

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

74

FACULTAD DE CIENCIAS

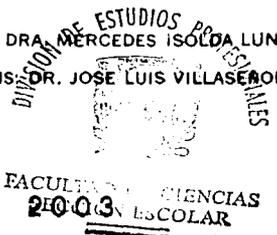
BIOGEOGRAFIA HISTORICA DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA ASTERACEAE ENDEMICAS A LOS BOSQUES TEMPLADOS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
ALBERTO GONZALEZ ZAMORA



DIRECTORA DE TESIS: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA
CODIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LUIS VILLASENOR RIOS



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Alberto González Zamora

FECHA: 24 - Noviembre - 2003

FIRMA: [Signature]

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a Usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Biogeografía histórica de las especies de la familia Asteraceae endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental".

realizado por Alberto González Zamora con número de cuenta 9853094-6

quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dra. Mercedes Isolda Luna Vega
Codirector de Tesis

Propietario Dr. José Luis Villaseñor Ríos

Propietario M. en C. David Nahum Espinosa Organista

Suplente M. en C. Antonio Alfredo Bueno Hernández

Suplente Biol. Tania Escalante Espinosa

[Handwritten signatures: Mercedes Isolda Luna Vega, José Luis Villaseñor Ríos, David Nahum Espinosa Organista, Antonio Alfredo Bueno Hernández, Tania Escalante Espinosa]

Consejo Departamental de Biología

[Signature]
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



...el aprendizaje no se logra por medios exclusivamente verbales, más bien surge cuando las palabras se dan junto con ejemplos concretos de cómo funcionan en su uso; las cosas y las palabras se aprenden juntas. Tomando prestada una vez más la útil frase de Michael Polanyi, lo que resulta de este proceso es un "conocimiento tácito" que se adquiere haciendo ciencia mas que aprendiendo reglas para hacerlo.

Thomas S. Kufin (1962 p. 191)

...ninguna teoría resuelve nunca todos los problemas a que se enfrenta en un momento dado, ni es frecuente que las soluciones ya alcanzadas sean perfectas. Al contrario, es justamente lo incompleto y lo imperfecto del ajuste entre la teoría y los datos existentes lo que en cada momento, define muchos de los problemas que caracterizan a la ciencia normal.

Thomas S. Kufin (1962 p. 146)

Dedicatoria

*...quién lo diría, son ustedes los de siempre, motivo, luz y fuente
que me inspira a seguir en el camino día a día*

A mis padres, Gonzalo y Lucía

A mis hermanos

*Juan Carlos
Rubi
Edgar
Rogelio*

A EMHA

Agradecimientos

A mis padres Gonzalo y Lucia por todo el apoyo que me han brindado, este es el resultado de todos sus esfuerzos. Gracias por quererme tanto, todo mi agradecimiento y mi amor es para ustedes.

A mis hermanos Juan Carlos, Rubí, Edgar y Rogelio, por sus enseñanzas y apoyo en los momentos difíciles, los quiero mucho.

A los directores de esta tesis Dra. Isolda Luna Vega y Dr. José Luis Villaseñor Ríos, por darme la oportunidad de aprender y compartir una pequeña parte de su conocimiento y experiencia.

A los revisores de esta tesis M. C. David Espinosa, M. C. Alfredo Bueno, Biol. Tania Escalante por su amabilidad y los comentarios críticos que enriquecieron este trabajo.

A los profesores del Taller Florística y Biogeografía de la Vegetación Templada de la Sierra Madre Oriental: Dra. Isolda Luna, M. C. David Espinosa, M. C. Carlos Alberto Ruiz y Biol. Othón Alcántara.

Al Biol. Othón Alcántara Ayala por enseñarme que "la biogeografía no es un juego".

Al M. en C. Carlos Alberto Ruiz Jiménez por sus enseñanzas en el manejo de los Sistemas de Información Geográfica y hacer de las salidas al campo una diversión.

Al precandidato a Dr. Raúl Contreras Medina, por sus clases de Sistemática I que me iniciaron en la Biología Evolutiva.

*A la DGAPA por el apoyo económico recibido mediante el proyecto **DGAPA-PAPIIT IN206202**.*

A Rebeca... no importan las distancias cuando los sueños se cumplen.

A mis compañeros y amigos de siempre, a los que aprecio en todo lo que valen Alfred, Elizabeth, Fayo, Lucy, Margarita, Montserrat, Oscar y Rebeca por todo el apoyo brindado en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos mis amigos del "Cubil", por hacerme pasar cada día muy buenos momentos y hacer muy amenas las salidas al campo, gracias Isolda, Raulito, Carlitos, profe Othón, Jorgito, Hamlett y a todos los que nos visitan diariamente.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de estudiar en la Máxima Casa de estudios de este país.

...a todos gracias, por la aventura de escalar acompañado cada barrera que la ruta me ha marcado; pues yo solo soy la suma de todo lo que he pasado.

... gracias también a quien me ha dado sufrimiento a manos llenas y me ha enseñado que la vida es una escuela entre el llanto y la locura, la ilusión y la cordura, la verdad y la mentira...

RESUMEN

Se analizan los patrones de distribución y la biogeografía histórica de 33 especies de Asteraceae que habitan principalmente en los bosques templados de la Sierra Madre Oriental utilizando distintos métodos biogeográficos como la gradilla, análisis de simplicidad de endemismos (PAE) y panbiogeografía. Se reconocen dos grandes áreas de endemismo para la Sierra Madre Oriental, una al norte y otra al sur, separadas por la cuenca del río Pánuco. El análisis panbiogeográfico arrojó como resultado cinco trazos generalizados: el de mayor longitud incluye los trazos individuales de solo dos especies y corre a lo largo de la Sierra Madre Oriental. Trazos de menor longitud se encuentran en distintas zonas de la provincia, dos en la región norte, uno en la región central y uno más en el sur de la sierra. El área con la mayor concentración de especies es la región norte, en la cual se localizan seis nodos panbiogeográficos que coinciden parcial o totalmente con las regiones terrestres prioritarias propuestas por la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) y con trabajos elaborados para otros taxones en el país.

ABSTRACT

Patterns of distribution and historical biogeography of 33 species of Asteraceae that inhabit mainly in the temperate forests of the Sierra Madre Oriental are analyzed, using different methods in biogeography, mainly grid method, parsimony analysis of endemism (PAE) and panbiogeography. Two large areas of endemism are suggested, a northern and a southern one, separated by the Pánuco river basin. The panbiogeographic analysis showed the existence of five generalized tracks: the larger one includes only the distribution of two species and runs throughout the Sierra Madre Oriental. Four other generalized tracks are found in different parts inward the Sierra Madre Oriental, two in the northern part, one in the central, and other in the southern portion. The area with a higher concentration of species is the northern area, which records six panbiogeographic nodes that coincides partially or totally with the priority terrestrial regions proposed by the Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), with the Areas of Importance for Bird Conservation (AICA's), and with other works based in different taxa.

Biogeografía histórica de las especies de la familia Asteraceae endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
CONTENIDO	v
INTRODUCCIÓN	1
GENERALIDADES	2
Sierra Madre Oriental	2
Historia Geológica	2
Clima	3
Regionalización	4
Tipos de vegetación de la Sierra Madre Oriental	9
Bosque mesófilo de montaña	9
Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	10
Familia Asteraceae	11
Biogeografía histórica	13
Áreas de distribución	13
Áreas de endemismo	14
Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE)	15
Biogeografía cladística	16
Panbiogeografía	16
Áreas prioritarias para la conservación	17
JUSTIFICACIÓN	19
ANTECEDENTES	20
HIPÓTESIS	22

OBJETIVOS	22
MÉTODOS	23
RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
Áreas de distribución	29
Áreas de endemismo	47
Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE)	49
Trazos individuales	52
Líneas de base	58
Trazos generalizados	60
Nodos panbiogeográficos	63
Comparación entre nodos panbiogeográficos, áreas de conservación y áreas megadiversas ("Hotspots")	66
CONCLUSIONES	69
LITERATURA CITADA	72
APÉNDICE 1	I
APÉNDICE 2	II
APÉNDICE 3	IV

INTRODUCCIÓN

La complejidad geológica y topográfica de México ha jugado un papel muy importante en la composición de la flora del país. Un ejemplo de ello lo constituyen los sistemas montañosos, que han ejercido una notable influencia en la diversidad biológica, actuando de diferentes maneras; por ejemplo, como barrera a la dispersión de un gran número de especies, como islas ecológicas, donde se han llevado a cabo eventos de especiación que aumentan dicha diversidad (Rzedowski, 1991), o como "corredores" biológicos para algunas especies (Halffter, 1987; Luna et al., 1999).

Dentro de los sistemas montañosos de México se ubica la Sierra Madre Oriental, una zona del país muy importante ya que en ella habitan algunos de los ecosistemas más ricos en especies, como son el bosque mesófilo de montaña, que en esta región encuentra su distribución más amplia, el bosque de coníferas y el bosque de *Quercus*. La presencia de estos tipos de vegetación en la Sierra Madre Oriental se debe a la influencia de los nortes provenientes del Golfo de México, que provocan las condiciones de temperatura y humedad necesarias para su desarrollo (Rzedowski, 1978a; Challenger, 1998). Entre los componentes florísticos más numerosos de estos tipos de vegetación destaca la familia Asteraceae, que es la familia con el mayor número de especies en el planeta y que tiene como uno de sus principales centros de diversidad a México (Villaseñor, 1991).

La similitud en los patrones de distribución de distintas especies sugiere que éstas pudieron tener una historia biogeográfica común, es decir, que sus ancestros ocuparon el mismo sector geográfico y estuvieron sujetos a los mismos cambios geológicos o climáticos. En consecuencia, los medios de dispersión no son la única explicación para la ocurrencia de taxones en distintas localidades, sino también la vicarianza, que la explica en dos fases: una de moviismo, en la cual las especies amplían su área de distribución mediante sus propios medios de dispersión y otra de inmoviismo, en la cual

surge una barrera que separa las áreas, provocando el aislamiento de poblaciones, necesario para la diferenciación subsecuente del taxón (Croizat, 1958).

GENERALIDADES

Sierra Madre Oriental

La Sierra Madre Oriental es el segundo sistema montañoso en extensión del país (Tamayo, 1998). Se localiza en el noreste de México, extendiéndose de noroeste a sureste. Se inicia en la Sierra del Burro, cerca del río Bravo y termina en el Cofre de Perote, que es la parte donde hace contacto con el Eje Neovolcánico. Está delimitada al oeste por el Altiplano Mexicano, al este por la Planicie Costera del Golfo de México y al sur por el Eje Neovolcánico. Tiene una longitud de 1350 km y una anchura promedio de 150 km. Presenta un intervalo altitudinal muy variable, con un promedio de 1500 a 2000 m s.n.m. y alcanza un máximo de 3000 m s.n.m. (Lugo-Hupb., 1990). Se encuentra en parte de los estados de Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Tamayo, 1998).

Historia geológica

La evolución tectónica de la Sierra Madre Oriental presenta un índice de incertidumbre mayor que la mayoría de las regiones montañosas. Esta cadena montañosa se caracteriza por ser una plataforma que ha sido afectada por una cantidad menor de vulcanismo Cenozoico, en comparación con la Sierra Madre Occidental (Eguiluz et al., 2000). Su historia geológica se remonta al Triásico, durante el cual la Sierra Madre Oriental estuvo emergida, como lo demuestran los depósitos de tipo continental de esta edad, los cuales se plegaron y erosionaron, dejando una topografía irregular sobre la cual se depositaron sedimentos evaporíticos del Jurásico Superior, que indican la presencia de mares someros y oscilantes; más tarde, al final de este periodo, los sedimentos que se depositaron indican que los mares de aguas agitadas siguieron avanzando.

Posteriormente, a partir del Cretácico Inferior y durante todo ese periodo, las condiciones batimétricas fueron muy variables; los mares tuvieron movimientos de ascenso y descenso, con diferentes fuentes de aportación de materiales, plegándose durante el Cretácico Medio y Superior. Durante el Terciario sufrió nuevos plegamientos y se extendió como una gran elevación ininterrumpida (Tardy, 1980; Eguiluz *et al.*, 2000).

Esta sierra exhibe principalmente rocas del Mesozoico y del Terciario, aflorando principalmente las rocas del cinturón de pliegues y cabalgaduras producto de la orogenia Laramide, misma que dio origen a fuertes movimientos tectónicos, emergiendo gran parte de la Sierra Madre Oriental y regiones colindantes, plegando y afallando los sedimentos existentes que corresponden al 90% de las rocas aflorantes; el 10% restante está representado por sedimentos continentales del Cenozoico. Posteriormente a estos eventos, las formas topográficas originales quedaron expuestas desde el Terciario a ataques de los agentes erosivos (Hernández, 1966). También existen materiales ígneos, tanto intrusivos como extrusivos, sobre todo en la parte media que presenta edificios volcánicos cubiertos de lavas que son del Terciario y posteriores a este periodo (Tamayo, 1998; Ortega *et al.*, 2000).

Clima

La Sierra Madre Oriental presenta un espectro muy amplio de climas, que va desde los muy áridos a los cálidos húmedos, abarcando casi la totalidad de los climas existentes en el país. La temperatura media anual de esta región oscila entre los 12.0° y los 25.3° C, por lo que se ha subdividido a la región en cuatro zonas térmicas: 1) cálida, con temperaturas entre 22° y 26° C, en altitudes entre 200 y 900 m s.n.m.; 2) semicálida, con temperaturas entre 18° y 22° C entre los 900 y 1800 m s.n.m., la cual abarca la mayor parte de la Sierra Madre Oriental; 3) templada, con temperaturas

entre 12° y 18° C, que se registra arriba de los 1800 m s.n.m.; y 4) semifría, con temperaturas entre 5° y 12° C, en las partes mas altas de la sierra (Hernández-Cerda y Carrasco-Anaya, 2004).

La precipitación media anual presenta valores extremos desde los 300 mm en el centro y norte, hasta los 4000 mm en el extremo sur, por lo cual se identifican tres áreas: 1) desde el extremo sur de la Sierra Madre Oriental hasta el paralelo 23° 30', con precipitaciones mayores a 1200 y hasta más de 4000 mm; 2) desde el paralelo 23° 30' hasta el paralelo 25° 40' y en la vertiente interior de la Sierra, con una precipitación anual que va de los 600 a 1200 mm; y 3) el resto de la Sierra Madre Oriental hasta el límite boreal, con una precipitación anual de menos de 300 a 600 mm (Hernández-Cerda y Carrasco-Anaya, 2004).

Entre los tipos de climas que se presentan, los más característicos son: a) cálidos (A), con todas las variantes de humedad, muy húmedos (f), húmedos (m) y subhúmedos (w); b) templados (C), con todas las variantes de humedad y algunas regiones semicálidas ((A)C); y c) secos (B), con los subgrupos áridos (BS₀) con variaciones térmicas desde cálidas ((h') h), semicálidas (h) y templadas (k), semiáridos (BS₁), con las mismas variantes térmicas que la anterior y muy áridos con condiciones térmicas cálidas y semicálidas (Hernández-Cerda y Carrasco-Anaya, 2004).

Regionalización

Desde hace casi dos siglos, el territorio de México ha sido objeto de numerosos intentos de regionalización realizados mediante diferentes métodos. Destacan en los últimos años aquellos trabajos que integran tanto componentes bióticos como rasgos físicos, lo cual origina que los límites y número de provincias sean distintos en cada sistema, de acuerdo con los criterios utilizados. En el caso de la Sierra Madre Oriental, no hay una congruencia en los límites propuestos y se observa que en ningún sistema representa una unidad natural (Aguilar, 1998; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2004),

como se puede observar en el Cuadro 1. En el Cuadro 2 se exponen algunas de las características más relevantes de los diferentes sistemas para la provincia de la Sierra Madre Oriental.

Cuadro 1. Sistemas de regionalización de México que identifican a la Sierra Madre Oriental como una provincia (modificado de Ruiz-Jiménez *et al.*, 2004).

Sistema de regionalización	Nombre	Criterios de división	Autor	Escala
Provincias bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos)	Sierra Madre Orientalense	Rasgos morfotectónicos	Ferrusquia-Villafranca (1990)	1: 4 000 000
Provincias fisiográficas	Aproximación a la SMO: Sierras y Llanuras de Coahuila, Serranía del Burro, Sierra de la Paila, Pliegues de Saltillo-Parras, Sierras Transversales, Sierras y Llanuras Occidentales, Gran Sierra Plegada y Carso Huasteco	Zonas climáticas y formas de relieve	Cervantes-Zamora <i>et al.</i> (1990)	1: 4 000 000
Provincias herpetofaunísticas	Sierra Madre Oriental	Presencia de reptiles y anfibios	Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)	1: 8 000 000
Regiones y provincias mastogeográficas ó mastofaunísticas	Sierra Madre Oriental	Análisis multivariado de agrupamientos; utiliza como unidades taxonómicas operacionales 121 cuadros, que registran la presencia o ausencia de las 449 especies de mamíferos conocidas desde 1758 hasta 1998	Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990)	1: 4 000 000
Divisiones florísticas en tópicos fitogeográficos	Sierra Madre Oriental	Análisis de afinidades geográficas de la flora de diferentes regiones del país, coeficientes de similitud establecidos entre floras, áreas de distribución general de las plantas vasculares del territorio y concentración de endemismos	Rzedowski y Reyna-Trujillo (1990)	1:8 000 000
Provincias biogeográficas de México (CONABIO)	Sierra Madre Oriental	Distribución de plantas vasculares, anfibios y reptiles, mamíferos y principales rasgos morfotectónicos	Especialistas y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (1997)	1: 4 000 000
Ecorregiones de México (CONABIO)	Bosque de coníferas y encinos de la Sierra Madre Oriental y bosque mesófilo de montaña de Veracruz	Características topográficas y tipos de vegetación predominantes (INEGI-INE, 1973)	Taller de regionalización ecológica y biogeográfica de México (1997) y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (1999)	1: 1 000 000

Cuadro 2. Características de la provincia de la Sierra Madre Oriental, según los distintos sistemas de regionalización del territorio mexicano (modificado de Ruiz-Jiménez *et al.*, 2004).

Sistema de regionalización	Intervalos altitudinales (promedio) (m s.n.m.)	Superficie (km ²)	Estados	Climas principales ¹	Tipos de vegetación
Provincias bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos)	200 a 3600 (1500 a 2000)	60 978.34	Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz	(A)C, BS,k, A(m), A(f) y Aw	Matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosque de coníferas y encino, bosque mesófilo de montaña y bosque tropical caducifolio
Provincias fisiográficas	200 a 3500 (1500 a 2000)	160 220.4	Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas	S,k, BS ₀ y (A)C	Matorral crasicaule, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y bosque tropical perennifolio
Provincias herpetofaunísticas	200-3600 (1500-2000)	55 319.81	Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz	BS,k, C(m), C(w), Cb' y (A)C	Matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio y bosque tropical caducifolio.
Regiones y provincias mastogeográficas ó mastofaunísticas	200 a 3600 (200 a 500)	75 058.75	Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz	(A)C, A(m), A(f), Aw y BS,k	Matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio.

Cuadro 2. Continuación

Sistema de regionalización	Intervalos altitudinales (promedio) (m s.n.m.)	Superficie (km ²)	Estados	Climas principales	Tipos de vegetación
Divisiones florísticas en tópicos fitogeográficos	200 a 4000 (1500 a 2000)	61 389.07	Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas	BS ₀ k, C(m), C(w), Cb' y (A)C	Matorral crasicaule, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, pastizal, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y bosque tropical perennifolio
Provincias biogeográficas de México (CONABIO)	200 a 3800 (1000 a 1500)	4 523.19	Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz	(A)C, C(m), C(w), Cb' y BS ₀ k	Matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y bosque tropical perennifolio
Ecorregiones de México (CONABIO)	200 a 3600 (1500 a 2000)	50 738.19	Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz	BS ₀ k, (A)C, C(m), C(w) y Cb'	Matorral desértico, matorral submontano, pastizal, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña y bosque tropical caducifolio

¹ A(C) semicálido templado húmedo y subhúmedo; A(m), A(f) y Aw, cálidos húmedos y subhúmedos; BS₀k semiárido templado; BS₀ árido templado y cálido; C(m), C(w) y Cb' templados húmedos, subhúmedos y semifríos

Tipos de vegetación de la Sierra Madre Oriental

Debido a las condiciones climáticas y altitudinales prevalecientes en la Sierra Madre Oriental, se pueden reconocer dentro de su territorio diversos tipos de vegetación, los cuales van desde los que se desarrollan en ambientes secos y con altas temperaturas, como el matorral xerófilo, hasta los ambientes húmedos y templados, como el bosque de coníferas, bosque de *Quercus* y bosque mesófilo de montaña, además del bosque tropical caducifolio, bosque tropical perennifolio y pastizal (Rzedowski, 1978a).

Bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña se caracteriza por ser un tipo de vegetación que se desarrolla en regiones que presentan relieve accidentado y laderas con pendientes pronunciadas, que facilitan la formación de neblinas durante una gran parte del año, y sitios protegidos con condiciones favorables de humedad (INEGI, 1995; Rzedowski, 1978a). En México este tipo de vegetación alcanza su distribución más septentrional en el continente americano (Challenger, 1998; Rzedowski, 1978a; Luna *et al.*, 2001); presenta una distribución fragmentada, ocupando menos del 1% de la superficie del territorio nacional (Flores y Gerez, 1994). En la Sierra Madre Oriental, este tipo de vegetación presenta su más amplia distribución en el país, sobre todo en la vertiente este, ya que es el área más expuesta a los nortes que invaden al país en los meses más secos y que lo proveen de la humedad necesaria para su existencia. Se distribuye como una franja angosta aunque no del todo continua, que se extiende desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca, incluyendo parte de los estados de Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz, en altitudes que van de los 800 hasta los 2450 m s.n.m. La temperatura media varía entre 16° y 19°C y la precipitación media anual es de 1610 mm y hasta 2500 mm (Puig, 1991). Otras zonas del país, como las regiones montañosas de Oaxaca y Chiapas presentan manchones amplios de este tipo de vegetación, mientras que en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico su presencia es menor (Challenger, 1998). La

distribución fragmentada de este tipo de vegetación se debe en gran parte a los factores altitudinales, latitudinales, climáticos y edafológicos que en él se presentan, lo que ocasiona la alta diversidad de especies vegetales que se calcula en 12% del total para la flora presente en México (Rzedowski, 1996). Rzedowski (1991) calcula que el número de especies de distribución restringida en este tipo de vegetación en México alcanza hasta un 30%. Las angiospermas mejor representadas son Orchidaceae, Rubiaceae y Asteraceae, mientras que entre las gimnospermas se encuentran Pinaceae, Podocarpaceae y Taxaceae, además de algunos géneros de cicadáceas, como *Ceratozamia* y *Zamia* (Rzedowski, 1978a; Rzedowski, 1996; Alcántara, 1996; Luna et al., 2001).

Bosque de *Pinus-Quercus*

En México, la presencia de comunidades mixtas de pinos y encinos es muy común, puesto que las condiciones ecológicas requeridas para la presencia de ambos taxones son muy similares y en algunas regiones se puede observar la presencia de comunidades puras o formando mosaicos de vegetación, por lo que en ocasiones se denomina bosque mixto (Rzedowski, 1978a). En algunas regiones se encuentra mezclado con el bosque mesófilo de montaña por lo que a veces han sido considerados como un mismo tipo de vegetación. Las condiciones climáticas que se presentan en este tipo de vegetación muestran una gran variedad; así, se observa que los límites de su distribución se ubican en lugares en donde la temperatura media anual se encuentra entre 6° y 28° C, así como en lugares donde pueden presentarse heladas (Nixon, 1998). La parte noreste del país es una de las más importantes para este tipo de asociación vegetal, debido a su distribución más o menos amplia en la Sierra Madre Oriental, sobre todo en los estados de Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro y Tamaulipas. Se desarrolla en altitudes entre 1500 y 3000 m s.n.m. y alcanza su mejor representación en los macizos montañosos del Cerro San Antonio Peña Nevada en Coahuila, la Sierra Gorda de Hidalgo y Querétaro, el Cerro Potosí en Nuevo León y la Sierra del Tigre en el extremo suroeste de Tamaulipas. En otras regiones de la Sierra Madre Oriental como Guanajuato,

Puebla, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas su presencia es menor (Flores y Gerez, 1994; Puig, 1991). Rzedowski (1991) estima que en este tipo de vegetación en México existen cerca de 7000 especies de plantas vasculares, que presentan un alto nivel de endemismo, cercano al 70%. Las familias mejor representadas en este tipo de vegetación son Pinaceae, Fagaceae, Asteraceae y Poaceae.

