifolia*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.61±0.19	0.20	0.80
<b>ep</b>	105.46±9.82	78.00	120.00
<b>iso</b>	0.67±0.04	0.59	0.78
<b>oat</b>	21.75±3.55	15.00	25.60
<b>odt</b>	14.48±2.01	10.30	16.70
<b>pa</b>	1386.27±295.83	657.00	2008.00
<b>pcc</b>	545.65±200.28	223.00	947.00
<b>pcf</b>	64.08±28.50	18.00	167.00
<b>pcll</b>	878.69±190.08	347.00	1223.00
<b>pcs</b>	13.96±31.57	0.00	114.00
<b>ppll</b>	81.23±16.76	37.00	111.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	23.48±2.69	14.90	27.10
<b>tmppc</b>	32.02±3.15	21.80	36.30
<b>tpa</b>	21.48±2.51	14.10	25.00
<b>tpcf</b>	19.04±2.51	13.50	23.60
<b>tpcll</b>	22.83±2.76	14.20	26.30
<b>tpcs</b>	20.95±2.89	13.50	25.30
<b>tppf</b>	10.27±2.87	4.60	16.20

Perfil bioclimático de *Quercus tuitensis*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.74 ±0.01	0.73	0.75
<b>ep</b>	112.71 ±3.25	110.00	119.00
<b>iso</b>	0.66 ± 0.00	0.66	0.67
<b>oat</b>	23.64 ±0.19	23.40	23.90
<b>odt</b>	15.67 ±0.10	15.60	15.80
<b>pa</b>	1436.29 ±110.64	1348.00	1652.00
<b>pcc</b>	808.29 ±79.29	736.00	952.00
<b>pcf</b>	74.43 ±1.72	71.00	76.00
<b>pcll</b>	997.57 ±101.52	914.00	1193.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	90.43 ±11.16	82.00	112.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.49 ±0.50	24.00	25.40
<b>tmppc</b>	33.26 ±0.47	32.80	34.00
<b>tpa</b>	22.17 ±0.47	21.70	23.00
<b>tpcf</b>	19.20 ±0.43	18.80	20.00
<b>tpcll</b>	24.29 ±0.50	23.80	25.20
<b>tpcs</b>	21.37 ±0.36	21.00	22.10
<b>tppf</b>	9.61 ±0.37	9.30	10.30

Perfil bioclimático de *Quercus uxoris*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.50 ±0.13	0.28	0.80
<b>ep</b>	106.50 ±2.91	101.00	113.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.02	0.63	0.74
<b>oat</b>	20.74 ±2.85	15.30	25.50
<b>odt</b>	13.74 ±1.69	11.40	16.40
<b>pa</b>	1337.30 ±170.79	1103.00	1653.00
<b>pcc</b>	362.50 ±126.00	132.00	592.00
<b>pcf</b>	44.60 ±13.08	21.00	70.00
<b>pcll</b>	834.35 ±93.00	704.00	1034.00
<b>pcs</b>	10.15 ±14.27	0.00	32.00
<b>ppll</b>	77.00 ±9.85	62.00	102.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.31 ±1.59	18.60	26.30
<b>tmppc</b>	32.80 ±2.19	25.20	35.70
<b>tpa</b>	22.47 ±1.51	17.50	24.40
<b>tpcf</b>	20.51 ±1.48	16.40	22.80
<b>tpcll</b>	23.06 ±1.78	17.50	25.70
<b>tpcs</b>	22.27 ±1.65	16.60	24.10
<b>tppf</b>	12.04 ±1.92	8.10	15.60

Perfil bioclimático de *Sessilanthera helianta*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.48±0.07	0.33	0.56
<b>ep</b>	109.00±2.96	105.00	115.00
<b>iso</b>	0.66±0.03	0.63	0.73
<b>oat</b>	19.87±1.10	17.90	21.10
<b>odt</b>	13.09±0.28	12.60	13.50
<b>pa</b>	1163.78±175.23	968.00	1466.00
<b>pcc</b>	233.89±76.95	169.00	410.00
<b>pcf</b>	27.78±7.98	19.00	45.00
<b>pcll</b>	730.78±111.24	604.00	947.00
<b>pcs</b>	3.11±9.33	0.00	28.00
<b>ppll</b>	64.44±11.15	52.00	86.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.22±1.04	23.20	26.50
<b>tmppc</b>	32.39±0.95	30.90	34.10
<b>tpa</b>	22.27±1.26	21.00	25.20
<b>tpcf</b>	20.53±1.46	19.00	23.90
<b>tpcll</b>	22.40±1.35	20.90	25.50
<b>tpcs</b>	22.38±1.10	21.20	24.80
<b>tppf</b>	12.51±1.49	10.80	15.80

