



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Afinidades Geográficas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán
analizando las Asteraceae Mexicanas

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

MARIO ERNESTO SUÁREZ MOTA

DIRECTOR DE TESIS: DOCTOR OSWALDO TÉLLEZ VÁLDES

MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia al CONACYT por el apoyo económico a través de la beca con número de registro: 186550.

Aunque siempre quedamos a deber con agradecimientos a quienes de una u otra forma nos brindan el tiempo y dedicación necesarios en la adquisición de conocimientos y formación científica quiero agradecer sinceramente a los miembros del comité tutorial que participo en el desarrollo de este trabajo y quienes aportaron las ideas y sugerencias para el término del mismo gracias al Dr. Oswaldo Téllez Valdés, al Dr. José Luis Villaseñor Ríos y al Dr. Víctor Sánchez-Cordero Dávila por su paciencia y su invaluable enseñanza durante el desarrollo del trabajo.

DEDICATORIA

A ti Abuela por enseñarme a vivir y por lo que representas en mi vida ahora y siempre estés donde estés...

A Adali por las cuerdas del corazón que tocas y avivas... bella princesita...

A Vicky porque es parte del resultado del tiempo y vida que hemos compartido.

Los seres humanos son preceptores, pero el mundo que perciben es una ilusión: una ilusión creada por la descripción que les contaron desde el momento mismo en que nacieron.

Así pues, el mundo que su razón quiere sostener es, en esencia, un mundo creado por una descripción que tiene reglas dogmáticas e inviolables, reglas que su razón aprende a aceptar y a defender.

Sintaxis

Un hombre mirando fijamente sus ecuaciones dijo que el universo tuvo un comienzo.

Hubo un explosión, dijo.

Un estallido de estallidos, y el universo nació.

Y se expande, dijo.

Había calculado la duración de su vida: diez mil millones de revoluciones de la Tierra alrededor del sol.

El mundo entero aclamó;

Hallaron que sus cálculos eran ciencia.

Ninguno pensó que al proponer que el universo comenzó, el hombre había meramente reflejado la sintaxis de su lengua madre; una sintaxis que exige comienzos, como el nacimiento, y desarrollos, como la maduración, y finales, como la muerte, en tanto declaraciones de hechos.

El universo comenzó y está envejeciendo, el hombre nos aseguró, y morirá, como mueren todas las cosas, como el mismo murió luego de confirmar matemáticamente la sintaxis de su lengua madre.

El mundo es todo lo que hay aquí encerrado: la vida, la muerte, la gente y todo lo demás que nos rodea. El mundo es incomprendible. Jamás lo entenderemos; jamás desentrañaremos sus secretos. Por eso, debemos tratarlo como lo que es: un absoluto misterio.

Párrafos tomados de los libros: el lado activo del infinito y la rueda del tiempo de la obra de Carlos Castaneda.

Indice

Página	
Resumen.....	2
Introducción.....	3
Antecedentes.....	7
Objetivo.....	10
Área de estudio	10
Método	14
Resultados	18
Discusión	29
Literatura Citada.....	33
Anexos 1.....	37
Anexos 2.....	47

RESUMEN

El inventariado completo de la diversidad biológica de México, como el de muchos otros países es considerado como una tarea prácticamente imposible. Algunos grupos vegetales tienen algún tipo de estudio, ya sea taxonómico o biogeográfico, pero la gran mayoría solo cuentan con un nombre científico y un conjunto de datos sobre su variación morfológica y distribución geográfica, almacenados como ejemplares de herbario (Villaseñor y Tellez, 2004). La metodología para el desarrollo del presente estudio se basó en dos actividades generales: 1) la búsqueda de información relacionada con todos los aspectos relevantes; incluyendo la compilación y estructuración de bases de datos y 2) trabajo en el laboratorio de sistemas de información geográfica (SIG). Después de evaluar distintas tribus de la familia Asteraceae, sus géneros y especies, y de acuerdo con los criterios propuestos en la metodología, finalmente se seleccionaron 18 especies de cinco géneros de la Tribu Senecioneae endémicas de México y distribuidas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se obtuvieron perfiles bioclimáticos empleando BIOCLIM y posteriormente se determinaron las áreas de distribución potencial así como las semejanzas florísticas del VTC con respecto a otras regiones biogeográficas de México. Los resultados han mostrado que el VTC tiene mayor semejanza con la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico que con el resto de las provincias biogeográficas de México.

Abstract. The complete inventoried one of the biological diversity of Mexico as the one of many other countries is considered like a practically impossible task. Some vegetal groups have some type of study or taxonomic or biogeography but the great single majority counts on a scientific name and a data set on their morphologic variation and geographic distribution stored like herbarium unit (Villaseñor and Téllez, 2004). The methodology for the development of the present study was based on two general activities: the 1) search of information related to all the excellent aspects; including the compilation and structuring of data bases and 2) work in the laboratory of GIS (SIG). After evaluating different tribes from the Asteraceae family, her sorts and species, and in agreement with the criteria proposed in the methodology, finally 18 species of five sorts of Senecioneae the endemic of Mexico and distributed Tribe in the Valley of Tehuacán-Cuicatlán were selected. Bioclimatics profiles were obtained using BIOCLIM and later the areas of potential distribution as well as the floristic similarities of the VTC with respect to other biogeography's regions of Mexico were determined. The results have shown that the VTC has greater similarity with the Mountain range Mother of the South and the Axis Neovolcanic that with the rest of the biogeography's provinces of Mexico.

Introducción

El inventariado completo de la diversidad biológica de México, como el de muchos otros países es considerado como una tarea prácticamente imposible. Algunos grupos vegetales tienen algún tipo de estudio, ya sea taxonómico o biogeográfico, pero la gran mayoría solo cuentan con un nombre científico y un conjunto de datos sobre su variación morfológica y distribución geográfica, almacenados como ejemplares de herbario (Villaseñor y Tellez, 2004). Aunque la distribución geográfica de la riqueza vegetal mexicana está relativamente bien entendida de manera general, aún existen numerosos aspectos por ser descifrados, ya que se ha puesto poca atención a la determinación de los patrones de distribución geográfica de cada uno de sus componentes. En cuanto a este conocimiento de los patrones de distribución geográfica de cada especie, sería interesante conocer las regiones específicas en dónde se concentran las especies endémicas, pero los conocimientos actuales siguen siendo escasos.

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo; entre sus objetivos principales está comprender y describir los patrones de distribución geográfica de los taxones, así como poder reconocer posibles áreas de endemismo (Morrone, 2001). Se ha dedicado algo de atención al estudio de la distribución espacial o geográfica de los organismos (floras y faunas), todos ellos constituyentes de la biodiversidad. La distribución de entidades ecológicas o taxonómicas en el espacio geográfico es fundamental, porque en ella se sintetizan las más variadas expresiones evolutivas (Llorente et. al., 2001). La biodiversidad ha sido evaluada frecuentemente en términos de diferencias en sus valores de diversidad (alfa, beta y gamma) y en término de sus relaciones de parentesco (Villaseñor et. al., 1998).

La distribución geográfica de una especie es el conjunto de localidades donde ésta ha sido registrada, ya sea mediante la recolecta o la observación. Un área de distribución geográfica, en cambio, resulta de la inferencia de cual es el área en donde con mayor probabilidad una determinada especie podría estar presente. El área de distribución de una especie se construye a partir de las localidades donde se ha registrado y puede caracterizarse en términos de su tamaño, ubicación geográfica y continuidad (Espinosa y Llorente, 1993). Si existe una unidad básica en la biogeografía, es el área geográfica de una especie. El principal sujeto de la investigación biogeográfica es el estudio de la estructura y dinámica de las áreas geográficas (Brown et al., 1996).

Por otro lado, la biodiversidad también puede ser evaluada a partir de patrones de distribución geográfica. Estos patrones pueden interpretarse como las áreas de distribución de un conjunto de taxa, definido por sus relaciones espaciales, temporales y filogenéticas que coinciden en sus tamaños, formas y límites (Brown et al., 1996; Zunino y Zullini, 2003). La biogeografía ha clasificado las tierras firmes en regiones biogeográficas, subdivididas a su vez en subregiones y provincias. Independientemente de su nivel jerárquico, una unidad biogeográfica regional queda delimitada por fronteras que resultan de la sobreposición de líneas fronterizas de grupos biológicos diferentes. Cada unidad regional está caracterizada por la presencia de grupos exclusivos (endémicos), cuyo nivel taxonómico varía de acuerdo con las categorías consideradas (Zunino y Zullini, 2003). Esta clasificación de regiones biogeográficas ha permitido estudiar la distribución de los taxa de acuerdo con sus afinidades geográficas, a lo que algunos autores describen como el probable punto de origen de un grupo taxonómico (Villaseñor et. al., 1990). Dado que los componentes bióticos rara vez poseen un origen único, sino más bien son conjuntos de elementos de afinidades distintas, que se han integrado en el curso de la evolución biótica (Brooks, 2005); entonces la distribución geográfica puede estar dada de manera general, por dos elementos principales, los derivados en el norte u holárticos y aquellos del sur o de afinidad meridional o tropical. Otras distribuciones geográficas actuales que han sido propuestas son las de carácter cosmopolita, neártica (boreal), meridional, pantropical (regiones tropicales del mundo) y neotropical (región tropical del Centro-Sur de México hasta el centro de Argentina) (Luna-Vega et al., 2001).

Uno de estos elementos, el endemismo, resulta ser un parámetro importante en la regionalización y reconocimiento de provincias biogeográficas, que se ha basado en la comparación cuantitativa de listas taxonómicas, con las cuales se estima el grado de semejanza como un porcentaje de especies compartidas (Rapoport y Monjeau, 2001). México es uno de los países con mayor número de taxa endémicos. Se estima que cerca del 57 % de sus especies de plantas con flores están restringidas a su territorio (Villaseñor, 2003). Los elementos endémicos de la flora de México son los más importantes en lo que se refiere a la biodiversidad y su conservación (Challenger, 1998). Del total de géneros endémicos del país, la minoría se encuentra en la región tropical húmeda, una proporción mayor en la región tropical subhúmeda y una muy alta proporción en las regiones áridas y semiáridas; de manera general, se describe que los géneros endémicos de México están mejor representados en la parte norte con clima árido que en la porción sur con clima húmedo, mientras

que las especies endémicas son más abundantes en la vertiente seca del Pacífico que en la más húmeda del Atlántico (Rzedowski, 1991a).

La definición de áreas de endemismo es uno de los mayores problemas metodológicos en la biogeografía. La biogeografía de la vicarianza cladística ha sido moldeada por la idea de que existe un patrón general de relaciones entre áreas que pueden inferirse con la ayuda de la sistemática filogenética (Andersson, 1996). Los pormenores de su conocimiento han resultado de interés no solamente en la sistemática sino también en la biogeografía. A nivel comparativo, la magnitud del endemismo se emplea como indicador del grado de singularidad de una determinada flora (o fauna), es decir, de la cuantificación de su distinción con respecto a las floras de otras regiones del país, el continente o del mundo (Rzedowski, 1991b).

México posee en su territorio un universo vegetal de excepcional diversificación, en donde se resalta la combinación de elementos boreales y meridionales; pero sobre todo está el hecho que los unos y los otros juegan un papel importante en la conformación de la flora y la vegetación (Rzedowski, 1991a). Sobre esta base, diversos autores, entre otros Rzedowski (1973, 1978), Morafka (1992), Arriaga et al. (1997), Contreras-Medina y Eliosa-León (2001) y Morrone (2001, 2005, 2006) han propuesto la regionalización del país en diferentes provincias y subprovincias de acuerdo con cierto conocimiento florístico y faunístico acumulado, pero sobre todo analizado desde distintas perspectivas metodológicas, como la filogeografía, la panbiogeografía, la fenética, la cladística y los análisis de parsimonia de endemismos, entre otras. Morrone (2005, 2006) es quien más recientemente y con base en las numerosas propuestas previas propone una regionalización biogeográfica de México. Sin embargo, no obstante de tratarse de una actualización sin precedente, el conocimiento detallado de numerosos patrones de distribución que se acumulan continuamente, requerirá de un nuevo análisis de los límites geográficos y las relaciones florísticas que lleven a una regionalización biogeográfica en México más actualizada aún. Se piensa que esta definición y delimitación precisa de estas unidades será siempre motivo de discusión, debido a la naturaleza variable de los criterios en la actualización del conocimiento biológico y ambiental que están sujetos a continuos cambios (Ochoa, 2001).

No obstante, que el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC), localizado en los estados de Puebla y Oaxaca, es parte de una de estas regiones, históricamente sobresale por ser tradicionalmente relacionado y/o derivado florísticamente del desierto chihuahuense, siendo considerados como parte de una sola región semiárida perteneciente a la zona Neártica del país (Rzedowski, 1978) (figura 1).

Sin embargo, análisis florísticos recientes indican que estas regiones son completamente independientes de acuerdo a su composición florística y las afinidades geográficas de sus especies (Villaseñor, comunicación personal); así como otros trabajos biogeográficos muy reciente, como los de Morrone (2001, 2005).

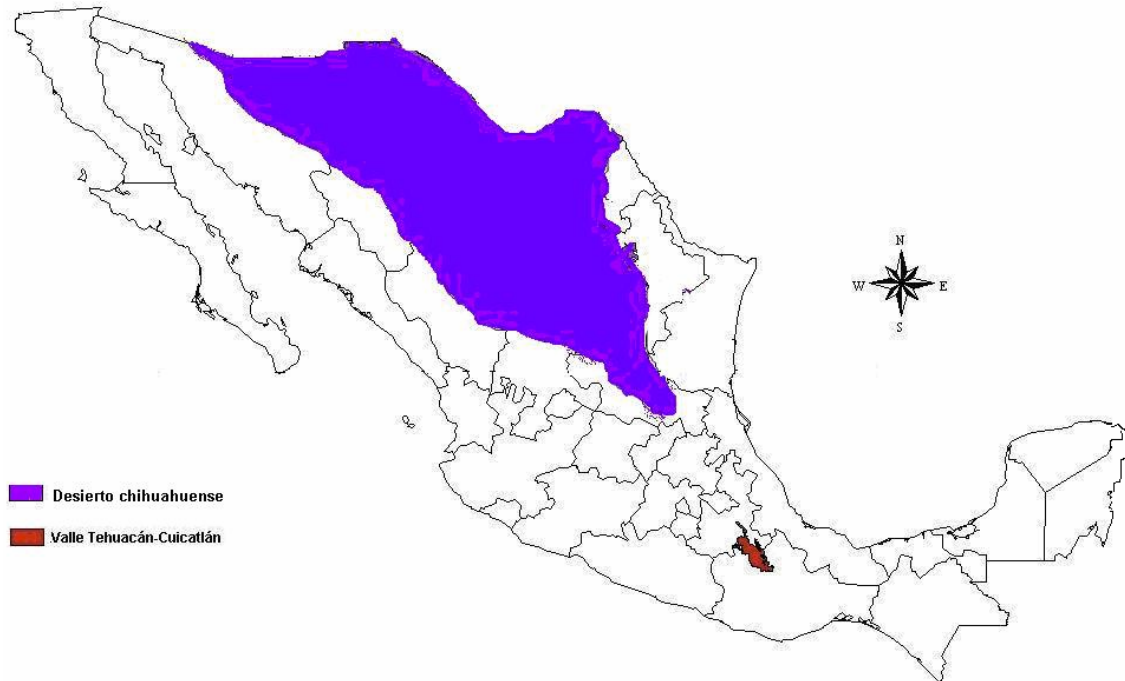


Figura 1. Ubicación geográfica del desierto chihuahuense y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Desafortunadamente, la información detallada acerca de la distribución de un número razonable de especies de plantas de estas áreas es aún escasa y/o fragmentaria. Sin embargo, en la actualidad, para superar las limitaciones de un conocimiento precario de la distribución geográfica de los organismos, se han definido modelos predictivos que ayuden a estimar la distribución potencial de estas (Villaseñor y Téllez, 2004). La mayoría de los modelos que predicen la probable presencia de una especie en un sitio no explorado, generalmente se basan en la correlación de los sitios ya conocidos, donde la especie prospera con un conjunto de factores ambientales, especialmente los climáticos. El clima es un factor importante que afecta la distribución geográfica de los organismos; diversos estudios indican que los factores climáticos determinan los límites geográficos de las especies vegetales. Por este motivo, los análisis de las variables climáticas ayudan a entender por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindermayer et al., 1991).

Suárez Mota M. E., 2006

En la actualidad se conocen diversas técnicas desarrolladas para estimar la distribución potencial de una especie (Sánchez-Cordero et al., 2001). Algunas utilizan métodos estadísticos, siendo los más comunes el de regresión múltiple o los multivariados; otros hacen uso de los Sistemas de Información Geográfica y otros utilizan los registros de presencia de las especies y la información ambiental para generar perfiles bioclimáticos, por ejemplo BIOCLIM (Nix, 1986, Lindermayer et al., 1991, Villaseñor y Téllez, 2004) o algoritmos genéticos (GARP) (Peterson, 2002).

El presente trabajo se propone con la finalidad de determinar las semejanzas florísticas que el Valle de Tehuacán-Cuicatlán tiene con relación a otras regiones del país, a partir del análisis de la distribución de un grupo de especies de Asteraceae endémicas de México.

Suárez Mota M. E., 2006

Antecedentes

México posee una gran riqueza florística, estimada en alrededor de 20,000-30,000 especies (Toledo 1988; Rzedowski 1991a; Villaseñor, 2003). Dentro de esta riqueza florística destacan grupos particulares, como la familia Asteraceae, que es una de las más diversas y ampliamente distribuidas. Se calcula que en México existen entre 2,700-3,000 especies nativas de Asteraceae, distribuidas en 371 géneros (18.1% endémicos) en los 32 estados del país (Villaseñor, 1993; Turner y Nesom, 1997; Villaseñor et al., 1998). De este mismo número de especies 1,707 posiblemente son endémicas: 922 son de distribución amplia (es decir, existen en una amplia región de México, regularmente en cinco o más de los estados de mayor tamaño); 953 tienen una distribución regional (en pocos estados, normalmente de uno a cinco, aún cuando en su área regional son quizás abundantes o comunes) y 848 se consideran de distribución local (se conocen de una a unas cuantas localidades en una región restringida de México, pero en ocasiones suelen ser localmente comunes) (Turner y Nesom, 1997).

Villaseñor et al. (1998), analizan la distribución de 371 géneros nativos de Asteraceae de las cuales el 18.1% son endémicos para México con base en métodos iterativos. Encuentra que 11 estados poseen géneros endémicos a ellos, pero que la mayoría de los géneros se encuentran en menos de cinco estados, aunque este patrón es más notable en los endémicos (72.2%) que para el total de los taxa (46.6%). De acuerdo con su distribución definen que la mayoría de los taxa podrían ser protegidos en un solo estado. Sin embargo, serían necesarios hasta once estados para los géneros endémicos y hasta 18 para el total de los géneros. Los estados con mayor riqueza genérica son Chiapas, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz. Además, otros autores han reconocido que las especies están bien distribuidas en cada estado; sin embargo, se han determinado áreas específicas de distribución a nivel local considerando la especificidad en la distribución de cada una de las especies (Villaseñor et al., 1998, Suárez-Mota, 2001, Ortiz-Bermúdez et al., 1998).

Villaseñor (1991a), reporta que México es el principal centro de diversificación de la tribu Heliantheae (Asteraceae). Este autor estima la existencia de unas 1,150 especies de la tribu en el país, de las cuales 740 son endémicas, señalando que muestran patrones definidos; además, refiere zonas con concentración de especies, alrededor del 49% presentan una distribución particularmente circunscrita; es decir, 359 especies, de un total de 740, son endémicas locales.

Suárez Mota M. E., 2006

Así mismo, otros autores, como Rzedowski (1991b), Villaseñor (1993) y Méndez et al. (2004), señalan que los patrones de distribución de las especies endémicas de la familia Asteraceae son diversos. Estos patrones se encuentran, tanto en zonas montañosas templadas como en las zonas áridas y semiáridas de México. Denotan algunos estados ricos en especies endémicas y con clima característicamente árido, como, Baja California Norte, Baja California Sur y Coahuila. Igualmente, así como otros estados con regiones de montañas templadas, como Jalisco, Guerrero y Oaxaca. En los estados de Puebla y Oaxaca destaca la zona árida correspondiente al VTC, que también presenta una razonable concentración de endemismos.

Aunque todavía está lejos de ser completo, el conocimiento florístico y taxonómico que se tiene de la familia Asteraceae en México, el que ahora se tiene puede ayudar a reconocer centros de concentración de endemismos. Estos centros podrán ser comparados posteriormente con la información proveniente de otros grupos taxonómicos, y así identificar áreas ricas en taxa de distribución restringida. La información que se obtenga será de gran ayuda para lograr una mejor regionalización biogeográfica y en los programas de conservación de tales taxa con que cuenta México (Villaseñor, 1991a), y de manera particular los que se encuentran en el VTC y su relación florística con el desierto chihuahuense, en caso de existir.

De acuerdo con Dávila et al. (1993), el listado florístico de las plantas vasculares del Valle de Tehuacán-Cuicatlán consta de 189 familias, 922 géneros y 2703 especies. Recientemente Méndez-Larios et al. (2004), hicieron una evaluación del endemismo estricto del VTC, obteniendo un total de 207 especies de Magnoliophyta endémicas de este Valle, las cuales de acuerdo con los datos de Dávila et al. (1995), corresponden al 8.2% de la flora conocida en este Valle y de las cuales 35 (16.9%) son miembros de la familia Asteraceae.

No obstante, que los antecedentes de la afinidad de la flora del VTC con relación al resto del país o con el desierto Chihuahuense no están precisamente documentados (Rzedowski, 1978). Esta relación no es del todo nula, esta y otras relaciones podrían ser documentada en formas diversas. Un ejemplo a favor, lo representa la distribución del arbusto raro micrófilo (*Setchellantus caeruleus* Brandege), que se conoce sólo de dos áreas disjuntas, una en el desierto en Chihuahua y la otra en el VTC, siendo considerada una especie endémica del desierto mexicano (Iltis, 1999). También se tiene el caso del género *Jefea*, del cual se conocen cinco especies, estas se distribuyen en diferentes regiones de México, tres de éstas hacia el norte en el desierto chihuahuense, otra en la zona del

Suárez Mota M. E., 2006

VTC y una más distribuida en Guatemala. En este estudio se muestra la relación entre el VTC y el desierto Chihuahuense (Strother, 1991; Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Estudios como el de Smith (1965), también documentan las distintas relaciones del VTC con distintas regiones y sus floras del resto de México. Este autor describe que el endemismo de la flora del VTC es alto; a partir de una muestra de 253 especies de un total de las 427 especies registrada, el autor señala que el 29.1% son endémicas al Valle, que el 50.1% se puede considerar de amplia distribución, mientras que el 13.8% tiene afinidad con el norte de México. Además, considera que el 4.3% muestran relación con estados que se ubican en la costa del Pacífico, y que el 2.7% tiene relación con estados al sur del Valle de Tehuacán.

La metodología utilizada para analizar los patrones de distribución geográfica con el fin de determinar las afinidades, semejanzas y relaciones florísticas es diversa, pero insuficiente. Es conveniente clarificar el sentido y el significado que damos a estas palabras por afinidades geográficas se entiende como el probable punto de origen de un grupo taxonómico (Villaseñor et al., 1990); semejanzas florísticas cuando dos o más regiones pudieran compartir la misma o parecida composición florística, y relaciones cuando estas relaciones están dadas históricamente entre los elementos bajo análisis del VTC con distintas áreas del país basadas en la distribución de las especies estudiadas.

Actualmente, el conocimiento de las áreas y patrones de distribución de las especies se ha complementado con conceptos, métodos y herramientas novedosos como los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se han realizado ejercicios en donde se ha aplicado el modelaje bioclimático en estudios de conservación que permiten definir áreas potenciales de distribución geográfica, como ejemplo para algunas de especies presentes en el VTC (Téllez-Valdés y Dávila-Aranda, 2003; Villaseñor y Téllez, 2004).

Las afinidades de la flora del VTC aunque no han sido totalmente definidas, son diversas y no sólo con el desierto chihuahuense. Por lo tanto, en este trabajo se pretende determinar la afinidad geográfica de la flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán con otras regiones, basado en el análisis de los patrones de distribución potencial de un grupo de especies endémicas de la familia Asteraceae, empleando conceptos, métodos y herramientas complementarios a los tradicionalmente empleados.

Objetivo

Determinar las relaciones del Valle de Tehuacan-Cuicatlán con respecto a otras regiones del país con base en el análisis de la distribución conocida y de modelos de distribución potencial de especies endémicas de México pertenecientes a la Familia Asteraceae.

Objetivos particulares:

- 1) Generar una lista florística y estructurar una base de datos de especies endémicas de México de la familia Asteraceae registradas en el VTC.
- 2) Elaborar mapas con los registros disponibles, que permitan conocer la distribución geográfica de las especies.
- 3) Analizar las áreas y patrones generales de distribución de las especies involucradas en el estudio, para determinar las relaciones de esta zona (VTC) con otras regiones del país.
- 4) Elaborar modelos de distribución potencial de las especies endémicas de Asteraceae seleccionadas basado en 19 parámetros bioclimáticos.
- 5) Analizar estadísticamente los perfiles bioclimáticos de las especies y grupos de especies con el fin de correlacionar la distribución de las especies con su entorno geográfico y ambiental.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente trabajo debería considerar la de los estados del país en los que se encuentren las áreas de distribución potencial de las especies consideradas para el análisis. Sin

Suárez Mota M. E., 2006

embargo, los patrones de distribución que presentan el conjunto de especies son analizados con base en la relación que tiene el VTC con otras regiones, por lo que a continuación se hace una descripción de este Valle.

Ubicación geográfica

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán se localiza en la parte sureste del estado de Puebla y noreste del estado de Oaxaca, entre los meridianos 96° 55' y 97° 44' de longitud oeste, y los paralelos 17° 39' y 18° 53' de latitud Norte (Villaseñor et al, 1990). Ocupa un área de aproximadamente 10,000 km² y en esta área se encuentran cerca de 3000 especies de plantas vasculares, de las cuales el 10% son endémicas (Dávila et al., 1993). Sus límites principales son al norte el volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba; hacia el este y noreste el valle está delimitado por la Sierra Madre Oriental (Sierra Zongólica) ; al centro-este por la Sierra de Juárez; al sureste por la Sierra de Ixtlán; hacia el lado occidental y noreste está delimitado por la sierra de Zapotitlán; en el centro-oeste se levantan las Sierras de Tamazulapan y de Nochixtlán que pertenecen a la Sierra Mixteca; hacia el sureste el Cañón de Tomellín; y al sur la cuenca oaxaqueña (Ochoa, 2001) (figura 2).

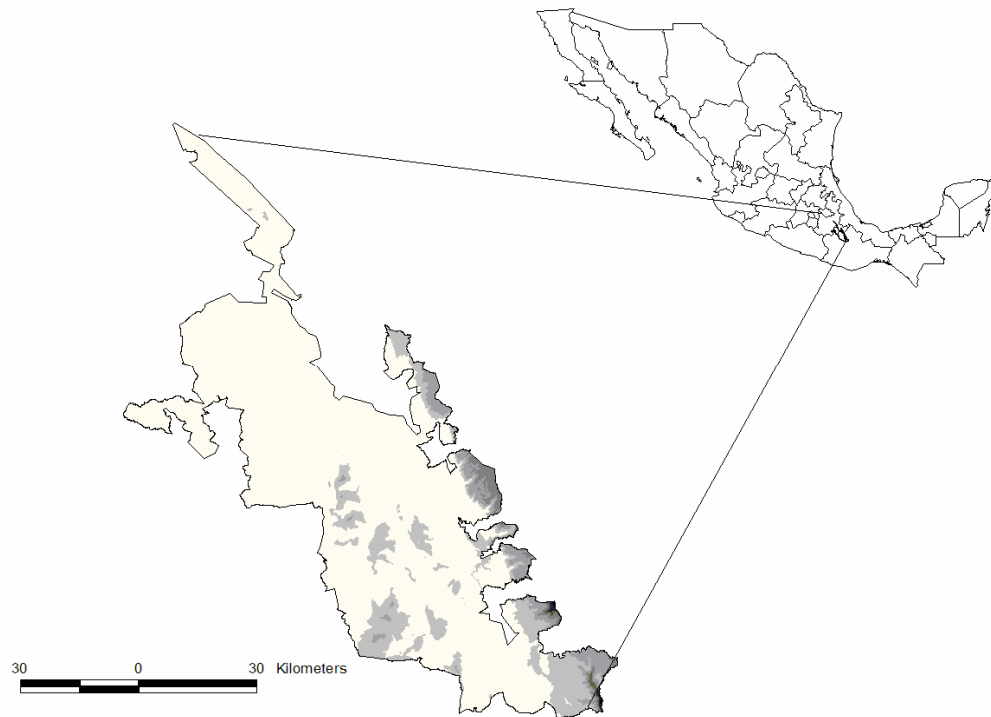


Figura 2. Ubicación geográfica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Fitogeografía

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán está situado dentro de las áreas de intermontañas en la zona árida del Balsas. Fitogeográficamente, la flora de la región se relaciona con floras de otras regiones áridas y semiáridas, como la depresión del Balsas. El Valle no sólo tiene las relaciones florísticas con las regiones áridas; hay también una marcada relación con otras áreas de índole tropicales, como la costa del Pacífico de México (Smith, 1965; Rzedowski, 1978; Villaseñor et al., 1990).