Familia Asteraceae

La familia Asteraceae Dumort. (=Compositae Giseke), es uno de los grupos de plantas vasculares más abundantes a nivel mundial. En México ocupa un lugar importante en la composición de su flora, puesto que constituye uno de sus principales centros de diversificación, sobre todo en la parte noroeste del territorio (Villaseñor, 1991). Turner (1977) ubica el origen de la familia a partir del Cretácico Medio y su distribución alrededor del mundo puede explicarse por la separación temprana de los continentes, como resultado de la tectónica de placas.

Las estimaciones más recientes acerca del número de especies y géneros en México varían según el autor, el mayor conocimiento en los últimos años sobre la flora mexicana y los criterios taxonómicos utilizados para ello. Así, tenemos que para Villaseñor (1993), la familia comprende 387 géneros y 2861 especies, mientras que Rzedowski (1998) estima 314 géneros y 2400 especies; por su parte Turner y Nesom (1998) calculan 323 géneros y 2600 especies, y Villaseñor (2003) propone 361 géneros y 3021 especies (Cuadro 3), lo que coloca a este taxón como el de mayor diversidad en el país, contribuyendo de manera importante a la enorme riqueza florística de México. Asimismo, como ya se había mencionado, es la familia más abundante en varios de los tipos de vegetación de México, incluyendo al bosque mesófilo de montaña, ya que algunos taxones de esta familia tienen una alta afinidad por las zonas montañosas (Cabrera-Rodríguez y Villaseñor, 1987; Rzedowski, 1996).

El endemismo de esta familia en el país se ha calculado en 119 géneros y 1300 especies, que corresponden a cerca del 50% del total para México (Villaseñor, 1990). Trece de estos géneros están representados en la Sierra Madre Oriental, de los cuales tres restringen su área de distribución a esta provincia, principalmente al bosque mesófilo de montaña y zonas áridas, donde la familia se caracteriza por ser uno de los elementos predominantes (Rzedowski, 1972; Villarreal *et al.*, 1996). Las causas de este alto nivel de endemismo se han relacionado tradicionalmente con la compleja topografía que presenta el territorio de México, que es resultado de una intrincada historia geológica (Toledo, 1988) y del aislamiento ecológico, que prevalece en las zonas desérticas y de montaña, lo cual restringe la distribución de las especies dentro de ciertas áreas (Rzedowski, 1991; Morrone *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Número de géneros y especies de la familia Asteraceae estimadas para México

Géneros	Especies	Autor
112	819	Blake <i>et al.</i> (1926) (solo para plantas leñosas)
289	No específica	Conzatti (1934)
319	No específica	Rzedowski (1978b)
340	No específica	Cabrera-Rodríguez y Villaseñor (1987)
314	2 600	Turner y Nesom (1988)
340	3 000	Villaseñor (1990)
310	2 400	Rzedowski (1992)
314	2 600	Williams-Linera <i>et al.</i> (1992)
387	2 861	Villaseñor (1993)
314	2 400	Rzedowski (1998)
323	2 700	Turner y Nesom (1998)
361	3021	Villaseñor (2003)

Biogeografía histórica

La biogeografía estudia los patrones de distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo, así como las causas o procesos que las han producido (Humphries y Parenti, 1986; Llorente *et al.*, 2001; Morrone, 2001). Hasta la primera mitad del siglo XX se encontraba dominada por las ideas dispersalistas, formuladas formalmente por Darwin y Wallace, a partir de la publicación del origen de las especies. El dispersalismo considera que la dispersión, a partir de centros de origen, es el principal mecanismo por el cual los seres vivos alcanzan su distribución geográfica actual, mediante la explicación de historias individuales (Bueno y Llorente, 2000). A partir de la segunda mitad del siglo XX, la biogeografía histórica registró notables cambios, muchos de ellos basados en las ideas de Croizat (1958), que contribuyeron a identificar patrones de distribución comunes para diferentes taxones. Como resultado de ello se desarrolló la biogeografía de la vicarianza.

Dentro del enfoque de la biogeografía de la vicarianza se han desarrollado básicamente tres metodologías alternativas, la panbiogeografía, la biogeografía cladística y el Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE) (Morrone y Crisci, 1995), las cuales son consideradas en la actualidad como metodologías complementarias, puesto que ambas coinciden en la búsqueda de patrones de distribución comunes, pudiendo ser aplicadas en diferentes pasos de un análisis biogeográfico (Morrone, 2001).

Áreas de distribución

El área de distribución de una especie se define como el área habitada por la misma (Rapoport, 1975). Se le reconoce como el conjunto de localidades donde han sido colectados o registrados los ejemplares de cada especie y por lo general es altamente irregular, ya que obedecen a factores ambientales y a la competencia entre las especies. Existen varios métodos para definirla (Rapoport,

1975), una de las formas más sencillas consiste en encerrar mediante una línea los puntos que representan las localidades en un mapa. Otra manera es utilizando el método de la gradilla, el cual resulta ser un método un poco más objetivo y práctico. Se trata de un retículo cuadrangular, en el cual se rellenan todas las cuadrículas donde hay una localidad donde se ha registrado el taxón; la forma y número de áreas que se reconocerán dependerán del tamaño que se elija para los cuadros. Otro método alternativo es el método de la propincuidad media (Rapoport, 1975), en el cual se compactan las localidades del taxón mediante la utilización de círculos concéntricos a cada punto o localidad registrada; dichos círculos tienen como radio la media de las distancias entre las localidades y en ocasiones pueden agregarse otras medidas estadísticas, como la desviación estándar. Cuando se describe el área de distribución de dos o más especies, se reconoce que éstas pueden ser simpátridas o alopátridas; la simpatría implica una superposición entre las áreas, mientras que la alopatría supone una disyunción total entre las áreas. Una vez delineada el área de distribución de los taxones en estudio, podemos determinar las áreas de endemismo (Espinosa et al., 2001).

Áreas de endemismo

La definición de áreas de endemismo, al igual que la de áreas de distribución, puede ser en ocasiones un proceso difícil y sujeto a los criterios utilizados por cada autor. Por lo general un área de endemismo se reconoce por la superposición de las áreas de distribución de dos o más especies restringidas a una región (Nelson y Platnick, 1981), aunque dicha superposición nunca es total. La importancia en el reconocimiento de las áreas de endemismo se debe a que constituyen las unidades básicas de los estudios en biogeografía histórica y por lo tanto pueden utilizarse para representar esquemas de jerarquización de las áreas, en las que se pueden reconocer regiones, subregiones, dominios, provincias, subprovincias y distritos, dependiendo del nivel taxonómico que se utilice para ello (Llorente et al., 2001; Morrone, 2001). Para reconocer un área de endemismo,

ésta debe cumplir con tres condiciones básicas (Müller, 1973): 1) las áreas de distribución de las especies bajo estudio deben ser menores que el área de estudio; 2) se deben conocer apropiadamente los límites de distribución de cada especie; y 3) que la validez de las especies utilizadas en el análisis no esté en disputa.

El criterio para decir si dos especies superponen sus distribuciones dependerá de la escala del mapa que se use. El endemismo es sensible a los cambios de escala y a la selección de taxones (Espinosa *et al.*, 2001). La correspondencia en las distribuciones implica homología biogeográfica, es decir, que las especies que definen un área de endemismo comparten una historia común, la cual está estrechamente relacionada con la historia de la región que habita. Esta interpretación es congruente con el enfoque de la vicarianza, la cual supone que las áreas de endemismo se forman a partir de áreas de distribución ancestral más amplias, que se fragmentaron por el surgimiento de una barrera. El endemismo implica entonces, homología tanto topológica como evolutiva (Craw *et al.*, 1999).

Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE)

Un método cuantitativo para identificar áreas de endemismo, llamado Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE) (por sus siglas en inglés de Parsimony Analysis of Endemicity) (Rosen, 1988; Morrone, 1994) se utiliza para agrupar áreas que comparten especies comunes e identificar áreas de endemismo proponiendo una causa histórica común que ayude a explicar estos agrupamientos; este método se basa en el análisis de taxones que ocupan diferentes celdas en un mapa, agrupando las áreas con base en los taxones que comparten y al cladograma más parsimonioso. Comprende los siguientes pasos: 1) dibujar una cuadrícula en el mapa de la región a analizar; 2) construir una matriz de datos $r \times c$, donde r (renglones) representan los cuadros, donde se presente el taxón y c (columnas) los taxones; la matriz se codifica con 1 si el taxón está presente y 0 si está ausente; un área hipotética, la cual es empleada para determinar la raíz del cladograma se codifica con ceros; 3)

aplicar a la matriz de datos un programa de simplicidad; 4) delimitar los grupos de celdas definidas por al menos dos especies; 5) sobreponer las distribuciones de las especies asignadas a cada grupo en el cladograma sobre el mapa, con el fin de delinear los límites de cada área de endemismo.

Biogeografía cladística

La biogeografía cladística se basa en una analogía entre la biogeografía y la sistemática, tratando a los taxones como caracteres del análisis cladístico de las áreas que habitan. Supone que hay una correspondencia de relaciones entre los taxones y las áreas que habitan, por lo que emplea la información sobre las relaciones filogenéticas de los organismos y su distribución geográfica para el establecimiento de hipótesis sobre relaciones históricas entre las áreas. Este método sobrepone cladogramas de áreas de diferentes taxones, para reconstruir la secuencia de fragmentación de las áreas, debidas a la deriva continental, al surgimiento de barreras ecológicas u otros eventos geohistóricos. Comprende básicamente tres pasos: 1) construcción de cladogramas taxonómicos de áreas a partir de cladogramas de dos o más taxones distintos; 2) obtención de cladogramas resueltos de áreas, es decir cladogramas que no presenten problemas de taxones ampliamente distribuidos, áreas ausentes y distribuciones redundantes, a partir de los cladogramas taxonómicos de áreas, y 3) obtención de cladogramas generales de áreas a partir de los cladogramas resueltos de áreas (Crisci y Morrone, 1992; Humphries y Parenti, 1986; Forey *et al.*, 1994; Morrone *et al.*, 1996).

Panbiogeografía

La panbiogeografía es un método propuesto por Croizat (1958), en donde se destaca el papel primordial que el espacio debe tener en los estudios evolutivos, por lo que involucra un análisis geográfico. Este método se encarga de buscar patrones de distribución congruentes, intentando reconstruir conexiones pasadas entre áreas o localidades (Morrone y Crisci, 1990). Consiste

básicamente en marcar en un mapa las localidades conocidas para un taxón determinado y conectarlas mediante un trazo individual, que es la línea de menor distancia que conecta las localidades o áreas de distribución, el cual representa el sector en el espacio en donde dicho taxón ha evolucionado y que ha estado sujeto a diferentes eventos geológicos, tectónicos, cambios de nivel del mar y cambios climáticos principalmente, que actúan como líneas de base que sirven para orientar los trazos. La sobreposición de varios trazos individuales se denomina trazo generalizado, e indica una biota ancestral ampliamente distribuida en el pasado y fragmentada actualmente por eventos físicos, tectónicos, climáticos, cambios en el nivel del mar u otros. El punto de intersección de dos o más trazos generalizados se llama nodo y representa la unión de diferentes historias biogeográficas, que son resultado de la evolución conjunta de la biota y del escenario geológico (Croizat, 1958; Espinosa y Llorente, 1993; Morrone y Espinosa, 1998; Craw *et al.*, 1999).

Los análisis de patrones de biodiversidad, combinados con la evidencia fósil, sugieren que los eventos del Mesozoico y del Terciario temprano tuvieron una mayor influencia sobre la distribución de las biotas ancestrales que se reflejan hoy en día en los patrones de distribución global (Croizat, 1958). En el caso de las distribuciones locales y regionales, los eventos pleistocénicos resultan ser el principal factor causante de las distribuciones actuales (Craw *et al.*, 1999).

Áreas prioritarias para la conservación

La conservación de la biodiversidad es una de las prioridades para el ser humano, puesto que la destrucción de los hábitats y la extinción de especies ocurren a una velocidad cada vez mayor (Ehrlich y Wilson, 1991). Para ello se han propuesto diversos mecanismos para conservar áreas, en los cuales generalmente los métodos de la biogeografía histórica han sido excluidos, a pesar del papel potencial que presentan. Su relación es con la detección de regiones biogeográficas y la planificación en el diseño de reservas naturales, sobre todo en las zonas de solapamiento de las

distribuciones de taxones endémicos, que destacan como zonas con alto valor para la conservación. Estas zonas definen distintas unidades biogeográficas, que por lo general presentan límites distintos a las fronteras políticas (Grehan, 1989; Morrone y Crisci, 1992; Espinosa y Morrone, 1998).

Los inventarios biológicos son necesarios para la toma de decisiones en la conservación, ya que proporcionan la información básica sobre la riqueza de determinadas zonas. Siendo México uno de los centros de diversificación de la familia Asteraceae, no está exento de la pérdida de especies, ya que un gran número de ellas se encuentran en peligro de desaparecer (Turner y Nesom, 1998; Villaseñor, 1991; Villaseñor et al., 1998). Por lo tanto, la detección de áreas con gran número de taxones de distribución restringida y con una historia biogeográfica compleja, que involucre taxones de diversos grupos, fortalecerá los programas para conservar esta riqueza.

JUSTIFICACIÓN

Los estudios biogeográficos que se han realizado en México han sido generalmente análisis de tipo histórico, que presentan principalmente un enfoque dispersalista (v. gr. Rzedowski, 1962; 1965; Halffter, 1976; Alcántara, 1996, entre otros). En ellos se propone que los medios de dispersión son el principal factor que explica la distribución actual de las especies. Este enfoque ha cambiado en los últimos años para dar paso a las explicaciones vicariantes, entre las que destaca la biogeografía cladística. Sin embargo, la falta de estudios filogenéticos para la mayor parte de los taxones mexicanos dificulta su aplicación. Una alternativa a estas carencias es la panbiogeografía, en la cual no es necesario contar con las filogenias de los grupos bajo estudio, y sus resultados pueden reflejar hipótesis de distribución congruente para distintos taxones (Morrone, 2001). Asimismo, la panbiogeografía puede promover una visión novedosa acerca del problema de determinación de áreas a conservar, pues la aplicación de este método permitiría expresar en forma simultánea la riqueza relativa de especies y la de sus orígenes históricos mediante el reconocimiento de nodos. Los nodos representan áreas complejas en la composición de su biota y por esta razón deberían tener prioridad para su conservación, ya que tradicionalmente se han considerado como áreas megadiversas (Grehan, 1993; Morrone *et al.*, 1996; Morrone y Espinosa, 1998; Luna *et al.*, 1999, 2000; Álvarez, 2001; Contreras-Medina y Eliosa-León, 2001). Un análisis biogeográfico más completo debe abarcar, además, la delimitación de áreas de distribución y el reconocimiento de áreas de endemismo. Es importante reconocer que en México, siendo un país megadiverso, los esfuerzos encaminados a la conservación de los diversos hábitats deberían incluir estudios de biogeografía histórica (Morrone y Espinosa, 1998).

ANTECEDENTES

A nivel mundial, el establecimiento de patrones de distribución comenzó a definirse a partir de los trabajos de Croizat (1958), mismos que han sido corroborados por distintos estudios, entre los que podemos mencionar los de Craw (1985) para anfibios, aves y plantas; Grehan (1991) para angiospermas y lepidópteros; Luna y Contreras-Medina (2000) para plantas y Morrone (1996) para coleópteros, entre otros. Sin embargo, a nivel regional, dichos patrones no son aún del todo conocidos. En la actualidad se ha utilizado este método con mayor frecuencia, como lo demuestran los trabajos de Luna *et al.* (1999) para los bosques mesófilos de montaña de Hidalgo; Aguilar-Aguilar y Contreras-Medina (2001) para mamíferos marinos; Álvarez (2001) para aves; Contreras-Medina y Eliosa-León (2001) para helechos, gimnospermas, angiospermas, insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, Escalante (2003) y García (2003) para mamíferos. Para utilizar este método, no es necesario conocer la filogenia de los taxones involucrados; ésto es muy importante sobre todo en los casos en que se desconoce la filogenia de los integrantes de una determinada biota y que de otra manera sería complicado entender su historia. Su aplicación podría ayudar a resolver dichos problemas, ya que constituye una primera etapa para encontrar un patrón de distribución que permita establecer homologías espaciales, es decir, reconocer que ciertos grupos de organismos que presentan patrones de distribución semejantes formaban parte de una misma biota ancestral, actualmente fragmentada por eventos de cambio climático o tectónico (Morrone, 2001). Los estudios que incluyen a la biogeografía histórica en los programas destinados a la conservación de ciertas áreas importantes por la presencia de recursos naturales en nuestro país aún son escasos. Existen a la fecha pocos trabajos que incluyen un análisis panbiogeográfico aplicado a la conservación de la biodiversidad de México (*v. gr.* Luna *et al.*, 2000; Álvarez, 2001; García, 2003; Ochoa, 2003). En Álvarez (2003) se hace énfasis en la congruencia de algunos nodos panbiogeográficos y las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) (Benítez *et al.*, 1999). Por otra parte, el Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE) es una herramienta

aplicada con mayor frecuencia para este tipo de casos, tanto en México como en el resto de Latinoamérica (Luna *et al.*, 1999; Posadas y Miranda-Esquivel, 1999; Cavieres *et al.*, 2002;).

HIPÓTESIS

La historia geológica de la Sierra Madre Oriental ha influido de manera significativa en la distribución de las especies que en ella habitan, por lo cual es posible reconocer homologías en los patrones de distribución (trazos generalizados) y zonas ricas en biodiversidad, que podrían indicar sitios complejos que funcionen como nodos panbiogeográficos.

OBJETIVOS

1. Describir los patrones de distribución de las especies pertenecientes a la familia Asteraceae, endémicos a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental.
2. Analizar la distribución actual de las especies bajo estudio para reconocer posibles áreas de endemismo y su delimitación mediante: a) el método de la gradilla (Rapoport, 1975), utilizando para ello dos escalas de trabajo; b) el método de la propinquidad media (Rapoport, 1975) y c) un Análisis de Simplicidad de Endemismos (Rosen, 1988; Morrone, 1994).
3. Realizar un análisis panbiogeográfico de las especies de Asteraceae endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental, el cual permitirá establecer: a) homologías de distribución primaria de las especies de la familia Asteraceae endémicas a la Sierra Madre Oriental; y b) determinar la ubicación de posibles nodos que permitan reconocer áreas a conservar por su complejidad y riqueza biótica.

MÉTODOS

En el presente trabajo se seleccionaron especies pertenecientes a la familia Asteraceae endémicas a los bosques templados de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (*sensu* Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

Se realizó una recopilación de los datos de distribución de las especies seleccionadas, para lo cual se revisaron las colecciones del Herbario Nacional de México, UNAM (MEXU); del Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN (ENCB); del Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM (FCME); del Herbario-Hortorio del Colegio de Posgraduados (CHAPA); del Herbario de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo (CHAP); del Herbario del Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío (IEB) y del Herbario Nacional Forestal (INIF); de donde se tomaron los datos de las etiquetas de los ejemplares correspondientes a cada especie. También se consultaron las bases de datos del Herbario de la Universidad de Texas (TEX); Jardín Botánico de Nueva York (NY); Jardín Botánico de Missouri (MO); Herbario de la Universidad de Harvard (GH) y Herbario del Instituto de Ecología de Xalapa (XAL), disponibles a través de la Red Mundial de Información Biótica (REMIB), en la página Web de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (<http://www.conabio.com.mx>).

A partir de la información recopilada, se elaboró una base de datos de las especies seleccionadas, la cual cuenta con los datos del nombre de las especies, tipo de vegetación, colector y número de colecta, altitud, estado, municipio y localidades de colecta georreferenciadas, para lo cual se tomaron los datos de las etiquetas de los ejemplares de herbario. En el caso de los ejemplares que no contaban con localidad georreferenciada, ésta se obtuvo a partir del nomenclátor para localidades de la Sierra Madre Oriental de Ortiz (2004) y las restantes fueron georreferenciadas empleando las cartas topográficas de INEGI escala 1: 50 000 (apéndice 1), disponibles para esta

zona. Una vez completada la base de datos, se depuró eliminando de ella los ejemplares que presentaban datos incompletos sobre la localidad de colecta, los cuales presentan dificultad para georreferenciar, con lo cual la base de datos quedó integrada por 746 registros de herbario. A partir de esta información, se convirtieron las coordenadas geográficas en grados decimales mediante la fórmula: $(\text{grados} + ((\text{minutos} \times 60) + \text{segundos})/3600)$, de tal manera que fueran compatibles con el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView 3.2a (ESRI, 2000), en el cual previamente se digitalizaron y archivaron en formato shapefile (shp) los mapas de la República Mexicana, de las regiones fisiográficas de Cervantes-Zamora et al. (1990) escala 1: 4 000 000, de las cartas topográficas de INEGI escala 1: 50 000 y de la distribución de la vegetación potencial de Rzedowski (1990) escala 1: 4 000 000, obtenidos de la página Web de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (<http://www.conabio.com.mx>).

Para determinar las áreas de distribución de cada especie, se utilizó el método de la gradilla, para lo cual se dividió el mapa de la Sierra Madre Oriental, obtenido previamente, en cuadros de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud y en celdas de 15' de latitud por 20' de longitud (éstas últimas corresponden a las cartas topográficas elaboradas por INEGI en escala 1: 50 000). En ellos se mapearon las localidades de colecta para cada taxón, mediante el SIG ArcView 3.2a (ESRI, 2000) y posteriormente se rellenó cada uno de los cuadros y celdas en donde se presentaban registros de colecta para cada especie. El método de propinquidad media (Rapoport, 1975) se utilizó para compactar las áreas de distribución de cada especie; se realizó dibujando en los puntos de colecta para cada taxón círculos concéntricos cuyo radio es igual a la media aritmética de la distancia mínima entre los puntos. Cada mapa se imprimió en papel para posteriormente delimitar las áreas de endemismo.

Las áreas de endemismo son reconocidas en base a la sobreposición presentada entre las áreas de distribución de cada taxón y que se clasifican de acuerdo al grado de superposición (simpatria) presentado entre las áreas de distribución en: homopátridas, que se refiere a la superposición total de las áreas de distribución de dos o más especies; alelopátridas, cuando dos o más áreas tienen una superposición solo parcial y endopátridas, cuando una o más áreas de distribución quedan anidadas dentro de otra de mayor tamaño (Espinosa et al., 2001).

La delimitación de las áreas de endemismo se realizó sobreponiendo los mapas de distribución de cada taxón. Se generaron tres mapas: uno con cuadros de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud, uno con celdas de 15' de latitud por 20' de longitud y uno con el método de propinquidad media (Rapoport, 1975).

Para el Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE), se numeraron los cuadros de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud, en los que se encontraron registros de cada una de las especies, para posteriormente elaborar una matriz de datos de presencia/ausencia. Para ello se tomaron solamente los 28 cuadros de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud en los cuales se encontraban distribuidas al menos dos de las 33 especies de Asteraceae. El nombre de las localidades de cada cuadro se tomó del municipio que presenta la mayor superficie dentro de cada cuadro (apéndice 2). La matriz de datos se construyó codificando con 0 en el caso de que cada especie no se encontrara en las áreas y con 1 en el caso de que las especies se encontraran en alguno de los cuadros; además se agregó un área hipotética con 0 para todos los taxones, misma que sirvió para enraizar el cladograma.

La matriz de datos fue analizada con el programa NONA 2.0 (Goloboff, 1997), donde se realizó una búsqueda heurística, aleatorizando 50 veces el orden de entrada de los cuadros y almacenando

todos los árboles igualmente parsimoniosos. Posteriormente se calculó el árbol de consenso estricto. El mapeo de las especies en el cladograma de consenso se realizó con el programa Winclada (Nixon, 2000).

Para llevar a cabo el análisis panbiogeográfico se utilizaron las localidades de colecta para cada especie, representadas mediante puntos en mapas generados para cada uno de los taxones, en los que se dibujaron los trazos individuales para cada taxón. Las localidades se unieron por medio de la línea de menor distancia entre ellas, para generar un árbol de tendido mínimo, utilizando el SIG ArcView 3.2a (ESRI, 2000), el cual permite medir con exactitud en línea recta la distancia entre los puntos de colecta. El mapa de cada trazo individual se imprimió en papel para el posterior reconocimiento de los trazos generalizados.