Perfil bioclimático de *Pseudoeurycea cochranae*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.53 ±0.09	0.31	0.62
<b>ep</b>	92.00 ±4.52	88.00	101.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.03	0.63	0.74
<b>oat</b>	19.39 ±1.40	17.80	21.80
<b>odt</b>	12.70 ±0.66	12.00	13.80
<b>pa</b>	1062.30 ±380.59	792.00	2091.00
<b>pcc</b>	196.70 ±147.02	122.00	613.00
<b>pcf</b>	54.10 ±12.83	36.00	68.00
<b>pcll</b>	591.00 ±228.71	446.00	1222.00
<b>pcs</b>	29.70 ±16.98	0.00	48.00
<b>ppll</b>	53.10 ±19.95	41.00	108.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	18.25 ±2.05	16.50	23.00
<b>tmppc</b>	26.34 ±2.18	24.20	30.60
<b>tpa</b>	16.08 ±2.33	14.30	21.90
<b>tpcf</b>	14.23±2.40	12.70	20.60
<b>tpcll</b>	16.23 ±2.47	14.30	22.30
<b>tpcs</b>	15.42 ±2.01	14.00	20.60
<b>tppf</b>	6.97 ±2.08	6.00	12.80

Perfil bioclimático de *Pseudoeurycea smithi*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.43 ±0.10	0.33	0.65
<b>ep</b>	86.13 ±6.01	79.00	91.00
<b>iso</b>	0.68 ±0.02	0.63	0.63
<b>oat</b>	16.28 ±2.59	13.20	19.40
<b>odt</b>	10.96 ±1.47	9.20	12.20
<b>pa</b>	1608.38 ±467.12	645.00	1610.00
<b>pcc</b>	215.00 ±51.33	159.00	315.00
<b>pcf</b>	147.50±86.49	17.00	112.00
<b>pcll</b>	861.38 ±238.59	360.00	922.00
<b>pcs</b>	76.50 ±36.85	0.00	72.00
<b>ppll</b>	77.75 ±18.41	39.00	84.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	14.93 ±3.34	11.90	21.60
<b>tmppc</b>	21.95 ±4.07	17.60	29.20
<b>tpa</b>	13.10 ±3.09	10.40	19.30
<b>tpcf</b>	11.78 ±2.50	9.60	16.70
<b>tpcll</b>	13.08 ±3.49	10.20	20.00
<b>tpcs</b>	12.79 ±2.75	10.20	18.70
<b>tppf</b>	5.66 ±1.78	4.40	9.80

Perfil bioclimático de *Thorius narisovalis*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.38 ±0.04	0.31	0.46
<b>ep</b>	93.82 ±6.52	80.00	101.00
<b>iso</b>	0.70 ±0.01	0.68	0.74
<b>oat</b>	16.84 ±2.18	13.70	19.10
<b>odt</b>	11.79 ±1.60	9.40	13.40
<b>pa</b>	1135.64 ±462.77	726.00	2077.00
<b>pcc</b>	287.18 ±110.17	210.00	612.00
<b>pcf</b>	52.09 ±40.60	22.00	144.00
<b>pcll</b>	635.55 ±249.56	411.00	1212.00
<b>pcs</b>	30.45 ±35.20	0.00	93.00
<b>ppll</b>	61.91 ±19.08	44.00	107.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	16.95 ±2.89	12.00	23.00
<b>tmppc</b>	23.99 ±3.60	17.90	30.60
<b>tpa</b>	15.35 ±3.00	10.40	21.90
<b>tpcf</b>	14.08 ±2.85	9.50	20.60
<b>tpcll</b>	15.58 ±3.23	10.10	22.30
<b>tpcs</b>	14.53 ±2.64	10.10	20.60
<b>tppf</b>	7.16 ±2.12	4.20	12.80