Topografía

La topografía del VTC está formada por la Sierra Madre del Sur. Proveniente desde el estado de Guerrero, corre a lo largo de la costa con dirección NO-SE, formando dos brazos a ambos lados del Río Mixteco, dejando atrás valles en las zonas de Huajuapán, Coixtlahuaca, Nochixtlán y Oaxaca, hasta unirse con la Sierra Madre de Oaxaca en las inmediaciones de Yautepec. Tiene un promedio de anchura de 150 km y de altura de 2,000 m s.n.m. Se encuentra formada principalmente por la Sierra de Miahuatlán y en el oeste por la región Mixteca que presenta grandes zonas erosionadas, junto con las Sierras de Tamazulapán, Tlaxiaco, Nochixtlán, Yucagua y Coicoyán (Méndez, 1990).

Clima

El clima en la región está determinado principalmente por los patrones generales de circulación de la atmósfera, como son la predominancia de vientos del este (alisios) durante el verano con lluvias de tipo monsonico y vientos del oeste durante la época invernal los vientos polares (nortes) provocan precipitaciones en las partes más altas de las montañas (Valiente-Banuet *et al.* 2001). De acuerdo con García (1989), el Valle de Tehuacán-Cuicatlán presenta los siguientes tipos climáticos: desde cálidos (BS₀) con precipitación media anual de 700 a 800 mm, en la porción sureste del Valle, semicálidos (BS₁) con precipitación media anual de 400 a 500 mm en la porción central y oeste de Tehuacán y Zapotitlán; y los templados con precipitación de 600 mm anuales en la región de la sierra de Tecamachalco.

Fisiografía

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán abarca parte de dos provincias fisiográficas: 1) Eje Neovolcánico, al noroeste de Oaxaca con la subprovincia Sur de Puebla y 2) Sierra Madre del Sur, con las subprovincias Sierras Orientales que va de norte a sur en la parte centro-oriente del estado de Oaxaca, Sierras Centrales de Oaxaca del centro hacia el norte y paralelamente al occidente Mixteca Alta, y Sierras y Valles de Oaxaca ubicada al centro de la entidad (Ochoa, 2001).

Vegetación

El valle de Tehuacán-Cuicatlán está comprendido dentro de la provincia florística del mismo nombre, se caracteriza por una abundancia de matorrales xerófilos en la parte poblana, en tanto que hacia el sur en los estados de Puebla y Oaxaca son comunes las comunidades dominadas por arbustos y árboles que constituyen bosques espinosos y selvas bajas caducifolias (Rzedowski, 1978). Recientemente, Valiente-Banuet *et al.* (2001) han logrado describir asociaciones vegetales agrupadas en seis categorías que constituyen una muestra de la heterogeneidad ambiental que aloja tal diversidad florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, siendo estas:

A. Agrupaciones de cactáceas arborescentes

(Bosques de cactáceas columnares)

1. Jicotillales de *Escontria chiotilla*
2. Cardonal de *Pachycereus weberi*
3. Cardonal de *Stenocereus stellantus*
4. Tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo*

C. Agrupaciones de plantas arbóreas

de zonas altas (1900-2900 m de altitud)

17. Bosque de *Juniperus flaccida* y *J. deppeana*
18. Izotal de montaña de *Nolina longifolia*
19. Bosque de encino
20. Bosque de pino-encino

Suárez Mota M. E., 2006

5. Cardonal de *Cephalocereus columna-trajani*
6. Tetechera de *Neobuxbaumia mezcalensis* y
Neobuxbaumia macrocephala
7. Tetechera de *Neobuxbaumia macrocephala* y
Stenocereus dumortieri
8. Cardonal de *Pachycereus fulviceps*
9. Chichipera de *Polaskia chichipe*

**B. Agrupaciones de plantas arbóreas
de zonas bajas (< 1800 m de altitud)**

10. Selva espinosa perennifolia o mezquital de
Prosopis laevigata
11. Selva baja caducifolia
12. Selva baja caducifolia dominada por árboles
Inermes de tallo fotosintético I: Cuajiotal
13. Selva baja caducifolia dominada por árboles
espinosos de tallo fotosintético II: fouquierial
14. Izotal de *Beaucarnea gracilis*
15. Izotal de *Yucca periculosa*
16. Izotal de *Beaucarnea purpusii*

Suelo

Los principales tipos de suelo presentes en el Valle son ocho: van de suelos profundos con una considerable cantidad de materia orgánica, como los feozem en áreas templadas secas hasta suelos ácidos, como los acrisoles ubicados sobre las sierras altas plegadas, bajo condiciones de humedad significativa, lo que permite rendimientos moderados para el cultivo. Los tipos de suelo presentes son: vertisoles, cambisoles, rendzinas, feozem, xerosoles, regosoles, litosoles y acrisoles (Ochoa, 2001).

21. Bosque de pino

**D. Agrupaciones de plantas arbóreas y herbáceas
asociadas a ríos con agua permanente**

22. Bosque de galería de *Taxodium mucronatum*
y *Astianthus viminalis*
23. Tular de *Typha domingensis*

**E. Agrupaciones de plantas arbustivas
espinosas perennifolias**

24. Matorral rosulifolio de *Dasyliirion* spp.,
Agave spp. Y *Hechita* sp.
25. Matorral espinoso con espinas laterales
26. Candelillar de *Eurphobia antisiphilitica*
27. Matorral de *Echinocactus platyacanthus*

**F. Agrupaciones de plantas arbustivas
inermes perennifolias**

28. Matorral esclerófilo perennifolio (Mexical)
29. Matorral de *Gochnatia hypoleuca*

Método

La metodología para el desarrollo del presente estudio se basó en dos actividades generales: 1) la búsqueda de información relacionada con todos los aspectos relevantes; incluyendo la compilación y estructuración de bases de datos y 2) trabajo en el laboratorio de sistemas de información geográfica (SIG). Específicamente se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Selección de especies. Para la selección de éstas se establecieron, los siguientes criterios: 1) que pertenecieran a un grupo de plantas con un conocimiento taxonómico razonable de acuerdo con especialistas mexicanos existentes, 2) que estuvieran bien representadas en las colecciones biológicas y/o bases de datos disponibles para ser consultadas, 3) que los datos de localización en los ejemplares de herbario estuvieran razonablemente descritos para ser referenciados geográficamente, y 4) que fueran endémicas de México y distribuidas también en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Evaluación geográfica. A partir del mapeo de los registros conocidos y con ayuda del SIG ArcView 3.2 (ESRI, 2000), se hizo una evaluación con el fin de reconocer las posibles áreas y patrones de distribución de las especies bajo estudio, tanto a nivel del país como con relación al Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Esta será la base para realizar análisis con sólo los registros conocidos, o para el desarrollo de modelos de distribución potencial, y el uso de ambos tipos de datos como un solo juego en los análisis.

Modelaje bioclimático. Se utilizó el método denominado BIOCLIM (Lindenmayen y Nix, 1991). La base del modelaje descansa en la correlación entre los registros conocidos referenciados geográficamente y juegos de superficies interpoladas matemática y estadísticamente para 19 parámetros bioclimáticos, a partir de datos mensuales promedio estimados de una red de estaciones meteorológicas estándar (Hutchinson 1995a, 1995b, 1997; Hutchinson & Gessler 1994). Esta correlación permite generar: 1) perfiles para cada una de las localidades, y 2) perfiles generales para todas ellas, lo que representa el perfil bioclimático del conjunto de localidades, interpretado como el perfil bioclimático de cada una de las especies.

Los perfiles están basados en los 19 parámetros bioclimáticos referidos en el cuadro 1. El modelo bioclimático empleado está fundamentado en la metodología propuesta por Nix (1987) y Lindenmayer et al. (1991, 1996) utilizada por Téllez y Dávila (2003) y Villaseñor y Téllez (2004), para estudios de modelaje bioclimático, y basada en el modelaje del concepto del nicho ecológico (Sánchez-Cordero et al., 2001).

Cuadro 1. Los 19 parámetros bioclimáticos empleados en el modelaje de la distribución de las especies.

Parámetro	Unidad
1. Temperatura promedio anual	°C
2. Oscilación diurna de la temperatura	°C
3. Isotermalidad	°C
4. Estacionalidad de la temperatura	%
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	°C
6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío	°C
7. Oscilación anual de la temperatura	°C
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso	°C
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco	°C
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	°C
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío	°C
12. Precipitación anual	mm
13. Precipitación del periodo más lluvioso	mm
15. Estacionalidad de la precipitación	%
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso	mm
17. Precipitación del cuatrimestre más seco	mm
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido	mm
19. Precipitación del cuatrimestre más frío	mm

El perfil bioclimático de manera general se constituye por cinco intervalos, que parten desde los valores mínimos y máximos, hacia condiciones menos extremas. Estos intervalos muestran las probabilidades que tiene el perfil para predecir con mayor precisión la distribución de una especie. Los intervalos son: 0-100% (perfil completo), y reducciones en percentiles hacia los intervalos 2.5-97.5%, 5-95%, 10-90% y 25-75%, que reflejan condiciones en donde se pueden encontrar a las distintas poblaciones de las especies. Sin embargo, uno de estos intervalos, generalmente coincide con el mayor número de registros conocidos, lo cual es interpretado como aquellas condiciones en las cuales los individuos o poblaciones de la especie encuentran condiciones más propicias para habitar, lo cual se ve reflejado en la abundancia de registros coincidiendo con las condiciones climáticas referidas por el intervalo particular. Esta coincidencia, así mismo, se interpreta como el

intervalo que mejor predice la distribución, sin que algunos registros conocidos dejen de estar asociados con los demás intervalos del perfil.

Finalmente, los perfiles son proyectados a un escenario geográfico con ayuda del programa BIOMAP (Houlder et al. 2000) para generar en forma gráfica los modelos de distribución potencial o de nicho ecológico para cada especie. Esto se interpreta como el elemento climático del nicho ecológico que ocupan las especies, proyectado en un escenario geográfico para representar de una forma gráfica (mapa) la distribución del “clima” en donde cada especie pudiera presentarse. Esta representación gráfica o mapa se produce en forma de un archivo raster en formato ARC/INFO ASCII/GRID, que puede ser importado a ArcView 3.2 (ESRI 2000) o cualquier otro SIG que soporte tal formato para ser graficado o mapeado y editado.

Análisis multivariados. Con el fin de encontrar posibles patrones de distribución entre las especies estudiadas con base en los registros conocidos y los modelos de distribución potencial, éstas se agruparon de acuerdo con la semejanza florística y climática de los sitios en donde habitan. Se construyeron matrices de presencia-absencia compuestas por las especies bajo estudio (hileras) con relación a las provincias biogeográficas (CONABIO, 1997) (columnas). Así se clasificaron estas unidades biogeográficas de acuerdo con su semejanza florística basada en el juego de datos de Asteraceae disponible. Con una segunda matriz de datos las unidades biogeográficas también se clasificaron de acuerdo con su semejanza florística basada en los modelos de distribución potencial obtenidos para cada especie de Asteraceae. Las matrices se procesaron con distintos dos coeficientes de asociación, la métrica de Gower y el coeficiente de Bray & Curtis. Las unidades se clasificaron con el método de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA, por sus siglas en inglés). Como herramientas para el análisis de los registros y los perfiles bioclimáticos se usó el programa PATN (Belbin, 2004). Asimismo, para reconocer cuales son los componentes que explican mejor la varianza y determinan estos agrupamientos se practicó un Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés), empleando el programa MVSP 3.1 (Kovach, 2004).

Con la finalidad de definir patrones potenciales, a los grupos formados por el análisis de conglomerados, nuevamente se les practicó el ejercicio completo, generándose perfiles bioclimáticos por grupos de especies, aplicando nuevamente un análisis de conglomerados para clasificar a estos grupos de especies de acuerdo con su semejanza en clima.

Validación de los modelos de distribución potencial. No obstante cual método de modelaje sea empleado para predecir la distribución, aún se puede incurrir en dos tipos de errores, el de omisión (área en donde la especie esta presente pero el modelo no predice su presencia) y el de comisión (área en donde la especie no se presenta y el modelo predice su presencia); es por tal motivo que los modelos deben ser verificados y validados de alguna forma. Para conocer el porcentaje de estos errores y evaluar la fortaleza y confiabilidad de los modelos, en el presente trabajo se considera el uso de la aplicación Kappa en el programa ArcView 3.2 (Jennes y Wynne, 2006).

El coeficiente Kappa es empleado para medir la coincidencia entre dos subconjuntos de clases de un juego de datos, mientras se corrige la coincidencia entre las clases. En términos de la ecología del paisaje y análisis de vida silvestre, este estadístico es especialmente útil para estimar la precisión de modelos predictivos midiendo la coincidencia entre el modelo predictivo y un juego de puntos muestreados en campo. El coeficiente Kappa hace uso de la precisión general del modelo y las precisiones dentro de cada clase, ambos en términos del modelo predictivo y los puntos muestreados en campo.

Incluso la extensión para aplicar el análisis Kappa en ArcView 3.2, incluye la posibilidad de calcular el tamaño adecuado de la muestra para generar los modelos (Jennes y J Wynne, 2006). Como una regla general, estos mismos autores recomiendan un mínimo de 50 puntos de la muestra por categoría (especie), aumentado el tamaño de la muestra a un número mayor de puntos (75-100), sobre todo en el caso de trabajar con un mayor número de clases o categorías (> 12). Con base en el tamaño de la muestra y la clasificación de los datos que se incorporan a esta aplicación, el resultado del análisis Kappa muestra valores de los errores de omisión y comisión que pudieran tenerse en los modelos realizados para cada especie en estudio, así como una valor de probabilidad (Jennes y Wynne, 2006).

Específicamente, los estadísticos que evalúa el análisis Kappa, son 1) la exactitud global la cual es el número de registros correctamente clasificados en la muestra entre el número total de registros; 2) la clasificación incorrecta global la cual es el número de registros incorrectamente clasificados de la muestra entre el número total de registros; 3) la sensibilidad global la cual es la capacidad del modelo de que los registros se clasifiquen correctamente como X si éstos son X y es igual a la exactitud global; 4) la especificidad global la cual es la capacidad del modelo para evitar que los puntos de la muestra sean mal clasificados como X si éstos no son X. Finalmente, se consideran los errores de omisión y comisión en los que puede incurrir el modelo de distribución de las especies.

RESULTADOS

Después de evaluar distintas tribus de la familia Asteraceae, sus géneros y especies, y de acuerdo con los criterios propuestos en la metodología, finalmente se seleccionaron 18 especies de cinco géneros de la Tribu Senecioneae endémicas de México y distribuidas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Cuadro 2).

Cuadro 2. Listado de especies seleccionadas.

Especies	No. de registros
<i>Pittocaulon praecox</i> (Cav.) H. Rob. & Brettell	112
<i>Pittocaulon velatum</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	80
<i>Psacaliopsis purpusii</i> (Greenm. ex Brandegee) H. Rob. & Brettell	10
<i>Psacalium amplifolium</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	71
<i>Psacalium calvum</i> (Brandegee) Pippen	2
<i>Psacalium paucicapitatum</i> (B.L. Rob. & Greenm.) H. Rob. & Brettell	14
<i>Psacalium peltatum</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Pippen var. <i>conzattii</i>	9
<i>Psacalium peltatum</i> (Kunt) Cass. var. <i>peltatum</i>	134
<i>Psacalium purpusii</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	11
<i>Psacalium tabulare</i> (Hemsl.) Rydb.	34
<i>Roldana ehrenbergiana</i> (Klatt) H. Rob. & Brettell	14
<i>Roldana eriophylla</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	36
<i>Roldana hederoides</i> (Greenm. ex Loes.) H. Rob. & Brettell	3
<i>Roldana oaxacana</i> (Hemsl.) H. Rob. & Brettell	62
<i>Senecio bracteatus</i> Klatt	53
<i>Senecio conzattii</i> Greenm.	38
<i>Senecio prionoapterus</i> B.L. Rob. & Greenm.	39
<i>Senecio runcinatus</i> Less.	58

Se estructuró una base de datos a partir de diversas fuentes de información disponibles, esta incluyó a las 18 especies con un total de 893 registros. Las coordenadas y altitudes de las localidades incluidas en la base de datos, fueron actualizadas y complementadas con ayuda de cartas topográficas. El número de registros por especie fue variable. De manera general, estos cubren un intervalo entre 2 y 134 (Cuadro 2). Siendo *Psacalium calvum* la especie que contó con el menor número de registros con dos, y *Psacalium peltatum* var. *peltatum* la que contó con el mayor de número respectivamente, incluyendo 134 registros.

Los perfiles están constituidos por la serie de valores de los intervalos referidos en el método. Estos perfiles de cada especie se muestran de forma resumida en el Cuadro 3, indicando los valores mínimo, máximo, promedio y desviación estándar para cada uno de los parámetros climáticos utilizados (ver cuadro 1).

Cuadro 3. Perfiles bioclimáticos de las especies *Pittocaulon*, *Psacaliopsis*, *Psacalium*, *Roldana* y *Senecio*.

	<i>Pittocaulon praecox</i>	<i>Pittocaulon velatum</i>	<i>Psacaliopsis purpusii</i>
1	12.8-21.5 (16.1±1.34)	10.7-23.8 (19.8±2.65)	15-17.9 (16.4±0.86)
2	11.8-18.4 (15.3±1.39)	9.4-16.8 (14.9±1.25)	12.9-14.4 (13.7±0.6)
3	0.56-0.74 (0.65±0.03)	0.57-0.73 (0.65±0.03)	0.66-0.71 (0.69±0.02)
4	0.41-1.05 (0.74±0.15)	0.27-0.68 (0.65±0.14)	0.4-0.6 (0.48±0.06)
5	23-34.6 (27.6±1.93)	18.2-34.2 (31.2±2.94)	24.7-28.8 (26.5±1.33)
6	0.4-8.5 (4±1.47)	0.7-14.8 (8.3±2.8)	6.1-7 (6.6±0.39)
7	17.9-27.9 (23.6±1.97)	13.6-24.3 (22.9±2.09)	18.2-21.8 (19.9±1.19)
8	13.7-23.6 (17.6±1.6)	10.5-23.5 (20.8±2.61)	15.5-19.3 (17.2±1.21)
9	10.6-18.4 (14.1±1.6)	10.4-24 (18.7±2.91)	14-15.5 (14.7±0.45)
10	14.7-24.5 (18.6±1.57)	12.3-26.2 (22.1±2.79)	16.8-20.1 (18.2±1.02)
11	10.6-17.5 (13.1±1.24)	9.8-22.1 (17.2±2.7)	13.4-15.5 (14.5±0.65)
12	362-1142 (680±198.49)	483-2043 (874±217.88)	485-857 (673±131.97)
13	15-67 (37±12.9)	29-96 (51±13.45)	30-44 (38±4.57)
14	0	0	0
15	66-108 (90±9.9)	81-111 (103±8.06)	88-97 (93±3.3)
16	175-716 (387±141.36)	256-1078 (532±159.51)	252-465 (358±75.07)
17	0-61 (21±16.08)	0-108 (9±14.72)	0-36 (13±17.4)
18	111-349 (215±47.18)	130-397 (268±108.51)	200-259 (218±19.89)
19	15-68 (33±10.77)	9-229 (35±17.32)	14-41 (25±10.19)

Cuadro 3. Género *Psacalium*

	<i>P. amplifolium</i>	<i>P. calvum</i>	<i>P. paucicapitatum</i>	<i>P. peltatum conzatii</i>
1	10.7-23.8 (17.4±3.54)	16.1-16.8 (16.4±0.49)	15-17.9 (16.4±0.71)	9.1-16.6 (12.7±2.39)
2	9.4-16.8 (12.8±1.54)	13.4-13.9 (13.7±0.36)	12.5-16 (14.7±1.35)	9.3-13.7 (10.6±1.39)
3	0.57-0.73 (0.67±0.03)	0.67-0.71 (0.69±0.03)	0.62-0.73 (0.7±0.04)	0.67-0.77 (0.71±0.03)
4	0.27-0.68 (0.48±0.09)	0.42-0.54 (0.48±0.09)	0.4-0.63 (0.49±0.07)	0.2-0.48 (0.35±0.09)
5	18.2-34.2 (27.1±4.11)	25.7-27.3 (26.5±1.15)	25.2-28.2 (26.9±0.89)	15.7-26.4 (20.7±3.12)
6	0.7-14.8 (8±3.21)	6.6-6.8 (6.7±0.15)	4.4-7.4 (5.9±0.87)	3.2-8.7 (5.6±1.59)
7	13.6-24.3 (19.1±2.42)	18.9-20.7 (19.8±1.29)	18.2-22.4 (20.9±1.31)	12.5-19.3 (15.1±2.18)
8	10.5-23.5 (17.7±3.55)	16.6-18 (17.3±1)	15.4-18.4 (17.1±0.77)	9-17.2 (12.6±2.63)
9	10.4-24 (16.4±3.93)	14.5-14.7 (14.6±0.14)	13.7-16.1 (14.8±0.63)	8.6-15 (12.2±2.06)
10	12.3-26.2 (19.2±3.62)	17.7-18.8 (18.2±0.78)	17-19.5 (18.2±0.63)	10-18.3 (14.1±2.47)
11	9.8-22.1 (15.6±3.45)	14.5-14.7 (14.6±0.14)	13-16.1 (14.5±0.8)	8.6-15 (11.6±2.15)
12	483-2043 (1034±345.4)	542-795 (668±178.84)	691-994 (813±112.91)	731-2549 (1481±505.91)
13	29-96 (55±17.65)	33-42 (38±6.74)	35-51 (43±5.55)	40-112 (72±19.81)
14	0	0	0	0
15	81-111 (96±7.94)	91-96 (94±3.4)	89-98 (93±2.47)	80-95 (87±4.78)
16	256-1078 (591±212.38)	281-429 (355±104.29)	362-579 (447±77.48)	396-1321 (798±252.13)
17	0-108 (23±25.2)	0-31 (16±22.16)	0-36 (17±15.91)	27-145 (68±35.54)
18	130-397 (231±61.13)	198-251 (225±37.19)	152-326 (241±51.85)	202-289 (230±27.35)
19	9-229 (42±31.97)	16-31 (24±10.72)	21-37 (29±5.74)	27-334 (112±96.8)

Cuadro 3. Género *Psacalium* (continuación)

	<i>P. peltatum peltatum</i>	<i>P. purpusii</i>	<i>P. tabulare</i>
1	8.8-23.9 (15.1±2.73)	15.2-20.4 (16.7±1.6)	11.1-23.4 (17.1±4.41)
2	9.2-19.1 (14.4±1.94)	13-16 (14.1±1.04)	10.7-15.7 (13±1.25)
3	0.56-0.75 (0.66±0.03)	0.65-0.73 (0.7±0.02)	0.6-0.76 (0.68±0.04)
4	0.19-1.56 (0.65±0.19)	0.4-0.56 (0.48±0.05)	0.26-0.74 (0.49±0.13)
5	15.2-36.4 (25.9±3.41)	25.2-30.6 (27±1.72)	20.3-33.1 (26.7±4.22)
6	-4-14.4 (4±2.89)	5-9.1 (6.7±1.15)	0.4-14.4 (7.5±4.93)
7	12.3-32.9 (21.9±3.06)	18.2-22.4 (20.3±1.2)	16.6-24.4 (19.3±1.64)
8	8.6-26.1 (16.2±2.89)	15.5-21 (17.3±1.65)	11.8-23.6 (17.7±4.24)
9	8.3-23.8 (13.7±3.1)	13.8-18.6 (15.1±1.45)	10.1-23.3 (15.9±5.06)
10	9.6-26.3 (17.3±2.85)	17.1-22.2 (18.5±1.56)	11.9-25 (18.8±4.33)
11	5.8-21.9 (12.5±2.77)	13.2-18.3 (14.9±1.55)	10.1-21.9 (15.1±4.67)
12	362-1823 (914±297.84)	656-994 (777±117.22)	501-2093 (1209±437.14)
13	16-108 (49±17.49)	36-51 (41±4.6)	26-98 (63±23.48)
14	0-11 (0±0.93)	0	0-10 (0±1.78)
15	70-119 (94±10.13)	89-98 (93±3.39)	69-105 (89±12.05)
16	176-1168 (534±191)	345-579 (425±79.55)	245-1112 (663±273.94)
17	0-150 (30±21.3)	0-36 (19±15)	0-147 (52±36.51)
18	124-952 (271±104.11)	178-270 (228±33.04)	150-627 (323±119.3)
19	16-199 (45±26.27)	20-36 (28±5.98)	25-154 (63±37.51)

Cuadro 3. Género *Roldana*

	<i>R. ehrenbergiana</i>	<i>R. eriophylla</i>	<i>R. hederoides</i>	<i>R. oaxacana</i>
1	2.16-18.2 (18.2±2.16)	14.1-27.6 (21.2±3.45)	14.6-16.8 (15.7±1.13)	8.8-24 (16.1±3.32)
2	1.81-15 (15±1.81)	10.2-16.5 (13.1±1.8)	13.6-14.2 (13.9±0.32)	9.2-16.1 (12.3±1.91)
3	0.03-0.68 (0.68±0.03)	0.62-0.82 (0.67±0.05)	0.65-0.68 (0.67±0.02)	0.59-0.77 (0.68±0.04)
4	0.13-0.6 (0.6±0.13)	0.2-0.77 (0.52±0.13)	0.52-0.57 (0.55±0.02)	0.19-0.65 (0.46±0.11)
5	2.61-29.1 (29.1±2.61)	22.8-36 (31±3.09)	25-27.8 (26.5±1.39)	15.2-32 (25.3±3.96)
6	2.74-7 (7±2.74)	5.3-19.6 (11.3±4.18)	4.3-6.5 (5.5±1.15)	3-15.9 (7.3±2.86)
7	2.49-22.2 (22.2±2.49)	14.8-23.9 (19.6±2.86)	20.7-21.2 (20.9±0.28)	12.3-23.5 (18.1±2.86)
8	1.97-19.2 (19.2±1.97)	14.1-28.5 (21.9±3.56)	15.5-17.3 (16.3±0.94)	8.6-24.7 (16.5±3.65)
9	2.35-16.1 (16.1±2.35)	13.4-26.9 (19.8±3.61)	12.3-15.3 (13.9±1.5)	8.3-22.6 (14.9±3.02)
10	2.18-20.3 (20.3±2.18)	15.9-29 (23±3.29)	16.5-18.9 (17.7±1.2)	9.6-25.3 (17.8±3.44)
11	2.38-15.8 (15.8±2.38)	12.5-26.8 (19.1±3.55)	12.3-14.9 (13.6±1.32)	8.3-22.5 (14.4±3)
12	308-841 (841±308.4)	581-1483 (866±205.97)	619-647 (634±14.12)	512-2509 (1151±500.7)
13	15-45 (45±15.91)	30-69 (47±10.64)	32-37 (35±2.77)	29-110 (58±21.68)
14	0	0	0	0
15	9.56-95 (95±9.56)	82-121 (98±7.75)	82-96 (91±8.05)	78-109 (91±7.34)
16	183-468 (468±183.18)	319-753 (494±117.59)	313-356 (335±21.42)	265-1281 (626±261.95)
17	31-11 (11±31.15)	0-75 (11±19.5)	0-35 (12±20.11)	0-149 (41±39.29)
18	62-239 (239±62.44)	142-431 (247±74.2)	172-225 (191±29.39)	142-478 (247±75.55)
19	31-31 (31±31.83)	6-98 (31±22.05)	18-36 (24±9.93)	10-280 (67±64.07)

Cuadro 3. Género *Senecio*

	<i>S. bracteatus</i>	<i>S. conzattii</i>	<i>S. prionpoterus</i>	<i>S. runcinatus</i>
1	10.5-23 (15.3±3.38)	9.9-21.9 (14.1±3.01)	7.7-25.6 (18.4±3.69)	8-21.1 (12.4±2.2)
2	9.4-15.3 (12±1.42)	9.2-16.8 (11.7±1.82)	9.7-16.5 (14.7±1.18)	8.5-13.8 (11.6±1.16)
3	0.64-0.79 (0.7±0.04)	0.63-0.75 (0.68±0.03)	0.65-0.73 (0.69±0.02)	0.57-0.7 (0.65±0.03)
4	0.18-0.57 (0.39±0.11)	0.27-0.69 (0.45±0.09)	0.32-0.63 (0.52±0.07)	0.33-0.79 (0.55±0.1)
5	18-33 (24.2±4.09)	17.2-33.9 (23.3±3.96)	14.4-36.1 (28.9±3.92)	14.8-30.4 (21.3±2.72)
6	4.3-13.7 (7±2.52)	3.3-10.6 (6±1.76)	0.5-15.4 (7.6±3.94)	1.6-11.2 (3.5±1.91)
7	13.4-21.5 (17.1±2.39)	13.4-24.2 (17.3±2.81)	13.8-23.5 (21.2±1.76)	13.1-20.7 (17.8±1.8)
8	10.2-23.2 (15.4±3.54)	9.6-22.6 (14.3±3.38)	8-25.7 (19±3.47)	8.2-22.7 (13±2.44)
9	10.2-23 (14.6±3.31)	9.6-20 (13.5±2.52)	6.6-25.7 (16.7±4.29)	6.8-18 (10.9±2.06)
10	11.9-24.8 (16.8±3.46)	11.4-24 (16±3.14)	8.9-27.6 (20.2±3.78)	9.2-23.5 (14.2±2.46)
11	9.5-21.5 (13.9±3.18)	9-19.8 (12.6±2.61)	6.5-23.8 (16.3±3.8)	6.8-17.7 (10.2±1.83)
12	558-2549 (1234±366.46)	484-2572 (1382±557.15)	539-1260 (906±199.58)	595-1701 (1109±284.25)
13	33-112 (63±16.32)	25-113 (68±23.75)	32-75 (49±9.65)	32-90 (57±13.9)
14	0	0	0	0-11 (0±1.41)
15	80-108 (93±7.26)	78-102 (88±5.73)	92-112 (100±6.21)	66-87 (76±6.06)
16	291-1321 (690±195.55)	240-1321 (743±288.46)	284-827 (531±145.29)	261-887 (552±155.26)
17	0-145 (40±30.52)	0-153 (61±40.91)	0-35 (9±13.61)	40-173 (89±27.33)
18	133-390 (232±60.53)	142-324 (208±37.17)	145-354 (251±55.35)	170-502 (285±74.15)
19	16-334 (66±65.1)	9-334 (117±88.46)	13-36 (25±6.59)	(98±33.07)

Del procesamiento de la matriz construida con los perfiles bioclimáticos se obtuvo un dendrograma compuesto por cinco grupos, en donde las 18 especies se agrupan de manera mezclada, lo cuál nos indica que no obstante de pertenecer a géneros distintos, éstas comparten ambientes semejantes (figura 4). Estos grupos han sido la base para poder inferir cual es la distribución potencial que tienen este conjunto de 18 especies endémicas dentro del país, de acuerdo con los patrones definidos, lo que ha permitido determinar cuáles son las regiones del país más relacionadas con el VTC de acuerdo con estos patrones de distribución geográfica compartidos.