Las líneas de base se ubicaron a partir de la información geológica, climática y los principales rasgos fisiográficos encontrada en la literatura disponible para la provincia de la Sierra Madre Oriental.

Una vez obtenidos los trazos individuales de cada especie, se sobrepusieron bajo un acetato para reconocer los trazos generalizados presentes en la Sierra Madre Oriental. Posteriormente se dibujaron en el SIG ArcView 3.2a (ESRI, 2000). En la convergencia entre dos o más trazos generalizados se dibujaron los nodos panbiogeográficos.

Los nodos obtenidos mediante este trabajo fueron comparados con las Regiones Terrestres Prioritarias ubicadas en la Sierra Madre Oriental por la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Arriaga *et al.*, 2000) y las Áreas de Importancia para la Conservación de la Aves (AICAs) (Benítez *et al.*, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se seleccionaron 33 especies de la familia Asteraceae, endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental, que no presentan problemas de sinonimia, las cuales pertenecen a 26 géneros. Las especies seleccionadas son (los nombres de los autores siguen la propuesta de Villaseñor, 2001): *Ageratina nesomii* B. L. Turner, *A. potosina* B. L. Turner, *A. zapalinama* B. L. Turner, *Astranthium beamanii* De Jong, *Bartlettina tamaulipana* (B. L. Turner) R. M. King et H. Rob., *Chaptalia estribensis* G. L. Nesom, *C. madrensis* G. L. Nesom, *Chrysactinia truncata* S. Watson, *Cirsium bicentenariole* Rzed., *Critonia lozanoana* (B. L. Rob.) R. M. King et H. Rob., *Erigeron cieloensis* G. L. Nesom, *Flourensia monticola* M. O. Dillon, *Flyriella stanfordii* R. M. King et H. Rob., *Gnaphalium ehrenbergianum* Sch. Bip. ex Klatt, *G. hintoniorum* G. L. Nesom, *Greenmaniella resinosa* (S. Watson) W. M. Sharp, *Hieracium beamanii* B. L. Turner, *Hymenopappus hintoniorum* B. L. Turner, *Hymenoxys insignis* (A. Gray) Cockerell, *Koanophyllon reyrobinsonii* B. L. Turner, *Loxothysanus pedunculatus* Rydb., *Packera hintoniorum* (B. L. Turner) C. Jeffrey, *Perymenium tamaulipense* B. L. Turner, *Porophyllum filiforme* Rydb., *Roldana metepecus* (B. L. Turner) C. Jeffrey, *R. neogibsonii* (B. L. Turner) B. L. Turner, *Senecio madrensis* A. Gray, *S. richardsonii* B. L. Turner, *Solidago hintoniorum* G. L. Nesom, *Stevia hintoniorum* B. L. Turner, *Tetrachyron websteri* (Wussow et Urbatsch) B. L. Turner, *Verbesina coahuilensis* A. Gray y *V. daviesiae* B. L. Turner.

En el presente trabajo se toma como base la regionalización de Cervantes-Zamora et al. (1990), para ubicar a la provincia de la Sierra Madre Oriental. Este sistema utiliza como unidades de clasificación criterios climáticos y formas de relieve donde se identifican 87 provincias, ocho de las cuales corresponden a la Sierra Madre Oriental: 1) Sierras y Llanuras de Coahuila, 2) Serranía del Burro, 3) Sierra de la Paila, 4) Pliegues de Saltillo-Parras, 5) Sierras Transversales, 6) Sierras y Llanuras Occidentales, 7) Gran Sierra Plegada y 8) Carso Huasteco. Se seleccionaron las provincias que se incluyen en la Sierra Madre Oriental y se realizó un corte para mostrar sólo la región

estudiada (Figura 1), la cual presenta un intervalo altitudinal de 200-3500 m s.n.m., con altitudes promedio de 1500-2000 m s.n.m. Comprende parte de los estados de Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Los climas característicos son BS_k semiárido templado, BS₀ árido templado y cálido y (A)C semicálido templado y subhúmedo. Los tipos de vegetación presentes son matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, matorral submontano, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y bosque tropical perennifolio.

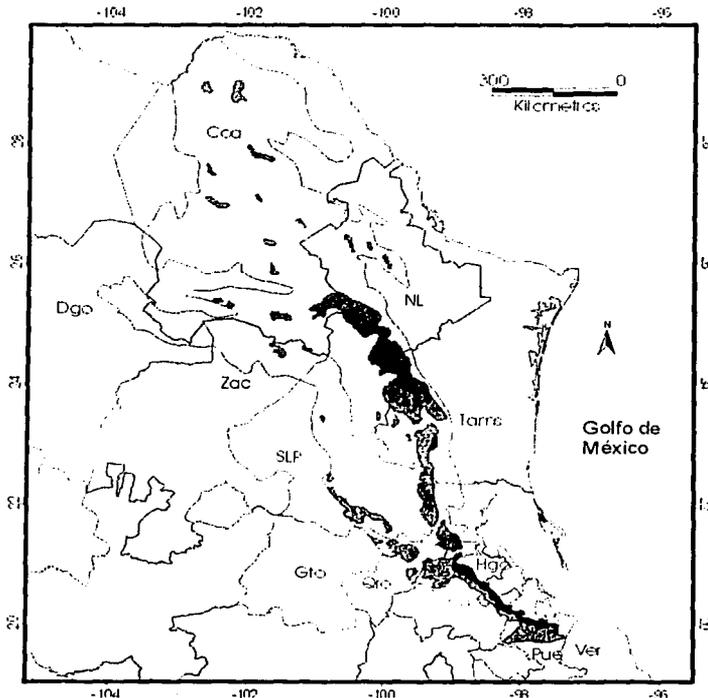


Figura 1. Bosques templados de la Sierra Madre Oriental; Coa= Coahuila; Dur= Durango; Gto= Guanajuato; Hgo= Hidalgo; NL= Nuevo León; Pue= Puebla; Qro= Querétaro; SLP= San Luis Potosí; Tams= Tamaulipas; Ver= Veracruz; Zac= Zacatecas; (Cervantes-Zamora et al., 1990; Rzedowski, 1990).

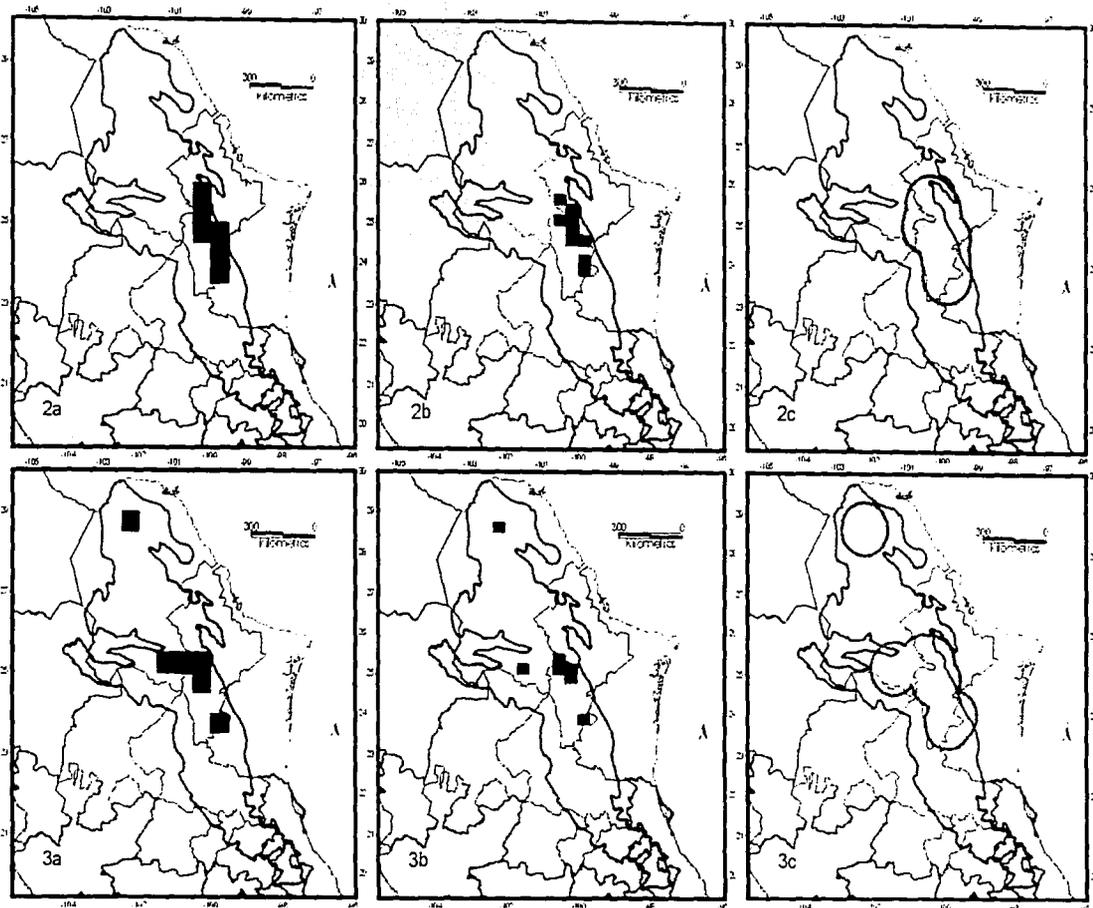
Áreas de distribución

A partir de los datos obtenidos, se dibujaron los mapas de distribución de cada especie, para lo cual se utilizaron dos escalas, cuadros de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud y las cartas topográficas de INEGI (escala 1: 50 000), además del método de propinuidad media (Rapoport, 1975) (Figuras 2-34). Se observa que 21 especies presentan una distribución en la parte norte de la Sierra, sobre todo en el área que conforman las Sierras de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas: *Ageratina nesomii*, *A. potosina*, *A. zapalinama*, *Astranthium beamanii*, *Chrysactinia truncata*, *Erigeron cieloensis*, *Flourensia monticola*, *Flyriella stanfordii*, *Gnaphalium hintoniorum*, *Greenmaniella resinosa*, *Hymenopappus hintoniorum*, *Hymenoxis insignis*, *Koanophyllon reyrobinsonei*, *Packeria hintoniorum*, *Perymenium tamaulipense*, *Porophyllum filiforme*, *Senecio madrensis*, *Solidago hintoniorum*, *Stevia hintoniorum*, *Verbesina coahuilensis* y *V. daviesiae*. De estas especies, *Ageratina zapalinama*, *Erigeron cieloensis* e *Hymenopappus hintoniorum*, presentan una sola localidad de colecta, lo cual representa una limitante en la aplicación del método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

Seis especies restringen su distribución al sur de la sierra, en el área de Hidalgo, Querétaro, Veracruz, Puebla y sur de San Luis Potosí: *Bartlettina tamaulipana*, *Cirsium bicentenariae*, *Chaptalia estribensis*, *Hieracium beamanii*, *Roldana metepecus* y *R. neogibsonii*. De estas especies, *Bartlettina tamaulipana* y *Roldana neogibsonii* presentan una sola localidad de colecta.

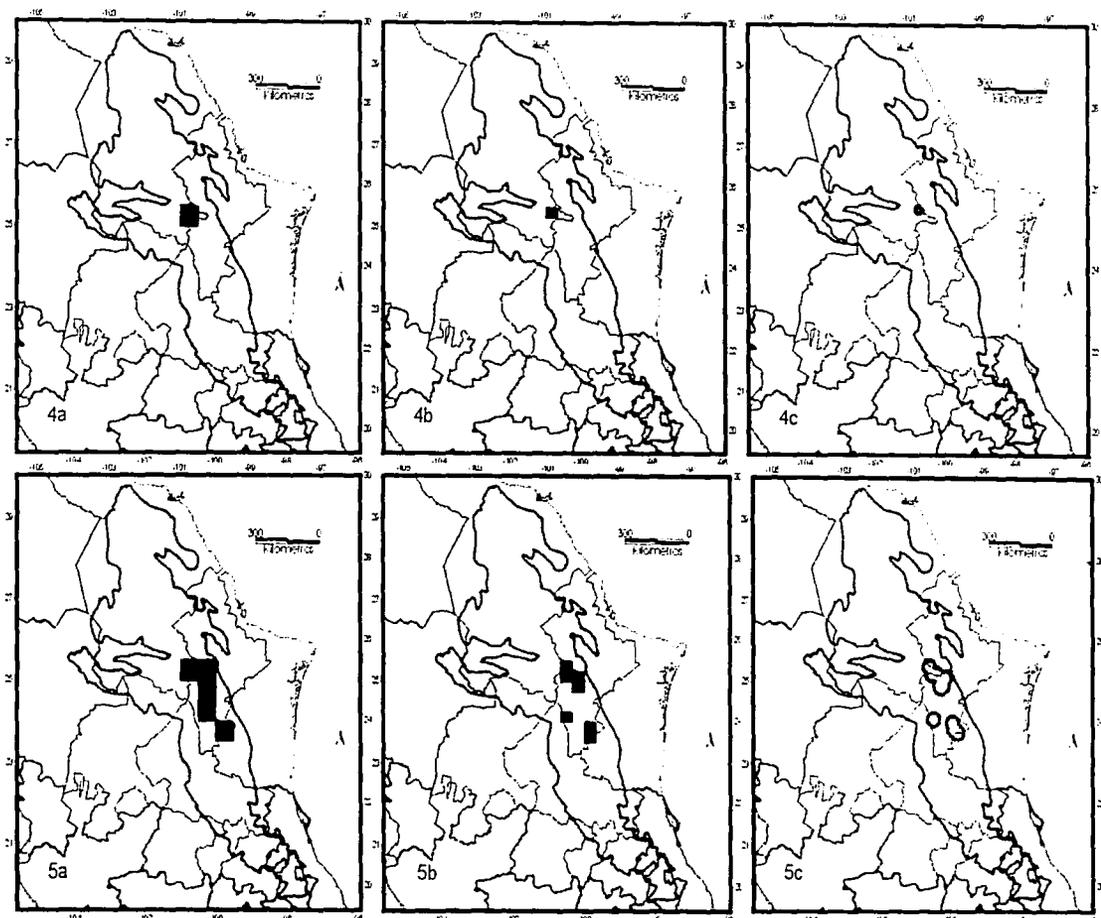
Seis especies presentan una distribución amplia en la Sierra Madre Oriental: *Critonia lozanoana*, *Chaptalia madrensis*, *Gnaphalium ehrenbergianum*, *Loxothysanus pedunculatus*, *Senecio richardsonii* y *Tetrachyron websteri*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



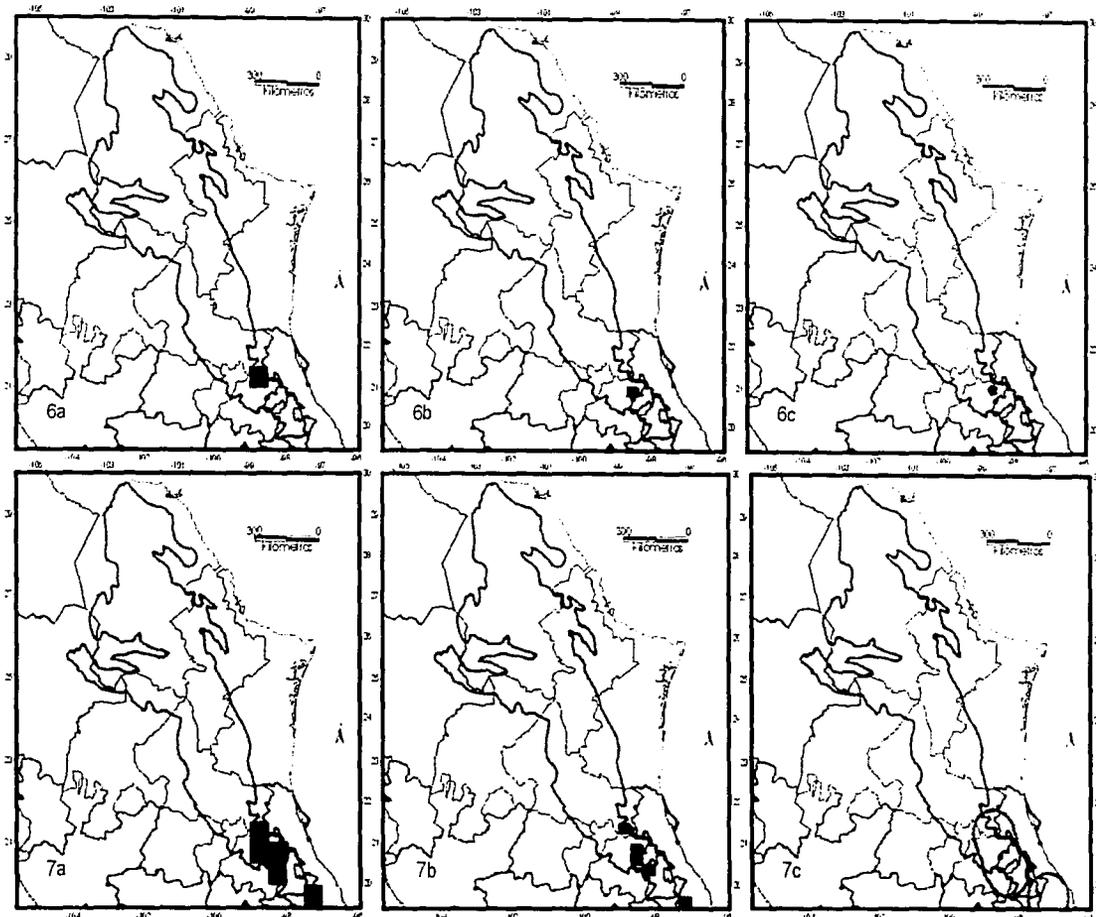
Figuras 2-3. Área de distribución de 2= *Ageratina nesomii*; 3= *A. potosina*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



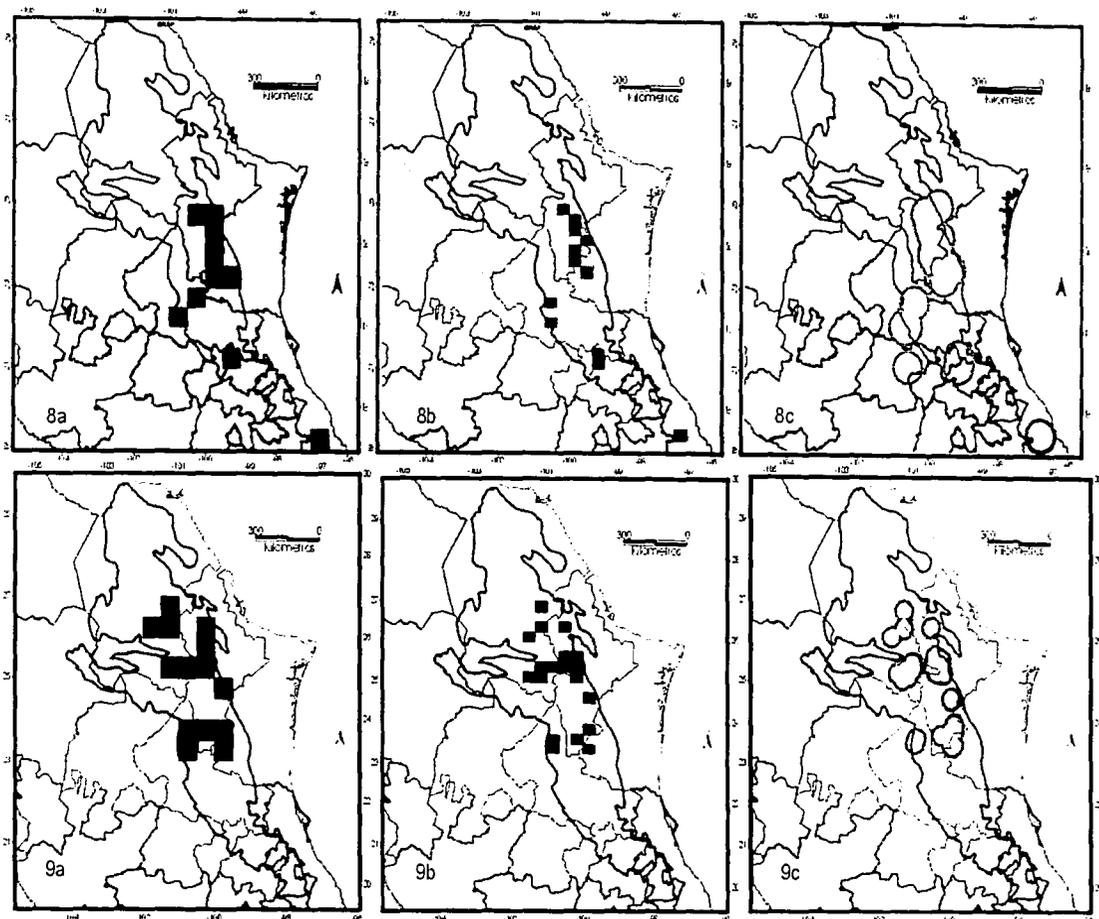
Figuras 4-5. Área de distribución de 4= *Ageratina zapaliname*; 5= *Astranthium beamanii*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

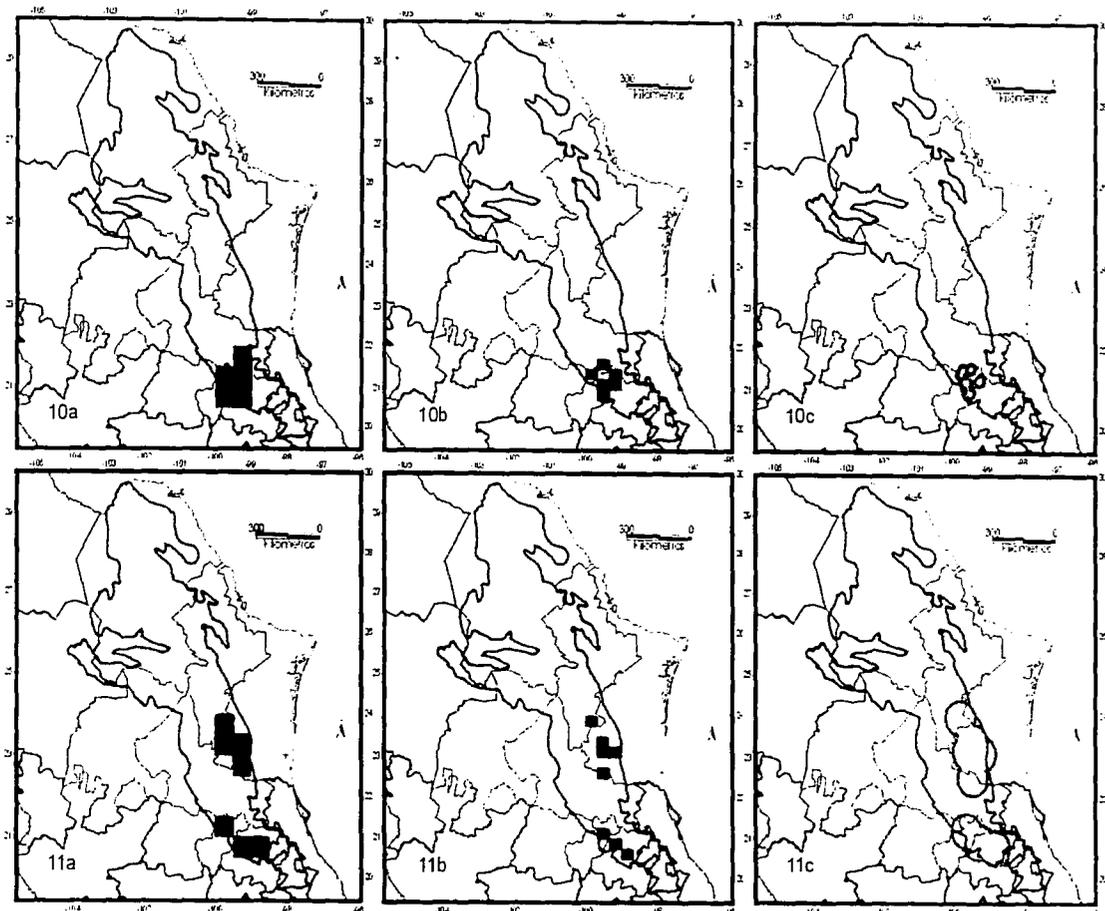


Figuras 6-7. Área de distribución de 6= *Bartlettina tamaulipana*; 7= *Chaptalia estribensis*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinquidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

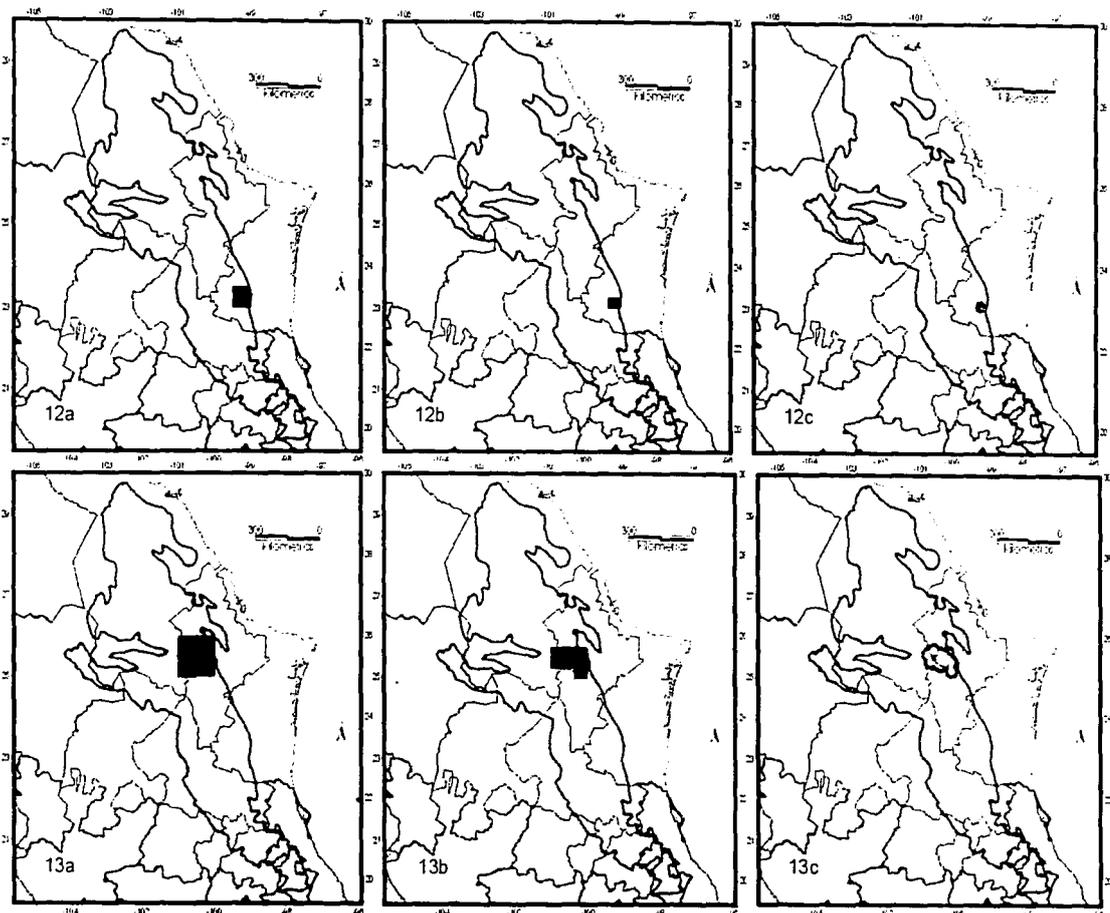


Figuras 8-9. Área de distribución de 8= *Chaptalia madrensis*; 9= *Chrysactinia truncata*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinquidad media (Rapoport, 1975).