Perfil bioclimático de *Abronia oaxacae*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.40 ±0.18	0.17	0.75
<b>ep</b>	92.80 ±8.41	79.00	108.00
<b>iso</b>	0.71 ±0.06	0.63	0.80
<b>oat</b>	17.92 ± 3.57	13.20	24.00
<b>odt</b>	12.62 ± 1.90	9.20	15.80
<b>pa</b>	1159.40 ±288.47	631.00	1807.00
<b>pcc</b>	241.33 ±69.62	169.00	369.00
<b>pcf</b>	53.73 ± 41.08	12.00	129.00
<b>pcll</b>	635.93 ±143.95	342.00	924.00
<b>pcs</b>	36.00 ±31.19	0.00	103.00
<b>ppll</b>	59.67 ±12.38	36.00	83.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	18.85 ±4.99	11.90	27.40
<b>tmppc</b>	26.43 ±5.62	17.60	34.30
<b>tpa</b>	17.26 ±4.95	10.40	26.50
<b>tpcf</b>	15.86 ±4.76	9.60	25.60
<b>tpcll</b>	17.51 ±5.23	10.20	26.80
<b>tpcs</b>	16.41 ±4.67	10.20	25.60
<b>tppf</b>	8.51 ±4.42	4.40	18.20

Perfil bioclimático de *Anolis liogaster*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.44 ±0.05	0.34	0.48
<b>ep</b>	106.14 ±1.95	102.00	108.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.03	0.64	0.74
<b>oat</b>	19.77 ±0.27	19.20	20.00
<b>odt</b>	13.13 ±0.49	12.80	14.20
<b>pa</b>	1427.86 ±130.33	1248.00	1601.00
<b>pcc</b>	296.00 ±52.18	201.00	369.00
<b>pcf</b>	40.71 ±4.89	34.00	47.00
<b>pcll</b>	874.14 ±73.24	773.00	971.00
<b>pcs</b>	21.29 ±14.93	0.00	36.00
<b>ppll</b>	79.29 ±7.80	68.00	90.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.29 ±1.18	21.70	25.10
<b>tmppc</b>	32.53 ±1.10	30.10	33.30
<b>tpa</b>	22.46 ±1.02	20.30	23.30
<b>tpcf</b>	20.87 ±0.88	19.10	21.70
<b>tpcll</b>	22.59 ±1.00	20.50	23.50
<b>tpcs</b>	22.41 ±1.36	19.40	23.30
<b>tppf</b>	12.76 ±0.89	10.90	13.60

Perfil bioclimático de *Mesaspis gadovii gadovii*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.44 ±0.03	0.40	0.50
<b>ep</b>	105.88 ±3.04	95.00	110.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.02	0.64	0.72
<b>oat</b>	19.62 ±0.50	18.30	20.70
<b>odt</b>	13.00 ±0.49	12.30	14.90
<b>pa</b>	1395.69 ±170.67	954.00	1603.00
<b>pcc</b>	298.27 ±51.47	193.00	400.00
<b>pcf</b>	38.92 ±9.21	19.00	57.00
<b>pcll</b>	853.42 ±107.21	545.00	986.00
<b>pcs</b>	21.31 ±13.42	0.00	33.00
<b>ppll</b>	78.38 ±11.32	47.00	94.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.17 ±1.52	19.30	25.20
<b>tmppc</b>	32.31 ±1.45	27.90	33.40
<b>tpa</b>	22.36 ±1.48	17.70	23.60
<b>tpcf</b>	20.74 ±1.50	16.10	21.90
<b>tpcll</b>	22.49 ±1.44	18.30	24.10
<b>tpcs</b>	22.28 ±1.83	16.10	23.40
<b>tppf</b>	12.69 ±1.63	7.30	14.40