Cada uno de los cinco grupos formados de acuerdo a los valores del coeficiente de disimilitud empleado (Métrica de Gower) muestran las distancias entre las especies, entendiendo que mientras más cortas sean estas distancias (valores más bajos) serán mayores las semejanzas climáticas que se describen con base a la distribución geográfica de las especies que los componen y con relación a las provincias biogeográficas de México (CONABIO, 1997) estos grupos son:

1) Se compone por cinco especies (*Psacalium amplifolium*, *P. tabulare*, *Roldana oaxacana*, *Senecio bracteatus* y *S. conzattii*), que se encuentran en las provincias de la Costa del Pacífico, la Sierra Madre Oriental, la Depresión del Balsas, el Eje Volcánico y La Provincia de Oaxaca. *Senecio*

bracteatus se encuentra además en el Soconusco. Todas las especies coinciden en la Sierra Madre del Sur. Los registros de las especies que forman este grupo se encuentran en un intervalo altitudinal entre 1580-2950 msnm. Se presentan en zonas con una temperatura promedio anual entre 8.8-26.1° C, una temperatura máxima promedio del periodo más cálido de 15.2-34.3° C y una estacionalidad de la precipitación de 69-118%.

2) Consta de tres especies (*Psacalium peltatum* var. *peltatum*, *Pittocaulon praecox* y *Roldana ehrenbergiana*) que se distribuyen en la provincia de Oaxaca, la Sierra Madre Occidental, el Altiplano Sur, la Sierra Madre Oriental, la Depresión del Balsas, el Golfo de México, la Sierra Madre del Sur, la Costa del Pacífico. El Eje Volcánico es en donde coinciden de manera notoria las tres especies. Las especies de este grupo se encuentran en un intervalo altitudinal de 2240-3280 msnm. Se presentan en zonas con una temperatura promedio anual entre 2.1-23.9° C, una temperatura máxima promedio del periodo más cálido de 2.6-36.4° C y una estacionalidad de la precipitación de 66-119%.

3) Está formado por tres especies (*Pittocaulon velatum*, *Roldana eriophylla* y *Senecio prionoapterus*) y se localiza en la Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico, Depresión del Balsas, Costa del Pacífico, Altos de Chiapas, Provincia de Oaxaca. Las tres especies coinciden en la Sierra Madre del Sur. Este grupo se encuentran en un intervalo altitudinal entre 1900-2802 msnm. Se presentan en zonas con una temperatura promedio anual entre 7-27.6° C, una temperatura máxima promedio del periodo más cálido de 14.4-36.1° C y una estacionalidad de la precipitación de 81-121%.

4) Lo componen cinco especies (*Psacalium calvum*, *Psacaliopsis purpussi*, *Roldana hederoides*, *Psacalium paucicapitatum* y *P. purpusii*), siendo el grupo con distribución más restringida ya que sólo se localiza en el Eje Volcánico y la Sierra Madre del Sur, esta última provincia en la que coinciden las cinco especies del grupo. Las especies de este grupo se encuentran en un intervalo altitudinal entre 1450-3650 msnm. Se presentan en zonas con una temperatura promedio anual entre 14.6-20.4° C, una temperatura máxima promedio del periodo más cálido de 24.7-30.6° C y una estacionalidad de la precipitación de 82-98%.

5) Se conforma por dos especies (*Psacalium peltatum* var. *conzattii* y *Senecio runcinatus*), que se distribuyen en la Sierra Madre del Sur, el Eje Volcánico, la Costa del Pacífico, coincidiendo en la Provincia de Oaxaca. Las especies de este grupo ocupan un intervalo altitudinal de 780 a 2534 msnm. Se presentan en zonas con una temperatura promedio anual entre 8-21.1° C, una temperatura

máxima promedio del periodo más cálido de 14.8-30.4° C y una estacionalidad de la precipitación de 66-95%.

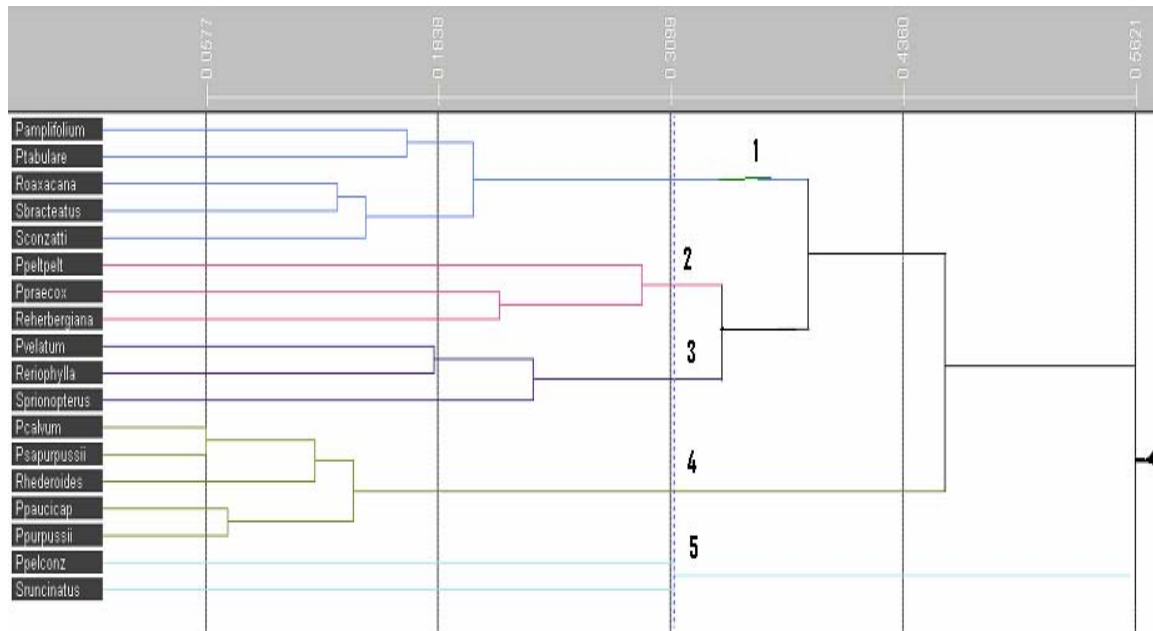


Figura 4. Dendrograma que muestra los 5 grupos resultantes, incluyendo a las 18 especies de acuerdo a las características de su perfil bioclimático.

Para determinar y entender cuáles de los parámetros climáticos podrían explicar la conformación de los grupos, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (PCA), en el cual en primer lugar aparecen los valores de la proporción de varianza explicada para cada uno de los componentes, luego la varianza explicada acumulada y por último los parámetros determinantes de cada componente (Cuadro 4)

Cuadro 4. Valores de componentes principales para el agrupamiento de las especies de acuerdo a su semejanza climática.

Valores de varianza	Proporción de varianza explicada	Varianza explicada acumulada	Parámetros
Componente 1	38.593	38.593	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso
Componente 2	27.740	66.333	Temperatura promedio anual Temperatura promedio del cuatrimestre más seco Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido Temperatura promedio del cuatrimestre más frío
Componente 3	14.011	81.901	Estacionalidad de la temperatura Temperatura mínima del periodo más frío Precipitación del periodo más lluvioso Precipitación del cuatrimestre más lluvioso

Posteriormente, del análisis de conglomerados realizado a nivel de grupos, se obtuvo el dendrograma que muestra la disimilitud entre los grupos de especies formados de acuerdo con la semejanza climática de sus perfiles (Figura 5). Este análisis fue de gran utilidad ya que permitió apreciar de forma clara los distintos patrones que se forman entre las especies y su distribución con relación a las distintas partes de México. No obstante que tiene un sustento basado sólo en los parámetros climáticos, ha permitido tener una idea razonable de la distribución de las especies en estudio.

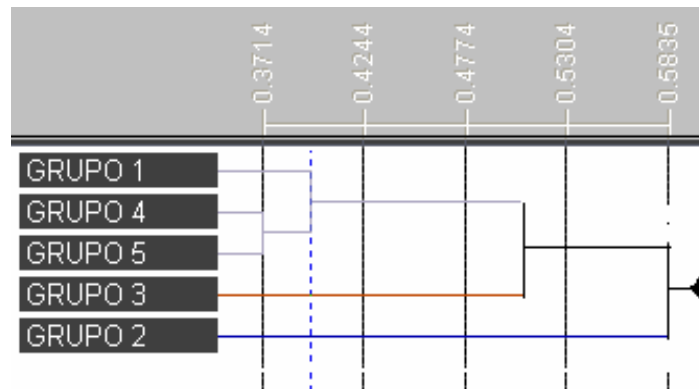


Figura 5. Clasificación de los grupos obtenidos a partir de la semejanza general de las 18 especies consideradas.

Los resultados muestran que el VTC tiene mayor semejanza con la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico que con el resto de las provincias, ya que estas, mostraron los valores más bajos de disimilitud (Figura 6). También existe cierto nivel de semejanza con otras provincias, como la Costa del Pacífico y la provincia de Oaxaca, principalmente.

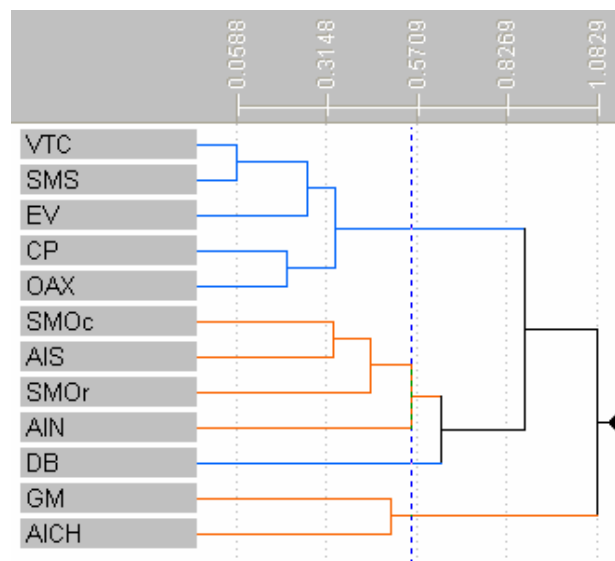


Figura 6. Dendrograma que agrupa a las regiones biogeográficas (CONABIO; 1997) de acuerdo con la disimilitud florística. VTC= Valle de Tehuacán-Cuicatlán, SMS= Sierra Madre del Sur, EV= Eje Volcánico, CP= Costa del Pacifico, OAX= Oaxaca, SMOc =Sierra Madre Occidental, AIS= Altiplano Sur, SMOr= Sierra Madre Oriental, AIN= Altiplano Norte, DB= Depresión del Balsas, GM= Golfo de México y AICH= Altos de Chiapas.

La estructura del fenograma y las agrupaciones formadas por las provincias biogeográficas de acuerdo con la distribución de las especies, fue apoyada por un análisis de componentes principales, los valores de varianza se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valores de componentes principales para el agrupamiento de las provincias biogeográficas de acuerdo a su semejanza florística.

Valores de varianza	Proporción de varianza explicada	Varianza Explicada acumulada	Especies
Componente 1	51.133	51.133	<i>Senecio konzattii</i> , <i>Roldana hederoides</i> <i>Psacaliopsis purpusii</i> <i>Psacalium calvum</i> <i>Psacaluim paucicapitatum</i> <i>Psacalium purpusii</i>
Componente 2	13.17	64.303	<i>Psacalium peltatum peltatum</i> <i>Psacalium praecox</i> <i>Roldana erhenbergiana</i> <i>Senecio runcinatus</i>
Componente 3	11.432	75.735	<i>Roldana erhenbergiana</i> <i>Senecio runcinatus</i> <i>Psacalium tabulare</i> <i>Psacalium peltatum peltatum</i>

De forma general, la clasificación de las mismas provincias biogeográficas con base en los modelos de distribución potencial de cada especie (Figura 7), reflejó una importante coincidencia entre ambos análisis, por lo que interpretamos que los modelos climáticos reflejan razonablemente la distribución geográfica de las especies. Sin embargo, es importante señalar que debido a la escala a la que ha sido generada la cartografía digital para tales provincias biogeográficas (1: 4,000,000), los límites entre estas no son lo suficientemente precisos para cierto tipo de análisis. Motivo por el que algunos de los modelos o incluso algunos de los registros conocidos coinciden con zonas limítrofes entre provincias o en provincias en las cuales en forma natural no se encontrarían. Ejemplos de lo referido, son los casos de la Costa del Pacífico o la Depresión del Balsas, en donde parece improbable que alguna de las especies analizadas (que en su mayoría habitan por encima de los 1000 msnm) se presenten de forma natural en estas provincias características de bajas altitudes.

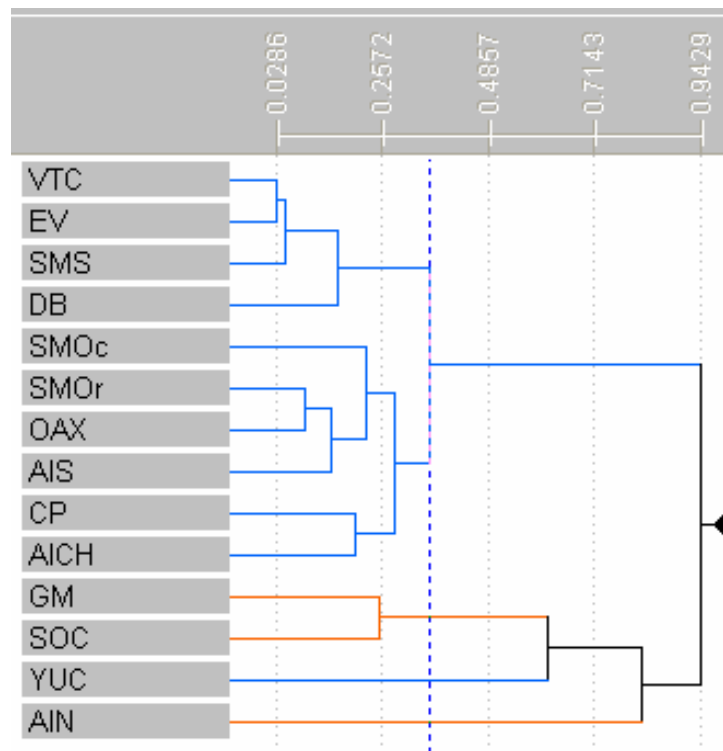


Figura 7. Dendrograma que agrupa a las regiones biogeográficas de acuerdo con la disimilitud florística a partir de los modelos climáticos de las 18 especies. VTC= Valle de Tehuacán-Cuicatlán, EV= Eje Volcánico, SMS= Sierra Madre del Sur, DB= Depresión del Balsas, SMOc =Sierra Madre Occidental, SMOr= Sierra

Madre Oriental, OAX= Oaxaca, AIS= Altiplano Sur, CP= Costa del Pacifico, AICH= Altos de Chiapas, GM= Golfo de México, SOC= Soconusco, YUC= Yucatán, y AIN= Altiplano Norte.

La distribución de las especies con relación a cada una de las regiones biogeográficas muestra cuales de estas son quizá promotoras de endemismo para ciertos grupos. En el cuadro 6 se resumen el total de regiones que ocupa cada una de las especies, y se hacen evidentes aquellas provincias en donde coinciden la mayoría de las especies y la relación que guardan con respecto al VTC (cuadro 6).

Cuadro 6. Especies presentes en cada una de las regiones biogeográficas consideradas en este estudio. VTC= Valle de Tehuacán-Cuicatlán, SMS= Sierra Madre del Sur, SMOc =Sierra Madre Occidental, SMOr= Sierra Madre Oriental, DB= Depresión del Balsas, EV= Eje Volcánico, CP= Costa del Pacifico, GM= Golfo de México, AIS= Altiplano Sur, OAX= Oaxaca, AIN= Altiplano Norte, AICH= Altos de Chiapas y SOC= Soconusco.

ESPECIE	VTC	SMS	SMOc	SMOr	DB	EV	CP	GM	AIS	OAX	AIN	AICH	SOC	TOTAL
<i>Pittocaulon praecox</i>	X	X	X	X		X			X	X				7
<i>Pittocaulon velatum</i>	X	X	X		X	X	X			X				7
<i>Psacaliopsis purpusii</i>	X	X				X								3
<i>Psacalium amplifolium</i>	X	X			X	X	X							5
<i>Psacalium calvum</i>	X	X												2
<i>Psacalium paucicapitatum</i>	X	X												2
<i>Psacalium peltatum konzattii</i>	X	X					X			X				4
<i>Psacalium peltatum peltatum</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			10
<i>Psacalium purpusii</i>	X	X												2
<i>Psacalium tabulare</i>	X	X		X		X	X			X			X	7
<i>Roldana ehrenbergiana</i>	X				X	X		X	X					5
<i>Roldana eriophylla</i>	X	X					X	X		X		X		6
<i>Roldana hederoides</i>	X	X				X								3
<i>Roldana oaxacana</i>	X	X				X	X	X		X				6
<i>Senecio bracteatus</i>	X	X					X			X				4
<i>Senecio konzatti</i>	X	X				X	X			X				5
<i>Senecio prionoapterus</i>	X	X			X	X	X							5
<i>Senecio runcinatus</i>	X			X		X				X				4
TOTAL	18	16	3	4	5	12	10	3	3	10	1	1	1	

Se determinó el área ocupada por cada uno de los modelos de distribución potencial, así como el área predicha por cada uno de los intervalos del perfil, esto con la finalidad de mostrar el intervalo que mejor predice (en negritas) el área de distribución potencial y los restantes intervalos, en donde no obstante de predecir la presencia de la especie estos pueden sobreestimar y subestimar su presencia (cuadro7).

Cuadro 7. Extensión del área total del modelo de distribución potencial y las áreas de acuerdo a cada intervalo del modelo, los registros de cada especie.

Especies de la Tribu Senecioneae	Área total del Modelo Potencial (Km ²)	0-100 Área (Km ²)	2.5-97.5 Área (Km ²)	5-95 Área (Km ²)	10-90 Área (Km ²)	25-75 Área (Km ²)	No. Registros
<i>Pittocaulon praecox</i>	158808	51512	60361	27376	18319	1240	112
<i>Pittocaulon velatum</i>	229732	79508	78358	69344	2473	49	80
<i>Psacaliopsis purpusii</i>	648	24	33	498	87	6	10
<i>Psacalium amplifolium</i>	105163	66617	20584	11622	5982	358	71
<i>Psacalium calvum</i>	33	0	0	13	3	17	2
<i>Psacalium paucicapitatum</i>	2816	493	246	1332	699	46	14
<i>Psacalium peltatum konzattii</i>	2614	330	256	904	996	128	9
<i>Psacalium peltatum peltatum</i>	478775	338472	64996	41718	29123	4466	134
<i>Psacalium purpussii</i>	1992	132	1111	150	593	6	11
<i>Psacalium tabulare</i>	80956	22442	9623	31046	17413	432	34
<i>Roldana ehrenbergiana</i>	57073	4607	28684	9717	14065	0	14
<i>Roldana eriophylla</i>	104026	14513	75891	10340	3208	74	36
<i>Roldana hederoides</i>	103	0	21	82	0	0	3
<i>Roldana oaxacana</i>	186369	98136	41180	30110	16103	840	62
<i>Senecio bracteatus</i>	43681	21594	9824	5645	6547	71	53
<i>Senecio konzattii</i>	40065	23010	5255	7008	3933	859	38
<i>Senecio prionoapterus</i>	39707	9020	10041	19545	1075	26	39
<i>Senecio runcinatus.</i>	14782	4731	6829	2227	939	56	58

Para la evaluación de la confiabilidad y/o fortaleza de los modelos de distribución potencial, se aplicó el análisis Kappa en tres casos distintos: 1) *Psacaliopsis purpusii* con un número reducido de registros (10), 2) *Roldana oaxacana* con un número intermedio de registros (60) y 3) *Psacalium peltatum* var. *peltatum* que fue la especie con el mayor número de registros (134). Los resultados se muestran en el cuadro 8, estos incluyen varios valores estadísticos, relacionados con los errores de omisión y comisión, y de la especificidad y sensibilidad de los modelos obtenidos.

Cuadro 8. Los valores estadísticos globales a partir de la aplicación del análisis Kappa.

Estadísticas globales:	<i>Psacaliopsis purpusii</i>	<i>Roldana oaxacana</i>	<i>Psacalium peltatum</i> var. <i>peltatum</i>
Registros analizados	10	60	134
Exactitud global:	(0/0) = Nulo	(7 / 16) = 0.4375	(42 / 59) = 0.7118
Índice de clasificación incorrecta global:	(0/0) = Nulo	(9 / 16) = 0.5625	(17 / 59) = 0.2881
Sensibilidad global:	Nulo	0.4375	0.7118
Especificidad global:	Nulo	0.859375	0.9279
Errores de Omisión:	Nulo	0.5625	0.2881
Errores de Comisión:	Nulo	0.140625	0.0720

Discusión

El uso de los registros conocidos (aunque son relativamente escasos) y la incorporación de los modelos de distribución potencial de las especies, permitió generar un escenario acerca de la distribución de las especies estudiadas, que se considera adecuado, al menos, para que este reducido juego de datos refleje resultados que han permitido analizar y discutir la hipótesis originalmente planteada acerca del origen de la flora del VTC con relación al desierto Chihuahuense y sus relaciones con otras partes de México.

Los análisis permitieron establecer una semejanza entre el VTC y distintas regiones de México. Sin embargo, estas semejanzas no permiten asegurar de forma categórica que las mismas no son debidas a los eventos históricos que han modelado la superficie del territorio mexicano o a la semejanza de las condiciones ambientales (climáticas) que puede haber permitido la ocupación de ciertas áreas por algunas de estas especies. Los resultados muestran que las afinidades que tiene el VTC son mayores con las principales cadenas montañosas del centro del país (Sierra Madre del Sur, Provincia de Oaxaca y el Eje Neovolcánico) y aunque en menor grado también con la Costa del Pacífico.

No obstante que los resultados muestran una mayor similitud del VTC con las cadenas montañosas del centro del país, es latente una cierta relación con el desierto Chihuahuense. Existen indicios que reflejan este vínculo; Rzedowski (1973) reporta a los géneros *Oaxacania*, *Setchellantus*, *Pringleochloa* y *Solista* como endémicos del VTC; sin embargo, estudios recientes (Méndez-Larios et al., 2004), han descrito que estos géneros tienen distribución fuera del VTC, como es el caso de *Setchellantus caeruleus* Brandegees (Capparaceae), especie no incluida en el grupo de especies estudiadas, que se conoce exclusivamente en dos áreas disyuntas del territorio mexicano, una en el desierto Chihuahuense y otra en el VTC, considerándola como endémica del desierto mexicano (Iltis, 1999), y que muestra un claro vínculo entre el VTC y el desierto chihuahuense en términos de semejanza florística.

La gran diversidad de formas de vida y elevado número de elementos endémicos de la flora vascular en las zonas áridas de México, apoyan el concepto de que los desiertos mexicanos y los del sur de Estados Unidos poseen una larga historia (Challenger, 1998). El Mioceno fue testigo de la llegada de un clima global más frío y seco que en América del norte se acentuó debido al levantamiento del Altiplano Mexicano y de la Sierra Madre Occidental, mediante procesos de vulcanismo. La

combinación de esos acontecimientos aumentó el área de distribución de las plantas adaptadas a la aridez, cuya diversidad aumentó al extender sus distribuciones hacia nuevas áreas al centro y oeste de Estados Unidos (Axerold, 1983). En el Plioceno ocurrieron procesos orogénicos como la Sierra Madre Oriental y la formación de la parte central de la Faja Volcánica Mexicana, que ocasionó la expansión de climas áridos hacia el sur del Altiplano debido al efecto orográfico. Así, se formó una barrera entre esa región y el Valle de Tehuacán, hacia finales del Plioceno, los hábitats de las zonas áridas ya tenían en América del norte una distribución similar a la actual (Morafka et. al., 1992). Como resultado de éstos fenómenos geológicos y climatológicos, especialmente los ocurridos en los últimos cinco millones de años (Plioceno y Pleistoceno) se cree que la flora de las zonas áridas evolucionó formando nuevas especies y se diferenció dando origen a las agrupaciones modernas (Gentry, 1982). Estos datos indican que las zonas desérticas de México formaban una sola área que con el levantamiento de la Faja Volcánica quedaron separados el Desierto chihuahuense y el VTC, por lo que la composición florística de estas dos regiones áridas de México comparte algunos elementos a nivel de género y familia. Sin embargo, las dos regiones han evolucionado y diversificado de manera independiente, siendo notorio que la flora del VTC está compuesta por especies que vienen de la parte Neotropical (como se ha mostrado en los resultados de este estudio), más que por especies provenientes del desierto chihuahuense.