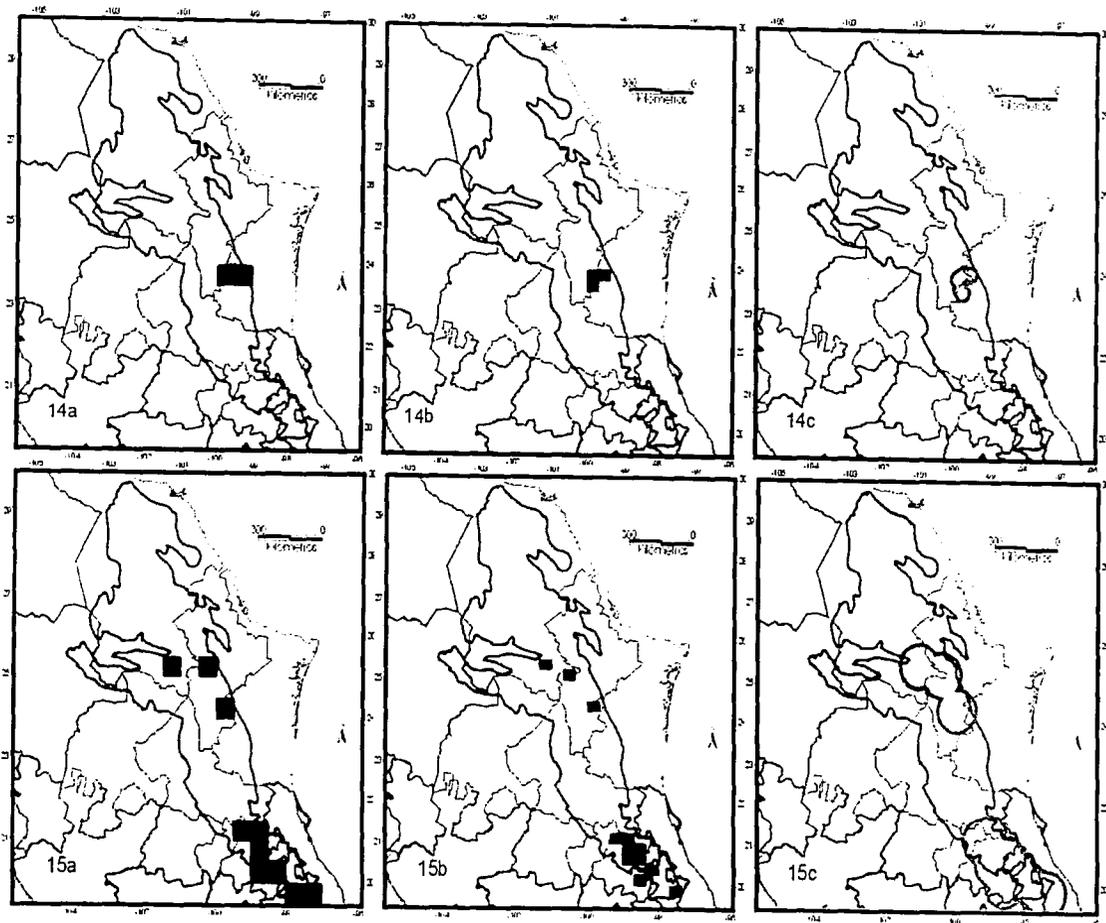
Figuras 10-11. Área de distribución de 10= *Cirsium bicentenariale*; 11= *Critonia lozanoana*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



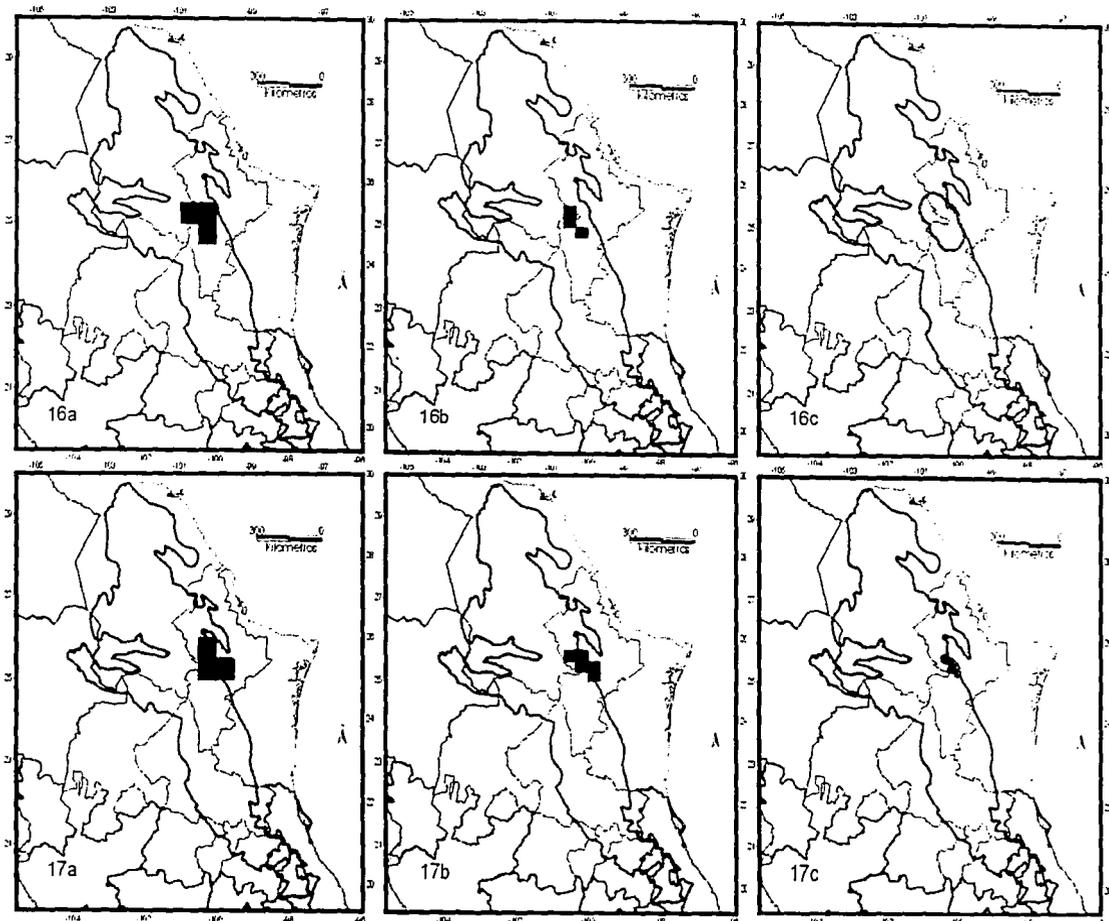
Figuras 12-13. Área de distribución de 12= *Erigeron cieloensis*; 13= *Flourensia monticola*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



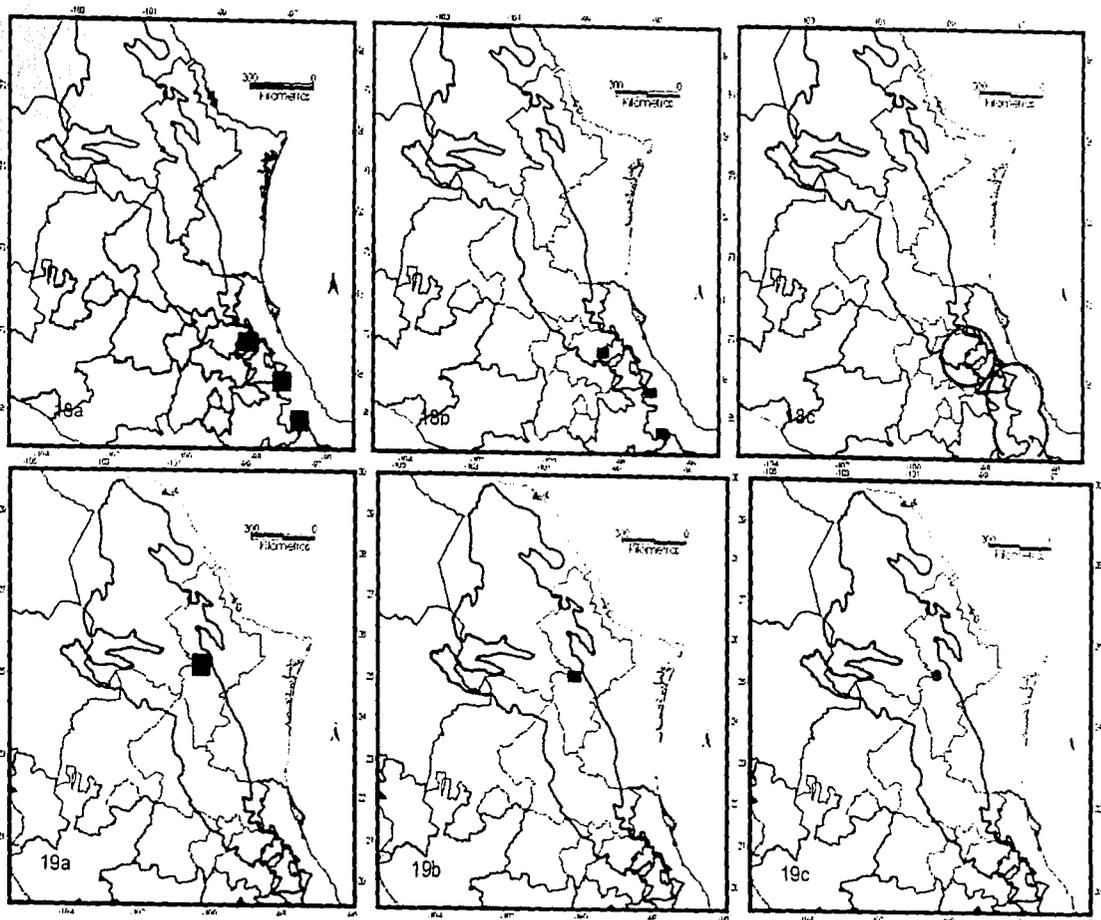
Figuras 14-15. Área de distribución de 14= *Flyriella stanfordii*; 15= *Gnaphalium ehrenbergianum*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15° de latitud por 20° de longitud; c= método de propincuidad media (Rappoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



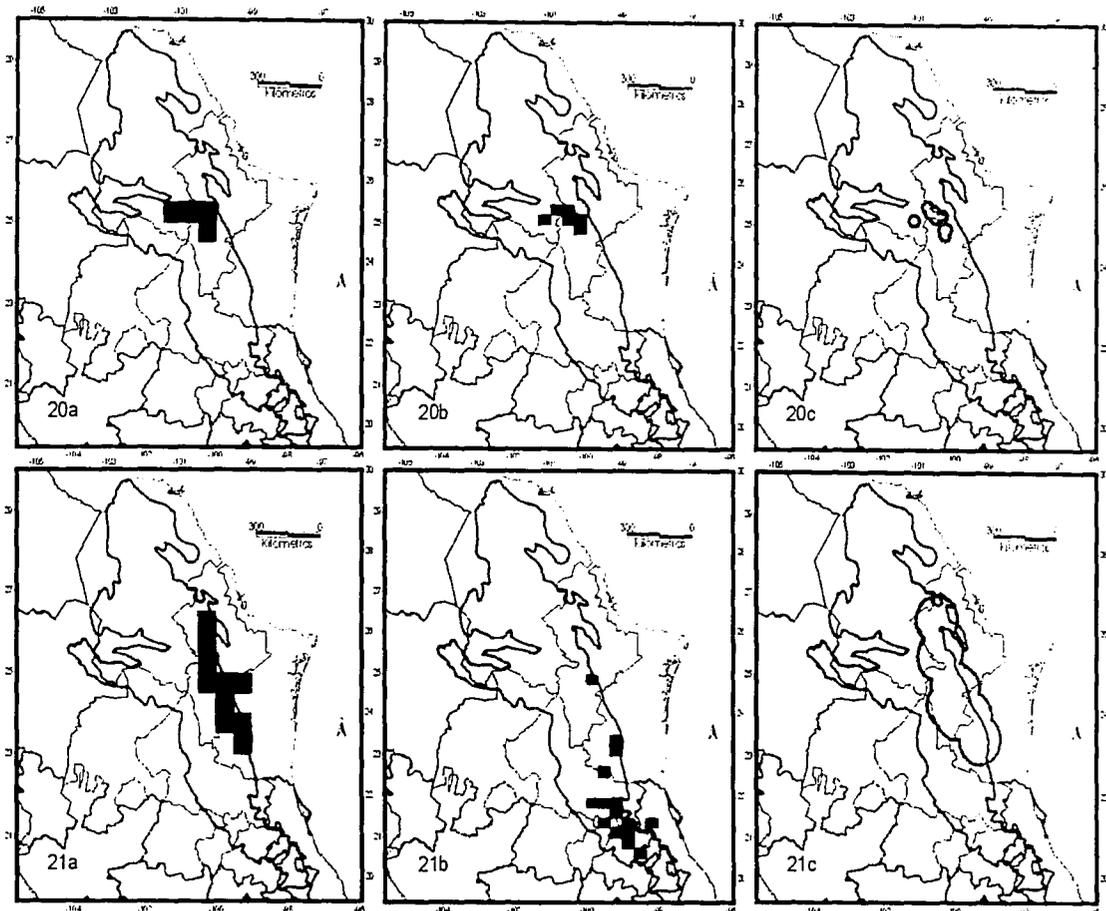
Figuras 16-17. Área de distribución de 16= *Gnaphalium hintoniorum*; 17= *Greenmaniella resinosa*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propincuidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

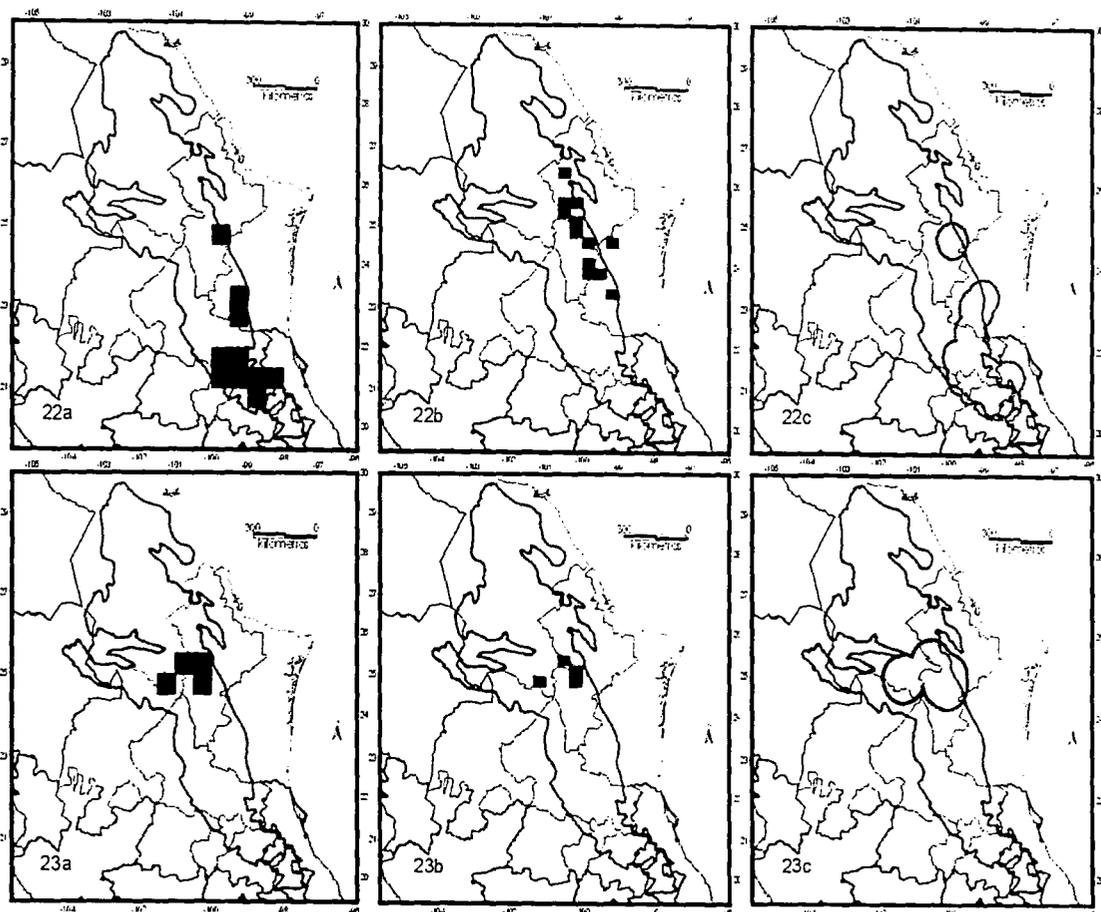


Figuras 18-19. Área de distribución de 18= *Hieracium beamanii*; 19= *Hymenopappus hintoniorum*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

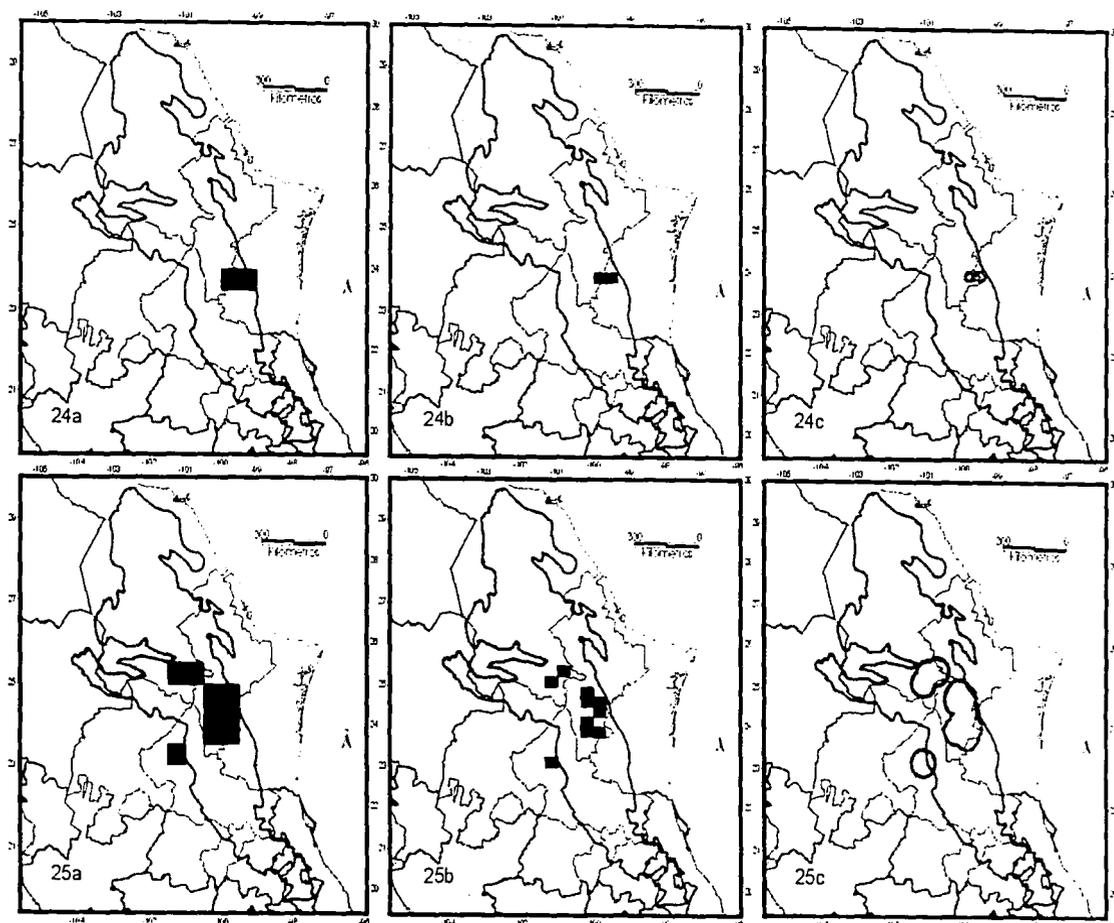
TRATIS CON
FALLA DE ORIGEN



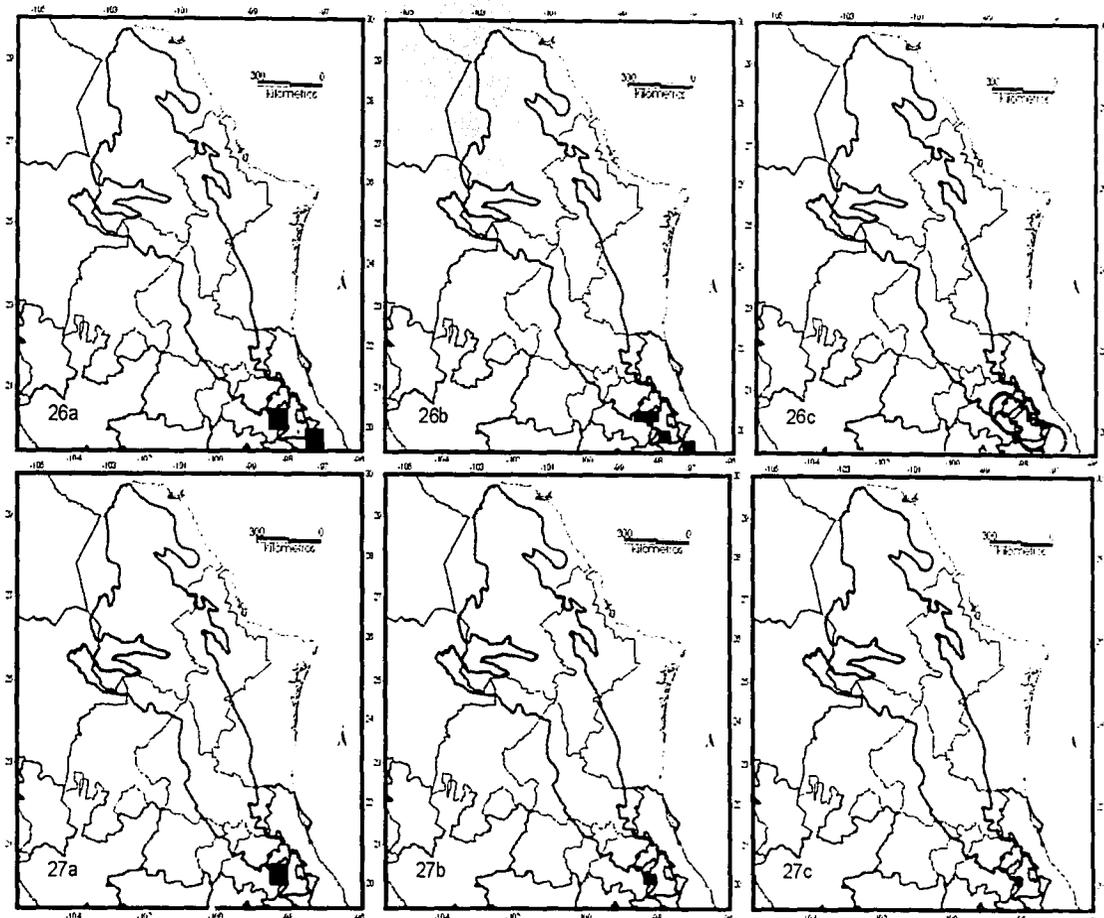
Figuras 20-21. Área de distribución de 20= *Hymenoxys insignis*; 21= *Koanophyllon reyrobinsoni*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).



