



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**EL VALOR DE LAS ESPECIES ENDÉMICAS Y RARAS
COMO UN SUSTITUTO DE LA BIODIVERSIDAD:
ESTUDIO DE CASO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
TEHUACÁN-CUICATLÁN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

ALCASIO RANGEL SALOMÉ

DIRECTOR DE TESIS: DR. OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS

Tlalnepantla, Estado de México 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los miembros del sínodo las sugerencias hechas así como el tiempo y los espacios que me brindaron para la revisión y corrección de este trabajo, de manera muy especial agradezco al **Dr. Oswaldo Téllez Valdéz** la dirección de esta tesis, la paciencia y toda la ayuda que me brindó siempre.

Dr. Rafael Lira Saade

Dr. Raymundo Montoya Ayala

Dr. Salvador Rodríguez Zaragoza

Biol. Edith López Villafranco

Biol. Marcial García Pineda

A Dios por permitirme dar este pequeño paso

*A mi Mamá por enseñarme el incalculable valor de tener una familia,
a luchar día a día, por lo que se quiere, gracias Má
por el regalo más grande que me hiciste, mi educación.
Te quiero mucho Má.*

*A mi hermano por caminar juntos en los momentos
más difíciles, estoy orgullosa de tenerte como hermano
y agradecida por ser tú amiga.*

*A todos mis tíos y de manera muy especial
a mi Abue, mi tío Sebas, mis tias Ana y Blanca
por su apoyo incondicional siempre, gracias.*

*A todos y cada uno de mis amigos con quienes
compartí un espacio y un tiempo en mi formación
personal y académica en especial a ti Fany gracias
por todo el apoyo y sobre todo por tu amistad.*

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE DE ANEXOS

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

INTRODUCCION _____ 1

ANTECEDENTES _____ 5

OBJETIVO _____ 6

METAS _____ 7

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO _____ 8

MATERIALES Y METODOS _____ 12

RESULTADOS _____ 16

DISCUSIÓN _____ 32

BIBLIOGRAFIA _____ 37

ANEXOS _____ 43

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Listado florístico de especies endémicas a la reserva	42
Anexo 2.- Perfiles de cinco especies por columnas	44
Anexo 3.- Modelos bioclimáticos realizados para cinco especie	44
Anexo 4.- Listado florístico por grupo	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros climáticos	12
Cuadro 2. Resultados del ACP	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.-Ubicación geográfica de la reserva	8
Figura 2.-Dendograma	16
Figura3.-Distribución Geográfica del Grupo 1	17
Figura 4.-Distribución Geográfica del Grupo 2	18
Figura 5.-Distribución Geográfica del Grupo 3	18
Figura 6.-Distribución Geográfica del Grupo 4	19
Figura 7.- Distribución Geográfica del Grupo 5	20
Figura 8.- Distribución Geográfica del Grupo 6	20

Figura 9.- Distribución Geográfica del Grupo 7	21
Figura 10.- Distribución Geográfica del Grupo 8	22
Figura 11.- Distribución Geográfica del Grupo 9	22
Figura 12.- Distribución Geográfica del Grupo 10	23
Figura 13.- Distribución Geográfica del Grupo 11	24
Figura 14.-Resultados del análisis de componentes principales	25
Figura 15.- Tabla o Cuadro de dos vías	26
Figura 16.-Hot spot 1 propuesto para la RBTC	27
Figura 17.-Hot spot 2 propuesto para la RBTC	28
Figura 18.-Hot spot 3 propuesto para la RBTC	28
Figura 19.-Hot spot 4 propuesto para la RBTC	29
Figura 20.-Hot spot 5 propuesto para la RBTC	29
Figura 21.-Hot spot 6 propuesto para la RBTC	30

RESUMEN

Se emplearon 112 especies de plantas vasculares endémicas a la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) como sustitutos de la biodiversidad como una estrategia de conservación para la determinación de áreas prioritarias en la RBTC. Se seleccionó a las especies endémicas de acuerdo con sus altos valores de irremplazabilidad, su vulnerabilidad a la extinción, su alta intensidad y frecuencia en cuanto a diferencias ambientales, históricas y ecológicas, así como su permanencia en la región y sobre todo, por poseer combinaciones genéticas únicas, considerándose así, como un posible indicador adecuado para nuestro objetivo. Se generaron modelos de nicho ecológico (modelos de distribución potencial) con el fin de tener un panorama más completo de la posible distribución total de cada una de las especies. Los modelos de nicho ecológico fueron generados a una resolución espacial de 90 X 90 m (ca. 1 Ha) en formato de ARCINFO GRID (Téllez et al. 2006). Se emplearon dos técnicas de análisis numéricos (Análisis de Conglomerados y Análisis de Componentes Principales) con la finalidad de agrupar a las especies de acuerdo con la semejanza de sus perfiles climáticos y definir una regionalización geográfica y climática, con ayuda del programa PATN 3.2 (Belbin, 2004). Estos modelos se sobrelaparon y con el algoritmo COMBINE en ArcView 3.2 (ESRI, 2000) se recortó el área de coincidencia entre los modelos de grupos. Finalmente, estas fueron contrastadas contra las cartas topográficas, con el fin de redefinir las áreas prioritarias de conservación detectadas, de acuerdo con su cercanía a los distintos tipos de poblaciones y carreteras. Los resultados muestran 6 zonas o "Hot-spot" que concuerdan con trabajos anteriores, esto nos sugiere que el uso de los modelos de especies endémicas propuestos pueden servir para determinar sitios con importantes concentraciones de especies endémicas y ser útiles para estimar la diversidad de áreas naturales protegidas o definir áreas prioritarias de conservación dentro de estas.

Palabras Clave: Sustitutos, conservación, endémicas, raras, Tehuacan-Cuicatlán

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es la variedad de la vida en la tierra que abarca tres niveles: **diversidad ecológica**, que es la variedad de ecosistemas o comunidades de organismos existentes en determinadas regiones, estas incluyen la variedad de hábitat, de especies que los componen y procesos ecológicos que ocurren; **diversidad de especies**, referido al número de especies diferentes que hay en un área geográfica; **diversidad genética**, que tiene que ver con la variación existente entre los individuos de todas las especies del planeta, a diferencias heredables que constituyen la materia prima a partir de la cual ha evolucionado la complejidad de los seres vivos a través de millones de años (Arriaga *et al.*, 2000).