Perfil bioclimático de *Salvadora intermedia*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.55 ±0.07	0.41	0.61
<b>ep</b>	91.00 ±3.00	88.00	97.00
<b>iso</b>	0.65 ±0.02	0.63	0.69
<b>oat</b>	19.46 ±1.82	15.40	20.60
<b>odt</b>	12.67 ±0.94	10.60	13.50
<b>pa</b>	787.57 ±213.54	624.00	1258.00
<b>pcc</b>	155.57 ±13.34	136.00	176.00
<b>pcf</b>	39.29 ±19.35	26.00	82.00
<b>pcll</b>	428.86 ±114.81	356.00	684.00
<b>pcs</b>	15.29 ±20.94	0.00	53.00
<b>ppll</b>	40.43 ±11.04	33.00	65.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	17.31 ±1.49	14.50	19.50
<b>tmppc</b>	25.36 ±2.10	21.00	27.80
<b>tpa</b>	15.16 ±1.30	12.70	17.10
<b>tpcf</b>	13.14 ± 0.96	11.50	14.80
<b>tpcll</b>	15.41 ±1.49	12.50	17.50
<b>tpcs</b>	13.97 ±1.06	12.40	15.90
<b>tppf</b>	5.87 ±0.65	5.40	7.30

Perfil bioclimático de *Sceloporus adleri*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.43 ±0.04	0.33	0.51
<b>ep</b>	105.06 ±1.95	100.00	108.00
<b>iso</b>	0.67 ±0.01	0.64	0.71
<b>oat</b>	19.16 ±0.67	17.30	20.00
<b>odt</b>	12.74 ±0.27	12.20	13.00
<b>pa</b>	1484.21 ±133.18	1164.00	1642.00
<b>pcc</b>	317.24 ±58.27	184.00	418.00
<b>pcf</b>	46.33 ±8.51	27.00	58.00
<b>pcll</b>	897.45 ±68.57	725.00	974.00
<b>pcs</b>	25.94 ±14.12	0.00	46.00
<b>ppll</b>	82.61 ±7.93	62.00	94.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.68 ±0.61	23.10	25.20
<b>tmppc</b>	32.74 ±0.66	30.80	33.40
<b>tpa</b>	22.92 ±0.67	21.00	23.50
<b>tpcf</b>	21.33 ±0.74	19.10	22.00
<b>tpcll</b>	23.07 ±0.73	21.00	23.70
<b>tpcs</b>	22.94 ±0.60	21.10	23.40
<b>tppf</b>	13.56 ±0.73	11.40	14.40

Perfil bioclimático de *Thamnophis chrysocephalus*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.43 ±0.09	0.21	0.60
<b>ep</b>	99.21 ±7.47	82.00	108.00
<b>iso</b>	0.68 ±0.04	0.59	0.77
<b>oat</b>	18.52 ±1.97	13.60	21.50
<b>odt</b>	12.56 ±1.25	9.40	14.90
<b>pa</b>	1266.48 ±304.27	623.00	1641.00
<b>pcc</b>	274.34 ±77.08	134.00	442.00
<b>pcf</b>	44.52 ±25.08	14.00	113.00
<b>pcll</b>	740.34 ±193.62	342.00	972.00
<b>pcs</b>	23.17 ±25.24	0.00	87.00
<b>ppll</b>	68.21 ±17.38	37.00	90.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	20.80 ±3.94	12.60	25.20
<b>tmppc</b>	28.57 ±4.38	18.40	33.40
<b>tpa</b>	19.10 ±3.90	11.00	23.40
<b>tpcf</b>	17.53 ±3.83	10.10	21.80
<b>tpcll</b>	19.34 ±3.90	10.80	23.60
<b>tpcs</b>	18.53 ±4.28	10.80	23.30
<b>tppf</b>	10.03 ±3.37	4.80	14.30

Perfil bioclimático de *Cyanolyca mirabilis*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.40±0.06	0.31	0.45
<b>ep</b>	102.63±6.12	93.00	108.00
<b>iso</b>	0.69±0.04	0.65	0.74
<b>oat</b>	17.91±1.67	15.50	19.90
<b>odt</b>	12.20±0.59	11.40	12.90
<b>pa</b>	1372.00±147.22	1168.00	1590.00
<b>pcc</b>	313.75±37.53	273.00	390.00
<b>pcf</b>	43.63±6.21	33.00	53.00
<b>pcll</b>	825.00±108.61	658.00	950.00
<b>pcs</b>	22.00±19.09	0.00	43.00
<b>ppll</b>	74.25±11.17	57.00	86.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	22.60±3.53	16.90	25.00
<b>tmppc</b>	30.10±4.16	23.40	33.20
<b>tpa</b>	21.00±3.29	15.70	23.40
<b>tpcf</b>	19.49±3.10	14.50	21.90
<b>tpcll</b>	21.18±3.34	15.80	23.60
<b>tpcs</b>	20.73±3.85	14.50	23.30
<b>tppf</b>	12.21±2.66	8.00	14.40