Existen casos relacionados con eventos ocurridos en la historia geológica del país, los cuales han provocado fenómenos de vicarianza que han fragmentado las distribución “original”, dando origen a diversas especies en áreas distantes entre sí. Este podría ser el caso de los géneros *Jefea* (Asteraceae) (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004) y *Leucophyllum* (Scrophulariaceae) (Méndez-Larios y Villaseñor, 2001), que aunque tampoco forman parte del grupo de especies estudiadas, aportan interesantes elementos de análisis. Son géneros que tienen importante número de especies en el desierto Chihuahuense y alguna de sus especies está representada en el VTC. También existen datos que documentan estas relaciones hacia otras partes del país, como sería el caso de varias especies pertenecientes a la sección *Mulgediifolii* (*Senecio bracteatus*, *S. konzattii* y *S. runcinatus*). De acuerdo con Villaseñor (1986, 1991b), esta sección tuvo su origen y diversificación inicial en el Eje Volcánico Transversal. El clado que conforman estas especies tiene patrones distintos y más complejos, ya que se distribuyen en la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre de Oaxaca, el Eje Volcánico Transversal, las montañas de Chiapas y Guatemala, probablemente originados por eventos vicariantes de especiación de su ancestro común posteriores al momento que la sección alcanzó su intervalo de distribución total conocido.

Suárez Mota M. E., 2006

El estudio realizado por Rzedowski (1973), en el que describe las relaciones geográficas de las zonas áridas de México, incluye al VTC de forma muy superficial y señala que la flora de este Valle es muy contrastante con las demás áreas áridas de México y que su flora esta influenciada por taxa provenientes de las Montañas del centro-sur de México y la región del pacifico, lo cual es congruente con los análisis descritos en este trabajo.

La regionalización de México ha sido objeto de cambios sustanciales en la última década, basada en un conocimiento más actualizado de numerosos grupos biológicos y distintos enfoques o perspectivas metodológicas (Morrone, 2005).

Sin embargo, la utilidad de esta regionalización desde el contexto del presente estudio parece ser general, sobre todo para el juego de datos empleado y al nivel de comparación que se estableció entre provincias y el VTC. No obstante, que por algunos autores ha sido propuesto como provincia florística (Rzedowski, 1978), los estudios actuales la incluyen como parte de una de ellas (Morrone, 2005, 2006).

Ahora, es evidente que la selección del juego de datos (número de especies) ha sido incompleta, sobre todo considerando que el VTC ha sido caracterizado como la zona árida-semiárida más al sur de Norteamérica, sin tomar en cuenta que incluso en zonas internas y marginales de esa provincia florística de acuerdo con Rzedowski (1978), existe una gama, no sólo, de condiciones ambientales sino bióticas, representadas estas últimas por muy diversos tipos de vegetación, que van desde los bosques tropical caducifolio y subcaducifolio, los bosques de *Quercus* y de *Pinus*, el chaparral, los palmares hasta los bosques de Oyamel y mesófilo de montaña. Es evidente que esta variedad biótica debe estar compuesta por elementos de distinta afinidad y que seguramente mostrarían la amplia gama de relaciones que tiene el VTC con el resto del país y porque no, fuera de este; relaciones someramente demostradas por este estudio.

La relación del VTC con algunas provincias del país ya ha sido documentada (Rzedowski, 1978; Morrone, 2001, 2005, 2006), por lo que es evidente que para un objetivo como el que se ha perseguido, es necesario incorporar datos que pudieran documentar tales relaciones, independientemente de otras no documentadas previamente como ha sucedido con los resultados de este estudio. Que como ya se indicó el VTC tiene mayor similitud florística con la Sierra Madre del Sur y el Eje Volcánico que con las zonas áridas del norte de México o particularmente con el desierto chihuahuense como había sido propuesto. Esto anterior también se refuerza al encontrar que los

Suárez Mota M. E., 2006

elementos de la tribu Senecioneae analizados, tiene afinidad con las zonas templadas preferentemente, no obstante que algunas especies se han ido adecuando a la zona seca en el VTC.

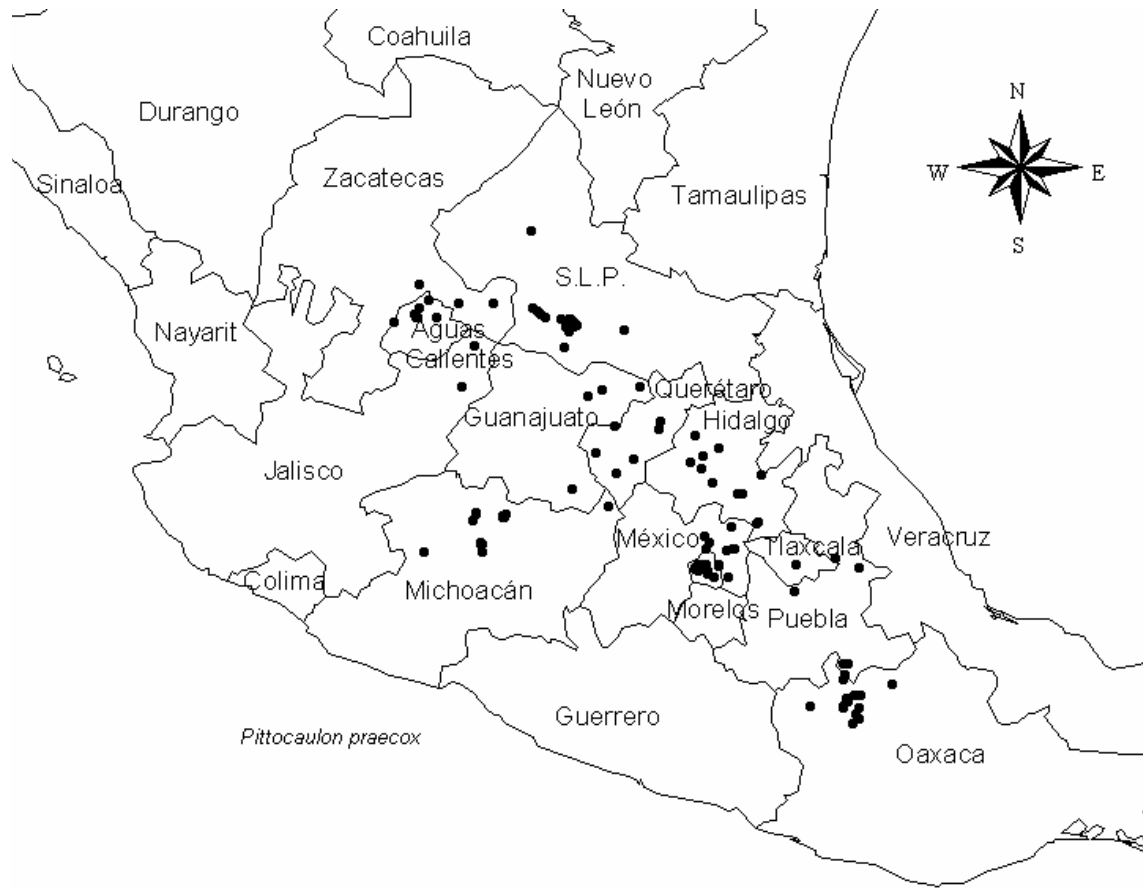
La mayoría de estudios que revisan las relaciones del VTC lo han hecho considerando a este como una unidad equivalente al nivel de provincia. Este cuestionamiento podría ser validado al considerar algunas de las regionalizaciones más recientes del país, en donde el VTC queda incluido en unidades mayores que son reconocidas como provincias, (la Sierra Madre del Sur, el Eje Volcánico Transversal y la provincia de Oaxaca) según el autor (Arriaga et al., 1997; Morrone, 2001, 2005, 2006). Este enfoque equivocado no permite realizar análisis objetivos respecto al VTC, ya que sus reconocidas particularidades histórica, ambiental y biológica, se encuentran “diluidas” al sumarse al resto de la provincia a la cual pudiera pertenecer.

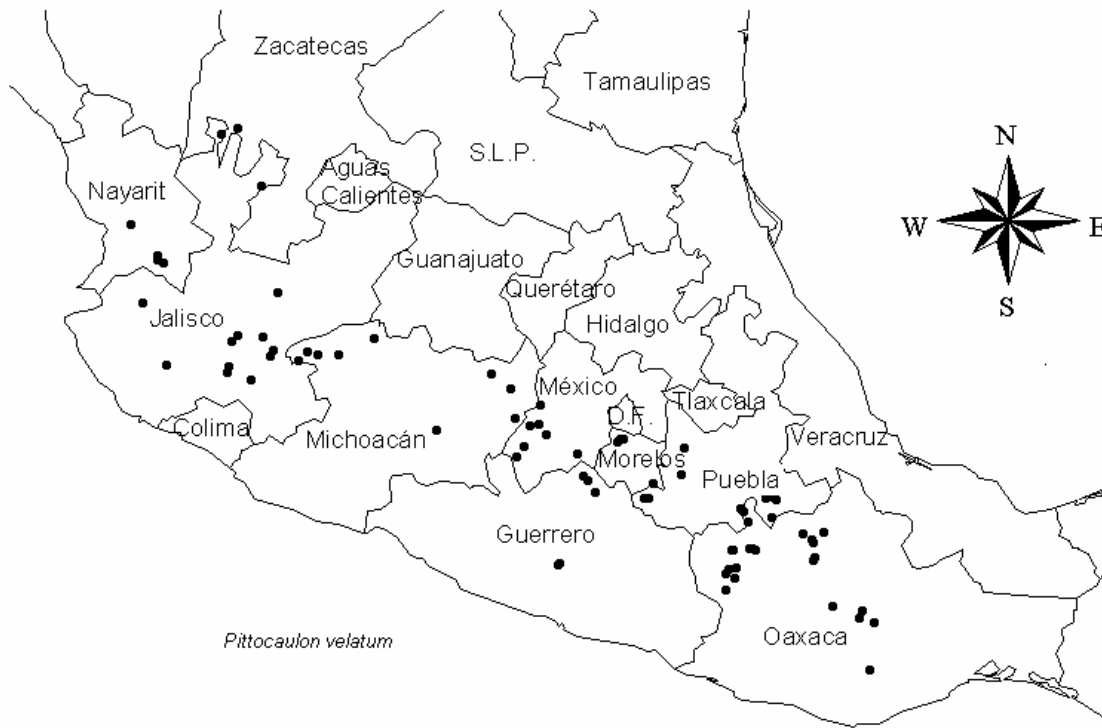
Posiblemente análisis más finos superiores al de provincia (subprovincias, distritos, etc.), realmente reflejen las relaciones de una flora tan compleja y evidentemente híbrida como la del VTC, que seguramente ha sido constituida por contingentes florísticos provenientes de distintos momentos histórico-evolutivos configurada, de igual manera, por la gama de condiciones ambientales por las cuales ha transitado el VTC desde tiempos pleistocénicos, algunas de las cuales siguen imperando hasta la actualidad.

Para que un análisis de este tipo refleje las relaciones de una región tan compleja como lo es el VTC, debe ser practicado con un conjunto de datos muy superior al empleado. Este conjunto de datos debe estar constituido, no sólo por algunos elementos de una familia botánica, por más importante que esta sea, sino un grupo de datos compuesto por numerosos grupos vegetales y animales, estrechamente relacionados con las historias de las áreas en estudio, y que cubran además, las variadas condiciones ambientales.

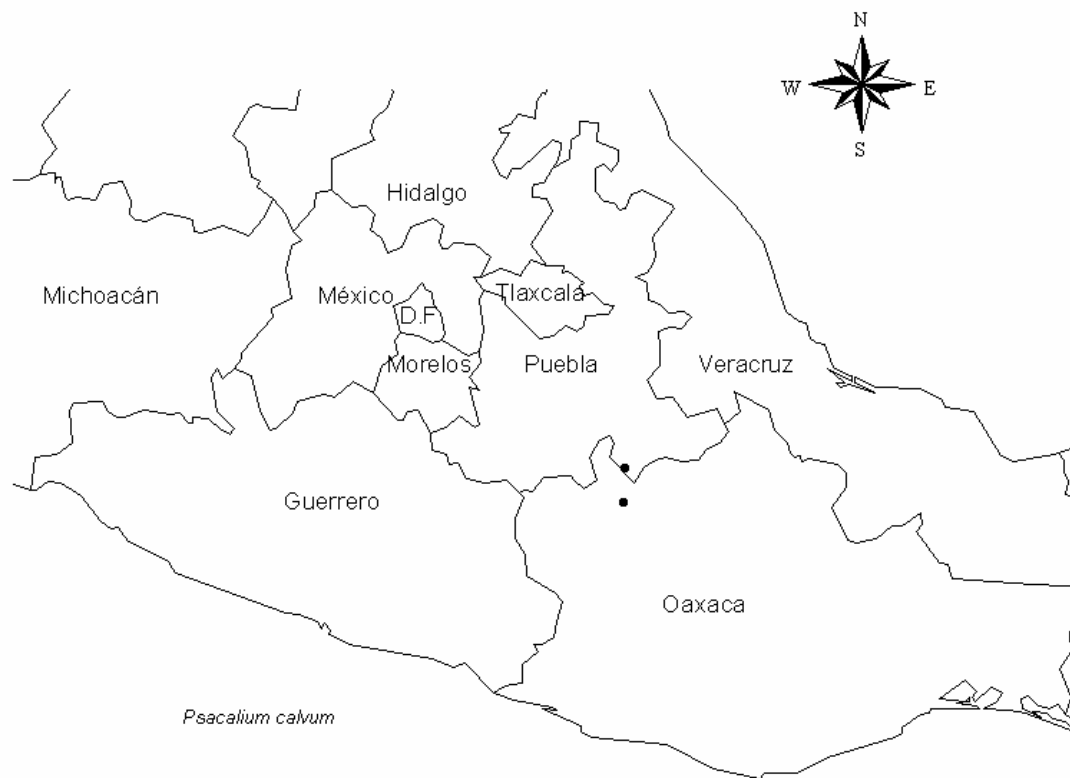
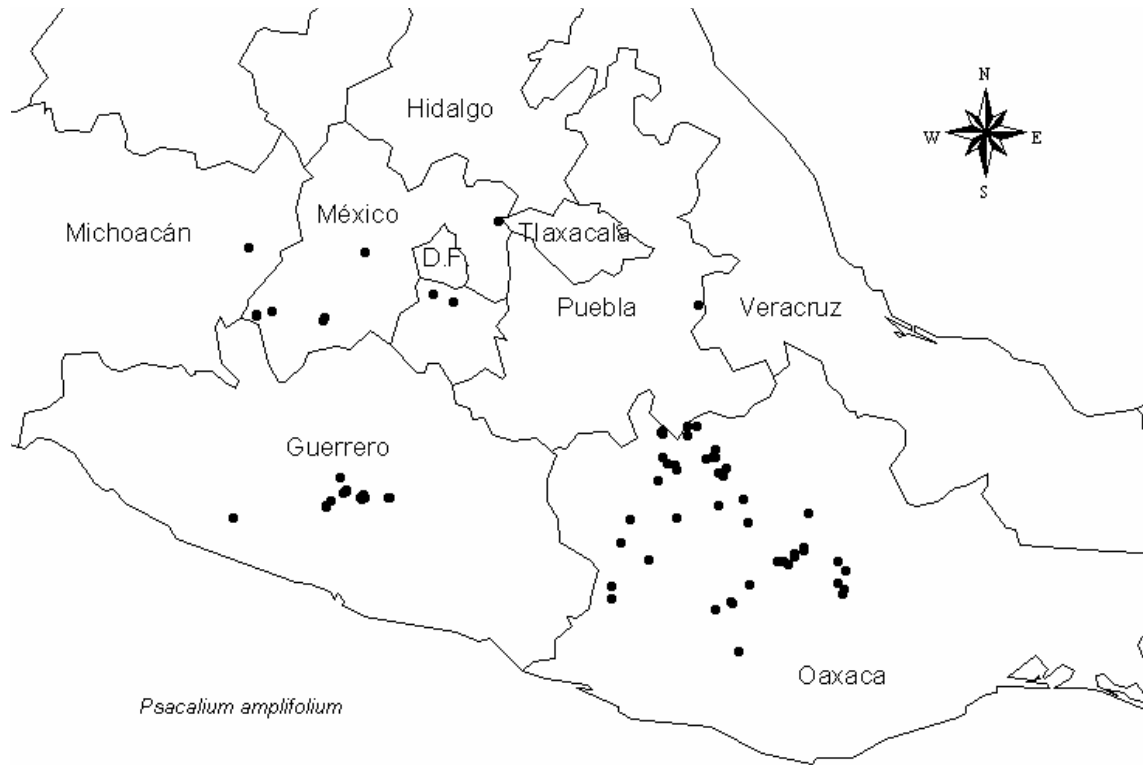
Anexo 1

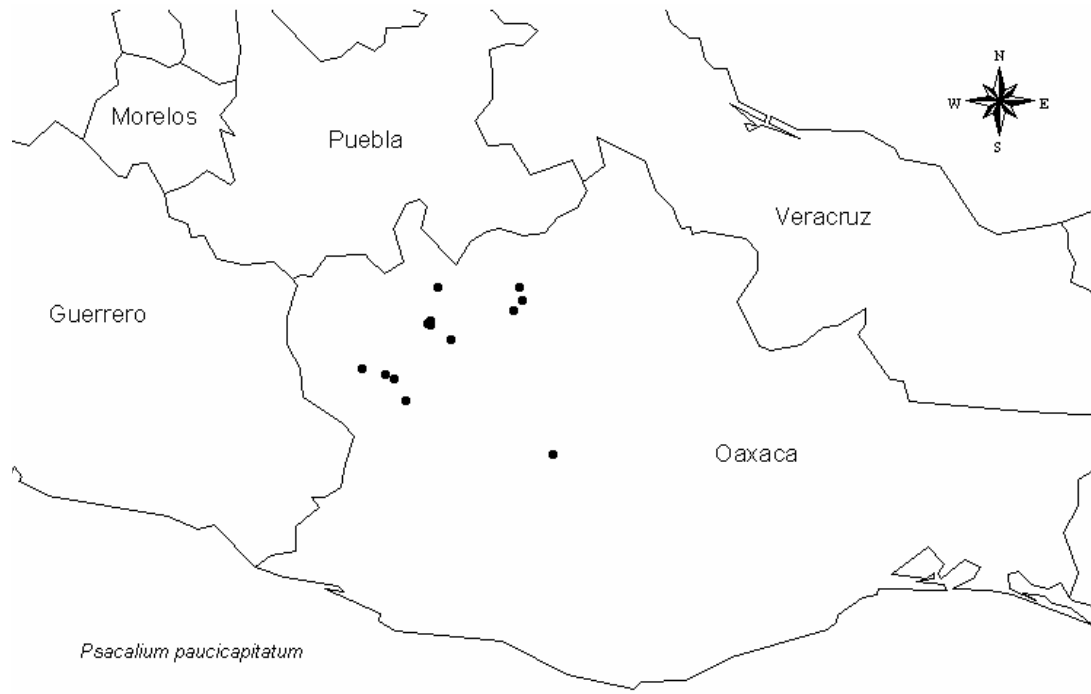
Mapas que muestran la distribución geográfica de 18 especies de la Familia Asteraceae endémicas de México, consideradas en el estudio. Los puntos indican las localidades en donde las especies han sido registradas.





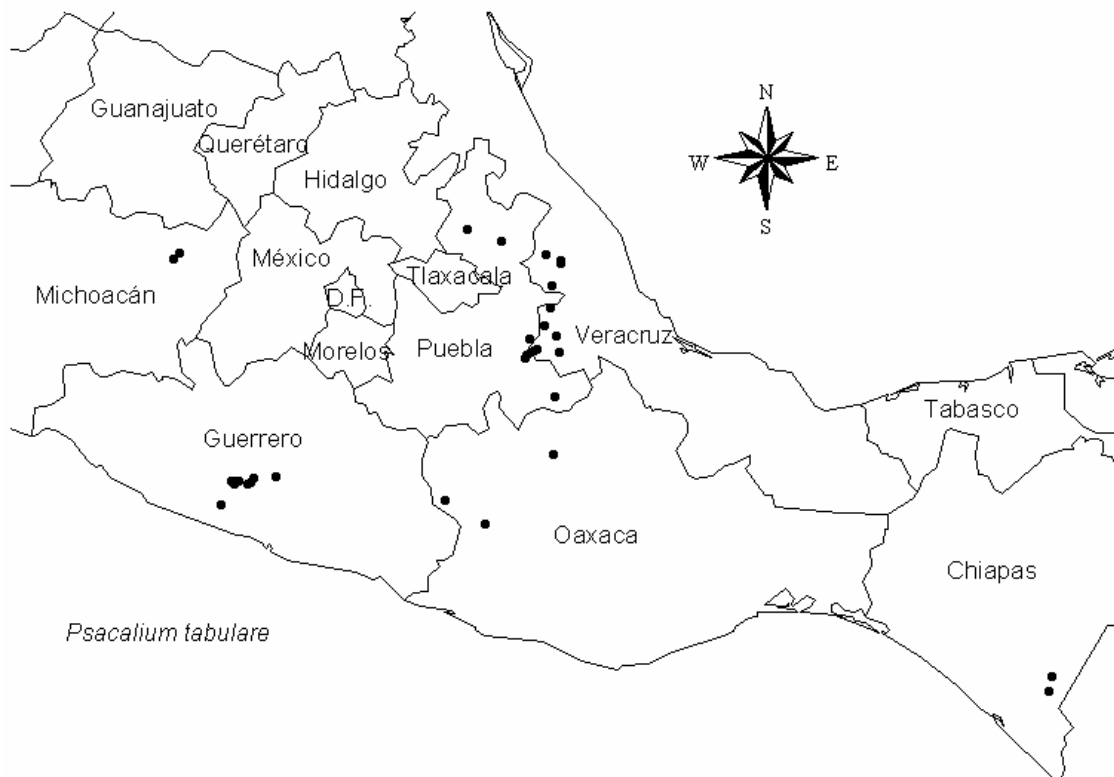
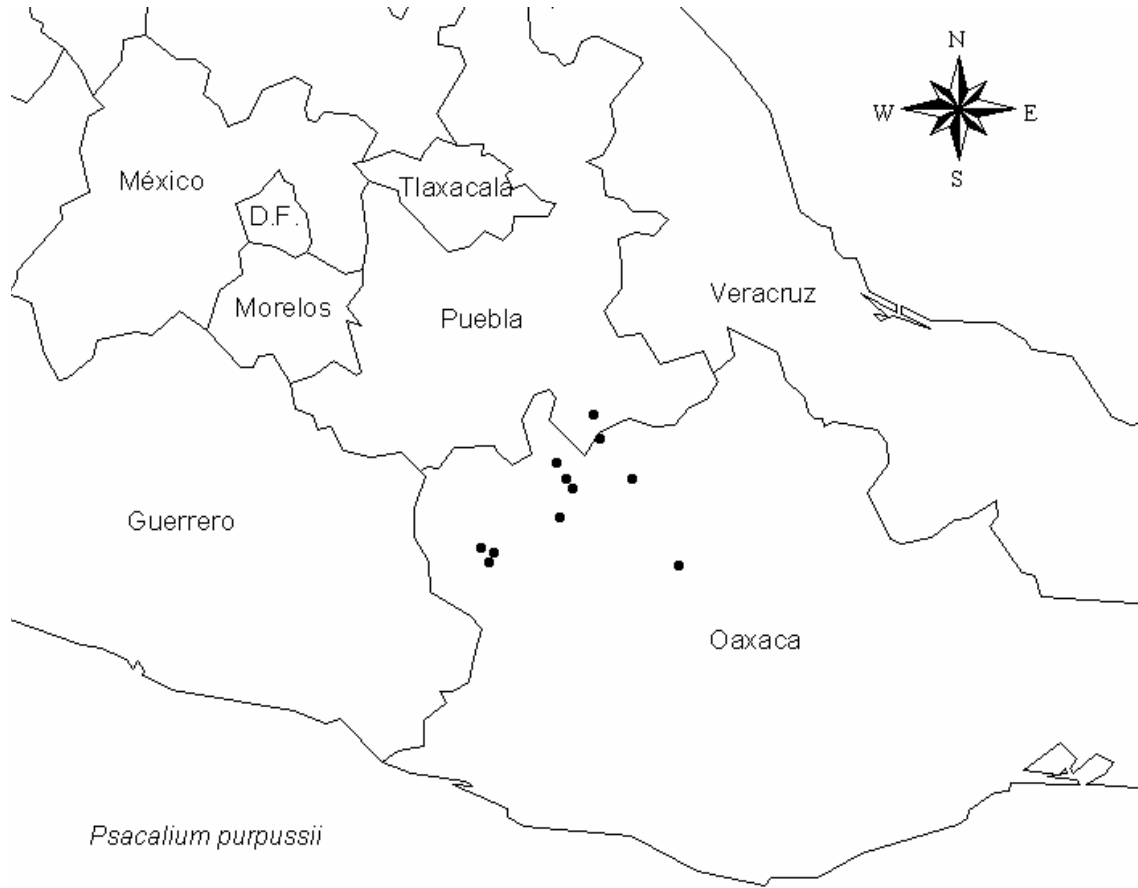


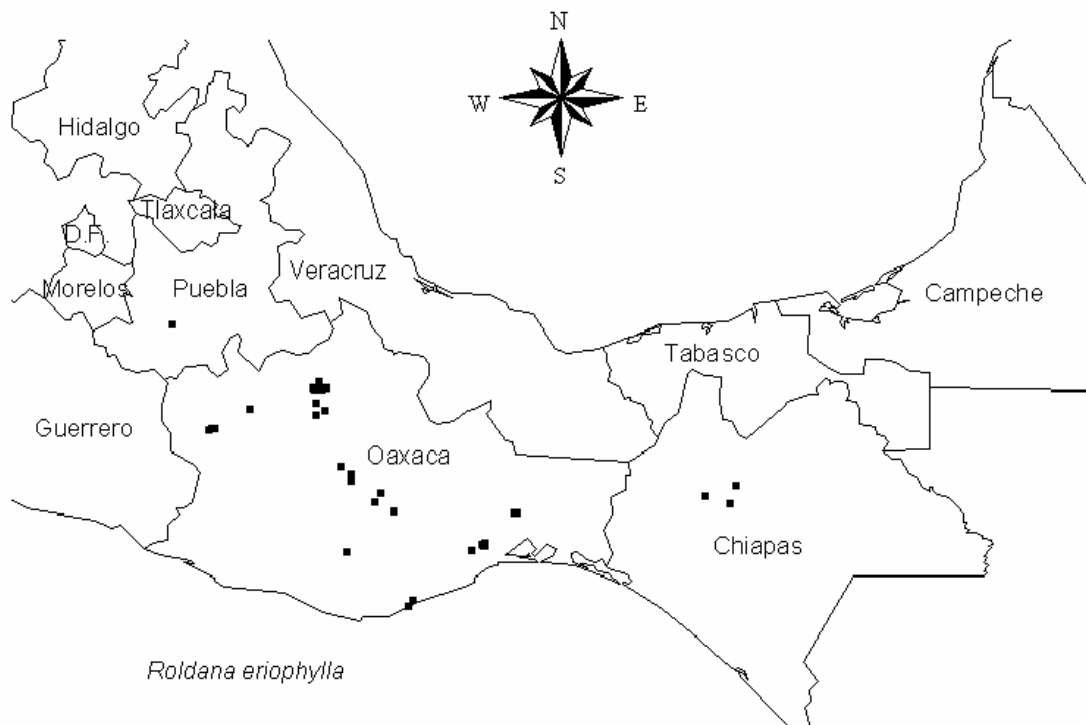
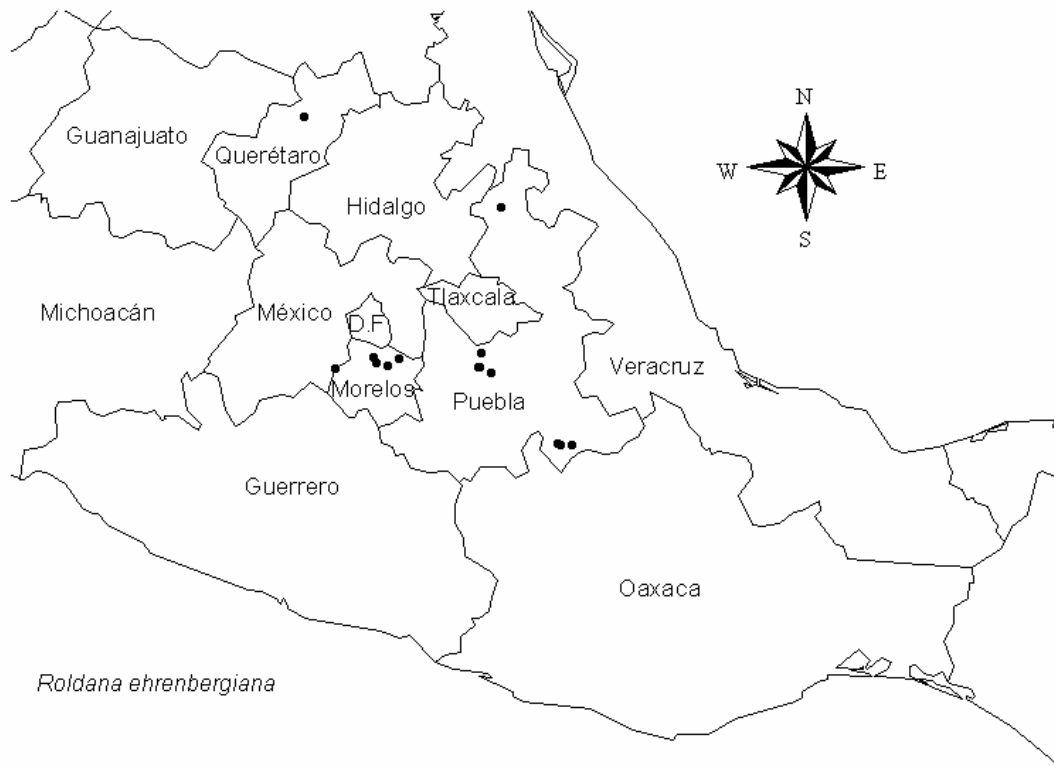