México se encuentra entre los 12 países considerados megadiversos, los cuales albergan entre 60-70% de la biodiversidad del planeta. Actualmente en México ha tomado gran importancia la conservación, el aprovechamiento y el manejo adecuado de la biodiversidad. Para ello se han implementado medidas y estrategias de conservación a nivel nacional, como el decreto de leyes en relación a esta, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente (NOM-059-Ecol-1994) que considera a las especies de flora y fauna silvestres y acuáticas en peligro de extinción, raras, amenazadas y sujetas a protección especial. Por otra parte, también debe aquí incluirse la creación de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO), que se encarga de coordinar las actividades de quienes estudian, conservan y utilizan nuestra riqueza biológica.

La CONABIO, en colaboración con expertos de instituciones nacionales ha identificado, caracterizado y propuesto 155 regiones prioritarias terrestres para la conservación de la diversidad biológica, estas áreas ameritan un manejo apropiado, pues sus características físicas y bióticas favorecen la biodiversidad en sus diferentes expresiones. La selección de

estas regiones se realizó considerando principalmente su extensión, su importancia como corredor biológico, la diversidad de ecosistemas presentes en estas, el endemismo, la utilidad de las especies que habitan en la región, la explotación y la extracción no moderada de los recursos, la presencia de grupos humanos y su actividad (Arriaga *et al.*, 2000).

La selección de estas áreas ha dado la oportunidad de vincular algunos aspectos importantes en cuanto a conservación, es decir, ha permitido la integración de datos depositados en colecciones científicas, el desarrollo de métodos cuantitativos enfocados a predecir la distribución geográfica de diferentes especies y el uso de criterios adecuados para identificar áreas con alta riqueza biológica (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001).

La mayoría de la información sobre diversidad esta alojada en la forma de colecciones científicas, museos y herbarios. Estos constituyen la base de datos de la biodiversidad e históricamente han sido un punto de partida que permite encontrar y definir los lugares de distribución natural de las especies y comunidades vegetales; además de aportar datos precisos como la altitud, y la presencia de otras especies (Asteinza, 1975). Sin embargo, esta distribución ha sido elaborada con base en estudios florísticos, en la distribución general de un conjunto de taxa o mediante el registro de las especies dentro de límites políticos (estados, municipios, etc.); esto nos da como resultado mapas de distribución elaborados como un conjunto de puntos en donde cada punto muestra el lugar de donde fue registrado el ejemplar, el límite en donde en general se delinea y se determina un área que representa la distribución geográfica de esta especie de una manera muy general (Villaseñor & Téllez-Valdés, 2004).

Esta información, refleja de forma fragmentaria e incompleta la distribución de la gran mayoría de las especies, no sólo de México sino de cualquier parte del mundo. Una

alternativa para este problema ha sido el uso de los modelos basados en la relación existente entre las condiciones ambientales conocidas y las localidades, base con la que se ha intentado modelar el nicho ecológico de las especies (Peterson & Robins, 2004; Martínez-Meyer *et al.*, 2004; Kearney & Porter, 2004; León de la Luz & Breceda, 2004).

Estos modelos han permitido determinar con un grado aceptable de confiabilidad las áreas donde se encuentra algún grupo de especies de interés. Actualmente, se conocen diferentes técnicas para estimar la distribución potencial de una especie, como los métodos estadísticos entre los que destaca el análisis de regresión múltiple y los análisis multivariados, otros son los análisis geográficos de mapas y de sus atributos como puntos, líneas, polígonos y análisis de discrepancias, con ayuda de sistemas de información geográfica (GAP, Scott & Csuti, 1997). También están aquellos que usan registros de presencia de especies y la información ambiental para generar perfiles bioclimáticos como el programa BIOCLIM (Nix, 1986; Lindenmayer *et al.*, 1996; Fischer *et al.*, 2001) o incluso algoritmos genéticos como el llamado GARP (Anderson *et al.*, 2003).

Desafortunadamente, aún con la probabilidad de generar modelos de distribución potencial no contamos con datos suficientes y adecuados sobre muchos grupos biológicos para desarrollar análisis. En este sentido es que se ha desarrollado el concepto y uso de sustitutos de la biodiversidad. Ya sea porque son biológicamente similares o representan el grupo del que forma parte, comparte las mismas características ecológicas o conductuales (Caro *et al.*, 2005). Es decir, los sustitutos de la biodiversidad, pueden ser teóricamente juegos de datos de elementos bióticos y/o abióticos representativos de los grupos de especies en la comunidad. Así mismo también pueden ser juegos de datos ambientales (clima, suelo, etc.), o juegos de especies de distintos grupos biológicos (mariposas, aves, insectos, etc.). En esencia se trata de conjuntos de datos de los cuales se tiene un mejor y

más amplio conocimiento y pueden sustituir al juego de datos del grupo biológico de interés, y que es fragmentario (Williams *et al.*, 2005).

Se han usado diferentes términos para designar a las especies representativas en la comunidad como: especies emblemáticas en el contexto sociopolítico para atraer la atención pública, especies clave o sombrilla para describir aspectos ecológicos cuyo impacto en la comunidad o ecosistema son grandes o abundantes, ayudan en el conocimiento de la diversidad biológica y las especies indicadoras, que poseen un índice de atributos difíciles de medir en otras especies y comparten las mismas características ecológicas o conductuales, son indicadoras de biodiversidad, así como de los cambios que surgen en la comunidad (Caro & O'Doherty, 1999).

Por otra parte el endemismo, su magnitud y la cuantificación de su distinción se emplea como indicador del grado de particularidad de determinada flora (Rzedowski, 1991). Las especies endémicas y/o raras son un posible ejemplo de taxa utilizados como sustitutos debido a su vulnerabilidad a la extinción a sus altos valores de irremplazabilidad (Arita & Rodríguez, 2003); una especie endémica indica, entre otros factores, una alta intensidad y frecuencia de diferencias ambientales, históricas y ecológicas, así como la permanencia en la región con tierra emergida y sobre todo un aislamiento ecológico efectivo que da como resultado combinaciones genéticas únicas (Rzedowski, 1991). Por su parte, una especie rara es aquella que posee una densidad poblacional baja, puede tener un área de distribución restringida, alta especificidad de hábitat o una combinación de dos o tres de las características anteriores, lo que aumenta su probabilidad de extinción y limita el número de sitios en los que se puede proteger (Rabinowitz, 1981).