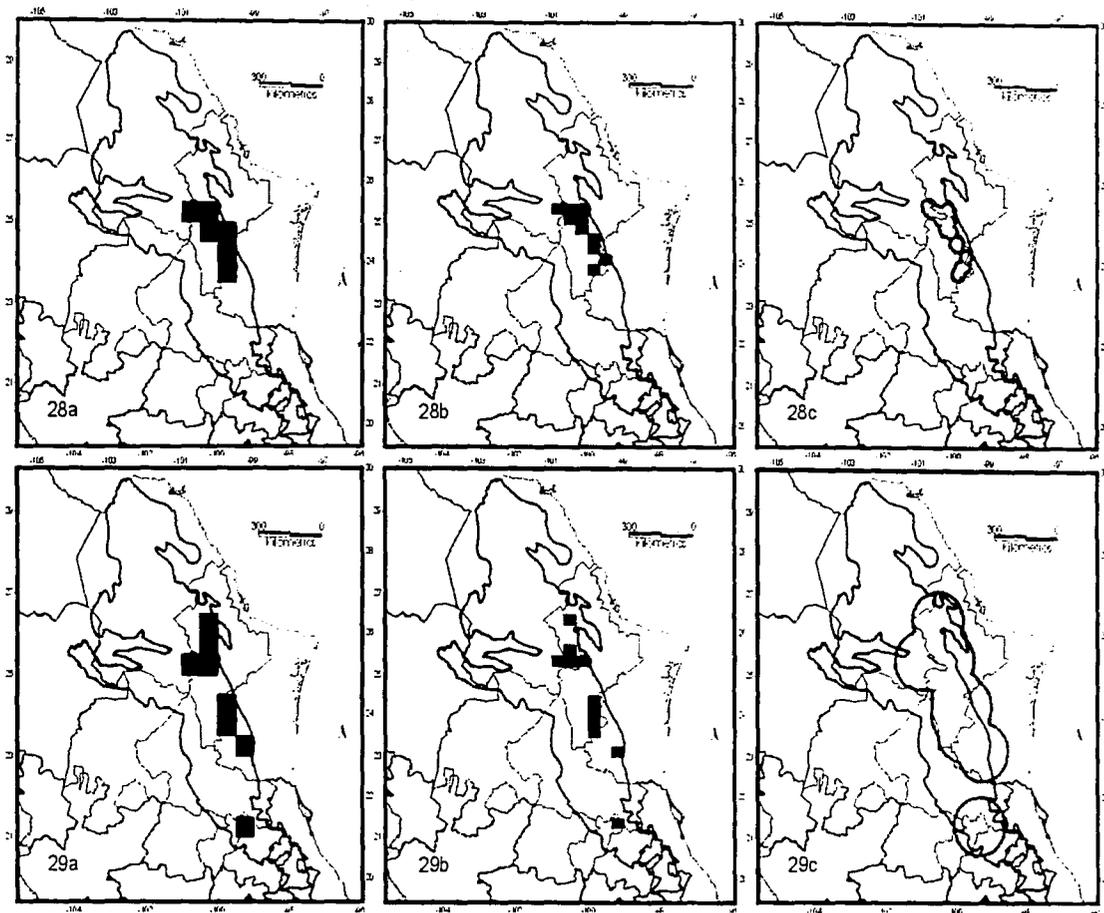
Figuras 22-23. Área de distribución de 22= *Loxothysanus pedunculatus*; 23= *Packera hintoniorum*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinquidad media (Rapoport, 1975).



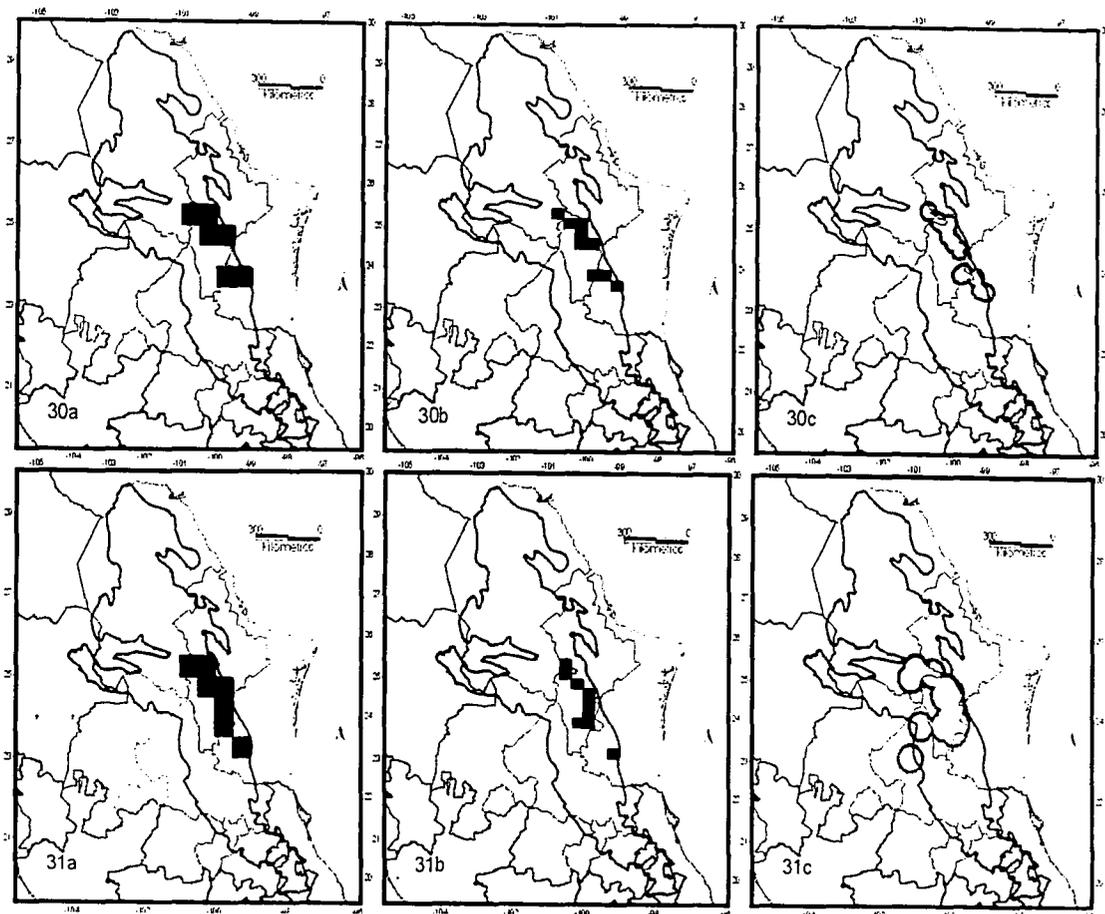
Figuras 24-25. Área de distribución de 24= *Perymenium tamaulipense*; 25= *Porophyllum filiforme*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinquidad media (Rapoport, 1975).



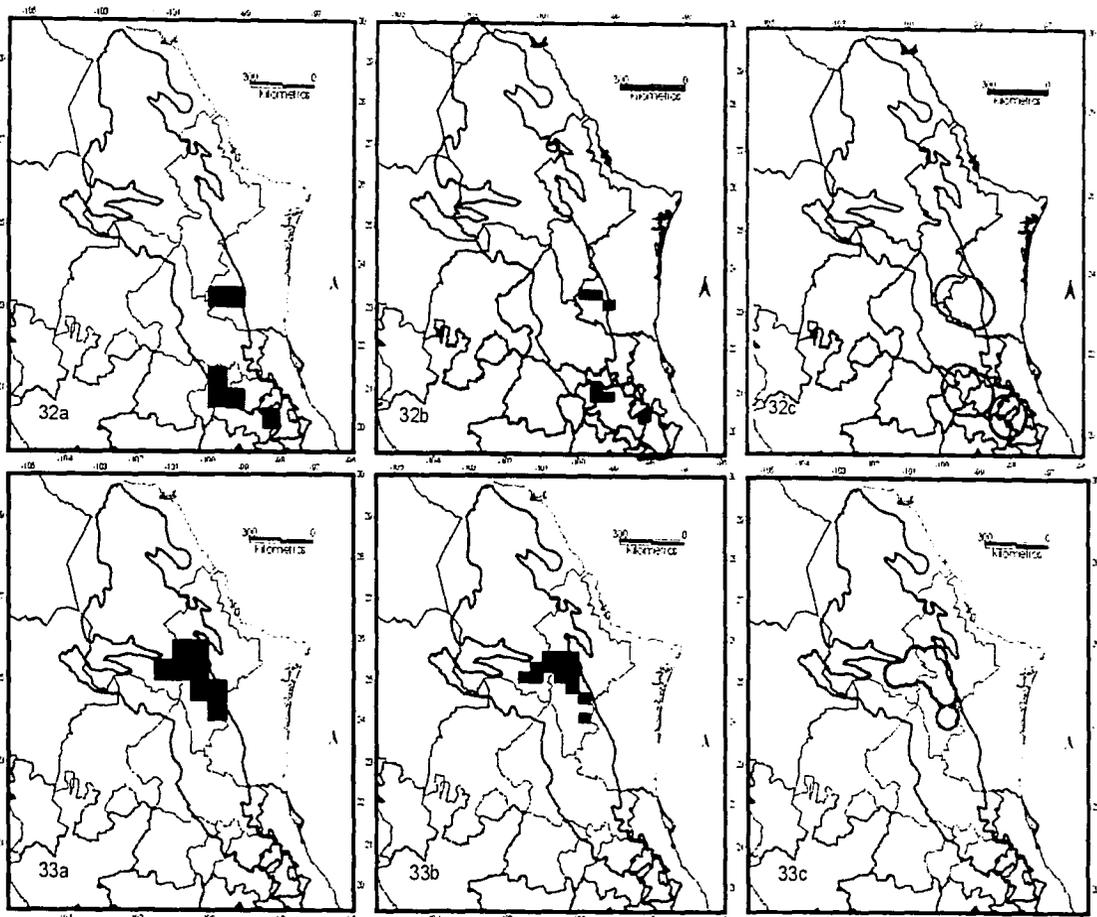
Figuras 26-27. Área de distribución de 26= *Roldana metepecus*; 27= *R. neogibsonii*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinquidad media (Rapoport, 1975).



Figuras 28-29. Área de distribución de 28= *Senecio madrensis*; 29= *S. richardsonii*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propincuidad media (Rapoport, 1975).



Figuras 30-31. Área de distribución de 30= *Solidago hintoniorum*; 31= *Stevia hintoniorum*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propincuidad media (Rapoport, 1975).



Figuras 32-33. Área de distribución de 32= *Tetrachyron websteri*; 33= *Verbesina coahuilensis*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinquidad media (Rapoport, 1975).

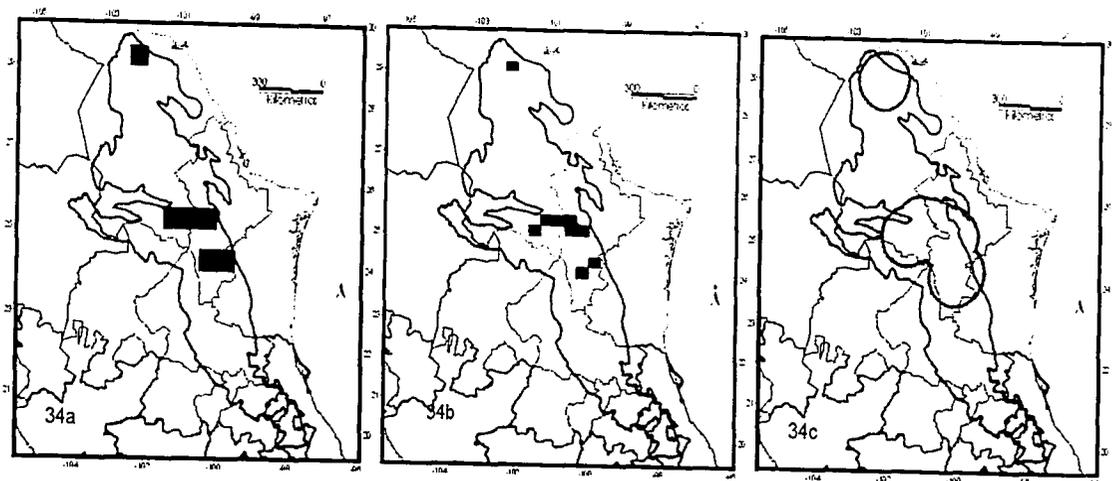


Figura 34. Área de distribución de *Verbesina daviesiae*; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Áreas de endemismo

Al sobreponer los mapas de distribución de las especies utilizando cuadrículas de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud, con las cartas topográficas de INEGI y al comparar estos resultados con los obtenidos a partir del método de propincuidad media (Rapoport, 1975), se pueden reconocer dos áreas de endemismo. Una está ubicada en la parte norte, en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas, definida por *Ageratina nesomii*, *A. potosina*, *A. zapalinama*, *Astranthium beamanii*, *Chrysactinia truncata*, *Erigeron cieloensis*, *Flourensia monticola*, *Flyriella stanfordii*, *Gnaphallium hintoniorum*, *Greenmaniella resinosa*, *Hymenopappus hintoniorum*, *Hymenoxys insignis*, *Koanophyllon reyrobinsonii*, *Packera hintoniorum*, *Porophyllum filiforme*, *Senecio madrensis*, *Solidago hintoniorum*, *Stevia hintoniorum*, *Verbesina coahuilensis* y *V. daviesiae*. Se identificó otra área de endemismo en la parte sur, en los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, definida por *Chaptalia estribensis*, *Hieracium beamanii*, *Roldana metepecus* y *R. neogibsonii* (Figura 35).

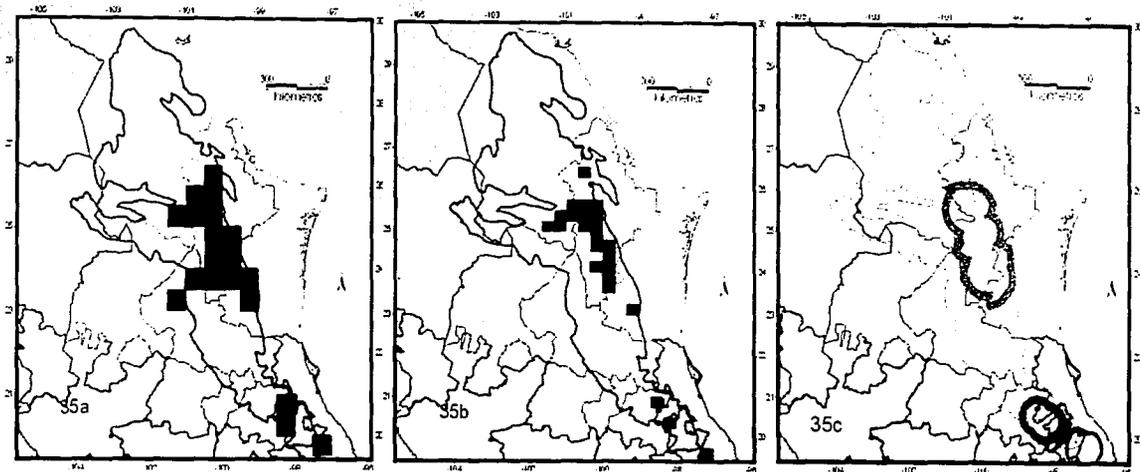


Figura 35. Áreas de endemismo reconocidas para las especies de la familia Asteraceae endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental; a= 0.5° de latitud por 0.5° de longitud; b= 15' de latitud por 20' de longitud; c= método de propinuidad media (Rapoport, 1975).

Análisis de simplicidad de endemismos (PAE)

El análisis de la matriz de datos mediante el programa NONA, versión 2.0 (Goloboff, 1997) con los 28 cuadros de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud (Figura 36), produjo un total de 100 cladogramas igualmente parsimoniosos, con una longitud de 81, índice de consistencia de 40 y un índice de retención de 62. Dada la gran cantidad de árboles obtenidos, se obtuvo el árbol de consenso estricto, mismo que presenta una longitud de 98, índice de consistencia de 33 y un índice de retención de 48 (Figura 37) y que muestra una sola área de endemismo que se encuentra en la zona norte de la Sierra Madre Oriental, mostrando un patrón de zonas anidadas que comprenden las áreas de Aramberri, Galeana, Iturbide, Monterrey y Villa de Santiago en el estado de Nuevo León y Miquihuana en el estado de Tamaulipas (Figura 38), definida por las especies *Ageratina nesomii*, *Gnaphalium hintoniorum*, *Packera hintoniorum* y *Senecio madrensis*.

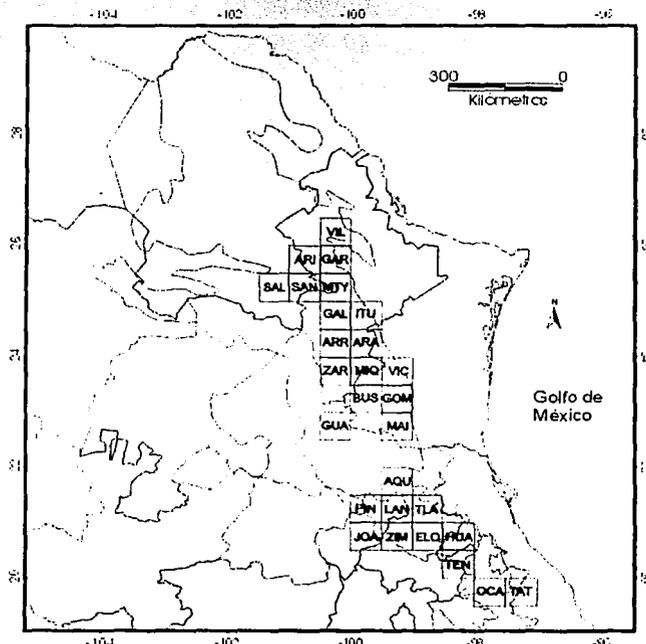


Figura 36. Localidades utilizadas en el Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE). Ver apéndice 2 para el nombre de las localidades.

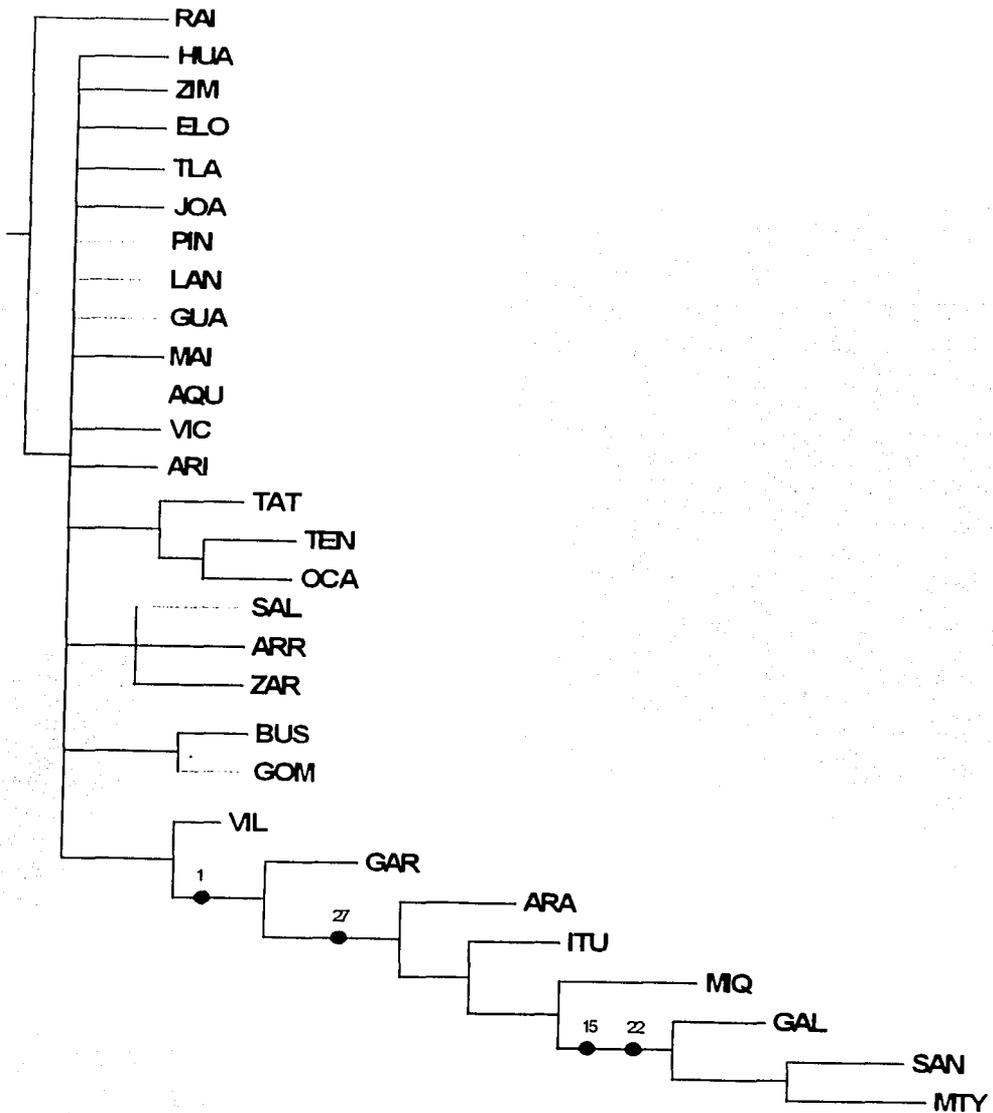


Figura 37. Cladograma de consenso estricto L= 98; CI= 33; RI=48. Ver apéndice 2 para el nombre de las localidades y los taxones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

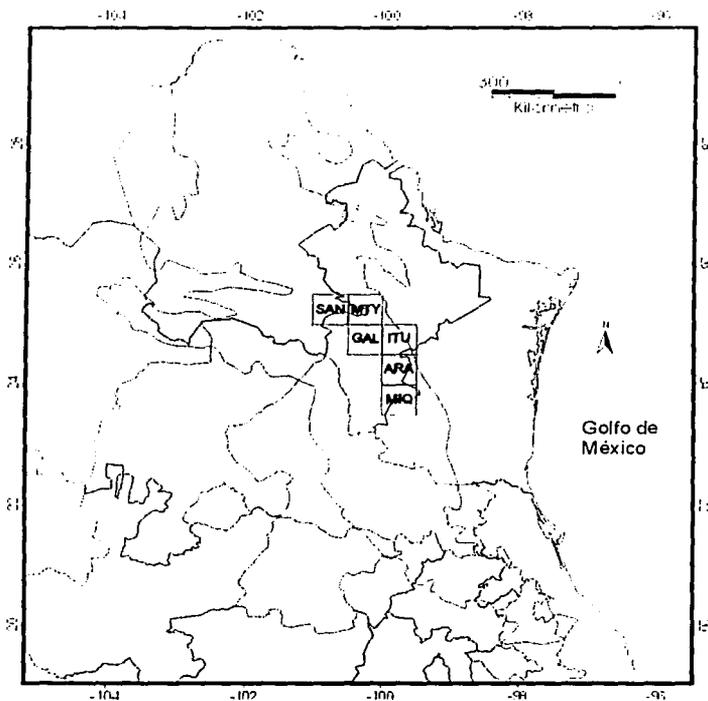


Figura 38. Área de endemismo encontrada a partir del Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE). Ver apéndice 2 para el nombre de las localidades.