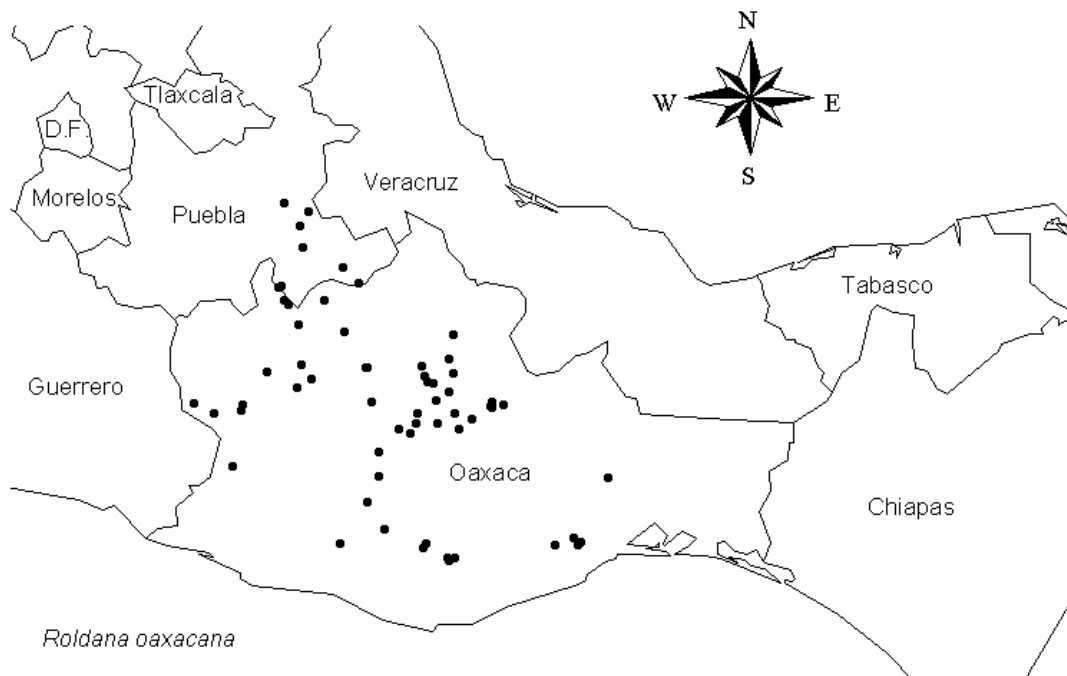
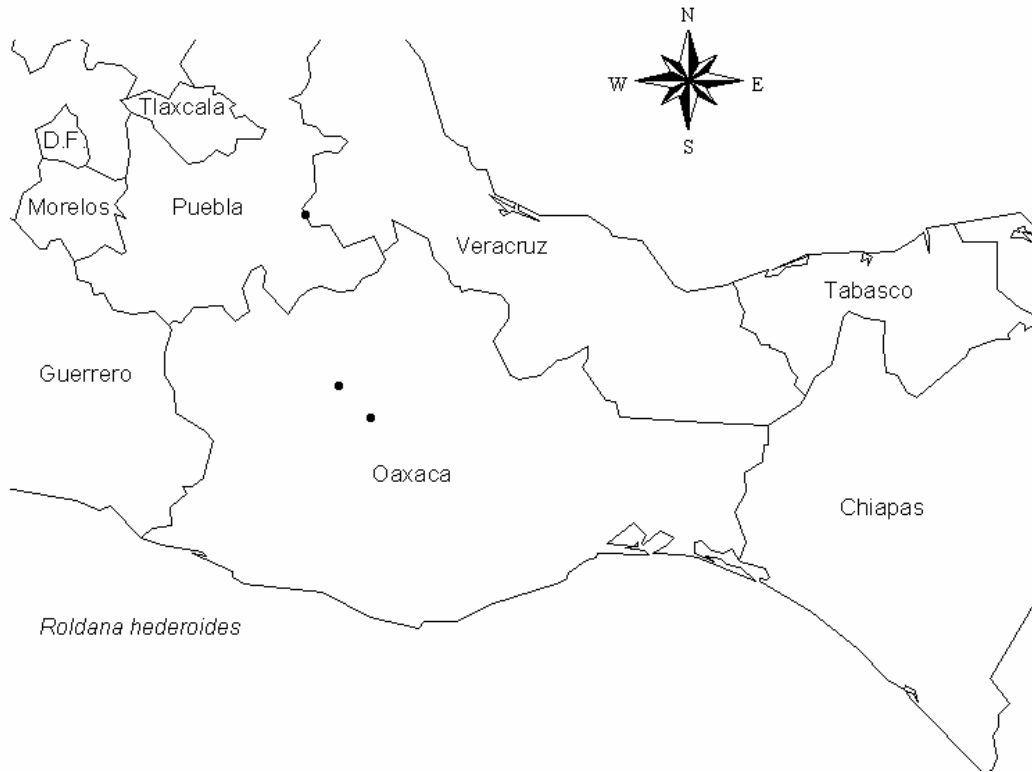


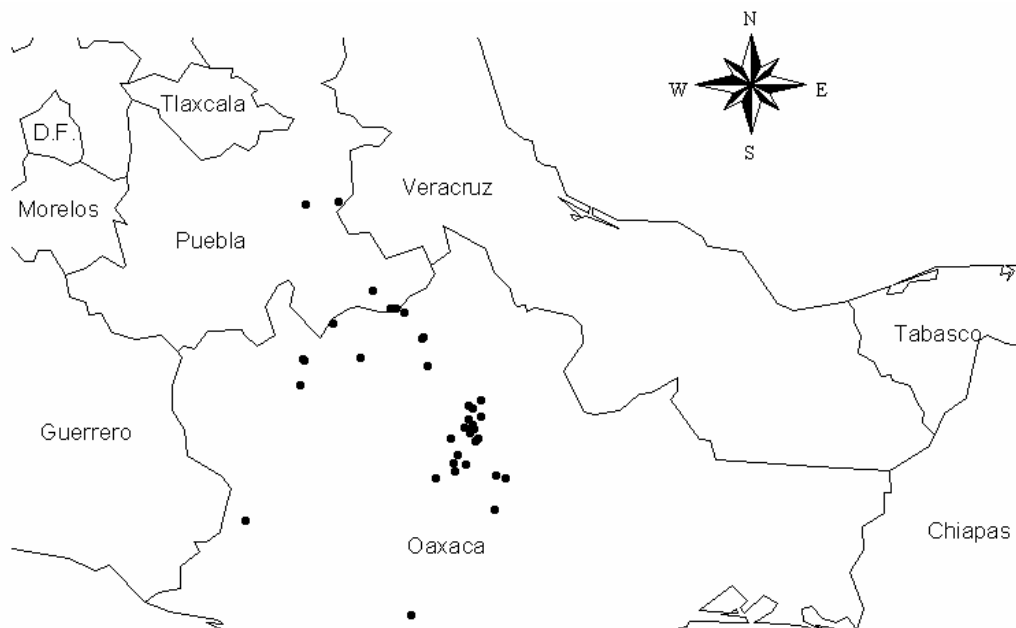
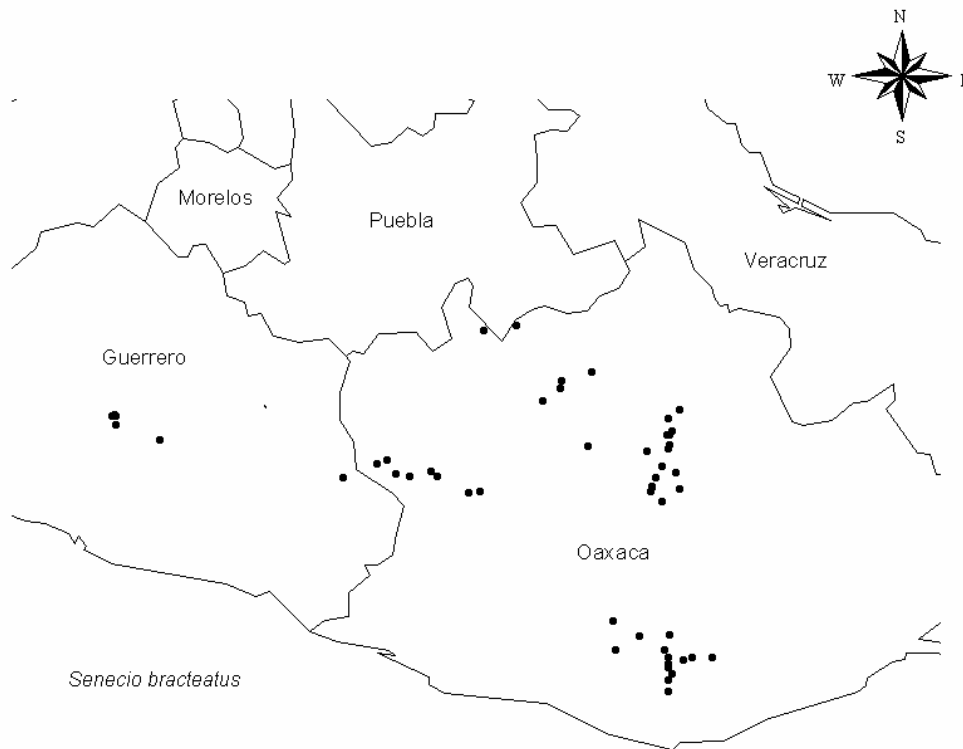


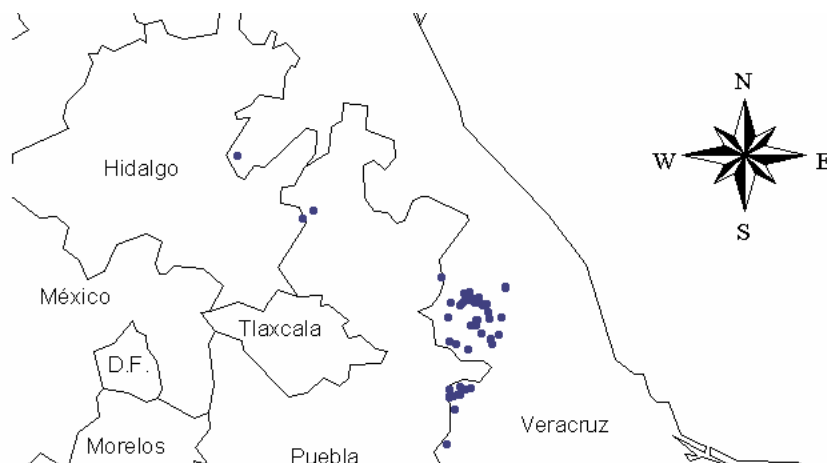
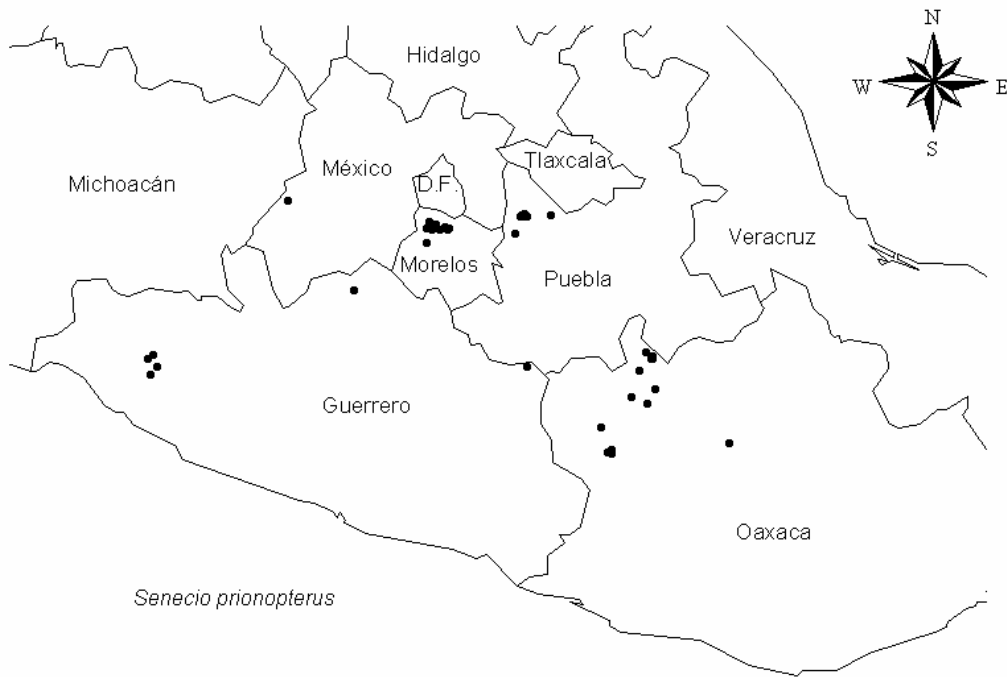








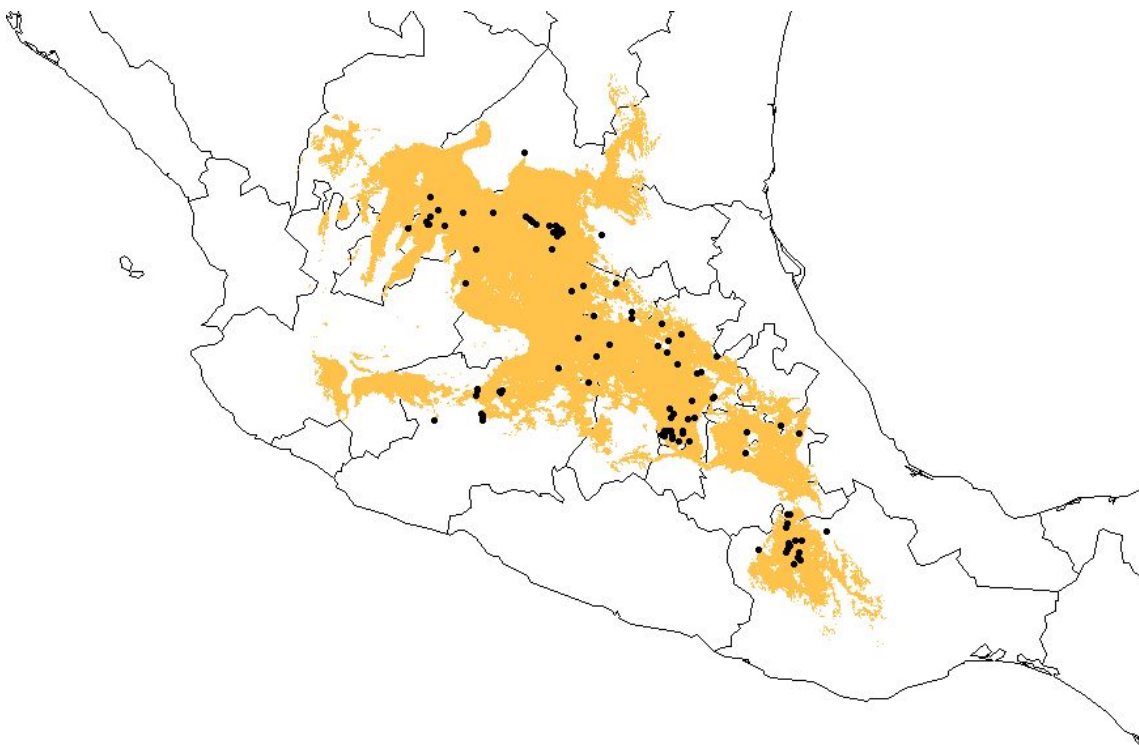


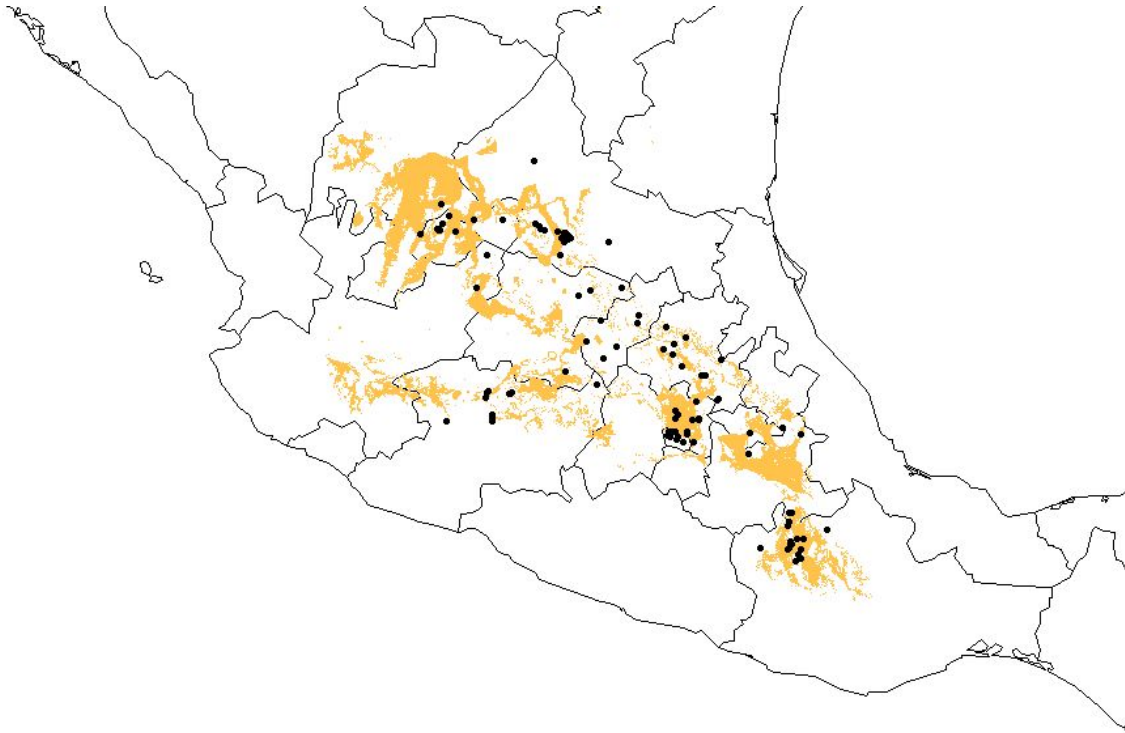


Anexo 2

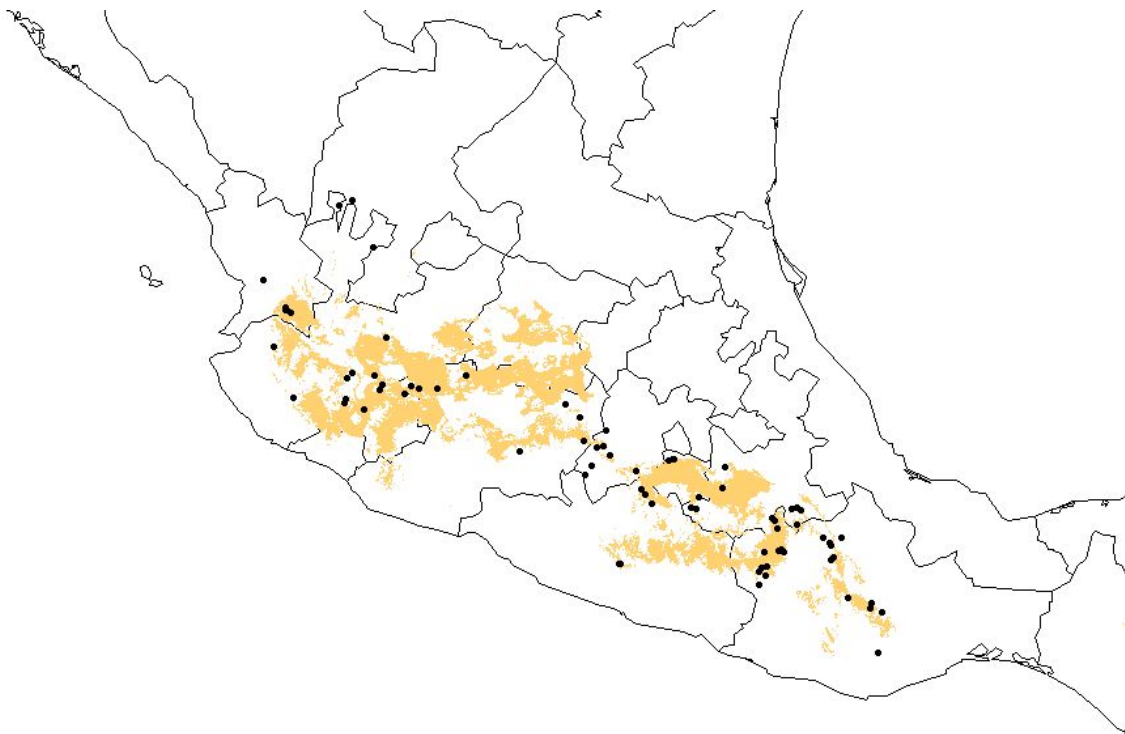
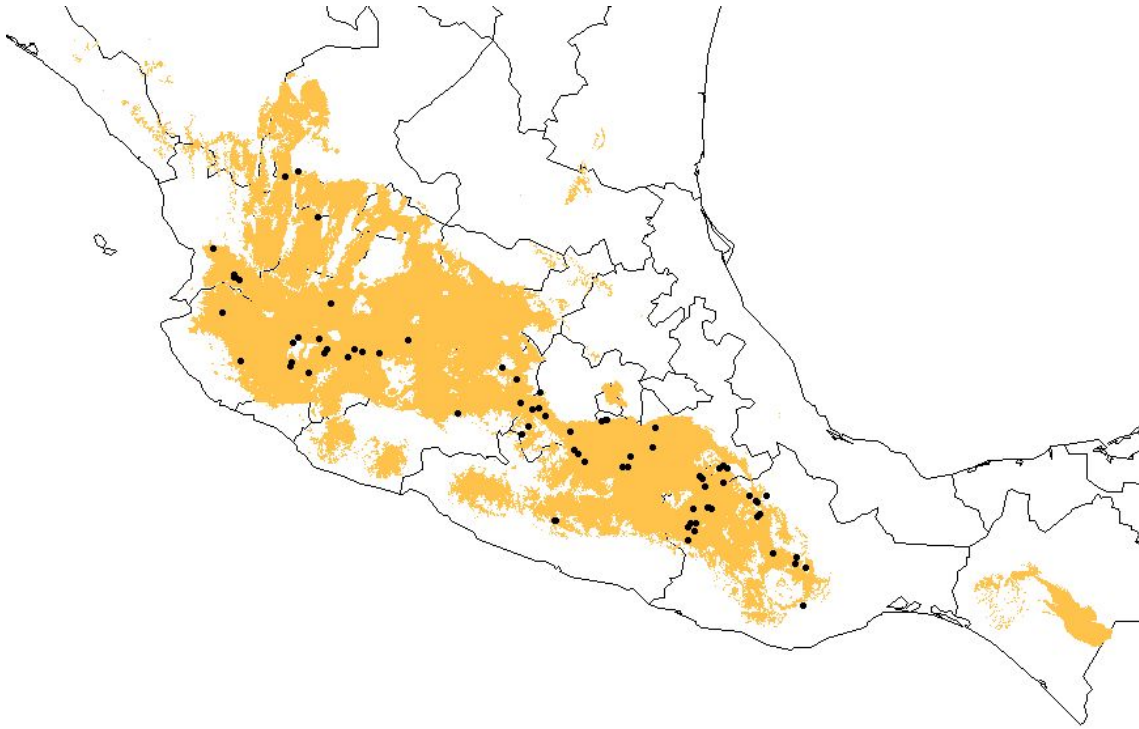
Mapas que muestran la distribución geográfica de 18 especies de la Familia Asteraceae endémicas de México, consideradas en el estudio. El mapa de la parte superior muestra el dominio extenso de la distribución potencial y el de la parte inferior el dominio central, de acuerdo a los modelos obtenidos a partir de su perfil bioclimático.