Así recapitulando, no obstante poseer México un sistema de Áreas Naturales Protegidas aparentemente robusto, su papel en la protección de la diversidad biológica es aún incierto,

ya que de la gran mayoría de las especies tanto vegetales como animales su distribución se conoce de forma somera, la existencia de bases de datos con relativamente pocos registros de cada uno, no ha permitido una selección adecuada de áreas para la conservación.

Con esta base y con los elementos expuestos en los párrafos anteriores es que se plantea la siguiente pregunta, si un grupo de especies particulares y un mejor conocimiento de variables ambientales con significado biológico permitirán generar modelos de nicho ecológico que a su vez reflejarán probablemente la distribución real total empleándola como un sustituto de la biodiversidad en la selección de Áreas prioritarias de conservación.

ANTECEDENTES

Los antecedentes relacionados con el uso de las especies endémicas y raras como sustitutos de la biodiversidad en estudios de conservación son muy escasos, aunque no lo son en su uso como elementos para identificar “hotspots” de rareza o áreas prioritarias para la conservación (León de la Luz & Breceda, 2004). Sin embargo, la confiabilidad y fortaleza de los registros de especies raras, es poca al estar pobremente representada su distribución a través de los entornos geográficos y ecológicos. En general la disponibilidad de un reducido número de registros de cada una de las especies raras y endémicas, ha llevado a la necesidad de concebir nuevos conceptos, generar datos complementarios y a usar herramientas poderosas como el Sistema de Información Geográfica(SIG).

En particular, para el área de estudio los trabajos de este tipo también son escasos, sin embargo, hay ejemplos que en conjunto son de gran utilidad, como el de Méndez-Larios (2005) que propone la zonificación dentro de la reserva por medio de diferentes métodos, entre los cuales esta el análisis de parsimonia de endemidad y métodos iterativos de complementariedad usando 651 especies de cuatro familias representativas y especies endémicas como sustitutos, dando como resultado la selección de cuatro zonas núcleo. Por otro lado, Villaseñor y Téllez-Valdés (2004) utilizan el modelaje bioclimático para determinar la distribución potencial de cuatro especies mexicanas del genero *Jefea* (*Asteraceae*); así mismo, Téllez-Valdés y Dávila–Aranda (2003) dan un claro ejemplo de la utilidad de los modelos bioclimáticos para predecir patrones de distribución de veinte especies de la familia *Cactaceae* en la reserva de la biosfera de Tehuacán–Cuicatlán, utilizando una base de datos florística y un modelo bioclimático que permitieron la predicción de escenarios climáticos futuros basados en predicciones relacionadas con cambios climáticos posibles. Otros autores, como Ayala *et al.* (2004) examinan los efectos de un escenario de cambio climático

sobre áreas y patrones de distribución de especies de cactáceas endémicas amenazadas en la reserva Tehuacán-Cuicatlán con el fin de determinar “Hotspots” encontrando tres patrones; por su parte Téllez-Valdés *et al.* (2004) examinan los efectos del cambio climático en la conservación a largo plazo de patrones de distribución de *Fagus grandifolia* var. mexicana utilizando una base de datos y un modelo bioclimático. Estos autores muestran en ambos casos que el uso de herramientas como éstas en las decisiones concernientes a proyectos de conservación aumentan el conocimiento actual y permiten proponer estrategias objetivas al respecto.

OBJETIVO

- Determinar la utilidad o el valor de los modelos bioclimáticos de un grupo de especies endémicas y raras como sustituto de la biodiversidad en la selección de áreas prioritarias de conservación en la Reserva de la Biosfera Tehuacán –Cuicatlán (RBTC).

METAS

- Generar un listado de especies endémicas y/o raras de diversas familias presentes en la RBTC.
- Conformar una base de datos de las especies seleccionadas, basada en los registros de literatura, datos de campo y la base de datos florística de la RBTC ya existente en la UBIPRO, FES Iztacala, UNAM.
- Generar coberturas digitales de clima (en formato raster) con una resolución espacial alta de 90 x 90 m.
- Generar los perfiles bioclimáticos cuantitativos de las especies analizadas
- Generar modelos de distribución potencial de las especies endémicas y raras de diversas familias y géneros de la reserva de Tehuacán – Cuicatlán.
- Agrupar a las especies de acuerdo con la semejanza climática de los sitios donde habitan por medio de análisis numéricos.
- Generar modelos y perfiles bioclimáticos de los grupos de especies obtenidos por medio de los análisis numéricos.
- Determinar áreas prioritarias de conservación para la reserva de la Biosfera Tehuacán – Cuicatlán con la ayuda de algoritmo COMBINE en Arc View 3.2 (ESRI,2000)
- Contrastar las áreas prioritarias de conservación contra vías de comunicación y poblaciones para discutir sobre su posible viabilidad.
- Contrastar las APCs reconocidas contra la distribución de registros de flora conocidas. Así como contra los resultados de otros proyectos similares con la finalidad de evaluar la coincidencia en la definición de APCs, áreas núcleo, etc.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La RBTC se declaró área natural protegida con carácter de Reserva de la Biosfera según lo publicado en el diario de la federación el 22 de abril de 1997, entre otras características por su compleja topografía y elevación, gran diversidad de hábitat y vegetación así como algunas especies de plantas consideradas como endémicas, la superficie total de la reserva es de 490,186 hectáreas (INE-SERMANAR).

UBICACIÓN GEOGRAFICA

La provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se localiza en el centro sur de la República Mexicana abarcando el extremo sureste de Puebla y noroeste de Oaxaca entre los 17°48´-18°58´ latitud norte y los 97°03´-97°43´ de longitud oeste abarcando un área de 10,000 km². Sigue una dirección sureste noreste por las sierras de Juárez, Zongólica y Tecamachalco (Figura1), es considerada como la zona árida y semiárida más meridional de México, y resalta por su alta diversidad florística de cactáceas (Rzedowski, 1978).



Figura 1.-Ubicación geográfica de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán

CLIMA

El clima es predominantemente semiárido y 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 monzónico y vientos del oeste durante el invierno; y en ocasiones, durante la época invernal los vientos polares (nortes) provocan precipitaciones en las partes más altas de las montañas.

La aridez de la región en gran parte se debe al fenómeno de sombra orográfica provocada por la Sierra Zongolica. De acuerdo con Valiente-Banuet et al. (2000), el Valle de Tehuacán-Cuicatlán comprende diferentes tipos climáticos, que van desde cálidos con precipitación media anual de 700 a 800 mm en la porción Sureste del Valle, en los poblados de Teotitlán, Dominguillo y Cuicatlán; semicálidos con precipitación media anual de 400 a 500 mm en la porción central y oeste en la ciudad de Tehuacán, Zapotitlán y poblados cercanos; y los templados con precipitación de 600 mm anuales en la región de la Sierra de Tecamachalco.