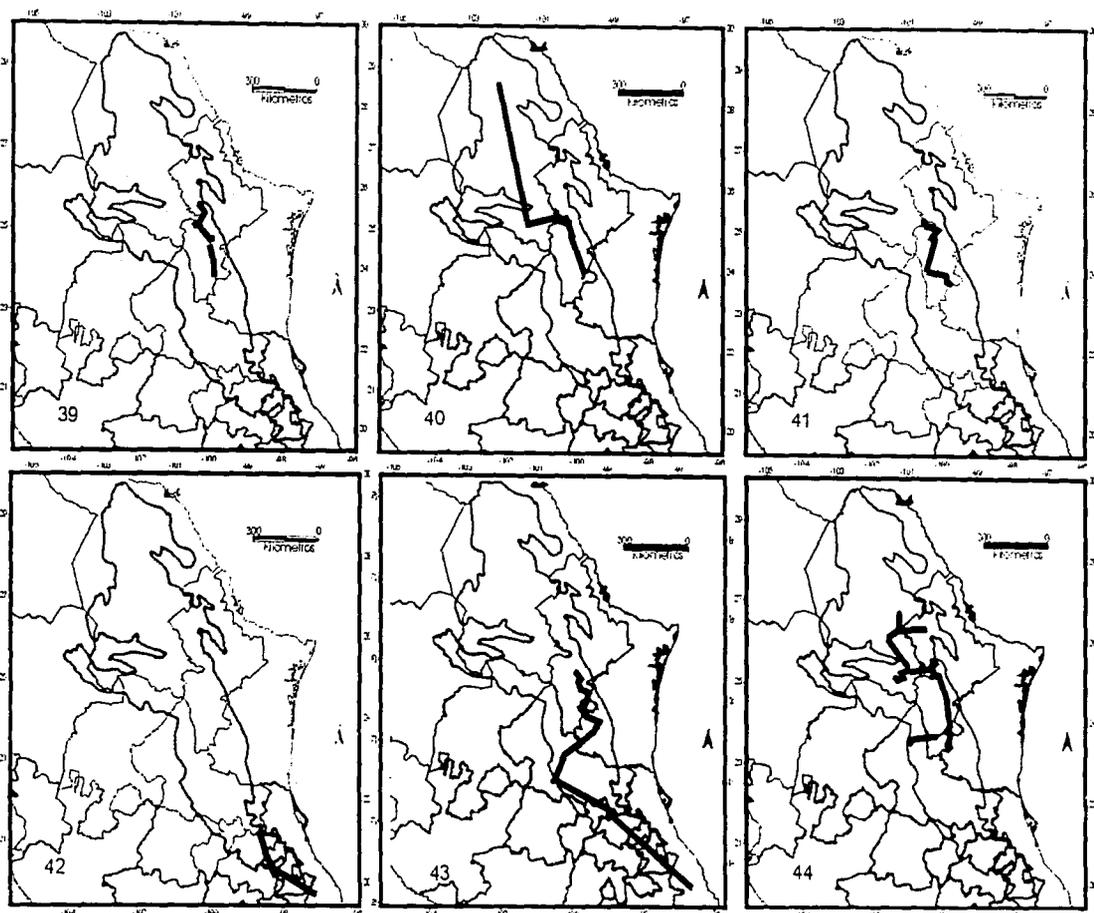
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Trazos individuales

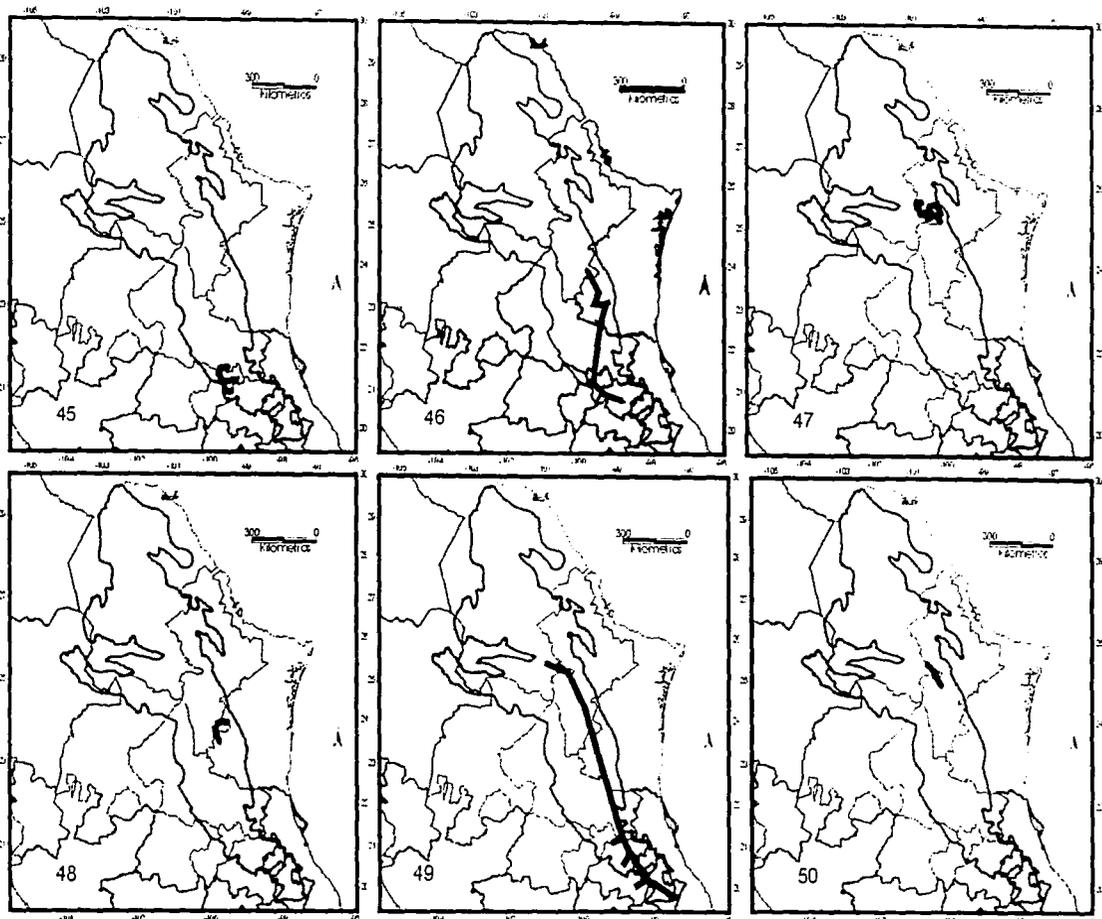
Se generaron 28 trazos individuales, uno por cada taxón de las especies de Asteraceae estudiadas, que presentaran al menos dos localidades de colecta (Figuras 39-66). A partir del análisis de estos trazos se observa que 18 de los trazos individuales se encuentran en la parte norte de la sierra. Las especies que muestran este patrón son: *Ageratina nesomii*, *A. potosina*, *Astranthium beamanii*, *Chrysactinia truncata*, *Flourensia monticola*, *Flyriella stanfordii*, *Gnaphalium hintoniorum*, *Greenmaniella resinosa*, *Hymenoxis insignis*, *Koanophyllon reyrobinsonei*, *Packera hintoniorum*, *Perymenium tamaulipense*, *Porophyllum filiforme*, *Senecio madrensis*, *Solidago hintoniorum*, *Stevia hintoniorum*, *Verbesina coahuilensis* y *V. daviesiae*.

Los trazos individuales de *Cirsium bicentenariae*, *Chaptalia estribensis*, *Hieracium beamanii* y *Roldana metepecus* se ubican en el sur de la Sierra Madre Oriental y conectan los bosques mesófilos de los estados de Hidalgo, Querétaro, Veracruz, Puebla y sur de San Luis Potosí.

Por último, los trazos individuales de *Critonia lozanoana*, *Chaptalia madrensis*, *Gnaphalium ehrenbergianum*, *Loxothysanus pedunculatus*, *Senecio richardsonii* y *Tetrachyron websteri* conectan las partes norte y sur de la Sierra Madre Oriental.

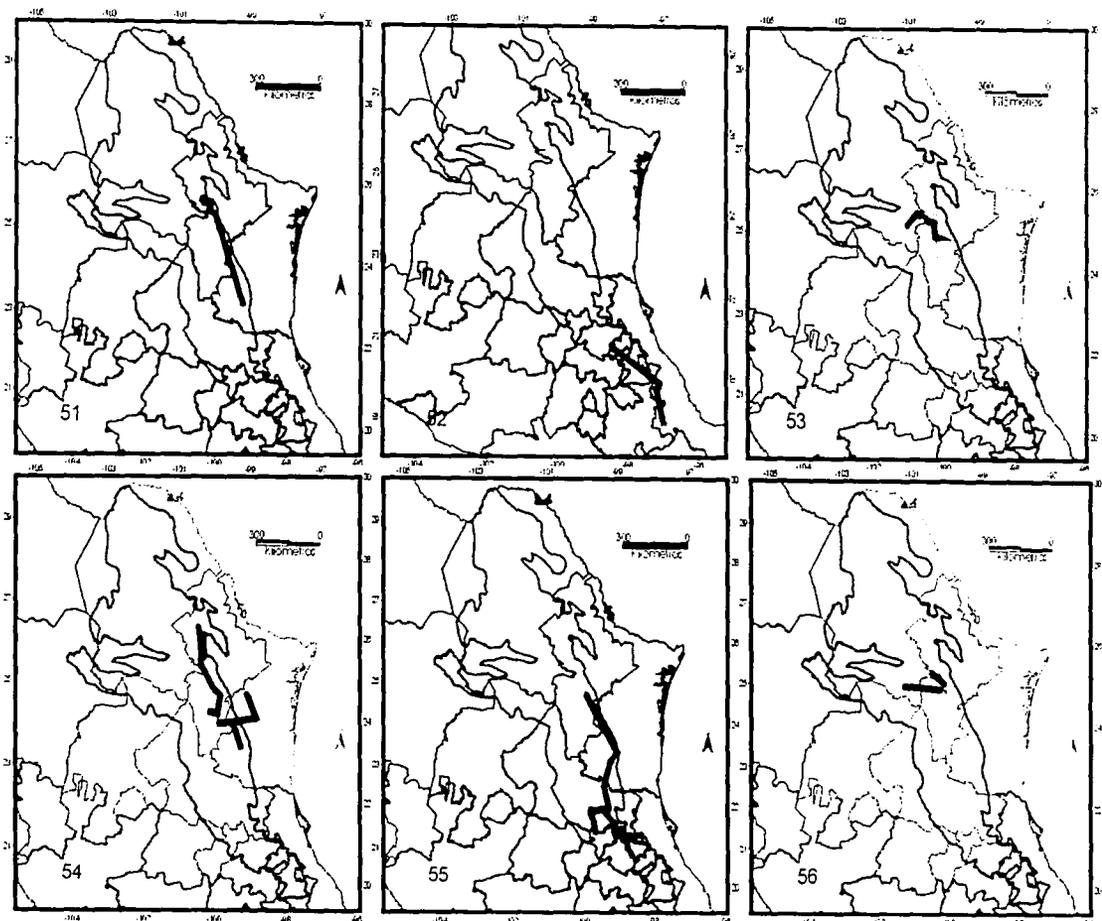


Figuras 39-44. Trazos individuales de *Ageratina nesomii*, *A. potosina*, *Astranthium beamanii*, *Chaptalia estribensis*, *C. madrensis* y *Chrysactinia truncata*.



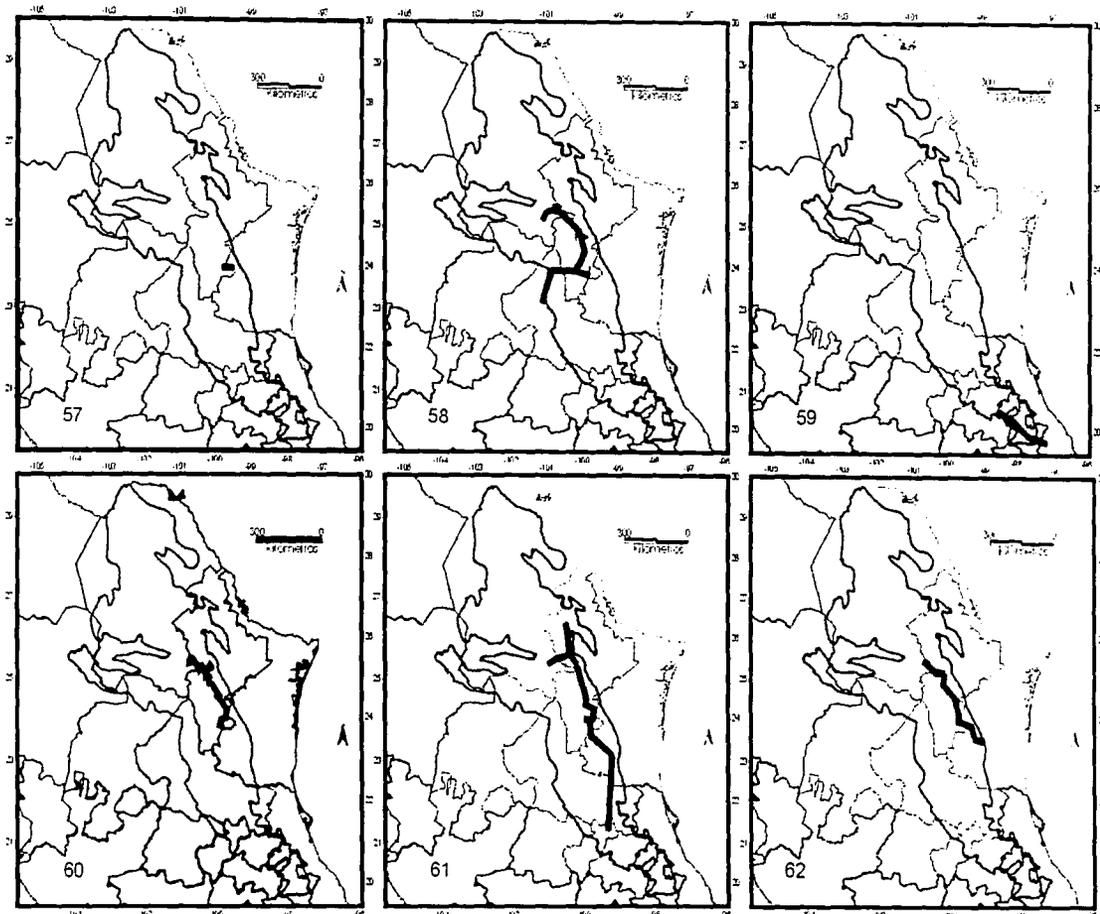
Figuras 45-50. Trazos individuales de *Cirsium bicentenariale*, *Critonia lozanoana*, *Flourensia monticola*, *Flyriella stanfordii*, *Gnaphalium ehrenbergianum* y *G. hintoniorum*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



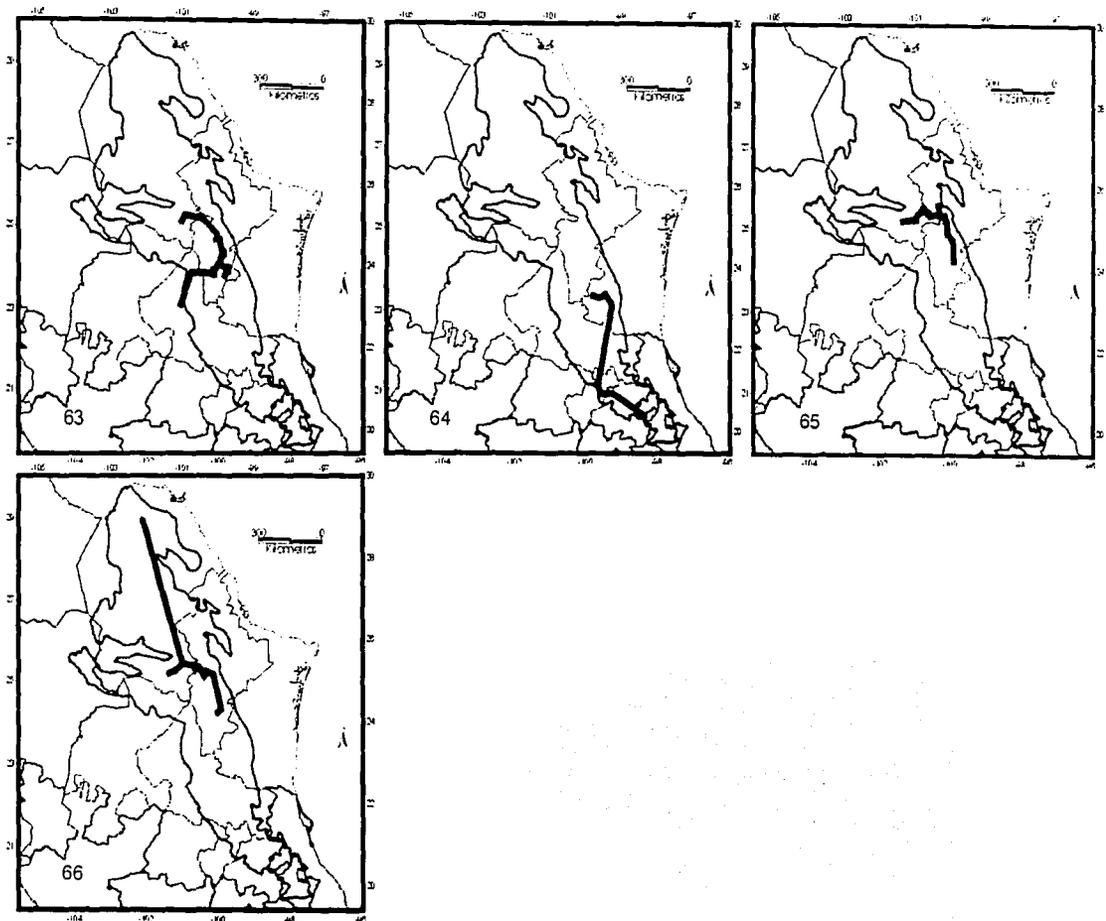
Figuras 51-56. Trazos individuales de *Greenmaniella resinosa*, *Hieracium beamanii*, *Hymenoxys insignis*, *Koanophyllon reyrobinsonii*, *Loxothysanus pedunculatus* y *Packera hintoniurum*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figuras 57-62. Trazos individuales de *Perymenium tamulipense*, *Porophyllum filiforme*, *Roldana metepecus*, *Senecio madrensis*, *S. y Solidago hintoniorum*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figuras 63-66. Trazos individuales de *Stevia hintoniorum*, *Tetrachyron websteri*, *Verbescina coahuilensis* y *V. daviesiae*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Líneas de base

Tradicionalmente las líneas de base se han considerado un producto del movimiento tectónico de las placas, y han permitido el reconocimiento de patrones de distribución a nivel mundial. Entre las más importantes destacan las cuencas oceánicas que son los accidentes más notorios y se manifiestan como el resultado de los diferentes eventos de vicarianza que moldearon la distribución de los taxones. A nivel local, su caracterización es complicada, debido a que las disyunciones en el área de distribución de los taxones en algunos casos no son tan evidentes. Sin embargo, la compleja historia geológica a la que ha estado sometido el territorio mexicano a través del tiempo ha influido en gran medida en la distribución de su biota. En el área conformada por la Sierra Madre Oriental, se reconoce la existencia de diversos eventos de tipo geológico y climático que sirven para ubicar posibles líneas de base (Figura 67). Por ejemplo, la zona norte de la sierra exhibe una historia geológica muy complicada que ocasionó el pliegue y afallamiento de los componentes de esta zona lo cual representa una primera línea de base; tales eventos han sido puestos en evidencia recientemente por Fischer y Jackson (1999). Una segunda línea de base en el norte de la sierra está constituida por las zonas desérticas del centro de Coahuila, las cuales sirven para explicar la disyunción de los taxones que alcanzan esta distribución. En la parte sur de la sierra existe una tercera línea de base, producida principalmente por los cambios climáticos que se llevaron a cabo a partir del Cuaternario y que han afectado principalmente la distribución y composición de las distintas comunidades vegetales. Estos eventos han sido motivo de estudios recientes y corroborados mediante análisis palinológicos y paleoambientales (Conserva y Byrne, 2002), que demuestran la existencia de periodos de clima tropical alternados con climas templados. Tales eventos ocasionaron la reducción del área de distribución de los bosques templados en esta zona y pueden explicar la distribución fragmentada que presentan en la actualidad. Estas áreas posiblemente actuaron como refugios para la vegetación, tal y como lo ha sugerido Toledo (1982). La cuenca del río Pánuco se considera como una cuarta línea de base; se localiza en la zona centro

de la sierra y se caracteriza porque en esta área los registros de localidades de distribución para las Asteraceae y un gran número de especies de otras familias, características de los bosques templados de la Sierra Madre Oriental son escasos, por lo que se considera que es la zona que divide a la Sierra Madre Oriental en al menos dos zonas principales, una norte y otra sur (Smith, 1941; Luna *et al.*, 1999).

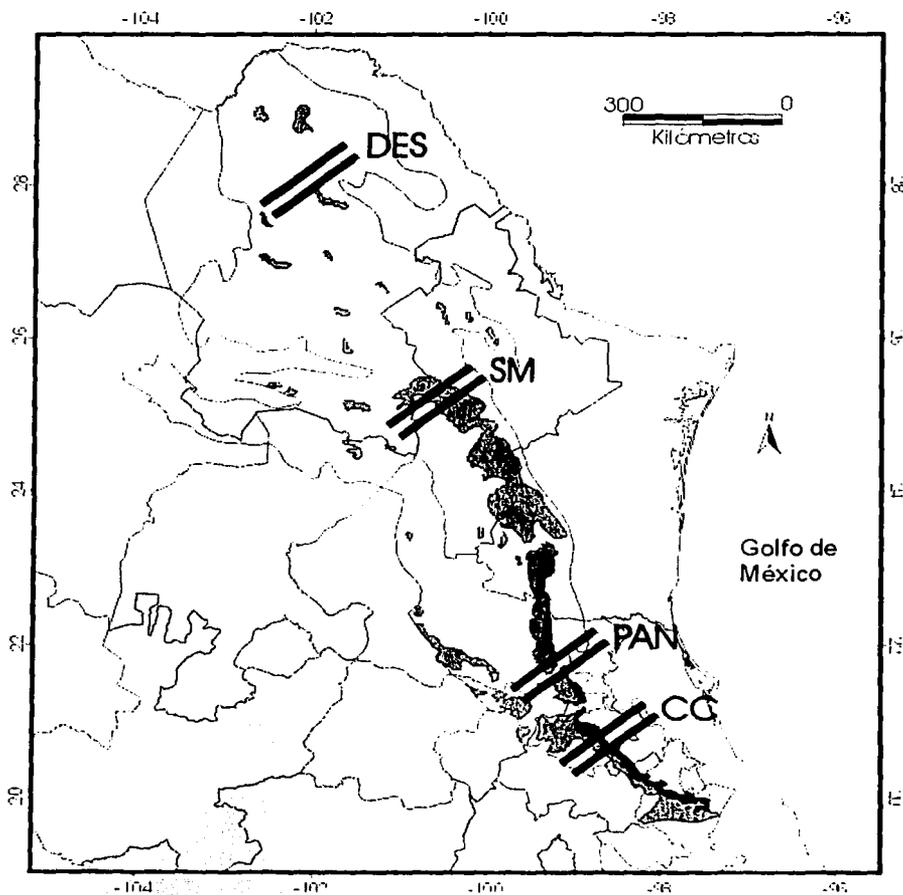


Figura 67. Líneas de base reconocidas para la Sierra Madre Oriental; DES= Zonas desérticas de Coahuila; SM= Fallas y deformaciones de Saltillo-Monterrey; PAN= Cuenca del río Pánuco; CC= Cambios climáticos del Cuaternario en el sur de Sierra Madre Oriental.