Perfil bioclimático de *Eupherusa poliocerca*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.40±0.05	0.28	0.52
<b>ep</b>	106.61±3.04	95.00	113.00
<b>iso</b>	0.69±0.03	0.63	0.74
<b>oat</b>	18.54±0.94	17.20	20.80
<b>odt</b>	12.72±0.83	11.90	15.30
<b>pa</b>	1466.11±202.23	893.00	2066.00
<b>pcc</b>	329.75±77.11	130.00	613.00
<b>pcf</b>	37.33±6.66	20.00	57.00
<b>pcll</b>	906.89±120.39	567.00	1249.00
<b>pcs</b>	12.49±15.77	0.00	50.00
<b>ppll</b>	83.67±12.34	51.00	121.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.19±1.45	18.00	26.80
<b>tmppc</b>	31.98±1.55	25.80	35.10
<b>tpa</b>	22.59±1.44	16.60	25.00
<b>tpcf</b>	21.04±1.53	14.90	23.50
<b>tpcll</b>	22.81±1.35	17.20	25.40
<b>tpcs</b>	22.26±1.67	14.90	25.00
<b>tppf</b>	13.44±1.63	7.00	15.80

Perfil bioclimático de *Lophornis brachylophus*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.39±0.04	0.33	0.44
<b>ep</b>	108.07±0.59	107.00	110.00
<b>iso</b>	0.69±0.01	0.67	0.70
<b>oat</b>	17.77±0.46	17.00	18.40
<b>odt</b>	12.25±0.22	11.90	12.60
<b>pa</b>	1541.60±113.09	1391.00	1709.00
<b>pcc</b>	348.00±20.55	324.00	379.00
<b>pcf</b>	37.53±1.96	33.00	41.00
<b>pcll</b>	963.47±68.99	866.00	1062.00
<b>pcs</b>	5.13±10.63	0.00	26.00
<b>ppll</b>	90.40±8.64	80.00	104.00
<b>pps</b>	0.00±	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.43±0.36	24.10	25.40
<b>tmppc</b>	31.95±0.32	31.70	32.80
<b>tpa</b>	22.91±0.47	22.50	24.10
<b>tpcf</b>	21.41±0.61	20.80	22.80
<b>tpcll</b>	23.17±0.42	22.80	24.20
<b>tpcs</b>	22.57±0.36	22.30	23.60
<b>tppf</b>	14.18±0.62	13.60	15.60

Perfil bioclimático de *Megadontomys thomasi*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.44 ±0.03	0.35	0.54
<b>ep</b>	106.03 ±2.44	94.00	109.00
<b>iso</b>	0.66 ±0.02	0.63	0.73
<b>oat</b>	19.36 ±0.79	17.10	20.60
<b>odt</b>	12.81 ±0.41	12.00	14.20
<b>pa</b>	1413.82 ±135.13	1047.00	1610.00
<b>pcc</b>	293.82 ±46.76	126.00	398.00
<b>pcf</b>	40.24 ±6.97	23.00	55.00
<b>pcll</b>	865.50 ±81.00	632.00	959.00
<b>pcs</b>	19.97 ±14.29	0.00	40.00
<b>ppll</b>	79.41 ±9.14	54.00	91.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	24.27 ±1.20	18.70	25.30
<b>tmppc</b>	32.33 ±1.24	27.00	33.50
<b>tpa</b>	22.46 ±1.18	17.20	23.40
<b>tpcf</b>	20.84 ±1.20	15.60	21.90
<b>tpcll</b>	22.60 ±1.16	17.70	23.60
<b>tpcs</b>	22.44 ±1.42	15.70	23.40
<b>tppf</b>	12.97 ±1.25	7.40	14.40