HIDROLOGÍA

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es recorrido principalmente por el río Salado que sigue su curso hacia Oaxaca y en Quiotepec se une con el río Grande que trae aguas del Valle de Cuicatlán. De esta unión se forma el río Santo Domingo, afluente del Papaloapan, el cual desemboca finalmente en el Golfo de México (Jaramillo y González, 1983).

SUELOS

Los suelos son de diferentes tipos, originados del mismo tipo de roca madre, y la intemperización de ésta. Su formación depende de características topográficas como la altitud, la pendiente, la orientación y el drenaje, de los factores climáticos (temperatura y precipitación) y de los factores bióticos como el desarrollo y descomposición de las comunidades vegetales y la actividad de los microorganismos del suelo. En la actualidad, se reconocen ocho unidades de suelo en el Valle: vertisoles, cambisoles, rendzinas, feozem, xerosoles, regosoles, litosoles y acrisoles.

Los suelos con escaso desarrollo dominan la superficie, debido al relieve montañoso de la región, son suelos de tipo regosol y litosol que se encuentran en las laderas de las pendientes mayores a 8° de las Tierras Altas de Oaxaca y en las Sierras Mazateca y de Juárez. En la planicie del valle hay una gran diversidad de afloramientos geológicos con diferentes tipos de rocas y los suelos que se originan son someros, pedregosos, alomórficos con diferentes estados de alcalinidad y salinidad, entre los cuales están cambisoles cálcicos, xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del cretácico inferior; en cambio, en los alrededores del valle hay suelos calcáreos, salino calcáreos, yesosos y calcáreo-yesosos de lomerío que corresponden según Aguilera (1970), a suelos de regiones áridas derivados de evaporitas, de tipo halomórfico también con diferentes estados de salinidad y alcalinidad.

FLORA Y VEGETACIÓN

En la región se han documentado alrededor de 3000 especies de plantas; cuenta con 5 agrupamientos vegetales con 29 asociaciones, entre estas: tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo*, izotales de *Beucarnea*, *Yucca* y *Nolina*, el bosque de encino y la selva baja caducifolia (Dávila *et al.*, 1993; Dávila, 2000; Valiente *et al.*, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

La conformación del listado florístico (Anexo 1) se realizó por medio de la revisión y compilación de datos existentes acerca del área de estudio, así como trabajos previos relacionados con el tema propuesto (Méndez-Larios, 2005). Se obtuvo un listado florístico basado en los siguientes criterios: 1) que fueran endémicas de la reserva, 2) que tuvieran más de dos registros dentro de la base de datos de la UBIPRO, 3) que se encuentren listadas en CITES y/o NOM (CONABIO). A partir del listado de especies selectas se generó una base de datos en Access con registros de campo y de la literatura, complementados con datos ya existentes en la base de datos de la UBIPRO.

Con ayuda del programa BIOCLIM (Nix, 1986; Lindenmayer *et al.*, 1996; Fischer *et al.*, 2001); se generó el perfil bioclimático para cada especie, los que a su vez permitieron generar los modelos de distribución potencial empleando coberturas digitales de clima de alta resolución (90 x 90 m) generados por formato ARCINFO GRID (Téllez *et al.*, 2006), estas coberturas se obtienen de valores promedios mensuales de precipitación y temperatura máxima y mínima de estaciones meteorológicas; de la combinación de estas se generaron coberturas de 19 parámetros climáticos, a los cuales se relacionaron los datos de distribución conocida de las especies, es decir, datos de longitud, latitud y altitud aunado a un modelo digital de elevación (DEM), esto proporcionó elementos clave sobre la relación climática y sus áreas de distribución (Villaseñor & Téllez-Valdés, 2004).

PARAMETROS BIOCLIMATICOS (UNIDADES)(ABREVIATURA)
1. Temperatura promedio anual (C°) [TPA]
2. Oscilación diurna de temperatura (C°) [ODT]
3. Isothermalidad (C°) (cociente entre parámetros 2 y7) [ISO]
4. Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %) [ET]
5. Temperatura máxima promedio más cálida (C°) [TMPMC]
6. Temperatura mínima promedio del periodo mas frío (C°) [TMPPMF]
7. Oscilación anual de temperatura (C°) (cociente entre parámetros 5 y 6) [OAT]
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (C°) [TPCMLL]
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (C°) [TPCS]
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (C°) [TPCMC]
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (C°) [TPCMF]
12. Precipitación anual (mm) [PA]
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm) [PPMLL]
14. Precipitación del periodo más seco (mm) [PPMS]
15. Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %) [EP]
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm) [PCMLL]
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm) [PCMS]
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm) [PCMS]
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm) [PCMF]

Cuadro 1. Parámetros climáticos usados para generar los modelos de distribución potencial.

El programa BIOCLIM, sistema de predicción bioclimática incorpora estimaciones estadísticas del clima de las localidades conocidas (datos georeferenciados) generando un perfil climático para cada localidad en donde fue registrada la especie (archivo .bio). De la

sumatoria de estos perfiles se obtiene el perfil climático de todas las localidades en conjunto, lo cual se puede interpretar como el perfil bioclimático de la especie (archivo .pro).

Se emplearon dos técnicas de análisis numéricos con el fin de obtener grupos de especies asociados jerárquicamente y permitió, a partir de una matriz de datos de especies contra parámetros, expresar la semejanza climática de los sitios donde habitan.

El **análisis de conglomerados (AC)** es un método que se aplica para clasificar las variables en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. El objetivo es clasificar un conjunto de n variables en un número pequeño de grupos o conglomerados, donde la formación de estos grupos puede obedecer a cualquier conjunto de características comunes. Algunos de los programas de estadística multivariada calculan los valores de distancia según el método que se aplique, para construir el agrupamiento o dendograma se aplicó el algoritmo UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean) que se caracteriza por usar el promedio o moda de cada variable y realiza un análisis unificado de descriptores por medio de la distancia de Gower, en una segunda etapa el algoritmo busca una nueva variable para aumentar el número de elementos del conglomerado formado y, así sucesivamente, hasta que todas las variables conformen un solo conglomerado, en donde 0 equivale a una similitud absoluta y por el contrario 1 significa total disimilitud. Este análisis se realizó con ayuda del programa PATN 3.2 (Belbin, 2004).