Trazos generalizados

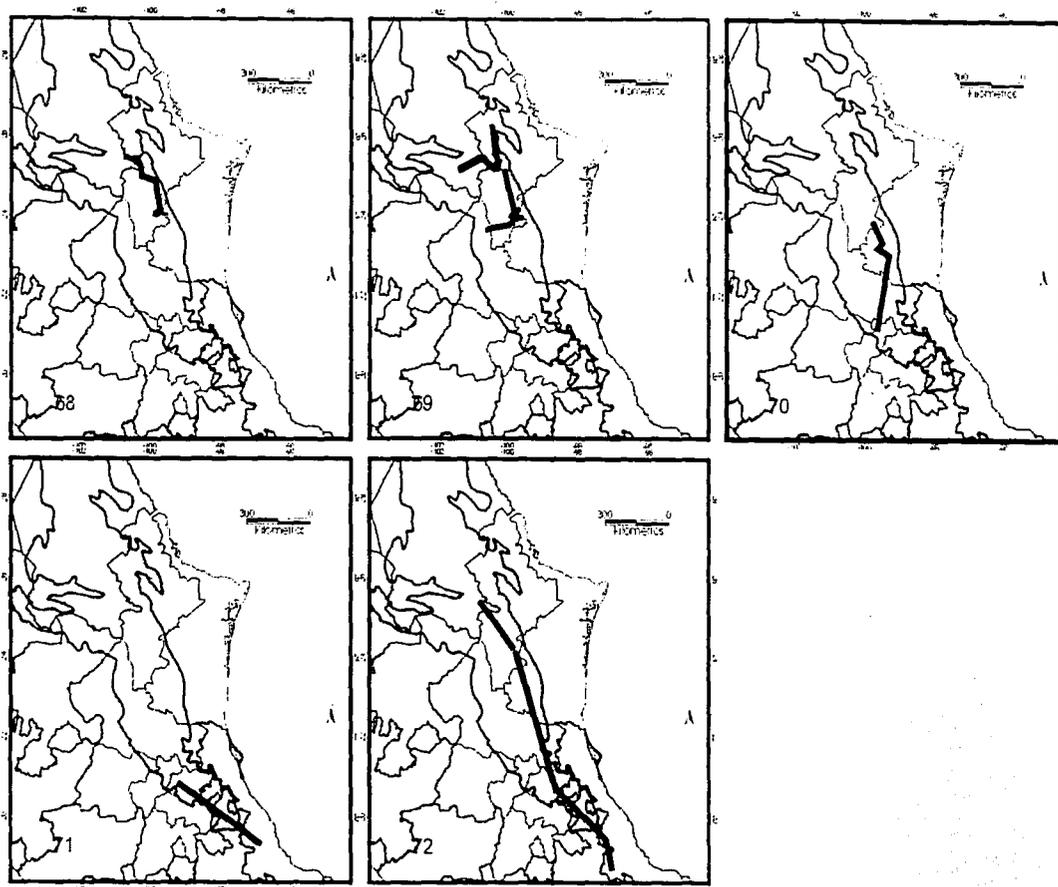
La sobreposición de los trazos individuales de las especies de Asteraceae revela que en la Sierra Madre Oriental hay cinco trazos generalizados. Dos de ellos se localizan en la parte norte de la sierra, sobre todo en los estados de Coahuila y Nuevo León, un tercero en la parte sur de la sierra, un cuarto conecta la zona norte y la sur en la parte central de la sierra y el quinto y último se extiende a lo largo de toda la zona de estudio, a partir del área de Saltillo y llegando hasta el límite sur de la sierra.

Dos de los cinco trazos generalizados atraviesan la Sierra Madre Oriental en la zona norte, en el área Saltillo-Monterrey y la conectan con los municipios del sur de Nuevo León, lo cual sugiere una fuerte relación entre estas áreas. La zona Saltillo-Monterrey pertenece a las formaciones geológicas de Parras y La Popa, las cuales fueron sujetas a distintos eventos de pliegue y afallamiento durante la orogenia Laramide acontecida durante el Cretácico (Fischer y Jackson, 1999). (Figuras 68-72).

1. **Trazo generalizado del norte de la Sierra Madre Oriental.** Es el trazo de menor longitud en el norte de la sierra; atraviesa el estado de Nuevo León en su parte central y llega hasta cerca del límite con el estado de Tamaulipas; se ramifica hacia la región de Saltillo en el estado de Coahuila. Está definido por los trazos individuales de 11 especies: *Ageratina potosina*, *Astranthium beamanii*, *Chrysactinia truncata*, *Flourensia monticola*, *Flyriella stanfordii*, *Porophyllum filiforme*, *Senecio madrensis*, *Solidago hintoniorum*, *Stevia hintoniorum*, *Verbesina coahuilensis* y *V. daviesiae*.
2. **Trazo generalizado de Nuevo León.** Este trazo atraviesa la parte norte de Sierra Madre Oriental. Se encuentra principalmente en el estado de Nuevo León, ramificándose hacia la zona de Saltillo y la parte norte de San Luis Potosí, está definido por la sobreposición de los

trazos individuales de siete especies: *Ageratina nesomii*, *Gnaphalium hintoniorum*, *Greenmaniella resinosa*, *Hymenoxys insignis*, *Koanophyllon reyrobinsonii*, *Packeria hintoniorum* y *Perymenium tamaulipense*.

3. **Traza generalizado del Pánuco.** Atraviesa la parte central de la Sierra Madre Oriental a partir de la zona occidental del estado de Tamaulipas, cruzando el territorio del estado de San Luis Potosí hasta llegar al noreste de Querétaro. Este trazo puede explicarse por la historia geológica de esta región, la cual se considera que estuvo bajo el mar mucho tiempo hasta su elevación en el Cretácico tardío (Eguiluz et al., 2000). Está definido por los trazos individuales de cinco especies: *Critonia lozanoana*, *Loxothysanus pedunculatus*, *Senecio richardsonii*, *Tetrachyron websteri* y *Cirsium bicentenariale*.
4. **Traza generalizado del sur de la Sierra Madre Oriental.** Se extiende por el límite sur de la Sierra Madre Oriental; atraviesa los estados de Hidalgo y Puebla en la parte norte y se continúa hasta la parte central de Veracruz. Se caracteriza por conectar una de las zonas con mayor extensión de bosque mesófilo de montaña dentro de la Sierra Madre Oriental. Está definido por la sobreposición de los trazos individuales de tres especies: *Chaptalia estribensis*, *Hieracium beamanii* y *Roldana metepecus*.
5. **Traza generalizado de la Sierra Madre Oriental.** Es el trazo generalizado de mayor tamaño, atraviesa la Sierra Madre Oriental desde la zona al norte de Saltillo hasta el centro de Veracruz. Está definido por los trazos individuales de *Chaptalia madrensis* y *Gnaphalium ehrenbergianum*.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figuras 68-72. Trazos generalizados identificados en la Sierra Madre Oriental; 68= Trazo generalizado del norte de la Sierra Madre Oriental; 69= Trazo generalizado de Nuevo León; 70= Trazo generalizado del Pánuco; 71= Trazo generalizado del sur de la Sierra Madre Oriental; 72= Trazo generalizado de la Sierra Madre Oriental.

Nodos panbiogeográficos

Al analizar la ubicación de los trazos generalizados, se identifican siete nodos panbiogeográficos, definidos por la intersección de los distintos trazos generalizados. Seis de estos nodos se ubican en la parte norte de la Sierra Madre Oriental y solo uno se localiza en la región sur (Figura 73). Estos son:

1. **Nodo Saltillo.** En el norte de la Sierra Madre Oriental se encuentra un nodo en la región de Saltillo. Este nodo es el resultado de la intersección del trazo generalizado del norte de la Sierra Madre Oriental, del trazo generalizado de Nuevo León y del trazo generalizado de la Sierra Madre Oriental.
2. **Nodo Monterrey.** Se encuentra en el área del municipio de Monterrey, en la Sierra de Anáhuac. Está definido por la intersección del trazo generalizado del norte de la Sierra Madre Oriental y el trazo generalizado de Nuevo León.
3. **Nodo Tamaulipas-Nuevo León.** Al sureste del estado de Nuevo León, en los límites con el estado de Tamaulipas, se encuentra un nodo definido por la intersección del trazo generalizado del norte de la Sierra Madre Oriental, el trazo generalizado de Nuevo León y el trazo de la Sierra Madre Oriental.
4. **Nodo San Antonio Peña Nevada.** Esta definido por los trazos generalizados de la Sierra Madre Oriental, trazo del norte de la Sierra Madre Oriental y el trazo generalizado de Nuevo León.

5. **Nodo El Cielo.** Se localiza en la parte occidental del estado de Tamaulipas, esta definido por el trazo generalizado del Pánuco y el trazo generalizado de la Sierra Madre Oriental.
6. **Nodo Bustamante.** Está ubicado en el suroeste del estado de Tamaulipas, se define por el trazo generalizado del Pánuco y el trazo generalizado de la Sierra Madre Oriental.
7. **Nodo Cuetzalan.** En el sur de la Sierra Madre Oriental se encuentra un nodo definido por el trazo generalizado de la Sierra Madre Oriental y el trazo generalizado del sur de la Sierra Madre Oriental.

Los trazos generalizados reflejan una historia biogeográfica común para las especies que intervienen en la delimitación de cada uno de ellos. Por su parte, los nodos presentan una coincidencia con las áreas de endemismo reconocidas en este trabajo para las especies de la familia Asteraceae restringidas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental, por lo que son de utilidad para apoyar programas en los que se pretenda conservar áreas complejas y con una alta densidad de especies, sobre todo en los casos donde se presentan especies de distribución restringida a hábitats fragmentados, como es el caso del bosque mesófilo de montaña.

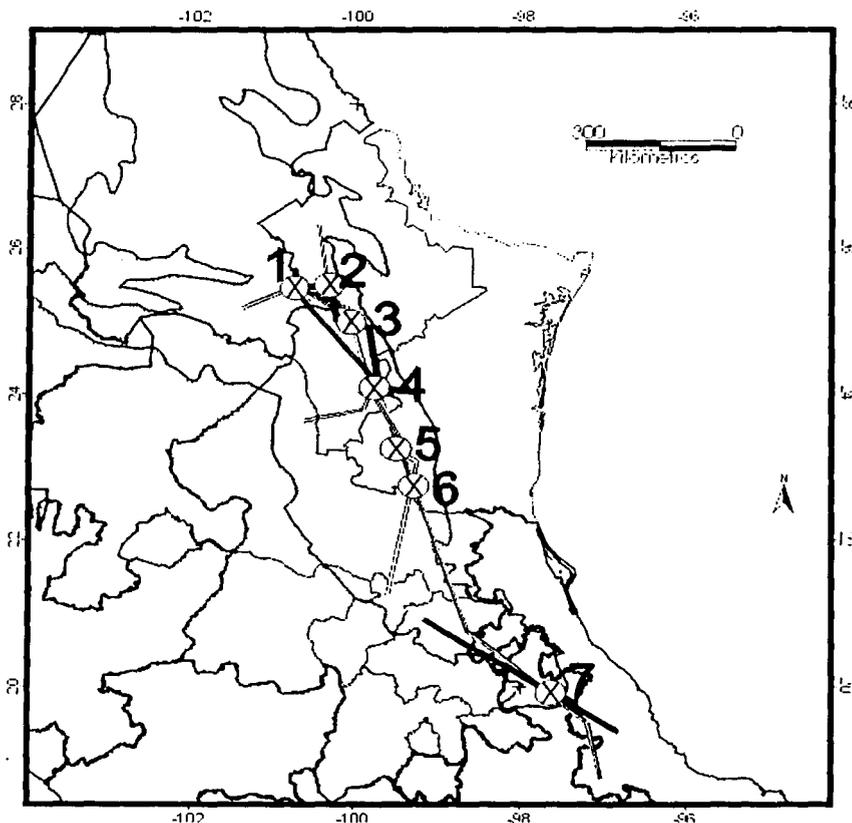


Figura 73. Nodos panbiogeográficos reconocidos para las especies de Asteraceae endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental; 1= Saltillo; 2= Monterrey; 3= Tamaulipas-Nuevo León; 4= San Antonio Peña Nevada; 5= El Cielo; 6= Bustamante; 7= Cuetzalan.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Comparación entre nodos panbiogeográficos, áreas de conservación y áreas megadiversas “hotspots”

Los nodos reconocidos en el presente análisis muestran una clara relación con algunas de las áreas de endemismo propuestas a partir de la utilización del método de la gradilla, el método de la propincuidad media (Rapoport, 1975) y con el análisis de simplicidad de endemismos. En el caso de las áreas naturales protegidas, la coincidencia es menor; sólo se reconoce la coincidencia de un nodo con la región de la Reserva de la Biosfera El Cielo en Tamaulipas. Al comparar la ubicación de los nodos con las regiones terrestres prioritarias para la conservación (RTP) (Arriaga *et al.*, 2000), propuestas por la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA's) (Benítez *et al.*, 1999), se observa que cinco de los nodos reconocidos en el presente trabajo coinciden con alguna de estas áreas, además de que el nodo del sur de la Sierra Madre Oriental forma parte del área megadiversa “hotspot” de la región de Mesoamérica reconocida por Brooks *et al.* (2002) (Cuadro 4) (Figura 74).

Varias de las especies utilizadas en el presente trabajo, a pesar de que presentan una distribución restringida y por ende están poco representadas en los distintos herbarios consultados, no han sido incorporadas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM 059-Ecol-2001 (D.O.F., 2002), por lo que se sugiere su estudio para su posible inclusión dentro de la norma, tal es el caso de *Ageratina zapalinama*, *Bartlettina tamaulipana*, *Erigeron cieloensis*, *Hymenopappus hintoniorum* y *Roldana neogibsonii* (Apéndice 3).

Aunque en la actualidad la mayoría de los métodos utilizados para delimitar las áreas de distribución han adquirido mayor objetividad, la escala de trabajo utilizada sigue siendo uno de los principales factores que modifican su delimitación. Es difícil elegir una escala adecuada que refleje de una manera precisa las áreas, tarea que es fundamental sobre todo en trabajos de tipo regional, ya que

la utilización de una escala pequeña puede llevar a la sobreestimación de la verdadera delimitación del hábitat ocupado por las especies, ya que daría la idea de que los organismos no se distribuyen en forma continua, sino en manchones. De esta forma, los diferentes criterios utilizados por cada autor pueden generar distintos mapas a partir de los mismos datos. Esto se puede observar al comparar los distintos métodos y escalas utilizadas, ya que el área de distribución de una especie es solo una representación gráfica. A una escala mayor, la estimación se acercaría cada vez más a la realidad, ya que por depender del método y la escala usados para dibujar las áreas, éstas pueden ser compactas (continuas) o disyuntas, como se observa en la comparación con los mapas a dos diferentes escalas y el método de la propincuidad media (Rapoport, 1975) utilizados en el presente trabajo. Este mismo problema afecta el reconocimiento de las áreas de endemismo.

La región más importante de concentración de endemismos en la Sierra Madre Oriental es el norte, la cual debe tener una prioridad en la conservación de las especies, ya que en ella se encuentra una biota rica formada por distintos taxones, tanto de plantas como de otros grupos de organismos (v. gr. Escalante, 2003; Navarro *et al.*, 2004; Valdez y Espinosa, 1987; Villarreal, 1994).

Cuadro 4. Comparación de los nodos panbiogeográficos con las áreas importantes para la conservación en la Sierra Madre Oriental.

Nodos panbiogeográficos propuestos en este trabajo	Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) (Arriaga <i>et al.</i> , 2000)	Áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA's) (Benitez <i>et al.</i> , 1999)
Saltillo	El Potosí-Cumbres de Monterrey	El Potosí-Cumbres de Monterrey
Monterrey	El Potosí-Cumbres de Monterrey	El Potosí-Cumbres de Monterrey
Tamaulipas-Nuevo León	Puerto Purificación	San Antonio Peña Nevada
San Antonio Peña Nevada	San Antonio Peña Nevada	San Antonio Peña Nevada
El Cielo	El Cielo	El Cielo
Bustamante	-----	-----
Cuetzalan	Cuetzalan	-----

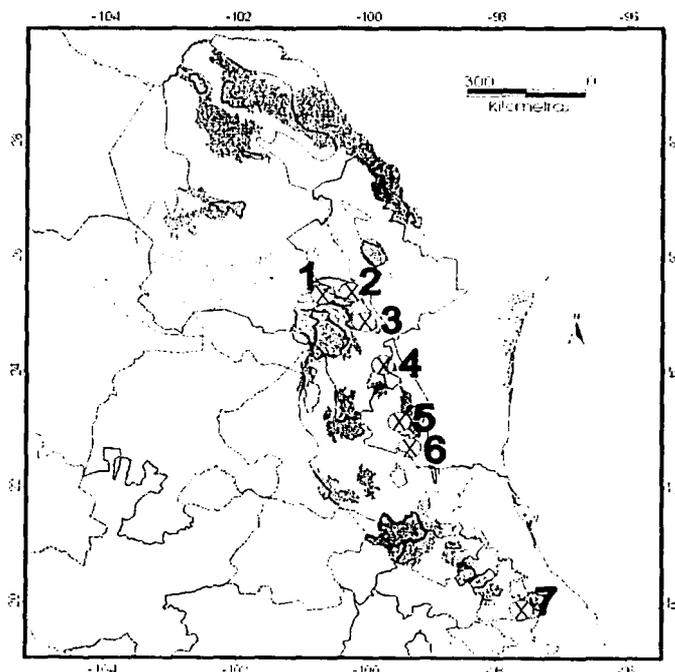


Figura 74. Comparación entre (X) nodos panbiogeográficos reconocidos en el presente estudio; Regiones Terrestres Prioritarias; (shaded areas) Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

CONCLUSIONES

Las colecciones científicas son una fuente importante de datos para la realización de análisis biogeográficos. Afortunadamente en los herbarios nacionales ya se puede contar con una base de información confiable para la mayoría de las especies de la familia Asteraceae, así como para algunas otra familias, lo cual hace una década era uno de los factores más importantes que dificultaban la realización de estudios de este tipo. Los datos sobre la familia Asteraceae aquí mostrados indican que todavía hay mucho trabajo de colecta por realizar en la Sierra Madre Oriental, tanto a nivel de inventarios generales como en la planeación de estrategias para su conservación, antes de que la riqueza biológica se pierda, por lo que es necesario incrementar las actividades de recolección y estudios florísticos y realizar un mayor esfuerzo, sobre todo en el caso de especies que aun son poco conocidas debido a lo restringido de su distribución.

El análisis corológico de las especies endémicas de Asteraceae indica la existencia de zonas con gran concentración de especies, como lo es la zona norte de la sierra, mismas que deben de ser consideradas como áreas sujetas a algún programa de protección, debido a la presencia de especies con distribución restringida. Estas áreas pueden ser comparadas posteriormente con la información proveniente de otras fuentes de datos, y así identificar áreas ricas en distintos taxones de distribución restringida, que sirvan de apoyo en los programas de conservación de la biodiversidad mexicana. En este estudio se observa que más de la mitad de las Asteraceae endémicas a los bosques templados de la Sierra Madre Oriental, restringen su área de distribución a la parte norte de la provincia, en la región límite entre los estados de Coahuila y Nuevo León, zona que Villarreal *et al.* (1996) ha nominado como MegaCoahuila.

La Sierra Madre Oriental se encuentra dividida en dos grandes áreas, separadas por la cuenca del río Pánuco. Los resultados de este análisis concuerdan con otros anteriores en asumir que la Sierra

Madre Oriental puede ser dividida en dos grandes áreas, una norte y otra sur, división que fue observada previamente en el análisis de la distribución de lagartijas por Smith (1941) y por Luna et al. (1999) para plantas vasculares. Esto comprueba que la Sierra Madre Oriental no es una unidad biogeográfica homogénea. Ambas zonas de la Sierra Madre Oriental son de gran importancia biogeográfica, ya que la región norte de la provincia alberga una gran concentración de especies endémicas no solo de plantas, sino también de otros grupos de organismos, tales como aves y mamíferos. La zona sur, por su parte alberga la mayor superficie de bosques mesófilos de montaña del país y se incluye dentro de las áreas megadiversas o "hotspots" propuestos para el mundo (Brooks et al., 2002).

La región Saltillo-Monterrey es una zona en donde confluyen una gran cantidad de trazos individuales de Asteraceae. Esta área posee una historia biogeográfica compleja, que se refleja en la caracterización del primer trazo generalizado y en la historia geológica que presenta el área. Esta área ha sido citada previamente como una zona rica e interesante en la distribución de una gran variedad de taxones de diferentes grupos, particularmente especies de mamíferos, aves, gramíneas y Asteraceae (Escalante, 2003; Navarro et al., 2004; Valdez y Espinosa, 1987; Villarreal, 1994).

Los patrones de distribución de las Asteraceae analizadas revelan que los distintos eventos climáticos y geológicos del pasado jugaron un papel determinante en su conformación, que se reflejan en la composición florística de esta zona del país.

La caracterización de las distintas áreas reconocidas con base en estudios previos, como parte de algún trazo generalizado en otras regiones del país, deben de ser analizadas a nivel regional, ya que evidencian una historia biogeográfica compleja del territorio mexicano, tal como se observa en el

presente estudio, y que corrobora los resultados obtenidos por otros autores (Álvarez, 2001 y Escalante, 2003).

La comparación de los distintos nodos panbiogeográficos resultantes del estudio coinciden de manera parcial o total con algunas de las regiones prioritarias para la conservación propuestas previamente por la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Arriaga *et al.*, 2000) y con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) (Benítez *et al.*, 1999). Se infiere, por lo tanto que el método de la panbiogeografía permite caracterizar áreas megadiversas ("hotspots") con importancia para la conservación, sobre todo si se incluyen especies con distribución restringida, por lo que su aplicación en programas de conservación es prioritario, ya que resulta ser un método relativamente rápido de realizar y a un bajo costo.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. 1998. *Clasificación biogeográfica del territorio mexicano con base en cuatro sistemas generados a partir de taxones y criterios distintos*. Tesis de Licenciatura. FES-Zaragoza, UNAM. México. 100 p.
- Aguilar-Aguilar, R. y R. Contreras-Medina. 2001. *La distribución de los mamíferos marinos de México: Un enfoque panbiogeográfico*. En: Llorente J. y J. J. Morrone (eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp. 213-219.
- Alcántara, O. 1996. *Estudio florístico y biogeográfico del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 83 p.
- Álvarez, E. 2001. *Propuesta de áreas para conservación de aves terrestres en México, aplicando herramientas panbiogeográficas*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 78 p.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. *Base de Datos de las AICAS*. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México.
- Blake, S. F., J. M. Greenman y B. L. Robinson. 1926. Asteraceae. En: Standley, P. C. *Trees and shrubs of Mexico (Bignoniaceae-Asteraceae)*. *Contributions from the United States National Herbarium* 23: 1401-1641.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, A. Rylends, W. R. Konstant, P. Flyck, J. Pilgrim, S. Oldfield, G. Magin y C. M. Taylor. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16 (4): 909-923.
- Bueno, A. y J. Llorente. 2000. Una visión histórica de la biogeografía dispersinista con críticas a sus fundamentos. *Caldasia* 22 (2): 161-184.
- Cabrera-Rodríguez, L. y J. L. Villaseñor. 1987. Revisión bibliográfica sobre el conocimiento de la familia Compositae en México. *Blótica* 12 (2): 131-147.

Casas-Andreu, G. y T. Reyna-Trujillo. 1990. *Provincias herpetofaunísticas. En Herpetofauna (Anfibios y reptiles). Escala 1: 8 000 000. Mapa IV. 8. 6. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.*

Cavieres, L. A., M. T. K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodríguez, F. A. Squeo y G. Arancio. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: Application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation* 11: 1301-1311.