Pittocaulon praecox

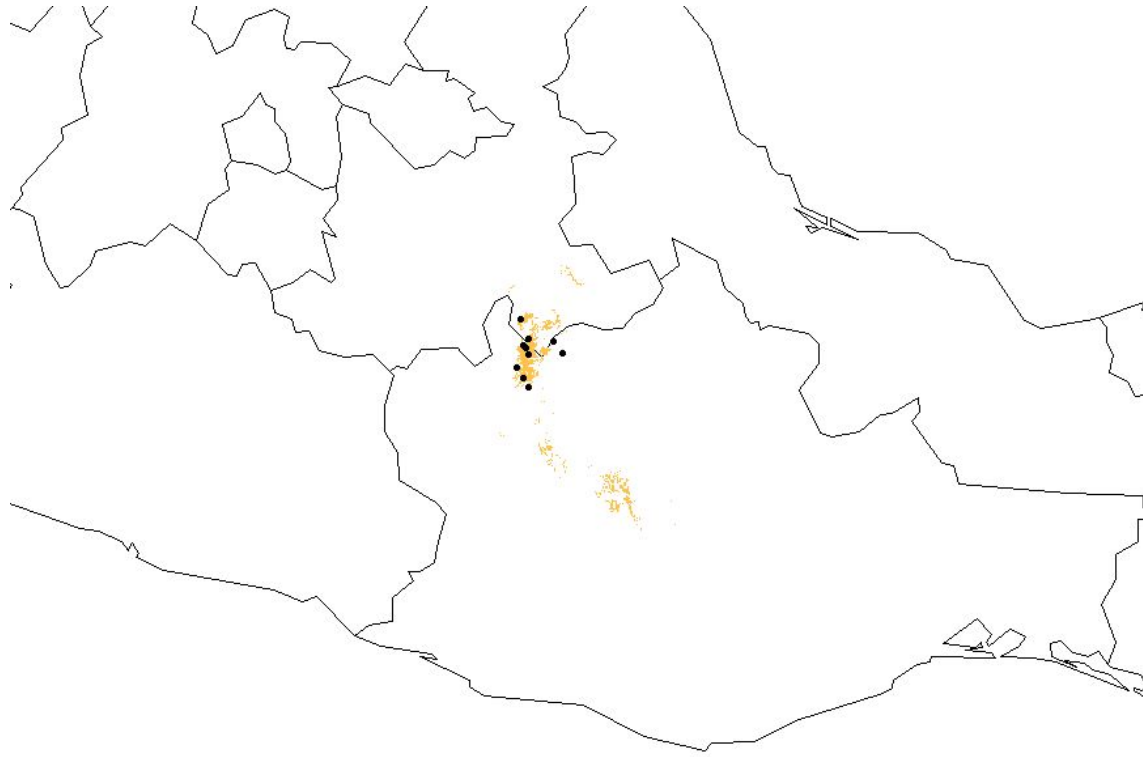




Pittocaulon velatum

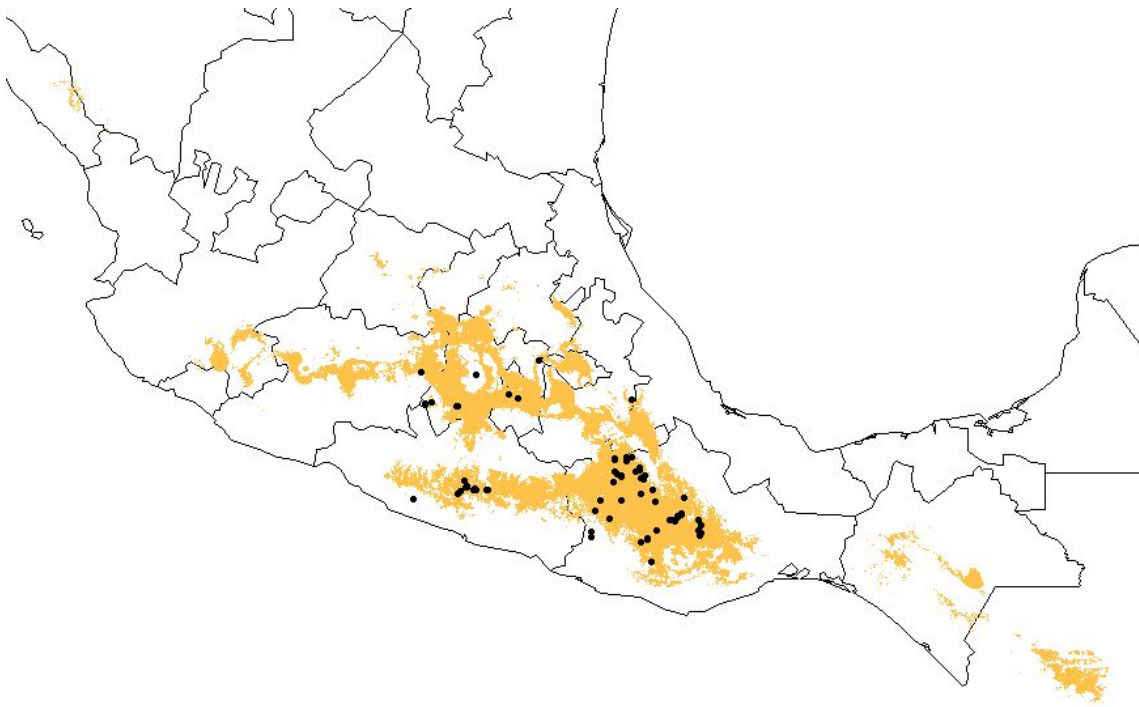


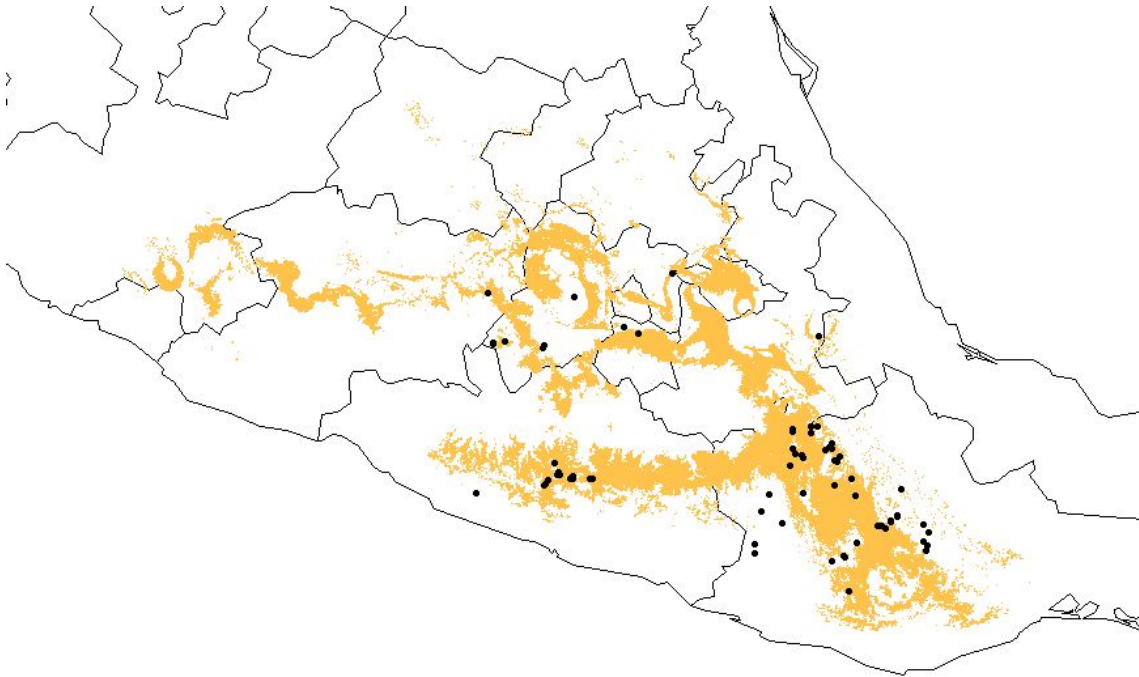
Psacaliopsis purpusii



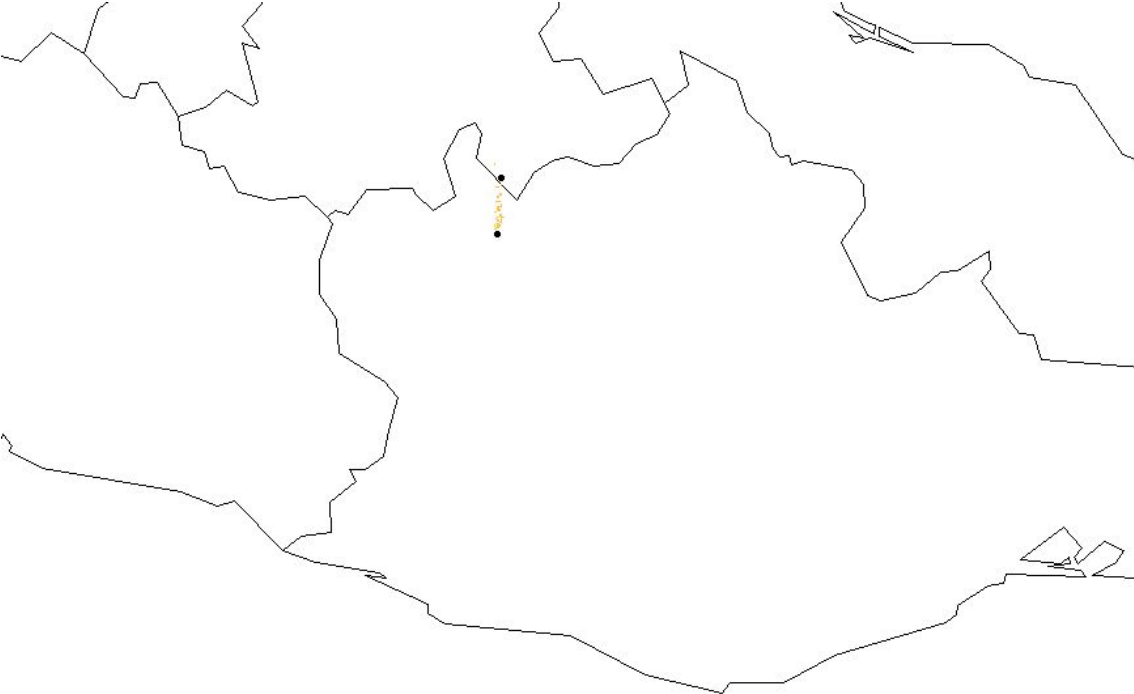


Psacalium amplifolium

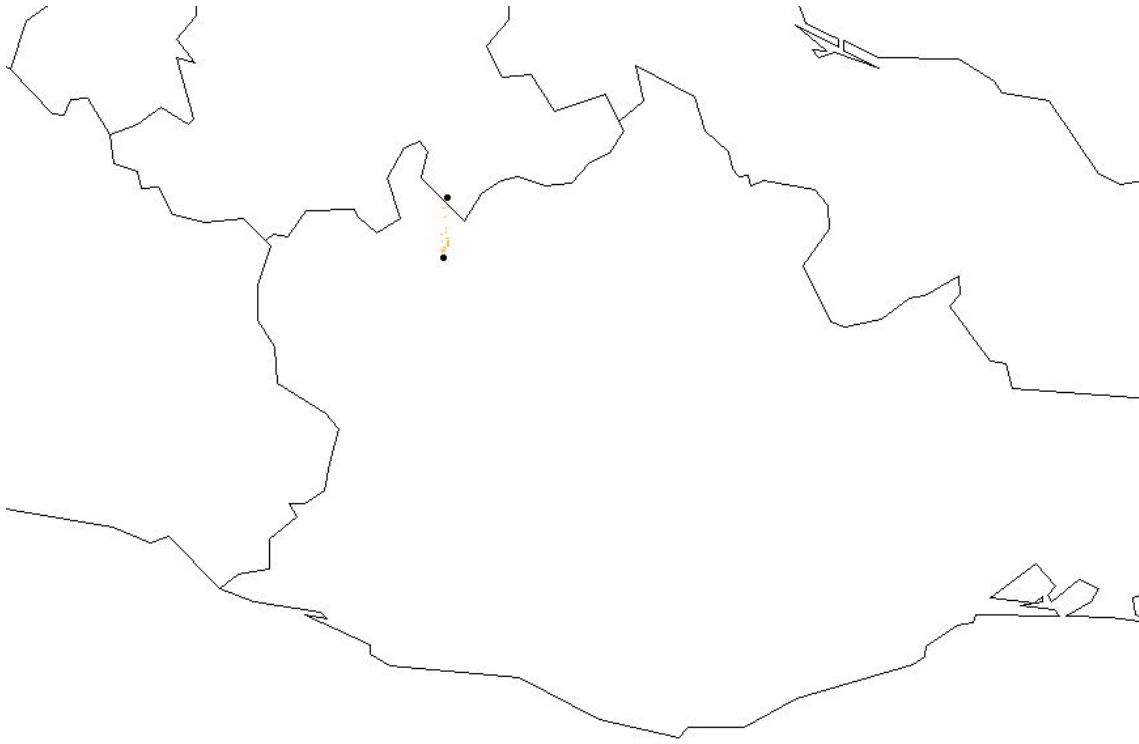




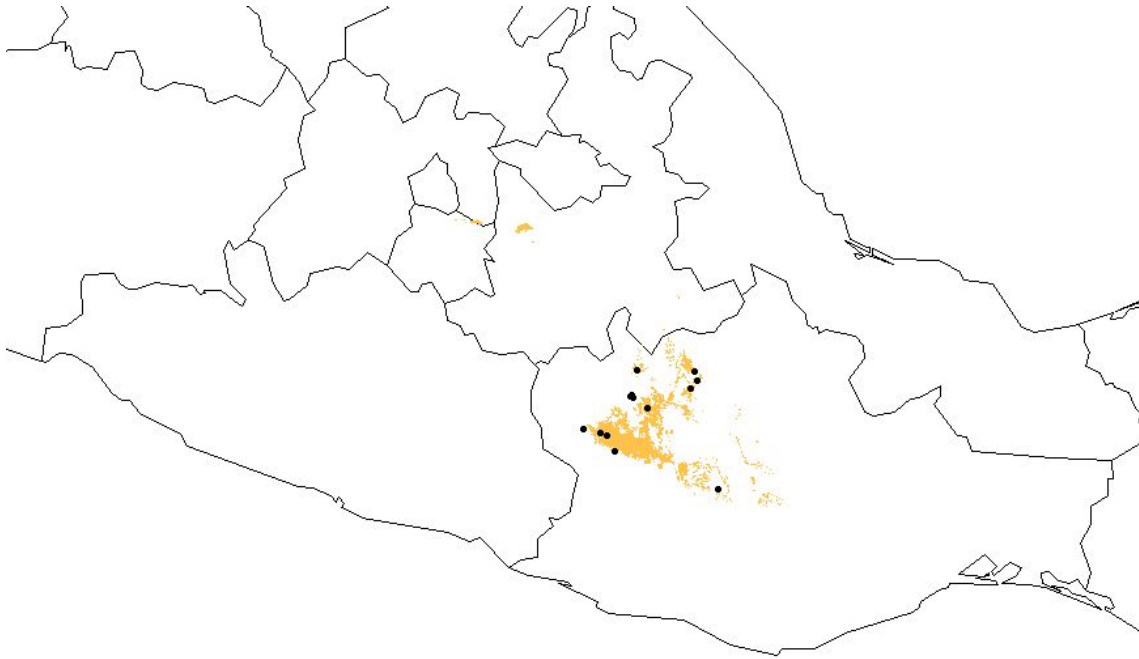
Psacalium calvum

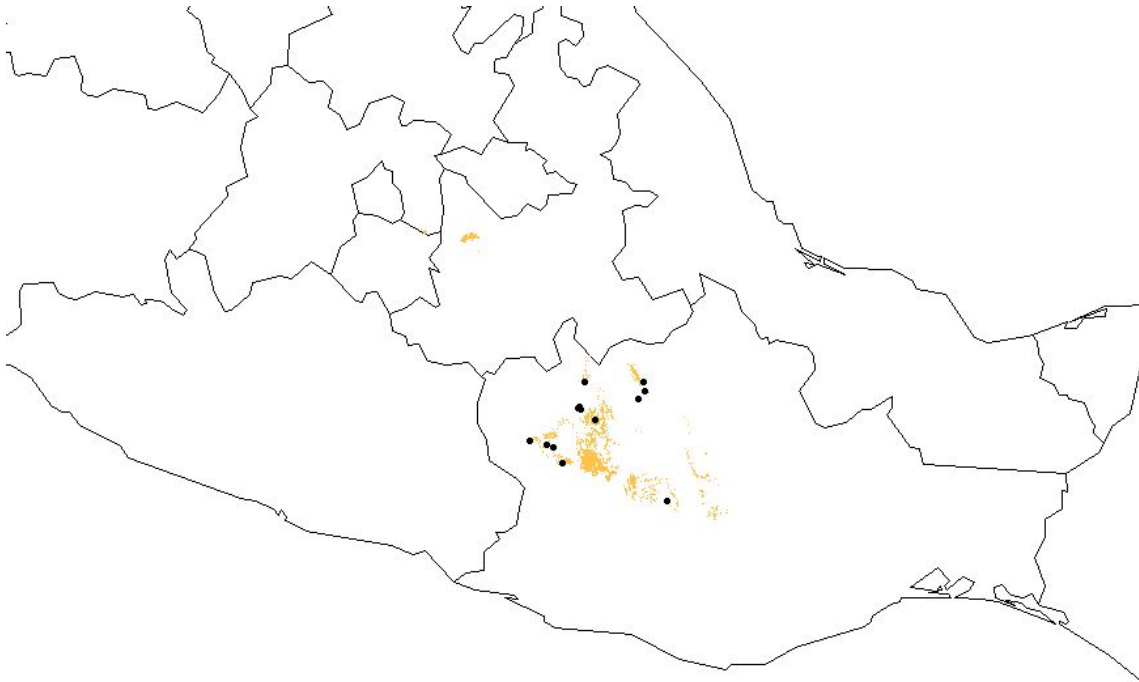


Suárez Mota M. E., 2006

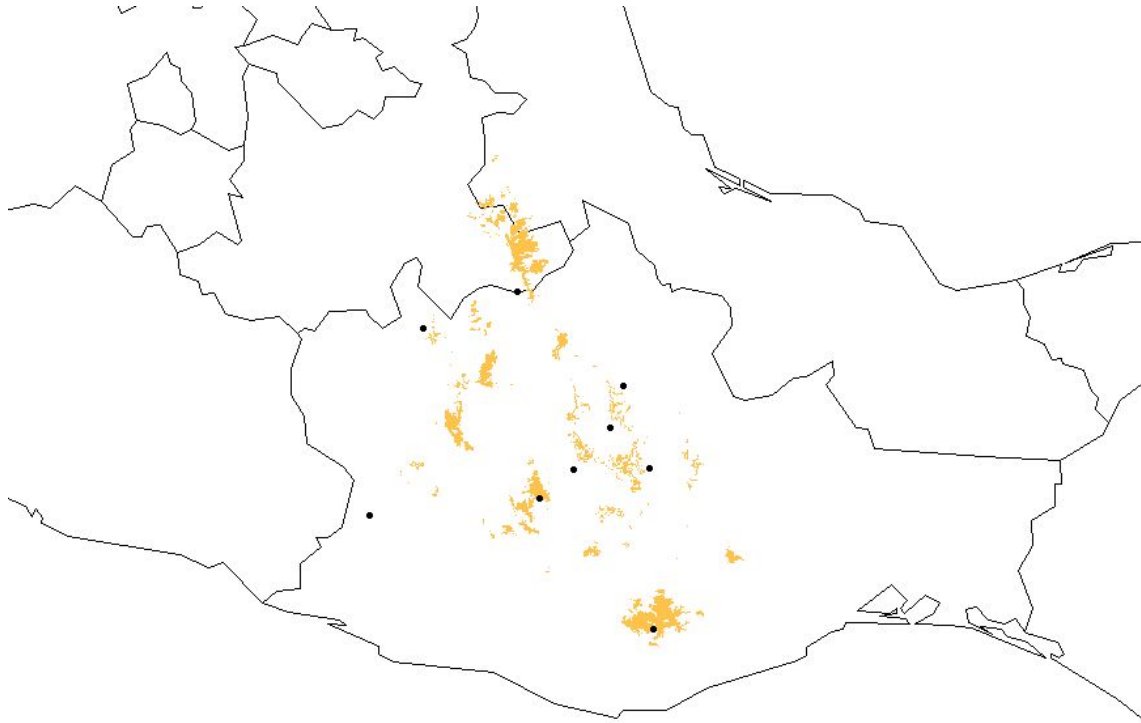


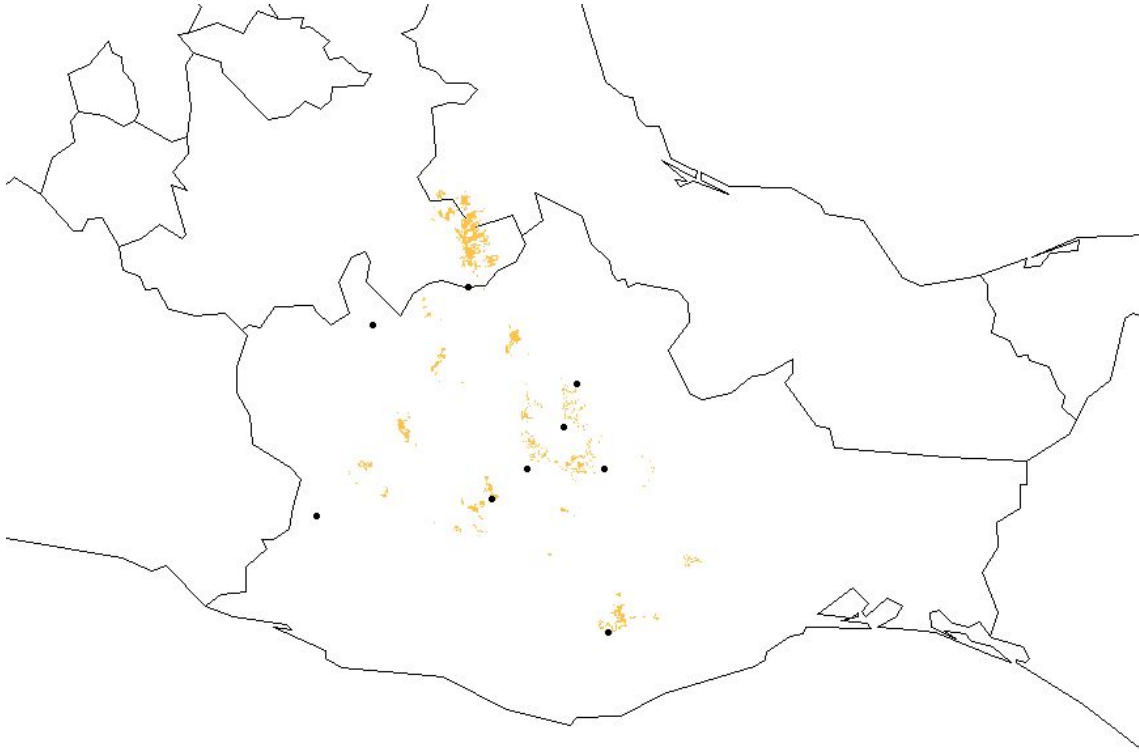
Psacalium paucicapitatum



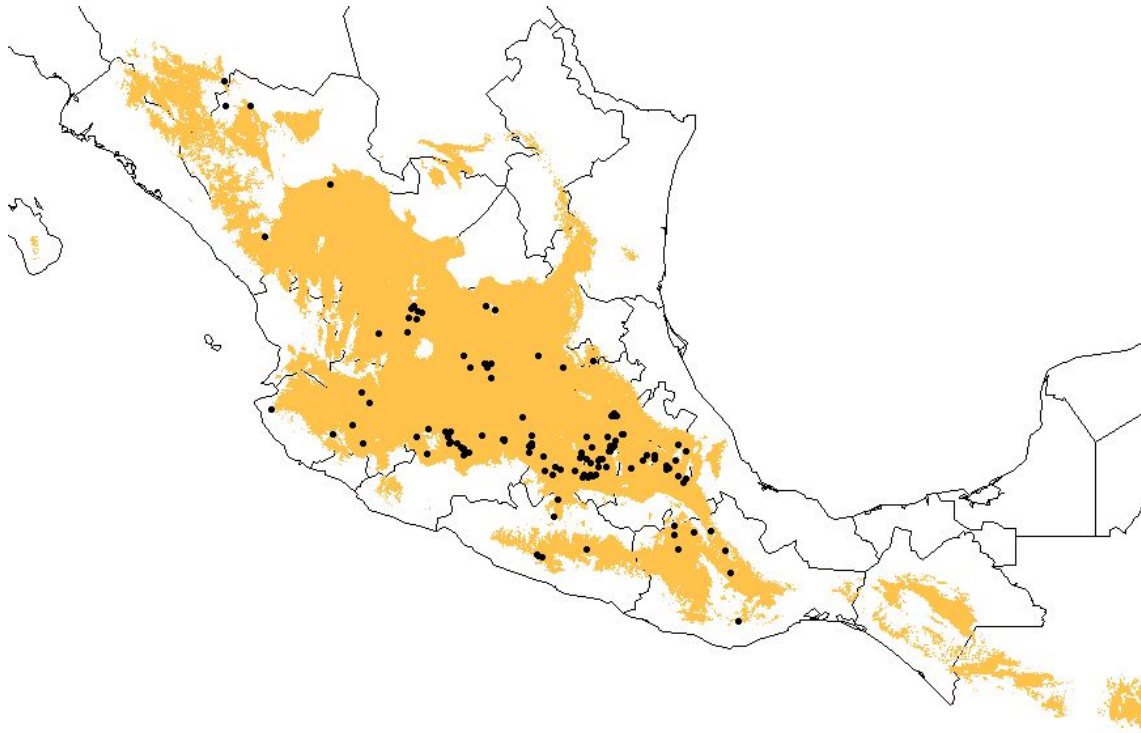


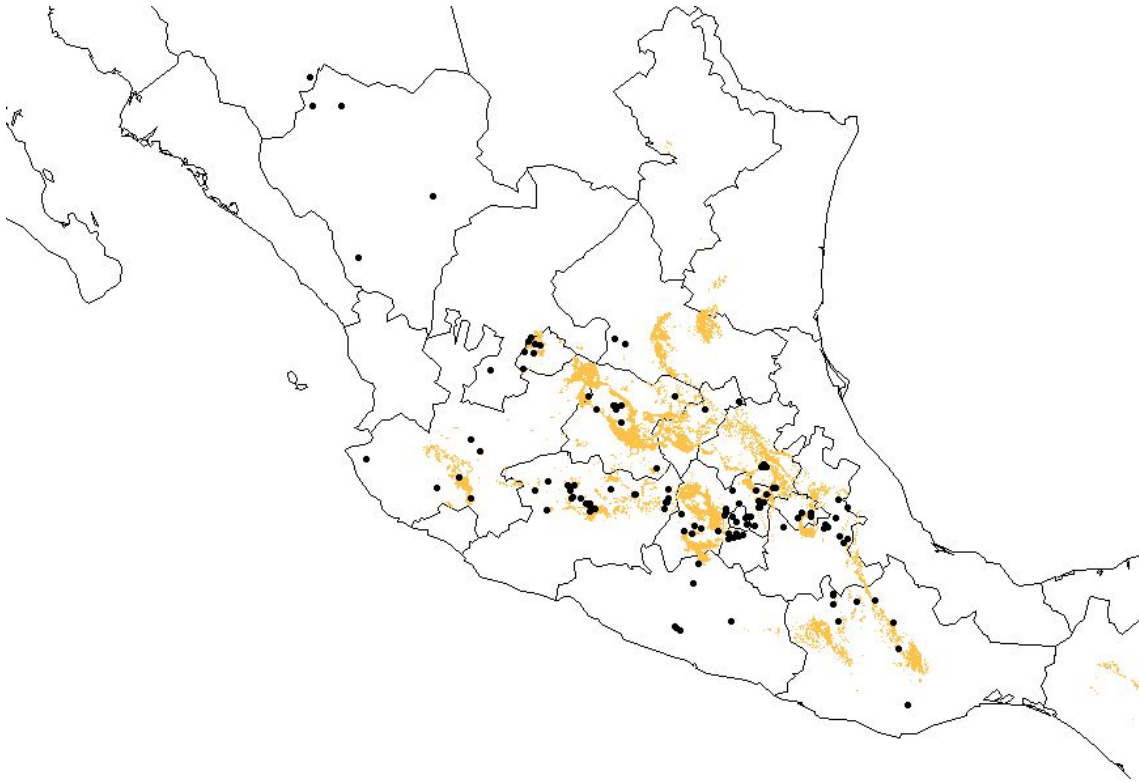
Psacalium peltatum conzattii



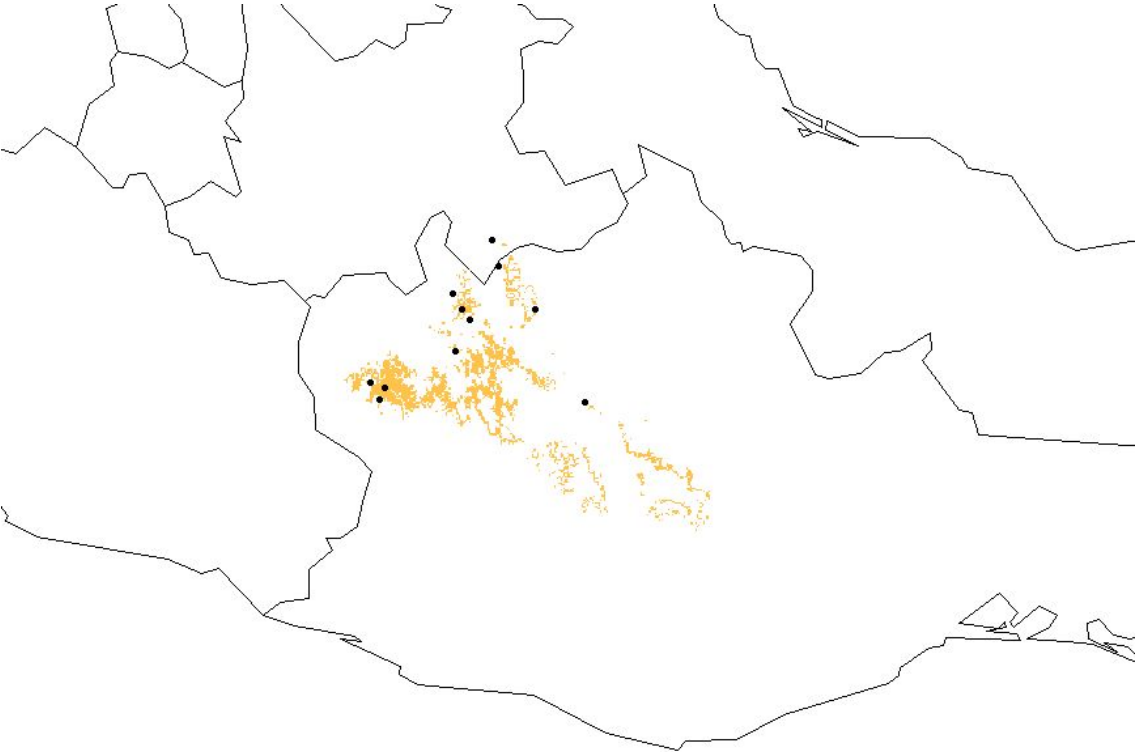


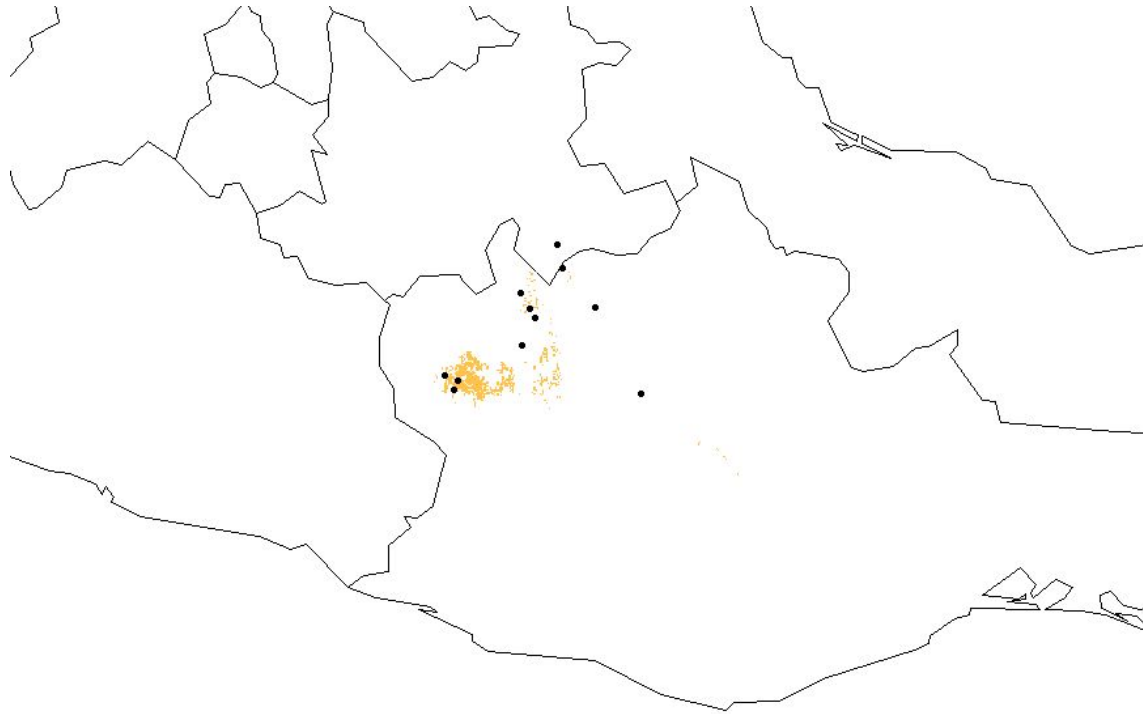
Psacalium peltatum peltatum



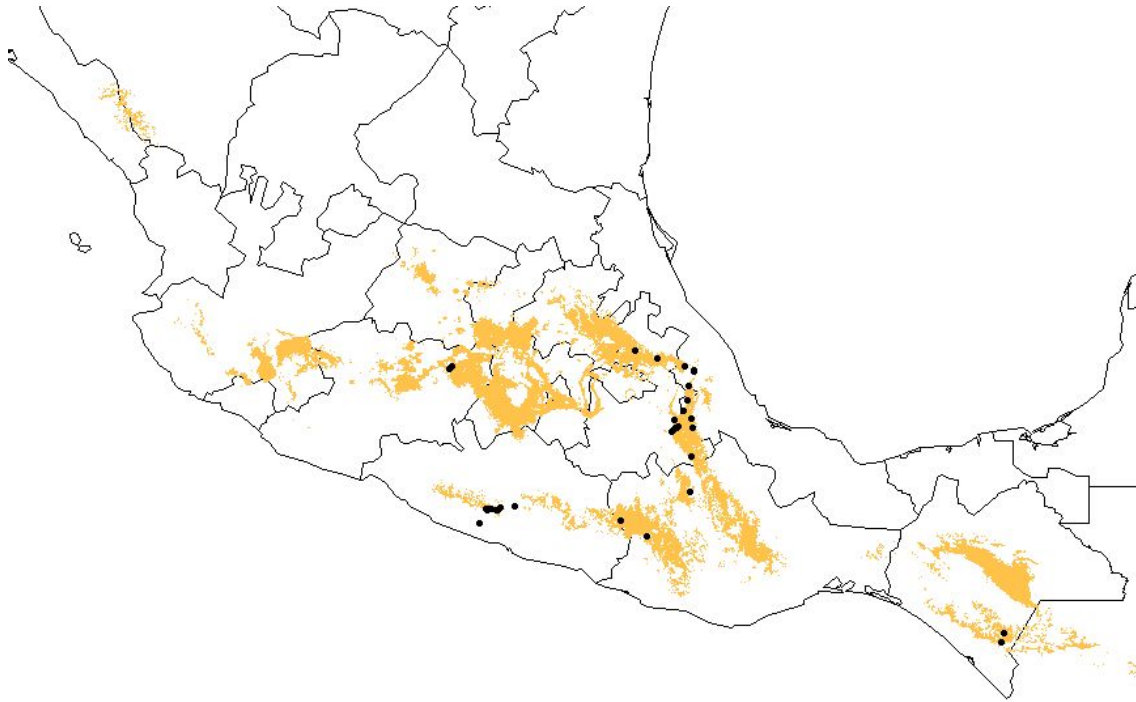


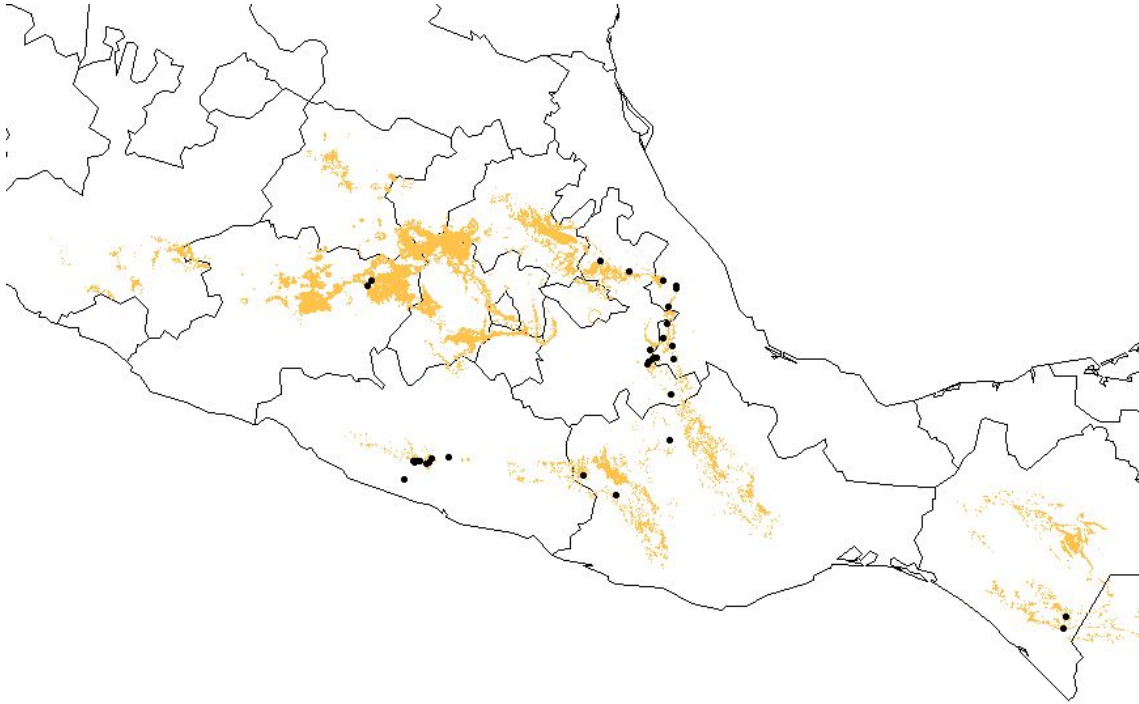
Psacalium purpusii



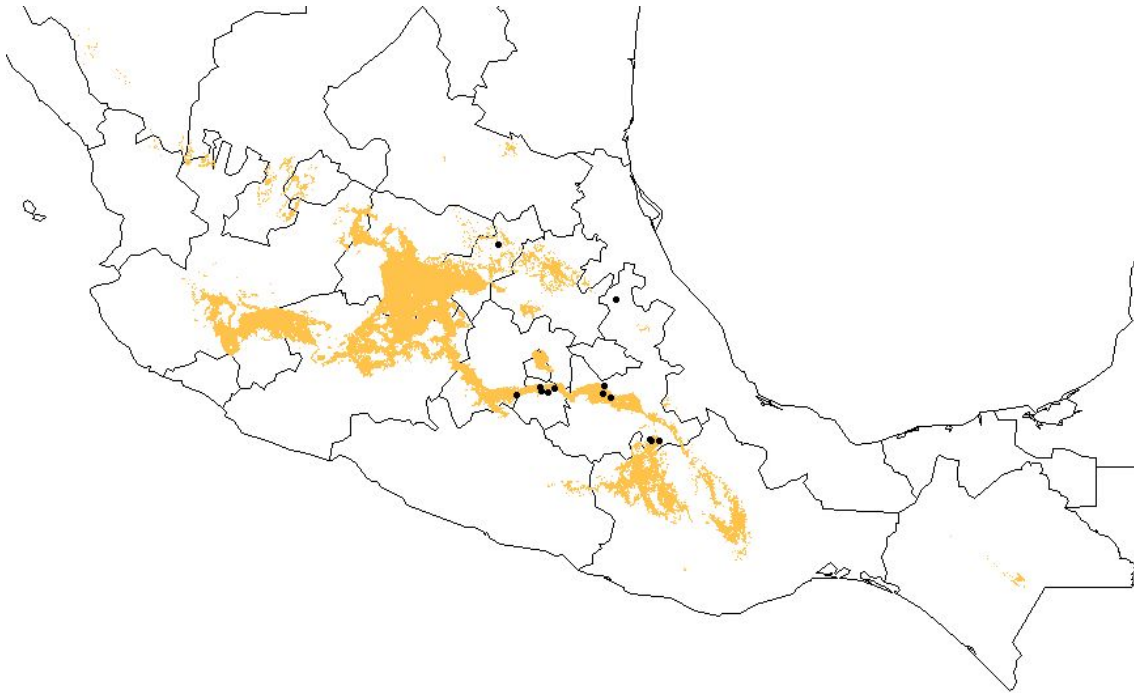


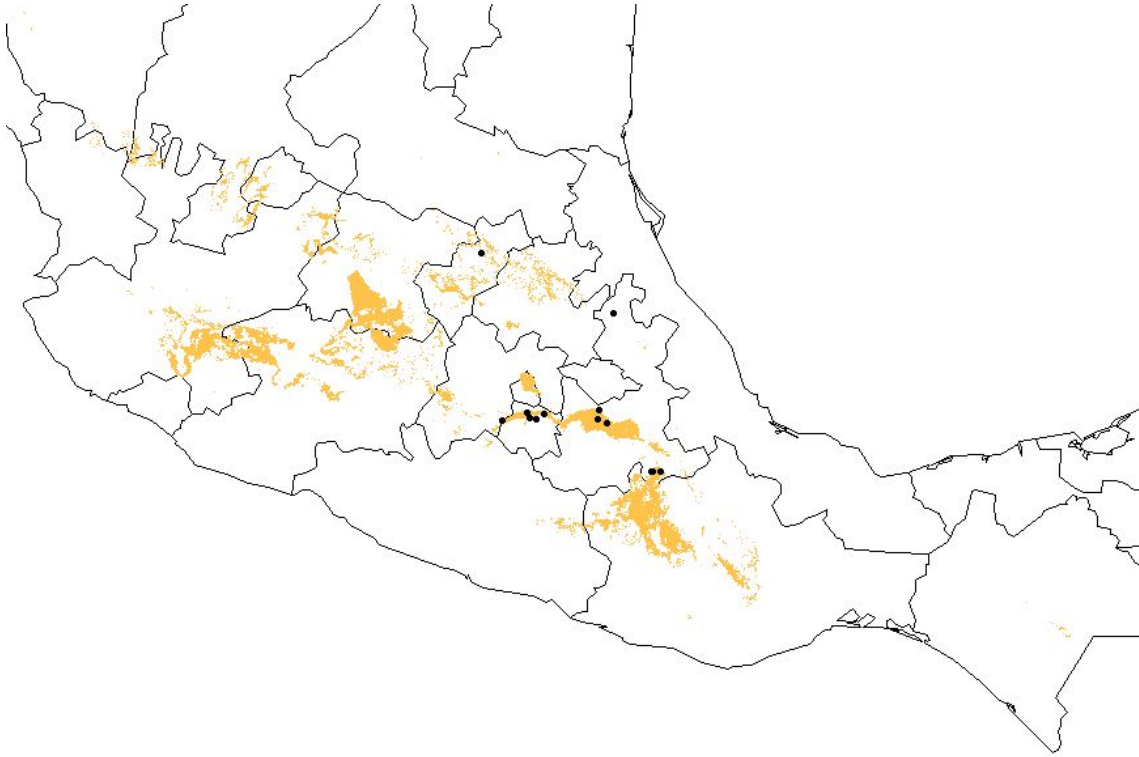
Psacalium tabulare



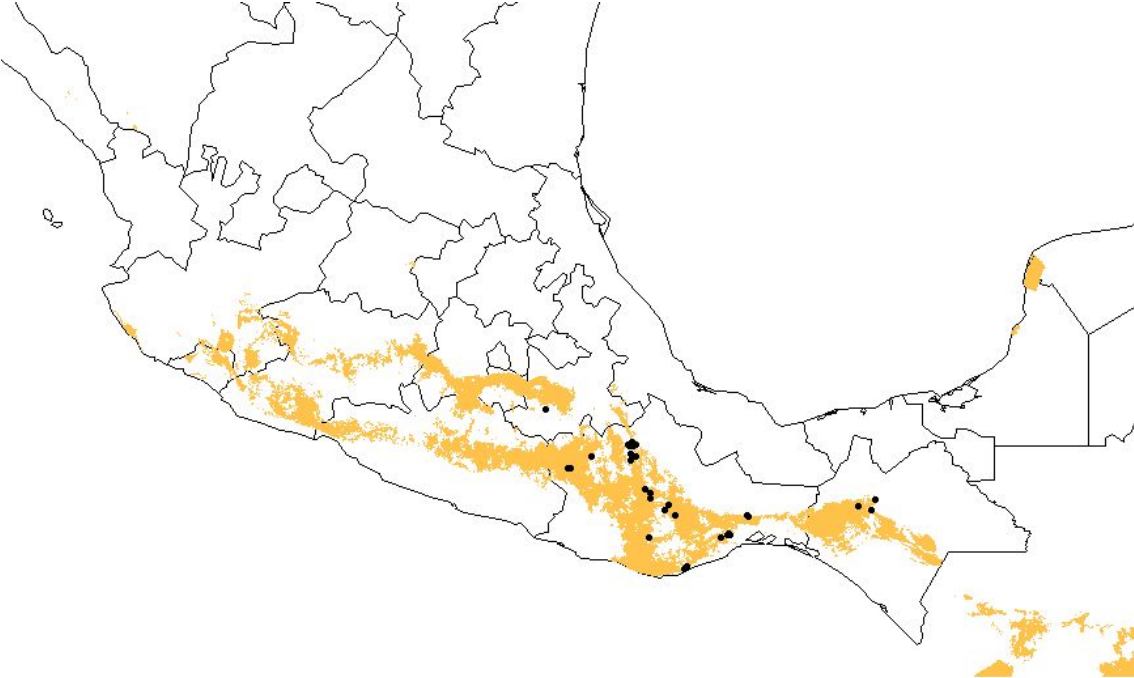


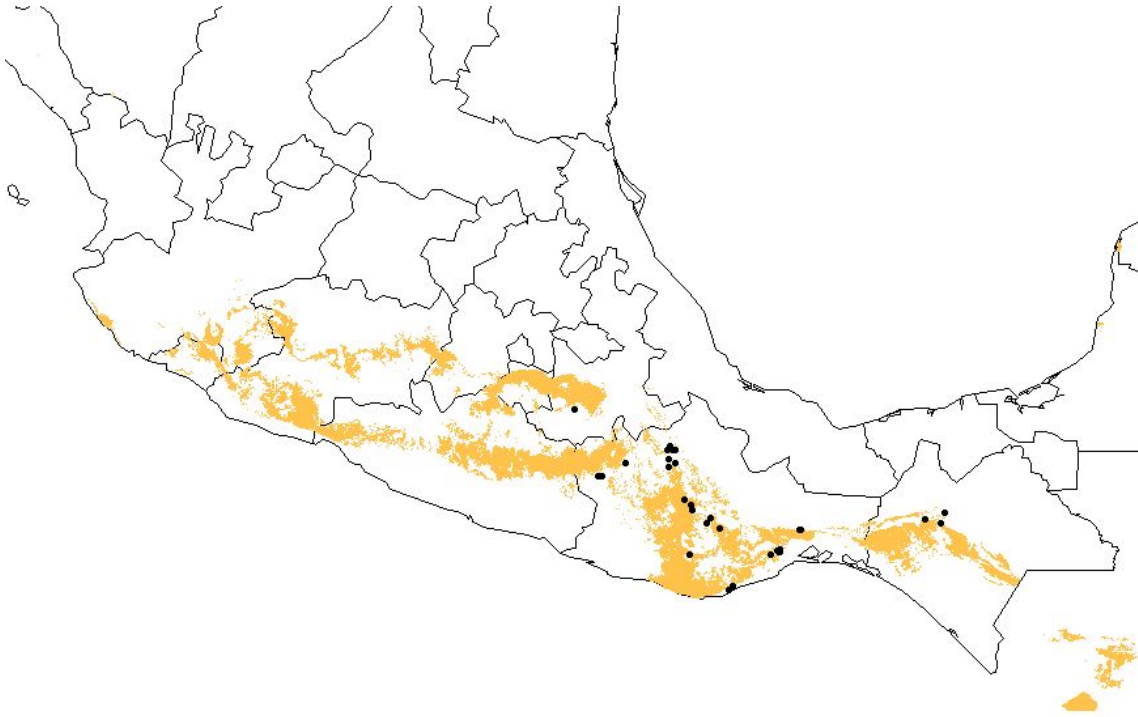
Roldana ehrenbergiana



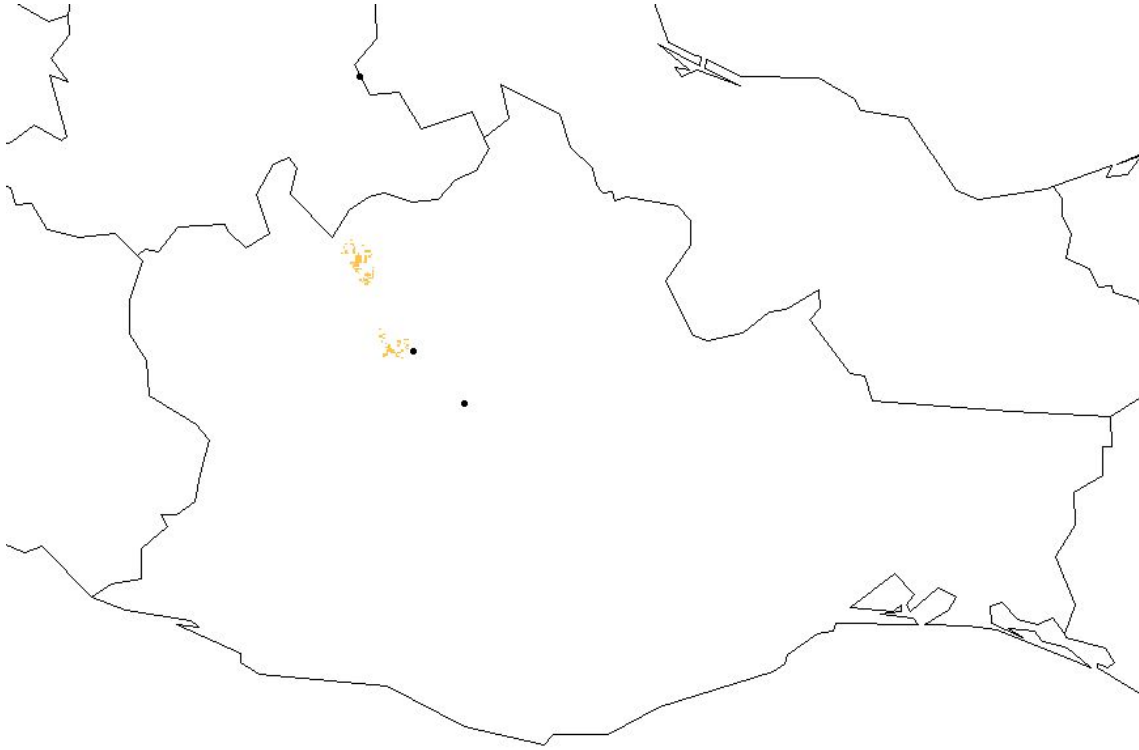


Roldana eriophylla



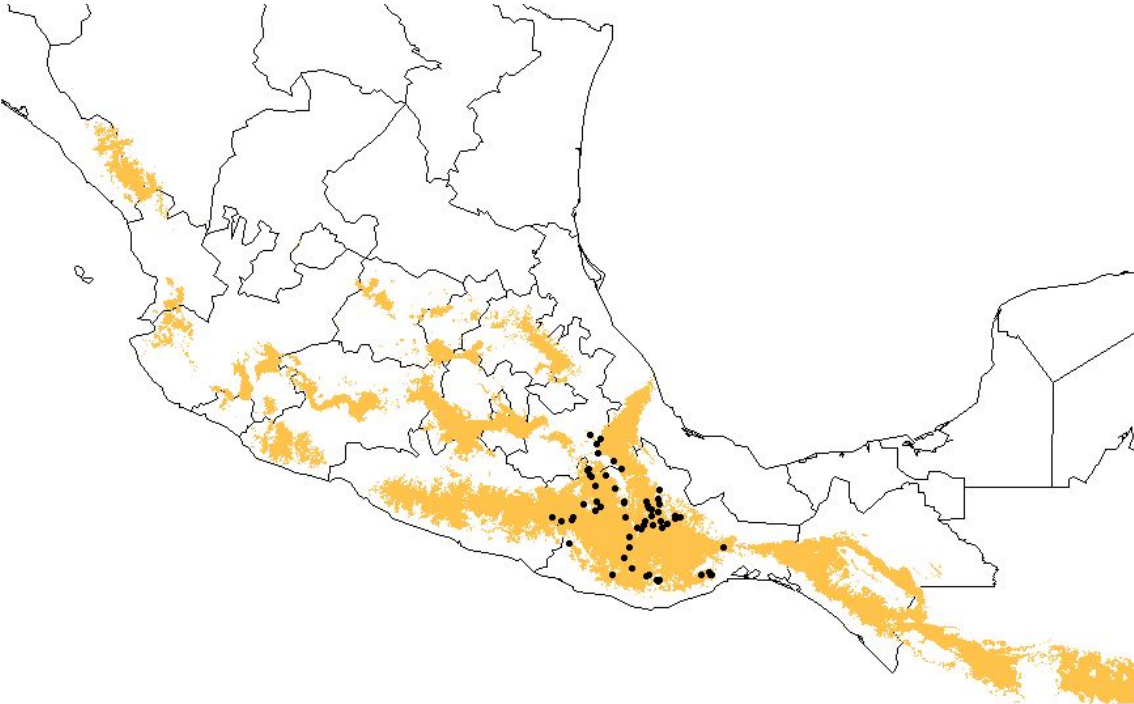


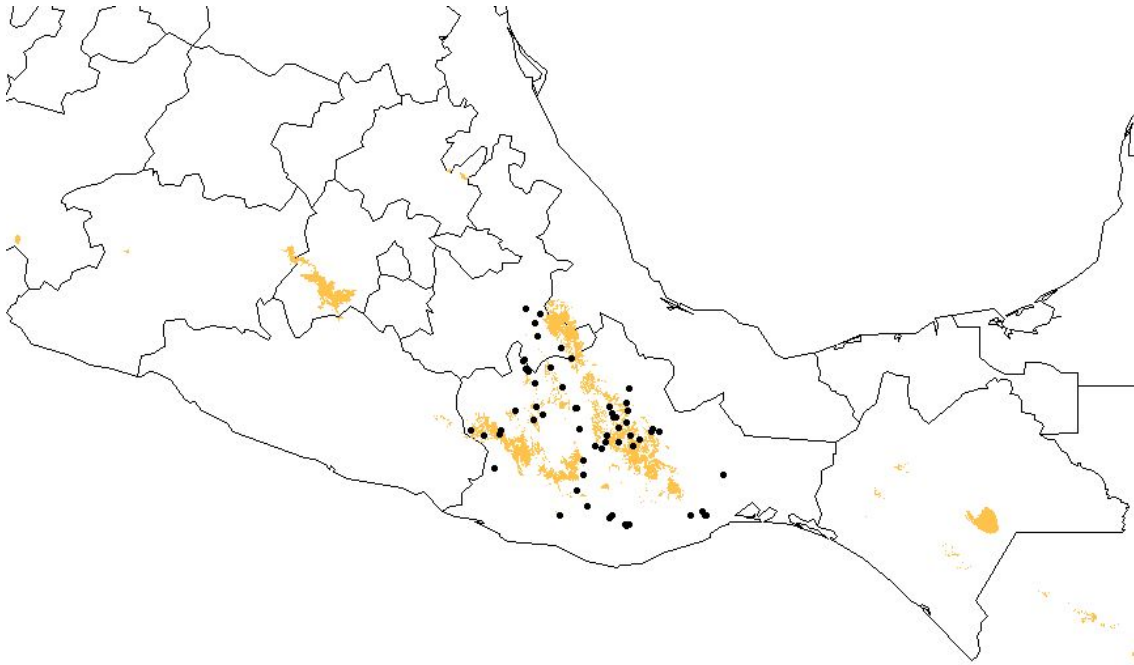
Roldana hederoides



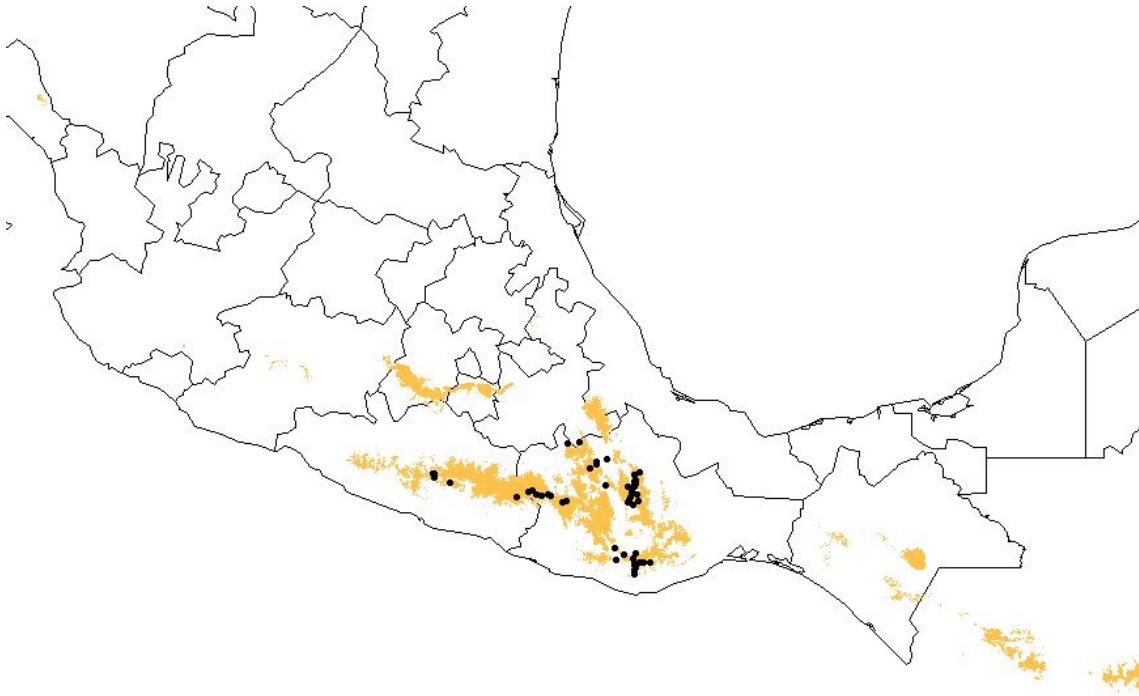


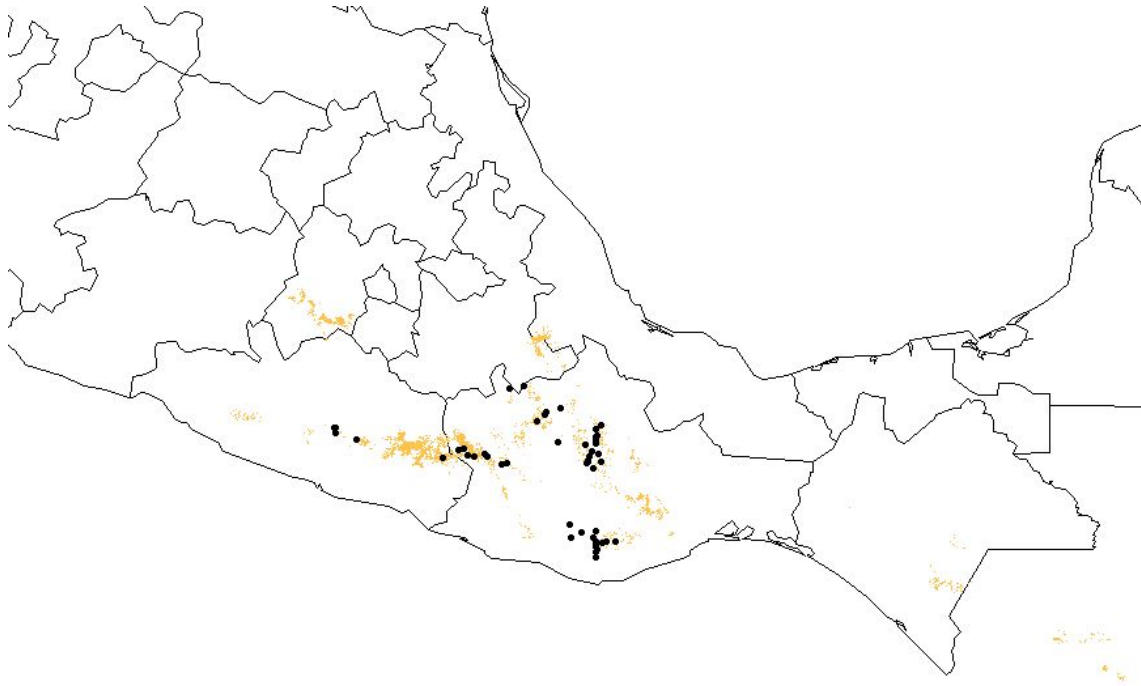
Roldana oaxacana



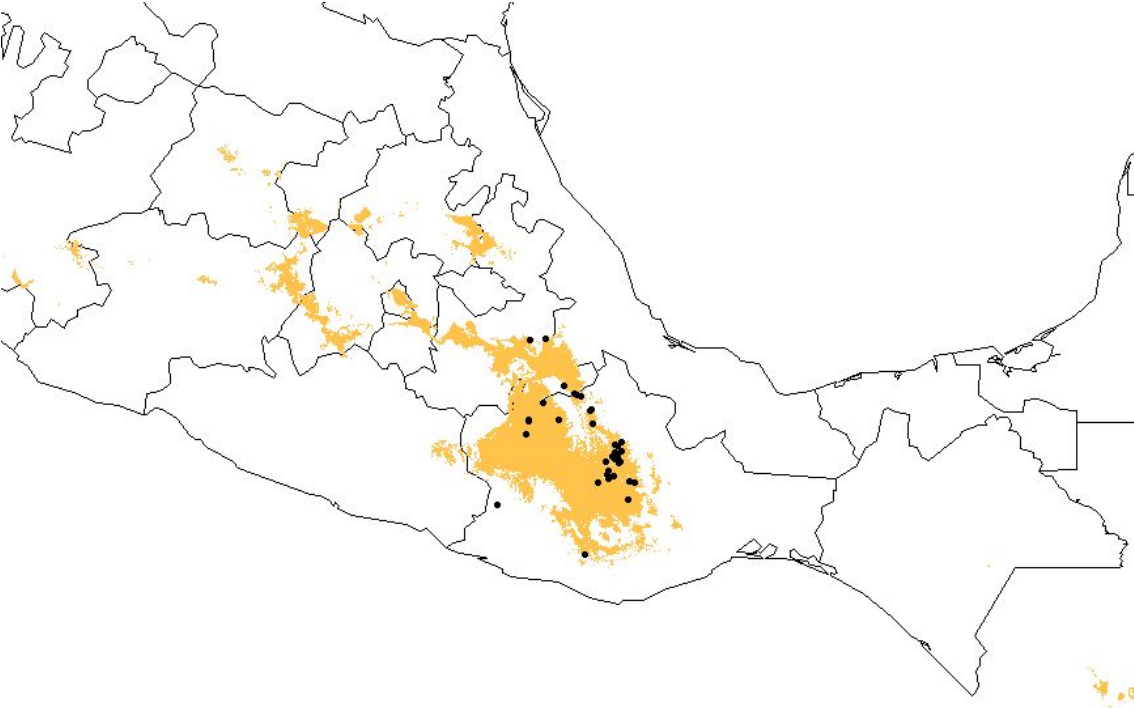


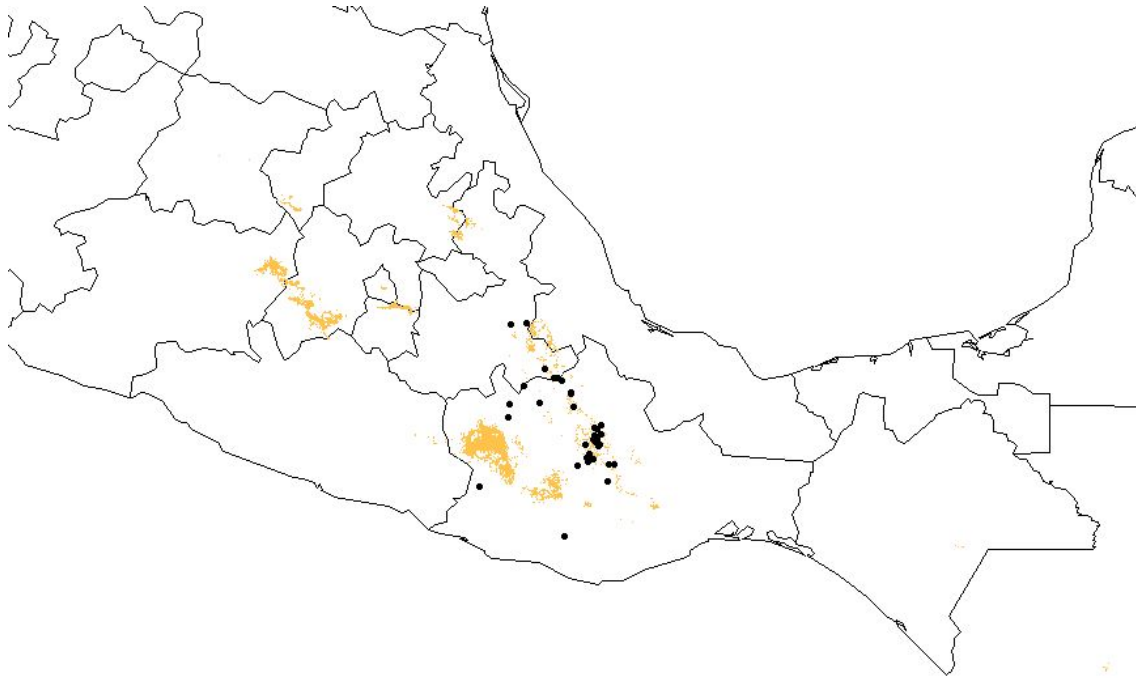
Senecio bracteatus



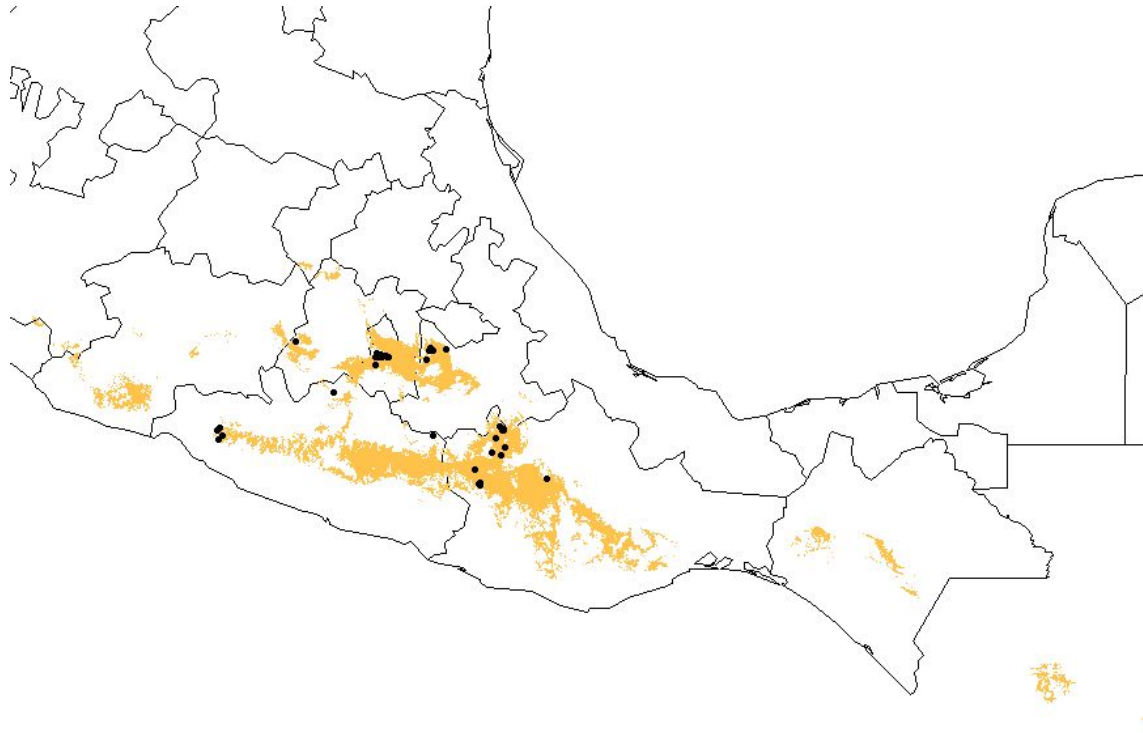


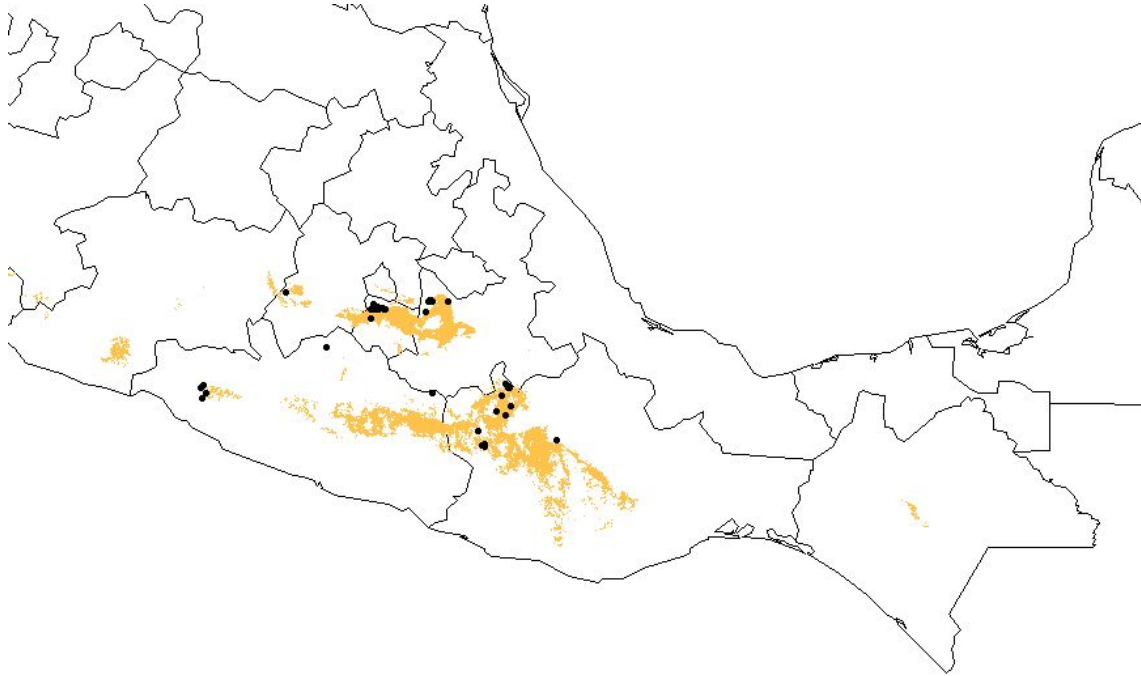
Senecio conzattii



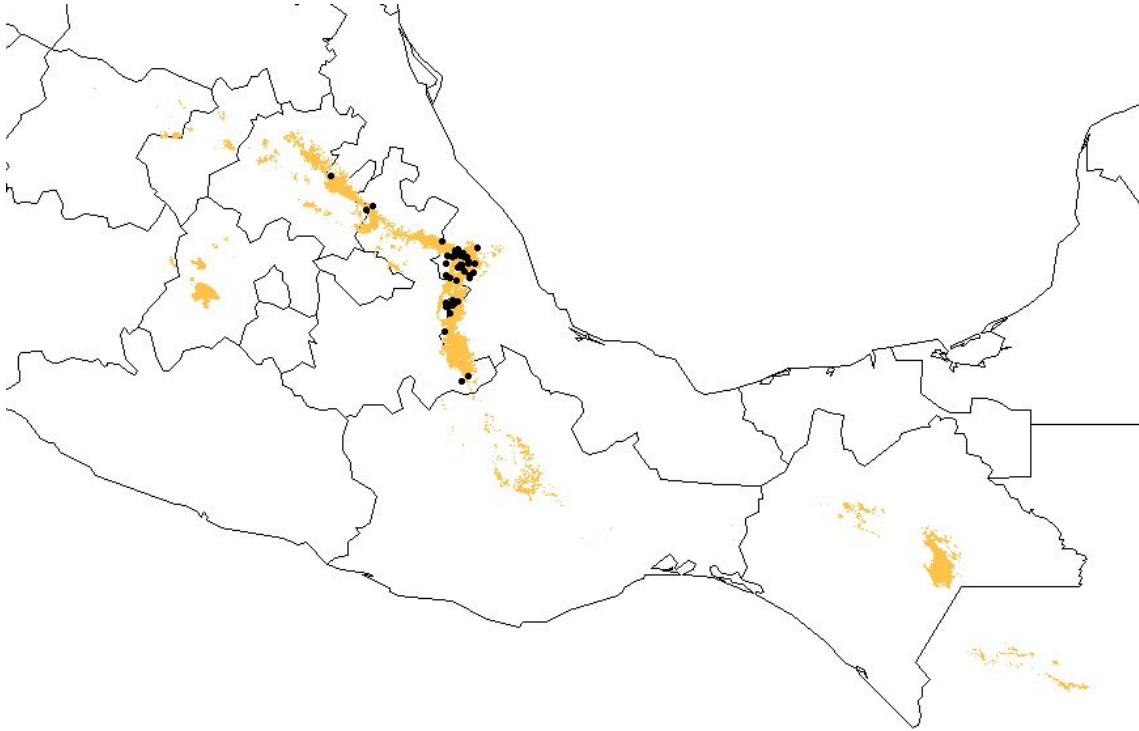


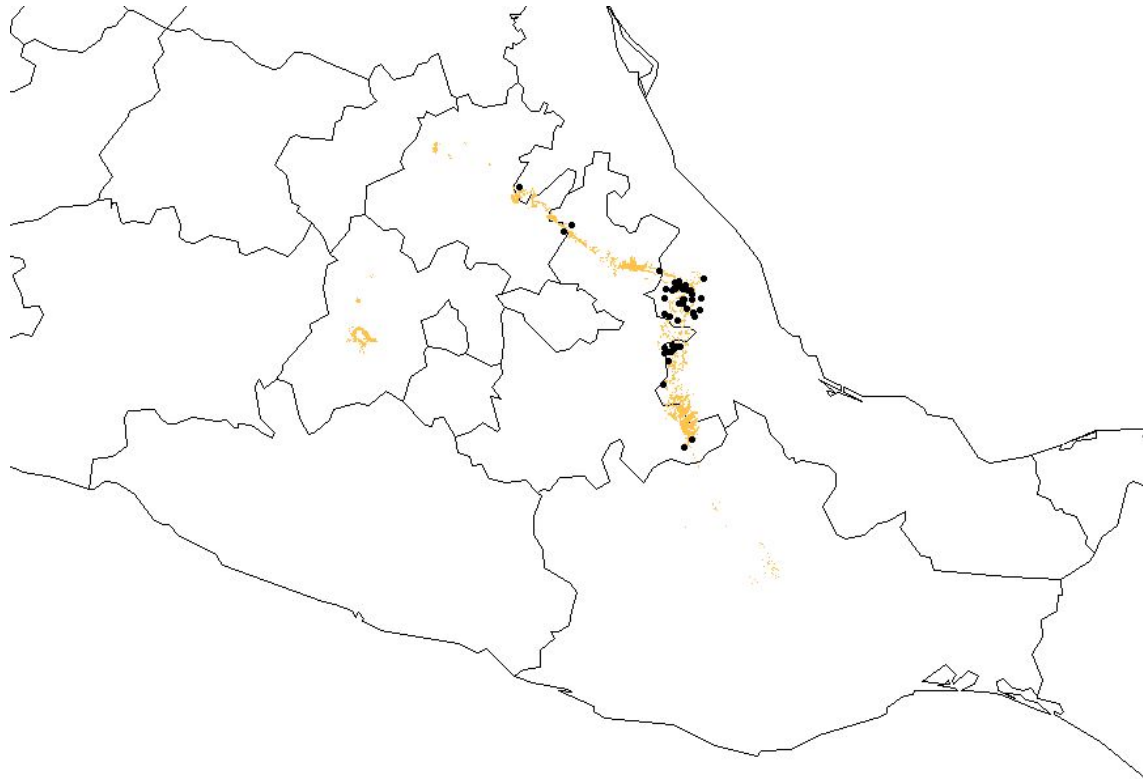
Senecio prionoapterus





Senecio runcinatus





LITERATURA CITADA

Andersson, L. 1996. An ontological dilemma: Epistemology and methodology of historical biogeography. *J. Biogeogr.* 23: 269-277.

Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa-Organista y R. Jiménez. 1997. Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Taller de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (Conabio), México, D.F.

Axerold, D. I. 1983. Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary Province. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 70: 629-657.

Barkley T. M., B. L. Clark y M. Funston 1994. *sensu lato* (Asteraceae: Senecioneae) in México and Central America. In D. J. N. Hind & H. J. Beentje (eds.). *Compositae: Systematic. Proceedings of International Compositae Conference*. Kew. (D.J.N. Hind, Editor in chief). Royal Botanical Garden. Vol. 1: 613-620.

Barkley T. M. 1990. A geo-historical perspective on distribution and variation in *Senecio* s. l. (Asteraceae, Senecioneae) in Mexico and C. America. *Plant. Systematic Evolution* 4: 113-119.

Belbin. 2004. PATN Versión 3.03. Blatant Fabrications PTY Ltd. Australia.

Brown, J.H., G.C. Stevens y D.M. Kaufman. 1996. The Geographic range: Size, Shape, Boundaries, and Internal Structure. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 27:597-623.

Challenger A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México: Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México 269-294.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), 1997. "Provincias biogeográficas de México". Escala 1:4 000 000. México.

Contreras-Medina, R. y H. Eloisa-León. 2001. Una visión panbiogeográfica preliminar de México en: Lorente, J. y J. J. Morrone (eds.) *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica*, Las Prensas de Ciencias, Fac. Ciencias, UNAM, México, D. F. 197-211 p.