El otro análisis numérico usado fue el **análisis de componentes principales (ACP)** que se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. Los componentes deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que explican una parte de la varianza que no está expresada en el otro componente principal. El

ACP concentra la variación presente en la matriz de datos originales en unos pocos ejes o componentes. Los componentes principales contienen información en diferentes proporciones de todas las variables originales y su número depende del número de éstas que se incorporen en el análisis. El ACP es una herramienta útil y permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las variables dependientes; también permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores. Este análisis es una alternativa que ayuda en la toma de decisiones relacionadas con los componentes realmente importantes que explican la varianza.

Para la determinación de áreas prioritarias de conservación los mapas de distribución potencial se sobrelaparon por medio del algoritmo COMBINE en ArcView 3.2 (ESRI, 2000), se recortaron aquellas áreas que coinciden entre los modelos de grupo.

Las áreas definidas se recortaron respecto al polígono de la reserva y se contrastaron en relación con las cartas topográficas, con poblaciones y carreteras (INEGI EI406 y EI409), para determinar la viabilidad de estas áreas de conservación, con base en los siguientes criterios:

- 1) 1.5 km en relación con vías primarias (carreteras pavimentadas y autopistas).
- 2) 1.0 km en relación con vías secundarias (terracerías).
- 3) 1.5 km en relación con ciudades y pueblos.

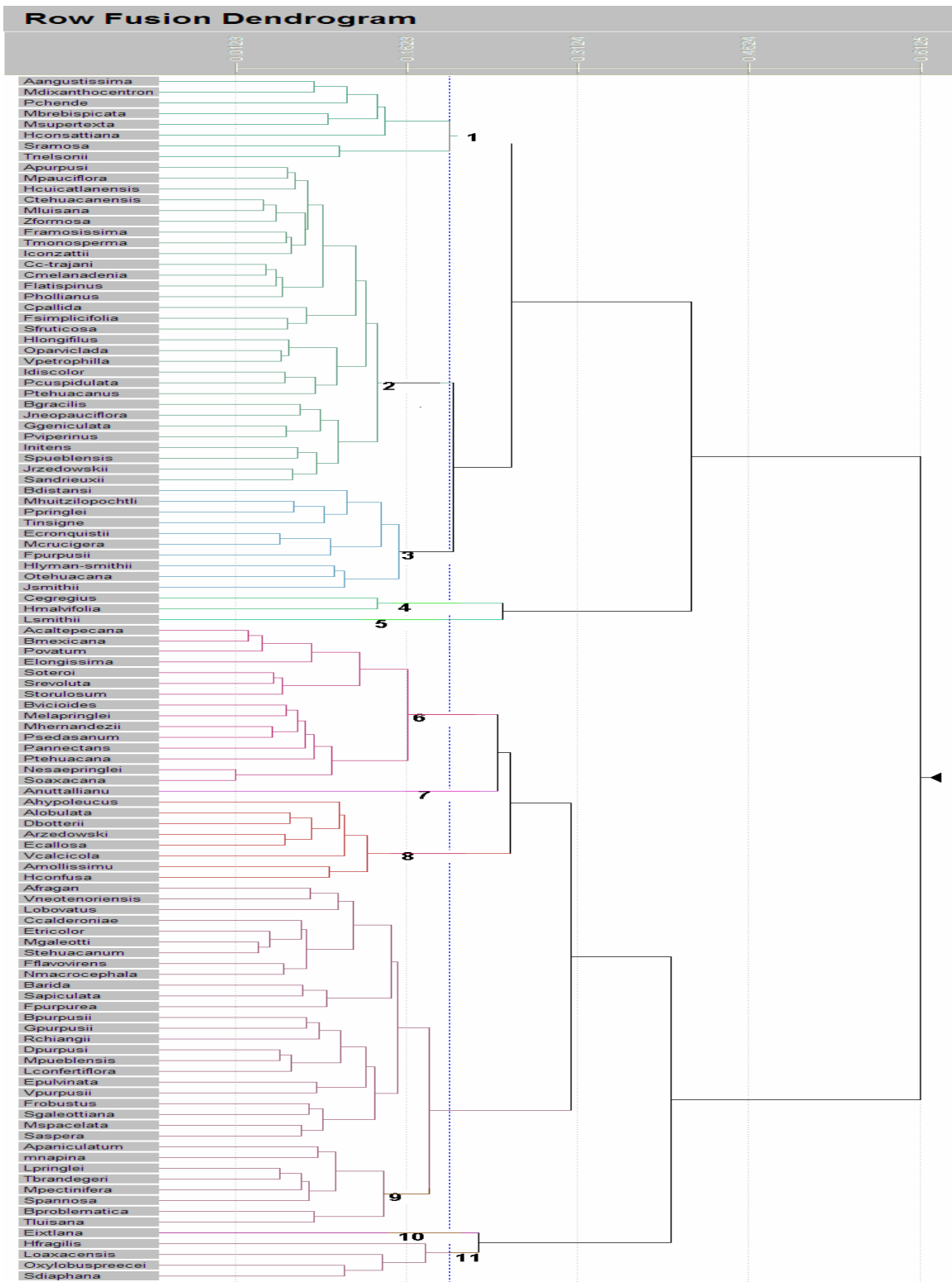
Por último las áreas definidas fueron contrastadas contra los distintos dominios climáticos, a través de los cuales se distribuyeron (Téllez-Valdés, manuscrito no publicado).

RESULTADOS

El listado florístico se conformó por un total de 112 especies endémicas de la reserva, fueron seleccionadas siguiendo los criterios propuestos en la metodología. Estas especies se encuentran distribuidas en 37 familias y 75 géneros (Anexo 1). Se generó una base de datos para las 112 especies con 1807 registros, con un intervalo entre 2-37 por especie, siendo *Zapoteca formosa* var. *mollicula* (Mimosaceae) la que tuvo el mayor número de registros (37) y 13 especies como *Matelea pueblensis* (Asclepiadaceae) el menor número de registros (2).

Para cada especie se generaron dos tipos de perfiles: 1) de cada una de las localidades en donde estas fueron recolectadas, y 2) uno general, que es una sumatoria de todas las localidades en donde fue registrada, y que se interpreta como el perfil bioclimático de cada especie (Anexo 2). Los perfiles fueron proyectados en un espacio geográfico permitiendo generar el modelo de distribución potencial para cada especie, en formato de ARCINFO, y editados con el programa ArcView 3.2 (Anexo 3).