Cervantes-Zamora, Y., S. L. Cornejo-Olguín, R. Lucero-Márquez, J. M. Espinoza-Rodríguez, E. Miranda-Viquez y A. Pineda-Velázquez. 1990. *Clasificación de regiones naturales de México II. Escala 1: 4 000 000. Mapa IV. 10. 2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.*

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO. México. 847 p.*

Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1997. *Provincias biogeográficas de México. Escala 1: 4 000 000. México.*

Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1999. *Ecorregiones de México. Escala 1: 1 000 000. México.*

Conserva, M. E. y R. Byrne. 2002. Late Holocene vegetation change in the Sierra Madre Oriental of Central Mexico. *Quaternary Research* 58: 122-129.

Contreras-Medina, R. y H. Ellosa-León. 2001. *Una visión panbiogeográfica preliminar de México. En: Llorente J. y J. J. Morrone (eds.). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp. 197-212.*

Conzatti, C. 1934. Sinantéreas (Synanthereae Cass.): claves de tribus y géneros mexicanos. *Memorias de la Academia Antonio Alzate* 53: 65-88.

Craw, R. C. 1985. Classic problems of southern hemisphere biogeography reexamined: Panbiogeographic analysis of the New Zealand frog *Lelopelma*, the ratite birds and *Nothofagus*. *Zeitschrift für Zoologische Systematik und Evolutionforschung* 23: 1-10.

Craw, R. C., J. R. Grehan y M. J. Heads. 1999. *Panbiogeography: Tracking the history of life. Oxford University Press. New York. 229 p.*

Crisci, J. V. y J. J. Morrone. 1992. Panbiogeografía y biogeografía cladística: Paradigmas actuales de la biogeografía histórica. *Ciencias* (número especial) 6: 87-97.

Croizat, L. 1958. *Panbiogeography*. Publicado por el autor. Caracas.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM 059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Egulluz, S., M. Aranda y R. Marrett. 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 53: 1-26.

Ehrlich, P. R. y E. O. Wilson. 1991. Biodiversity studies: Science and policy. *Science* 253: 758-762.

Escalante, T. 2003. *Avances en el atlas biogeográfico de los mamíferos terrestres de México*. En: Morrone, J. J. y J. Llorente (eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. CONABIO, Facultad de Ciencias, UNAM. pp. 297-302.

Espinosa, D. y J. Llorente. 1993. *Fundamentos de biogeografías filogenéticas*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 133 p.

Espinosa, D. y J. J. Morrone. 1998. On the integration of track and cladistic methods for selection and ranking areas for biodiversity conservation. *Journal of Comparative Biology* 3 (2): 171-175.

Espinosa, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización geográfica. En: Llorente J. y J. J. Morrone (eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. pp. 31-37.

ESRI. 2000. *Arc View GIS Version 3.2a*. Environmental Systems Research Institute, Inc., USA.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. *Provincias biogeográficas con base en criterios morfotectónicos*. Escala 1: 4 000 000. Mapa IV. 8. 10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Fischer, M. P. y P. B. Jackson. 1999. Stratigraphic controls on eformation patterns in fault-related folds: A detachment fold example from the Sierra Madre Oriental, northeast Mexico. *Journal of Structural Geology* 21: 613-633.

Flores, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. CONABIO. UNAM. 439 p.

- Forey, P., C. J. Humphries, I. L. Kitching, R. W. Scotland y D. M. Williams. 1994. *Cladistics, a practical course in systematics*. Oxford University Press. New York. 191 p.
- García, G. 2003. *Áreas prioritarias para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México con base en métodos biogeográficos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 111 p.
- Goloboff, P. 1997. *NONA versión 2.0*. Publicado por el autor.
- Grehan, J. R. 1989. Panbiogeography and conservation science in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 16: 731-748.
- Grehan, J. R. 1991. A panbiogeographic perspective for pre-Cretaceous angiosperm-Lepidoptera coevolution. *Australian Systematic Botany* 4:91-110.
- Grehan, J. R. 1993. Conservation biogeography and the biodiversity crisis: A global problem in space/time. *Biodiversity Letters* 1: 134-140.
- Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos en la zona de transición mexicana. Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Entomológica Mexicana* 35: 1-64
- Halffter, G. 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology* 32: 95-114
- Hernández, H. 1966. *Geología de una parte de la Sierra Madre Oriental entre Linares y Galeana estado de Nuevo León*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería. UNAM: 50 p.
- Hernández-Cerda, M. E. y G. Carrasco-Anaya. 2004. *Climatología de la Sierra Madre Oriental*. En: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *La Sierra Madre Oriental, un enfoque multidisciplinario* (en prensa).
- Humphries, C. J. y L. R. Parenti. 1986. *Cladistic biogeography. Interpreting patterns of plants and animals distributions*. Oxford University Press. New York. 187 p.
- INEGI-INE. 1973. *Uso de suelo y vegetación*. Escala 1: 250 000. Dirección de Ordenamiento Ecológico General, México.
- INEGI. 1995. *Catálogo de herbario*. Tomo I. México. 102 p.
- Llorente, J., N. Papavero y A. Bueno. 2001. *Síntesis histórica de la biogeografía*. En: Llorente J. y J. J. Morrone (eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. pp. 1-14.

- Lugo-Hubb, J. 1990. *Hipsometría y batimetría*. Escala 1: 4 000 000. Mapa I. 1. 1. Atlas Nacional de México. Vol. I Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Luna, I. y R. Contreras-Medina. 2000. Distribution of the genera of Theaceae (Angiospermae: Theales): A panbiogeographic analysis. *Biogeographica* 76(2): 79-88.
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J. J. Morrone. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forest: A preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicy to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305.
- Luna, I., O. Alcántara, J. J. Morrone y D. Espinosa. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forest of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions* 6 (3): 137-143.
- Luna, I., A. Velázquez y E. Velázquez. 2001. México. En: Kapelle, M. y A. D. Brown (eds.). *Bosques nublados del neotrópico*. INBIO, Fundación Agroforestal, Comité Holandés de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Amsterdam, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas. pp 183-229.
- Morrone, J. J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology* 43 (3): 438-441.
- Morrone, J. J. 1996. Austral biogeography and relict weevil taxa (Coleoptera: Nemonychidae, Belidae, Brentidae, and Caridae). *Journal of Comparative Biology* 1: 123-127.
- Morrone, J. J. 2001. Homology, biogeography and areas of endemism. *Diversity and distributions* 7: 297-300.
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1990. Panbiogeografía: Fundamentos y método. *Evolución Biológica* 4: 119-140.
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1992. Aplicación de métodos filogenéticos y panbiogeográficos en la conservación de la diversidad biológica. *Evolución Biológica* 6: 53-66.
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1995. Historical biogeography: introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematic* 26: 373-401.
- Morrone, J. J. y D. Espinosa. 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. *Ciencia* 49 (3): 12-16.
- Morrone, J. J., D. Espinosa y J. Llorente. 1996. *Manual de biogeografía histórica*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 155 p.

- Morrone, J. J., D. Espinosa y J. Llorente. 2002. Mexican biogeographic provinces: Preliminary scheme, general characterizations and synonymie. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 85: 83-108.
- 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*. W. Junk Publisshers. The Haghe.
- Navarro, A., H. Garza-Torres, S. López de Aquino, O. Rojas-Soto y L. A. Sánchez-González. 2004. *Patrones biogeográficos de la avifauna de la Sierra Madre Oriental*. En: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *La Sierra Madre Oriental, un enfoque multidisciplinario* (en prensa).
- Nelson, G. y N. Platnick. 1981. *Systematics and biogeography*. Cladistics and vicariance. Columbia University Press. New York: 567 p.
- Nixon, K. C. 1998. *El género Quercus en México*. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. pp 457-458.
- Nixon, K. C. 2000. *Winclada*. Publicado por el autor.
- Ochoa, L. M. 2003. *Análisis sobre los centros de endemismo de la herpetofauna mexicana*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México 185 p.
- Ortega, F., R. L. Sedlock y R. C. Speed. 2000. *Evolución tectónica de México durante el fanerozoico*. En: Llorente, J., E. González y N. Papavero (eds). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 2. Facultad de Ciencias, UNAM, CONABIO, Bayer. México pp. 3-59.
- Ortiz, E. 2004. *Nomenclátor de localidades de la Sierra Madre Oriental*. En: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *La Sierra Madre Oriental, un enfoque multidisciplinario* (en prensa).
- 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
- Pulig, H. 1991. *Vegetación de la Huasteca (México). Estudio fitogeográfico y ecológico*. Institut Francais de recherche scientifique pour le developpement en cooperation (Orstom). Instituto de Ecología A.C. Centre d'études mexicaines et Centramericaines (CEMCA). México: 625 p.
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. *Regiones y provincias mastogeográficas*. En: Regionalización mastofaunística. IV. 8. 8. Atlas Nacional de México. Vol III. Escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rapoport, E. 1975. *Areografía. Estrategias geográficas de las especies*. Fondo de Cultura Económica. México. 214 p.

Rosen, B. R. 1988. *From fossils to earth history: Applied historical biogeography*. En: Myers, A. y P. S. Giller (eds.), *Analytical biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Chapman and Hall. Londres. pp. 437-481.

Ruiz-Jiménez, C., O. Alcántara e I. Luna. 2004. *Límites de la Sierra Madre Oriental*. En: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *La Sierra Madre Oriental, un enfoque multidisciplinario* (en prensa).

Rzedowski, J. 1962. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico de la flora mexicana. *Ciencia* 27: 52-65.

Rzedowski, J. 1965. Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 29: 121-177.

Rzedowski, J. 1972. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México, III. Algunas tendencias en la distribución geográfica y ecológica de las Compositae mexicanas. *Ciencia* 24 (4-5): 123-132.

Rzedowski, J. 1978a. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

Rzedowski, J. 1978b. Clave para la identificación de los géneros de la familia Compositae en México. *Acta Científica Potosina* 7 (1 y 2): 5-145.

Rzedowski, J. 1990. *Vegetación Potencial*. Escala 1: 4 000 000. Mapa IV. 8. 2. Atlas Nacional de México. Vol II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rzedowski, J. 1991. El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: Una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* 15: 47-64.

Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora de México. *Ciencias* (número especial) 6: 47-56.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.

Rzedowski, J. 1998. *Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México*. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. pp. 129-148.

- Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. *Divisiones florísticas*. En: Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas). Escala 1: 8 000 000. Mapa IV. 8. 3. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Smith, H. M. 1941. Las provincias bióticas de México según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 10 (2): 103-110.
- Tamayo, J. L. 1998. *Geografía moderna de México*. Trillas. México. 512 p.
- Tardy, M. 1980. *Contribution a l' etude géologique de la Sierra Madre Orientale du Mexique*. Mémoire de These de Doctorat d' etat. Université Pierre et Marie Curie. Paris. 459 p.
- Toledo, V. M. 1982. *Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico*. En: Prance, G. T. (ed.). *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press. New York. pp. 93-111.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y desarrollo* 14 (81): 17-30.
- Turner, B. L. 1977. *Fossil history and geography*. En: Heywood, V. H., J. B. Harbone y B. L. Turner (eds.). *The biology and chemistry of the Compositae. Vol. I*. Academic Press. London. pp. 21-39.
- Turner, B. L. y G. L. Nesom. 1988. *La familia Asteraceae de México*. Simposio sobre diversidad biológica de México. 3-7 de octubre, 1988. Oaxtepec, Morelos, México.
- Turner, B. L. y G. Nesom. 1998. *Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México*. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. pp. 545-561.
- Valdez, J. y J. Espinosa. 1987. Corología de las gramíneas de Coahuila, México. *Agrarla* 3 (2): 109-136.
- Villarreal, J. A. 1994. Flora vascular de la Sierra de la Paila, Coahuila, México. *Sida* 16 (1): 109-138.
- Villarreal, J. A., J. Valdez y J. L. Villaseñor. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila, México. *Acta Botánica Mexicana* 36: 29-42.
- Villaseñor, J. L. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. *Aliso* 12 (4): 685-692.
- Villaseñor, J. L. 1991. Las Heliantheae endémicas a México: Una guía hacia la conservación. *Acta Botánica Mexicana* 15: 29-46.
- Villaseñor, J. L. 1993. La familia Asteraceae en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* XLIV: 117-124.

Villaseñor, J. L. 2001. *Catálogo de autores de plantas vasculares de México*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO. México. 40 p.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México, *Interciencia* 28 (3): 160-167.

Villaseñor, J. L., G. Ibarra y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in México. *Conservation Biology* 12 (5): 1066-1075.

Williams-Linera, G., G. Halffter y E. Ezcurra. 1992. *Estado de la biodiversidad en México*. En: Halffter, G. (comp.). *La diversidad biológica de Iberoamérica I*. CYTED-D, Instituto de Ecología. México. pp. 285-312.

<http://www.conabio.com.mx>

PAGINACIÓN DISCONTINUA

Apéndice 1. Cartas topográficas de INEGI (escala 1: 50,000) utilizadas para georreferenciar las localidades de colecta de Asteraceae en la Sierra Madre Oriental.

E14B13 Chignauapan, Puebla-Hidalgo; E14B14 Zacatlán, Puebla; E14B15 Teziutlán, Puebla; E14B16 Altotonga, Puebla-Veracruz; E14B23 Tlaxco de M., Tlaxcala-Puebla-Hidalgo; E14B26 Perote, Puebla-Veracruz; E14B37 Coatepec, Veracruz; E14B67 Zongolica, Oaxaca-Puebla-Veracruz; F14A16 San Ramón de Martínez, Nuevo León; F14A17 Zaragoza, Nuevo León-Tamaulipas; F14A18 Casas Reales, Nuevo León-Tamaulipas; F14A27 Miquihuana, Nuevo León-Tamaulipas; F14A29 Ciudad Victoria, Tamaulipas; F14A39 Llera de Canales, Tamaulipas; F14A43 Charcas, San Luis Potosí; F14B43 La Concepción, Tamaulipas; F14C17 Río Verde, San Luis Potosí; F14C18 Tamasopo, San Luis Potosí; F14C19 Rascón, San Luis Potosí; F14C29 Aquismón, San Luis Potosí-Querétaro F14C38 Conca, Querétaro-San Luis Potosí; F14D31 Tamazunchale, San Luis Potosí-Querétaro; F14D32 Platón Sánchez, Veracruz-San Luis Potosí-Hidalgo; F14D33 Tantoyucan, Veracruz; F14D41 Chapulhuacan, Hidalgo-San Luis Potosí-Querétaro; F14D51 Molango, Hidalgo; F14D52 Calnali, Hidalgo-Veracruz; F14D62 Zacualtipan, Hidalgo-Veracruz; F14D72 Carbonera Jacales, Hidalgo-Veracruz; F14D73 Pahuatlan, Hidalgo-Puebla-Veracruz; F14D82 Tulancingo, Hidalgo; F14D83 Huachinango, Hidalgo-Puebla; G14A53 El Oro, Coahuila; G14A73 Espinazo, Coahuila-Nuevo León; G14A75 Villa de Aldama, Nuevo León; G14A82 Los Colorados, Coahuila; G14C24 Ramos Arizpe, Nuevo León-Coahuila; G14C25 Garza-García, Coahuila-Nuevo León; G14C26 Monterrey, Nuevo León; G14C33 Saltillo, Coahuila; G14C34 Arteaga, Coahuila; G14C35 San Antonio de Las Alazanas, Coahuila-Nuevo León; G14C36 Allende, Coahuila-Nuevo León; G14C37 General Terán, Nuevo León; G14C42 Sierra El Laurel, Coahuila; G14C43 Agua Nueva, Coahuila; G14C45 San Rafael, Coahuila-Nuevo León; G14C46 Rayones, Coahuila-Nuevo León; G14C47 Monte Morelos, Nuevo León; G14C53 Gómez Farías, Coahuila-Zacatecas; G14C56 Galeana, Nuevo León; G14C57 Hualahuisés, Nuevo León; G14C66 San José de Raíces, Nuevo León; G14C67 Iturbide, Tamaulipas-Nuevo León; G14C69 San Lázaro, Tamaulipas; G14C77 La Ascención, Nuevo León-Tamaulipas; G14C85 Santa Ana, San Luis Potosí-Nuevo León; G14C86 La Soledad, Nuevo León; G14C88 Villa Hidalgo, Nuevo León-Tamaulipas; G14C87 Aramberri, Nuevo León; H13D59 Las Antonias, Coahuila; H13D69 La Peña, Coahuila.

Apéndice 2. Matriz de datos de presencia/ausencia de 33 especies de la familia Asteraceae endémicas a la Sierra Madre Oriental, en 29 cuadros de 0.5° de Latitud por 0.5° de Longitud

	1111111111	2222222222	3333
	123456789	0123456789	0123456789 0123
RAI	000000000	000000000	000000000 0000
SAL	010000000	1000100001	0000100000 0011
ELO	000000110	0000100000	0100000000 0000
TEN	000000010	0000100000	0000110000 0100
TLA	000010010	0000100000	0100000000 0000
ZIM	000001100	0000000000	0000000000 0100
ARA	100000001	0000100000	1000100110 1011
ARI	000000000	0010000000	0000000000 0010
ARR	000100000	0000000000	0000100000 0001
GAL	110100001	0000010001	1010100101 1010
GAR	100000000	1010001000	1000000010 0010
ITU	100000001	1000000000	1100100101 1010
MTY	110100000	1010111011	1010000111 1011
SAN	011100000	1010010001	0010100111 1011
VIL	000000000	1000000000	1000000010 0000
ZAR	000000001	0000000000	0000100000 0000
OCA	000000000	0000100000	0000010000 0000
JOA	000001000	0000000000	0000000000 0100
LAN	000001001	0000100000	0100000010 0000
PIN	000001100	0000000000	0100000000 0100
AQU	000001000	0000000000	0100000000 0000
GUA	000000001	0000000000	0100000000 0000
MAI	000000100	0000000000	0100000000 0000
BUS	000000101	1000000000	0000000000 0100
GOM	000000101	0100000000	1000000010 1100
MIQ	110100101	1001000000	1001100111 1000
VIC	000000000	0001000000	1001000001 0000
HUA	000000010	0000000100	0000000000 0000
TAT	000000010	0000100100	0000010000 0000

Codificación de las áreas utilizadas en el Análisis de Simplicidad de Endemismos (PAE).

RAI= Raíz; SAL= Saltillo, Coahuila; ELO= Eloxochitlán, Hidalgo; TEN= Tenango de Doria, Hidalgo; TLA= Tlanchinol, Hidalgo; ZIM= Zimapan, Hidalgo; ARA= Aramberri, Nuevo León; ARI= Ramos Arizpe, Nuevo León; ARR= Doctor Arroyo, Nuevo León; GAL= Galeana, Nuevo León; GAR= Garza-García, Nuevo León; ITU= Iturbide, Nuevo León; MTY= Monterrey, Nuevo León; SAN= Villa de Santiago, Nuevo León; VIL= Villaldama, Nuevo León; ZAR= General Zaragoza, Nuevo León; OCA= Tetela de Ocampo, Puebla; JOA= San Joaquín, Querétaro; LAN= Landa de Matamoros, Querétaro; PIN= Pinal de Amoles, Querétaro; AQU= Aquismón, San Luis Potosí; GUA= Guadalcázar, San Luis Potosí; MAI= Ciudad del Maíz, San Luis Potosí; BUS= Bustamante, Tamaulipas; GOM= Gómez Farías, Tamaulipas; MIQ= Miquihuana, Tamaulipas; VIC= Ciudad Victoria, Tamaulipas; HUA= Huayacocotla, Veracruz; TAT= Tatatila, Veracruz.

Especies utilizadas en la matriz de datos

1.- *Ageratina nesomii* B. L. Turner; 2.- *Ageratina potosina* B. L. Turner; 3.- *Ageratina zapalinama* B. L. Turner; 4.- *Astranthium beamanii* De Jong; 5.- *Bartlettina tamaulipanum* (B. L. Turner) R. M. King et H. Rob.; 6.- *Chaptalia estribensis* G. L. Nesom; 7.- *Chaptalia madrensis* G. L. Nesom; 8.- *Chrysactinia truncata* S. Watson; 9.- *Cirsium bicentenariale* Rzed.; 10.- *Crtonia lozanoana* (B. L. Rob.) R. M. King et H. Rob.; 11.- *Erigeron cieloensis* G. L. Nesom; 12.- *Flourensia monticola* M. O. Dillon; 13.- *Flyriella stanfordii* R. M. King et H. Rob.; 14.- *Gnaphallum ehrenbergianum* Sch. Bip. ex Klatt; 15.- *Gnaphallum hintonlorum* G. L. Nesom; 16.- *Greenmaniella resinosa* (S. Watson) W. M. Sharp; 17.- *Hieracium beamanii* B. L. Turner; 18.- *Hymenopappus hintonlorum* B. L. Turner; 19.- *Hymenoxys insignis* (A. Gray) Cockerell; 20.- *Koanophyllon reyrobinsonii* B. L. Turner; 21.- *Loxothysanus pedunculatus* Rydb.; 22.- *Packera hintonlorum* (B. L. Turner) C. Jeffrey; 23.- *Perymenium tamaulipense* B. L. Turner; 24.- *Porophyllum filliforme* Rydb.; 25.- *Roldana metepecus* (B. L. Turner) C. Jeffrey; 26.- *Roldana neogibsonii* (B. L. Turner) B. L. Turner; 27.- *Senecio madrensis* A. Gray; 28.- *Senecio richardsonii* B. L. Turner; 29.- *Solidago hintonlorum* G. L. Nesom; 30.- *Stevia hintonlorum* B. L. Turner; 31.- *Tetrachyron websteri* (Wussow et Urbatsch) B. L. Turner; 32.- *Verbesina coahuilensis* A. Gray; 33.- *Verbesina daviesiae* B. L. Turner.

Apéndice 3. Número de colectas y localidades únicas por especie.

Especie	Colectas	Localidades únicas
<i>Ageratina nesomii</i> B. L. Turner	13	5
<i>Ageratina potosina</i> B. L. Turner	27	16
<i>Ageratina zapalinama</i> B. L. Turner	1	1
<i>Astranthium beamanii</i> De Jong	51	19
<i>Bartlettina tamaulipanum</i> (B. L. Turner) R. M. King et H. Rob.	1	1
<i>Chaptalia estribensis</i> G. L. Nesom	10	6
<i>Chaptalia madrensis</i> G. L. Nesom	55	31
<i>Chrysactinia truncata</i> S. Watson	68	40
<i>Cirsium bicentenariae</i> Rzed.	30	14
<i>Critonia lozanoana</i> (B. L. Rob.) R. M. King et H. Rob.	16	11
<i>Erigeron cieloensis</i> G. L. Nesom	1	1
<i>Flourensia monticola</i> M. O. Dillon	26	17
<i>Flyriella stanfordii</i> R. M. King et H. Rob.	30	9
<i>Gnaphallium ehrenbergianum</i> Sch. Bip. ex Klatt	34	22
<i>Gnaphallium hintoniorum</i> G. L. Nesom	4	4
<i>Greenmaniella resinosa</i> (S. Watson) W. M. Sharp	28	15
<i>Hieracium beamanii</i> B. L. Turner	6	5
<i>Hymenopappus hintoniorum</i> B. L. Turner	11	1
<i>Hymenoxys insignis</i> (A. Gray) Cockerell	53	15
<i>Koanophyllon reyrobinsonei</i> B. L. Turner	17	15
<i>Loxothysanus pedunculatus</i> Rydb.	34	23
<i>Packera hintoniorum</i> (B. L. Turner) C. Jeffrey	5	5
<i>Perymenium tamaulipense</i> B. L. Turner	8	4
<i>Porophyllum filiforme</i> Rydb.	25	19
<i>Roldana metepecus</i> (B. L. Turner) C. Jeffrey	25	6
<i>Roldana neogibsonii</i> (B. L. Turner) B. L. Turner	1	1
<i>Senecio madrensis</i> A. Gray	80	39
<i>Senecio richardsonii</i> B. L. Turner	34	16
<i>Solidago hintoniorum</i> G. L. Nesom	23	15
<i>Stevia hintoniorum</i> B. L. Turner	27	20
<i>Tetrachyron websteri</i> (Wussow et Urbatsch) B. L. Turner	15	11
<i>Verbesina coahuilensis</i> A. Gray	45	23
<i>Verbesina daviesiae</i> B. L. Turner	32	14