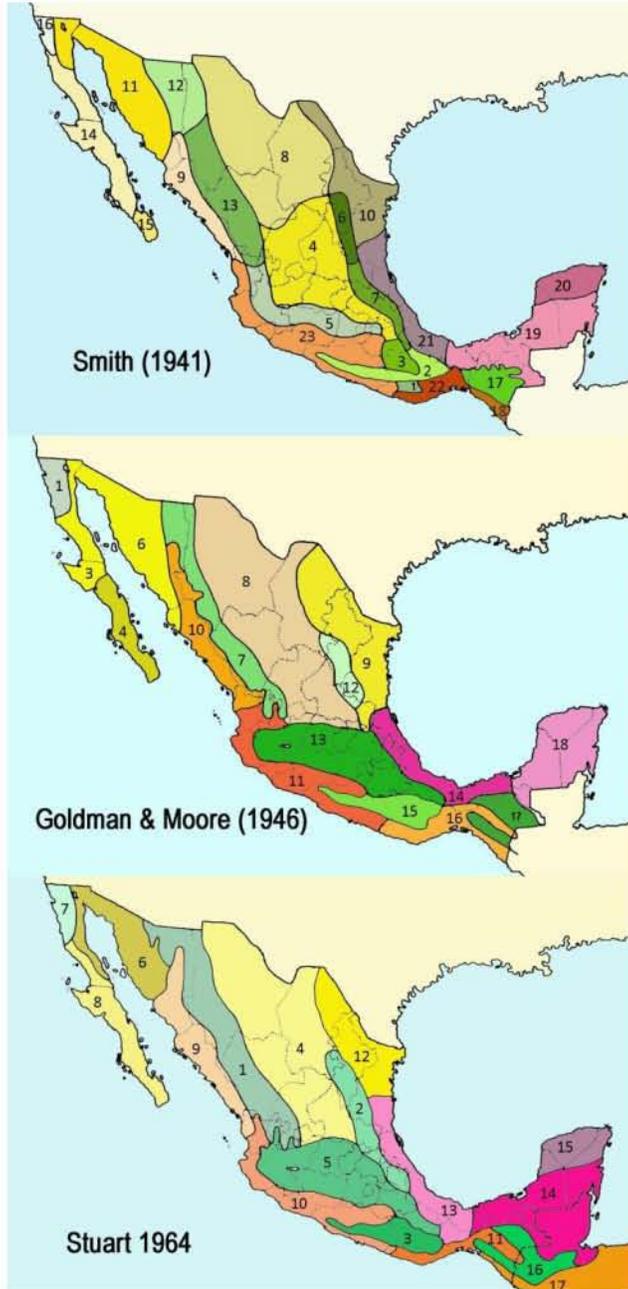
Perfil bioclimático de *Peromyscus gratus zapotecae*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.52 ±0.07	0.46	0.65
<b>ep</b>	90.36 ±4.82	86.00	100.00
<b>iso</b>	0.67 ±0.01	0.65	0.70
<b>oat</b>	20.08 ±2.73	17.60	24.20
<b>odt</b>	13.42 ±1.93	11.80	16.30
<b>pa</b>	1051.55 ±384.81	476.00	1480.00
<b>pcc</b>	190.36 ±41.45	143.00	247.00
<b>pcf</b>	64.91±43.56	13.00	113.00
<b>pcll</b>	569.91 ± 215.74	241.00	795.00
<b>pcs</b>	34.45 ±29.28	0.00	63.00
<b>ppll</b>	54.27 ±16.82	30.00	74.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	17.84 ±2.67	15.50	22.70
<b>tmppc</b>	26.18 ±3.41	23.20	32.00
<b>tpa</b>	15.79 ±2.55	13.50	20.40
<b>tpcf</b>	13.93 ±2.15	12.10	17.80
<b>tpcll</b>	16.22 ±3.01	13.40	21.40
<b>tpcs</b>	14.77 ±1.64	13.40	17.90
<b>tppf</b>	6.16 ±1.06	4.20	8.00

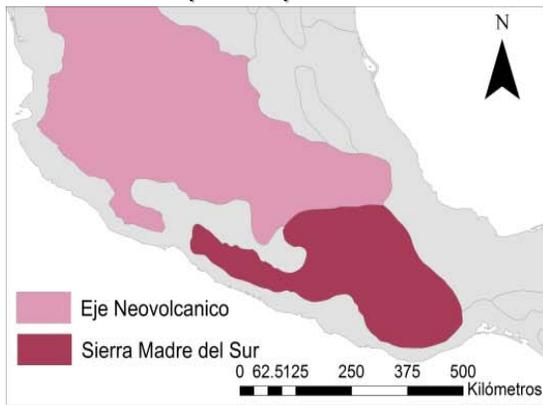
Perfil bioclimático de *Peromyscus winkelmanii*