El análisis de conglomerados propuesto, arroja un fenograma, en donde se conformaron 11 grupos (Figura 2) incluyendo a las distintas especies (Anexo 4). Los grupos de manera general representan unidades discretas, pues cada uno de ellos se caracteriza por una combinación de elementos bióticos y ambientales.



100 %similitud 0 %similitud
 Figura 2.- Dendrograma con los 11 grupos (Anexo 4), formados a partir de la semejanza climática.

Descripción de los grupos

Las especies del grupo 1 se distribuyen por la porción Oriental de la reserva, en las estribaciones y zonas altas de la Sierra de Zongólica. Habitan en el intervalo altitudinal entre los 567 y 2814 msnm, con una precipitación anual entre 320-1349 mm. En esta parte de la reserva se presentan la tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo* hacia el norte, sin embargo, hacia el Valle de Cuicatlán, el bosque tropical caducifolio está mejor representado, y en las zonas más elevadas y frías, los bosques templados de *Pinus*, *Quercus* y *Pinus-Quercus* (Figura 3).

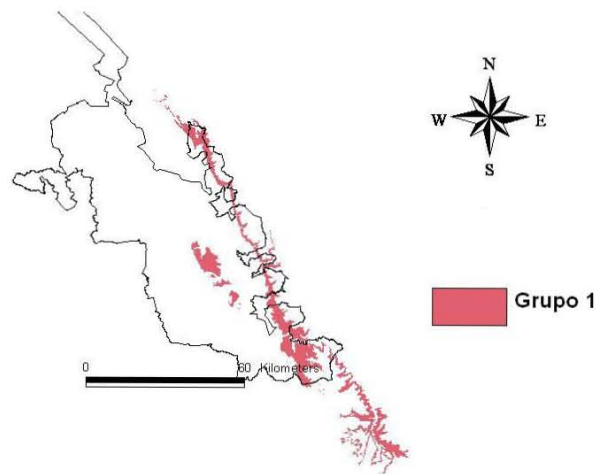


Figura 3.- Distribución Geográfica del Grupo 1

Por su parte, las especies del grupo 2 se distribuyen en las porciones Noroeste y Sur de la reserva, esencialmente en el Valle de Zapotitlán, en parte de la Cuenca del río Hondo, así como en partes del Valle de Cuicatlán. Se encuentra en un intervalo altitudinal entre los 548 a 2600 msnm, se caracteriza por ser un ambiente seco templado, en donde la precipitación anual es de 320 a 985 mm., aquí dominan diversas asociaciones vegetales, como las tetecheras de *Neobuxbaumia tetetzo*, de *Neobuxbaumia macrocephala* y de *Neobuxbaumia mezcalaensis*; otras asociaciones son los izotales de *Yucca periculosa* y de *Beaucarnea gracilis*, así como el cardonal de *Cephalocereus columna-trajani*, entre otras (Figura 4).

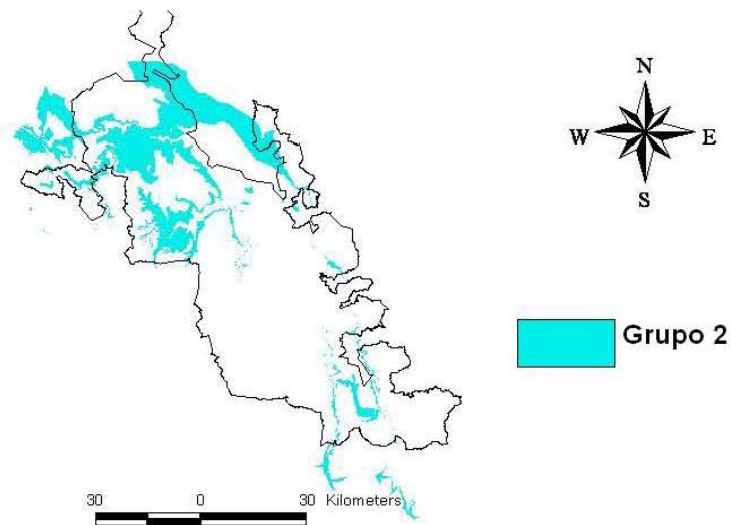


Figura 4.-Distribución Geográfica del Grupo 2

Las especies del grupo 3, se distribuyen en la parte oriental de la reserva en pequeñas porciones de la Sierra Zongólica, a una altitud de 552 a 1888 msnm, la precipitación anual es de 296 a 985 mm. La asociación dominante es la selva baja caducifolia, con algunas especies endémicas restringidas, como *Mammillaria huitzilopochtli*, *Mammillaria crucigera*, *Hechtia lyman-smithii*, *Opuntia tehuacana*, *Fouquieria purpusii* y *Flaveria cronquistii* (Figura 5).

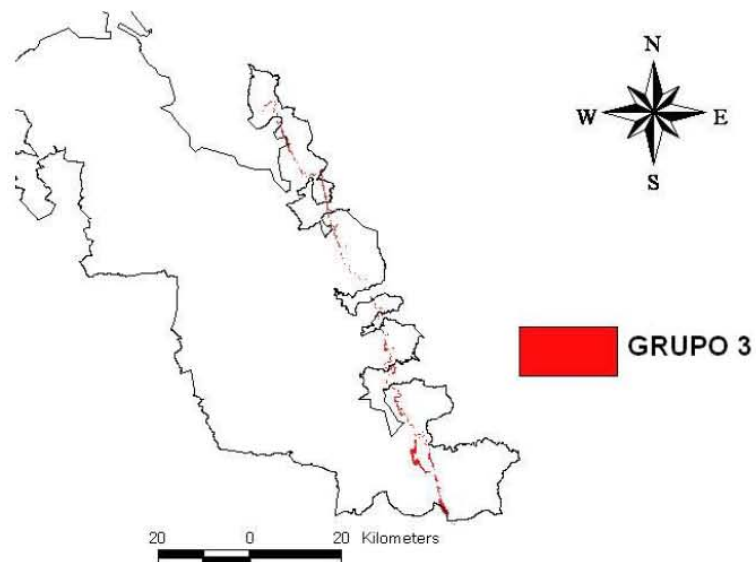


Figura 5.-Distribución Geográfica del Grupo 3

Las especies del grupo 4 se distribuyen al noreste en el Valle de Tehuacán, en altitudes entre los 900-1311 msnm; con una precipitación anual entre 358-453 mm. La vegetación está muy alterada, en los lomeríos y laderas pronunciadas es posible encontrar el cardonal de *Pachycereus weberi*, Izotales de *Yucca periculosa* y *Beaucarnea gracilis* (Figura 6).