Dávila, P., J.L. Villaseñor, R. Medina, R. Ramírez, A. Salinas, J. Sánchez-Ken y P. Tenorio. 1993. Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Dávila A. P., R. Medina, A. Ramírez y A. Salinas T. 1995. Análisis de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Endemismo y Diversidad. En: E. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. S. Elias (Eds.) *Conservación de Plantas en Peligro de Extinción: Diferentes Enfoques*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pags. 36-42.

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

ESRI (Environmental Scientific Research Institute) 2000. ArcView 3.2. ESRI. Redlands. California. U.S.A.

Fielding, A.H. y J.F. Bell. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.

García M., E. 1989. *Apuntes de Climatología*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 155 p.

Gentry, A. H. 1982. Neotropic Floristic Diversity: Phytogeographical Connections Between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuations or an Accident of the Andean Orogeny. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 69(3): 557-593.

Gonzalez Z. A. 2003. Biogeografía Histórica de las Especies de la Familia Asteraceae Endémicas a los Bosques Templados de la Sierra Madre Oriental. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 78 p.

Houlder, D.J., M.F. Hutchinson, H.A. Nix, y J.P. McMahon. 2000. ANUCLIM 5.1. User guide. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.

Hutchinson, M.F. y P. E. Gessler. 1994. Splines: more than just a smooth interpolator. *Geoderma* 62:45-67.

Hutchinson, M.F. 1995a. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. *International Journal of Geographic Information Systems* 9:385-403.

Hutchinson, M.F. 1995b. Stochastic space-time weather models from ground-based data. *Agricultural and Forest Meteorology* 73:237-264.

Hutchinson, M.F. 1997. ANUSPLIN. Version 4.1. User guide. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.

Iltis, H. H. 1999. Setchellanthaceae (Capparales), a new family for a relictual, glucosinolate-producing endemic of the Mexican deserts. *Taxon* 48: 257-275.

Jenness, J. y J. J. Wynne. 2006. Kappa analysis (kappa_stets.avx) extension for ArcView 3.x. Jenness Enterprises.

Kovach, 2004. Multivariate Statistical Package (MVSP) 3.1. Kovach Computing Services.

Lindenmayer, D.B., H.A. Nix, J.P. McMahon, M.F. Hutchinson y M.T. Tanton. 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.

Lindenmayer, D.B., B.G., Mackey y H.A. Nix. 1996. The bioclimatic domains of four species of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. *Australian Forestry* 59 (2): 74-89.

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*, Las Prensas de Ciencias, Fac. Ciencias, UNAM, México, D. F. 1-14 p.

Luna-Vega I., J. J. Morrone, O. Alcántara Ayala y D. Espinosa Organista. 2001. Biogeographical affinities among Neotropical cloud forests. *Plant Syst. Evol.* 228: 229-239.

Méndez, L.I. 1990. Las *Scrophulariaceae* de Oaxaca, sus géneros y lista de especies. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 194 p.

Méndez-Larios I. y J. L. Villaseñor. 2001. La Familia *Scrophulariaceae* en México: Diversidad y Distribución. *Bol. Soc. Bot. México* 69: 101-121.

Méndez-Larios I., E. Ortiz, J. L. Villaseñor. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 75 (1): 87-104.

Suárez Mota M. E., 2006

Morafka, D. J., Adest, G. A., Reyes, L.M., Aguirre, G. y S. Lieberman. 1992. Differentiation of North American Deserts: A Phylogenetic Evaluation of a Vicariance Model. In S. P. Darwin A. L. Welden (ed.) Biogeography of Mesoamerica. Tulane University, New Orleans. Pags. 195-226.

Morrone, J. J. 2001. Sistemática, Biogeografía, Evolución: los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio. Museo de Zoología Alfonso L. Herrera, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 123 p.

Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 76 (2): 207-252.

Morrone, J. J. 2006. Biogeographic Areas and Transition Zones of Latin America and the Caribbean Islands Based on Panbiogeographic and Cladistic Analyses of the Entomofauna. Annu. Rev. Entomol. 51: 467-494

Nix, H. A. 1986. A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes. Atlas of elapid snakes (ed. by R. Longmore). Pp. 4-15. Australian Flora and Fauna Series No. 7.

Ochoa, T.V. 2001. Geomorfología, Clima y Vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán Pue.-Oax. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 85 p.

Ortiz-Bermúdez E. J. L. Villaseñor y O. Tellez 1998. La Familia Asteraceae en el Estado de Nayarit, México. Acta Botánica Mexicana 44: 25-57.

Rapoport, E. H. y J. A. Monjeau. 2001. Aerografía en: Llorente, J. y J. J. Morrone (eds.) Introducción a la biogeografía en Latinoamérica, Las Prensas de Ciencias, Fac. Ciencias, UNAM, México, D. F. 23-30 p.

Rzedowski, J. 1973. Geographical Relationships of the Flora of Mexican Dry Regions. En Alan Graham (Ed.) Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America. Pags. 61-73. Elsevier Scientific Company. Amsterdam.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.

Rzedowski, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Bot. Mexicana 14: 3-21.

Rzedowski, J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Botánica. Mexicana 15: 47-64.

Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En: Hernández, H. M., A. N. García A., F. Alvarez y M. Ulloa (compiladores). Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 153-172 p.

Smith, C.E. 1965. Flora, Tehuacán Valley. Fieldiana Botany 31: 101-143

Suárez-Mota, M. E. 2001. Patrones de la Distribución Geográfica de las Asteraceae Endémicas de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 41 p.

Strother, J. L. 1991. Taxonomy of *Complaya*, *Elaphandra*, *Iogeton*, *Jefea*, *Wamalchitamia*, *Wedelia*, *Zexmenia* and *Zyzyxia* (Compositae-Heliantheae-Ecliptinae). Systematic Botany Monographs 33: 1-111.

Tellez-Valdés O. y P. Dávila-Aranda 2003. Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. Conservation Biology. 17(3): 1-9.

Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo (México) 81:17-30.

Turner, B. L. y G. L. Nesom. 1997. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. En: Ramamoorthy, T. P, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.) Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. Págs. 545–561.

Valiente-Banuet, A., A. Casas, A. Alcántara-Egúren, P. Dávila, N. Flores-Hernández, J.L. Villaseñor, J. Ortega-Ramírez y J.A. Soriano. 2001. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México (67) pag. 25 -73.

Villaseñor, J. L. 1986. Revisión de *Senecio* Sección *Mulgedifolii* (Compositae: Senecioneae). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Villaseñor, J.L. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. *Aliso* 12: 685-692.

Villaseñor, J.L., P. Dávila, y F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México*. 50: 135-149.

Villaseñor, J.L. 1991a. Las Heliantheae endémicas a México: una guía hacia la conservación. *Acta Bot. Mexicana* 15: 29-46.

Villaseñor, J. L. 1991b. The systematic of *Senecio* Section *Mulgediifolii* (Asteraceae: Senecioneae) Faculty of the Claremont, California.

Villaseñor, J.L. 1993. La Familia Asteraceae en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 44: 117–124.

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

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

Villaseñor, J.L. y O. Téllez V. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 75 (2): 205-220.

Zunino, M. y A. Zullini. 2003. Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 359 p.