Variables	Media y Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>edt</b>	0.45 ±0.01	0.43	0.47
<b>ep</b>	103.33 ±1.05	102.00	105.00
<b>iso</b>	0.67 ±0.01	0.66	0.68
<b>oat</b>	19.88 ±0.53	18.90	20.70
<b>odt</b>	13.29 ±0.45	12.50	13.90
<b>pa</b>	1255.53 ±9.30	1243.00	1275.00
<b>pcc</b>	297.20 ±31.38	247.00	326.00
<b>pcf</b>	42.93 ±1.94	40.00	46.00
<b>pcll</b>	782.73 ±5.42	770.00	789.00
<b>pcs</b>	0.00	0.00	0.00
<b>ppll</b>	68.67 ±0.49	68.00	69.00
<b>pps</b>	0.00	0.00	0.00
<b>tcc</b>	25.11 ±0.21	24.70	25.40
<b>tmppc</b>	33.60 ±0.23	33.20	33.90
<b>tpa</b>	23.41 ±0.19	23.00	23.70
<b>tpcf</b>	21.60 ±0.21	21.20	21.90
<b>tpcll</b>	23.91 ±0.16	23.60	24.10
<b>tpcs</b>	23.16 ±0.22	22.70	23.50
<b>tppf</b>	13.73 ±0.43	13.00	14.30

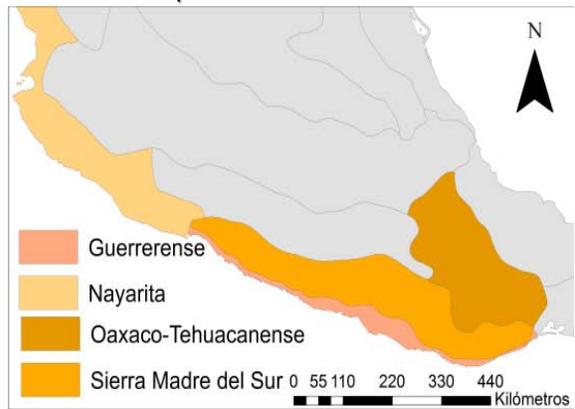
**Anexo 2. Regionalizaciones Biogeográficas de México y su concepción de la SMS**



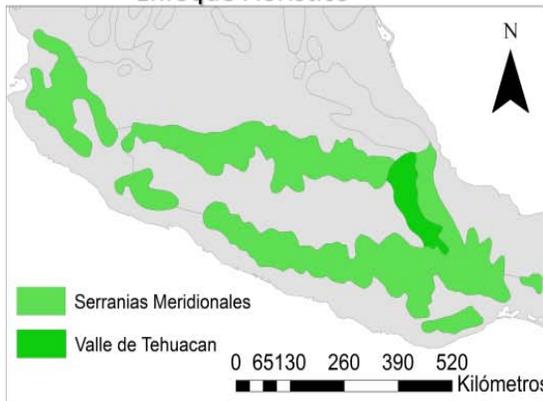
**Enfoque Herpetofaunístico**



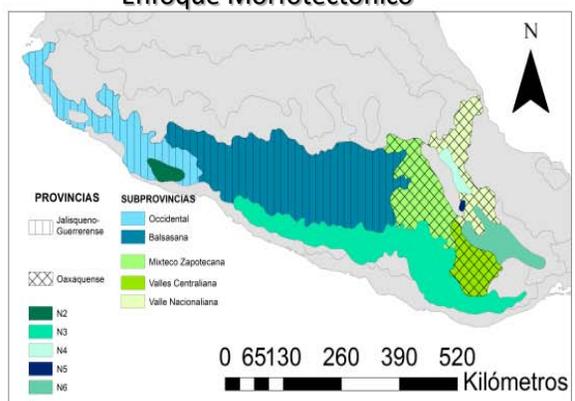
**Enfoque Mastofaunístico**



**Enfoque Florístico**



**Enfoque Morfotectónico**



**Consenso**