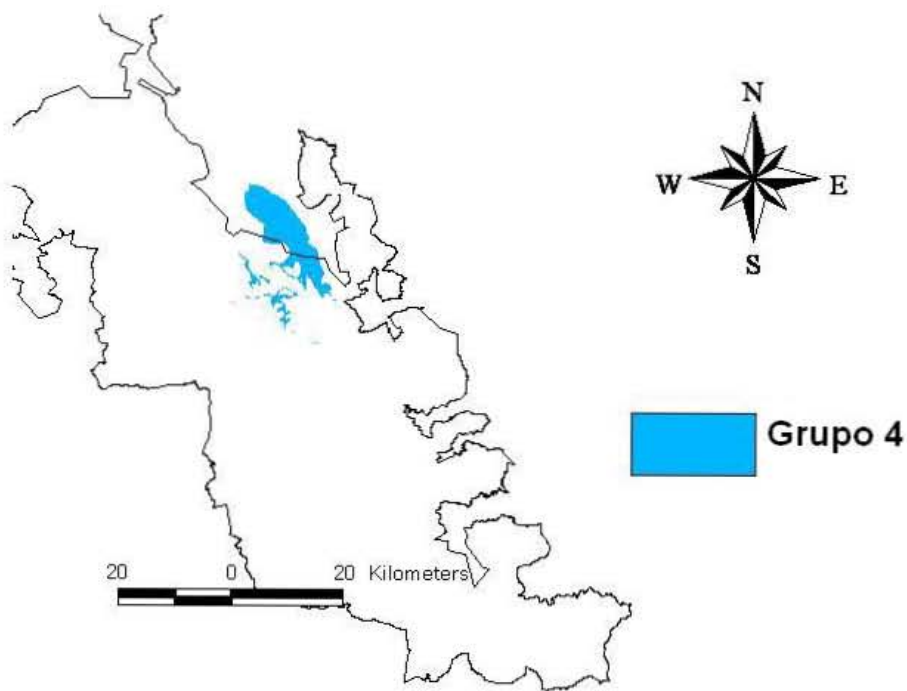


Figura 6.-Distribución Geográfica del Grupo 4.

Las especies del grupo 5 se distribuyen en la parte Sur de la reserva abarcando parte del Valle de Cuicatlán, presenta altitudes que van de los 640 a los 723 msnm, la precipitación anual se registra entre los 478 a los 677 mm. En esta zona dominan principalmente el cardonal de *Pachycereus weberi* y el bosque tropical caducifolio (Figura 7).

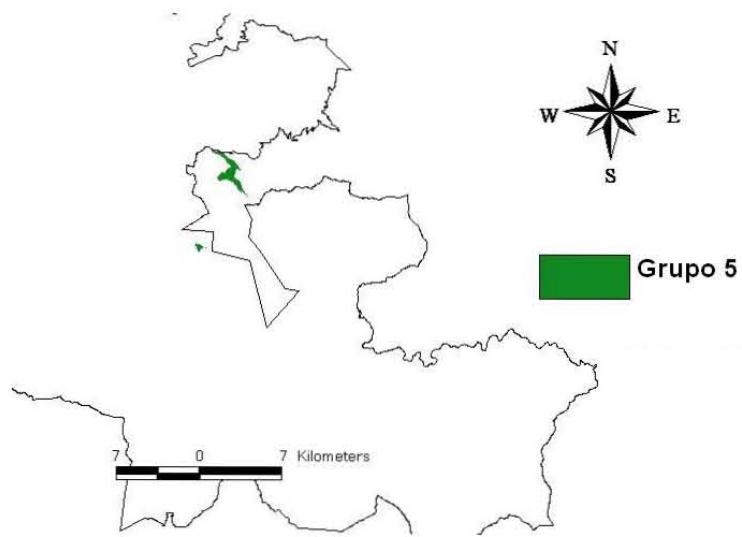


Figura 7.-Distribución Geográfica del Grupo 5

Las especies del grupo 6 se localizan en la parte Occidental de la reserva, abarca la cuenca del río Hondo y partes del centro-sur fuera de la reserva, penetra en la Mixteca alta. Se encuentra entre los 1540-2621 msnm, con una precipitación anual de 456-734 mm. Dominan asociaciones vegetales de altitudes mayores, como el matorral de *Gochnatia hypoleuca*, matorral de *Dasyllirion serratifolium*, y bosque de *Juniperus* (Figura 8).

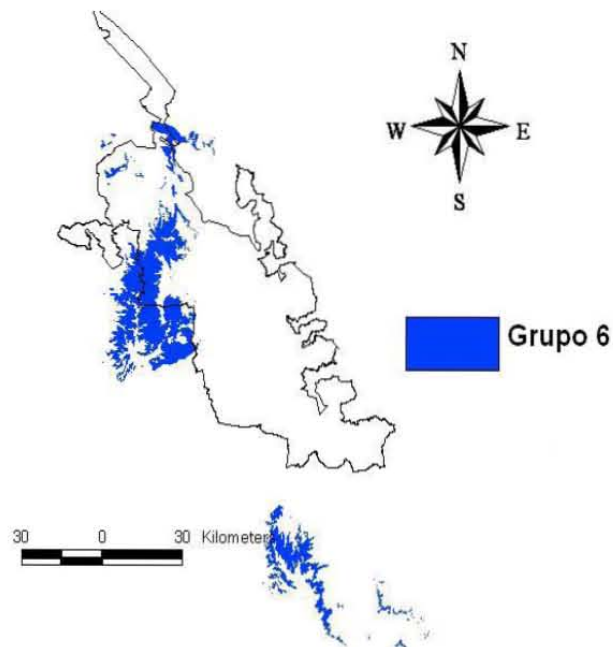


Figura 8.-Distribución Geográfica del Grupo 6

Las especies del grupo 7 se distribuyen en parte del Valle de Tehuacán fuera de la reserva. Ocupa altitudes entre 1601-1614 msnm, la precipitación anual es de 529-555 mm. Con especies que pertenecen al izotal de *Yucca periculosa* principalmente (Figura 9).

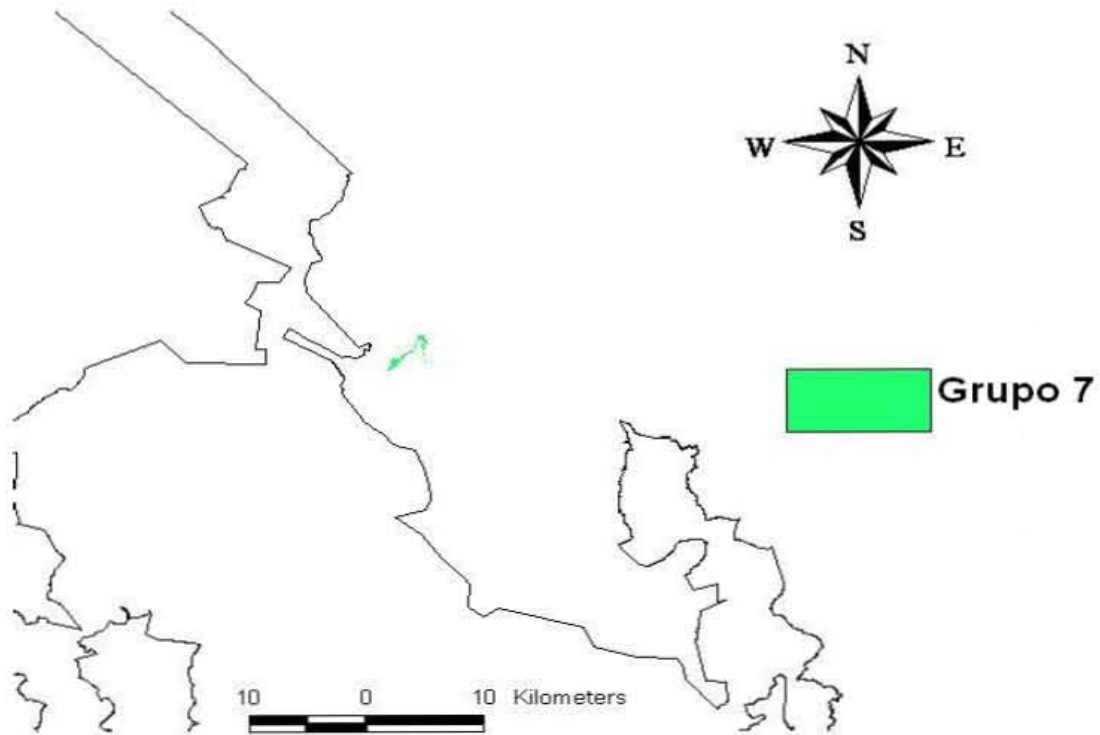


Figura 9.-Distribución Geográfica del Grupo 7

Las especies del grupo 8 están representadas en parte de la Sierra de Tecamachalco, al nororiente de la reserva. En altitudes de 1720-2746 msnm, su precipitación anual de 452-760 mm. En asociaciones vegetales en donde la riqueza de cactáceas disminuye, como los matorrales de *Gochnatia hypoleuca* y *Nolina parvifolia*, e Izotal de *Yucca periculosa* (Fig 10).

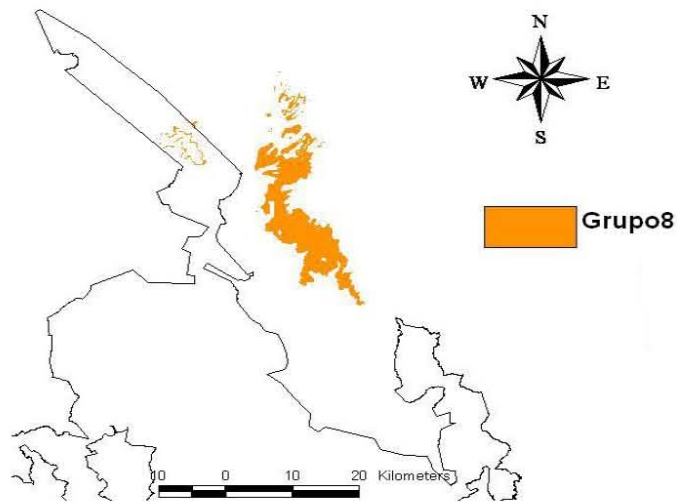


Figura 10.-Distribución Geográfica del Grupo 8

Las especies del grupo 9 se sitúan fuera de la reserva y al sur-suroeste dentro de ella, abarcando zonas del Valle de Zapotitlán y la cuenca del río Hondo; a una altitud de 583-2910 msnm, con una precipitación anual de 328-905 mm. Las especies pertenecen a asociaciones vegetales, como la tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo*, el cardonal de *Cephalocereus columna-trajani*, el mezquital, los izotales de *Yucca periculosa* y *Beaucarnea gracilis* (Figura 11).

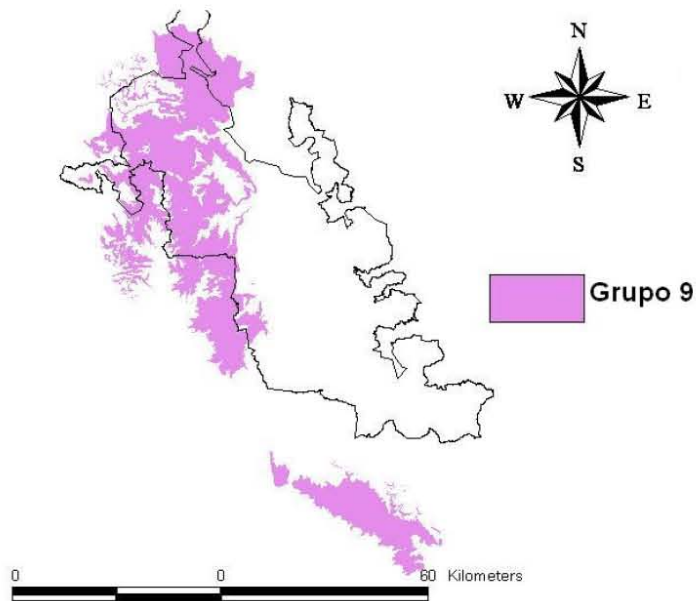


Figura 11.-Distribución Geográfica del Grupo 9

Las especies del grupo 10 se distribuyen al occidente de la reserva. En la cuenca del río Hondo y la Mixteca, a una altitud de 2156-2814 msnm, y una precipitación anual de 651-1062 mm. Con especies de asociaciones de ambientes más secos, como la tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo*, el cardonal de *Cephalocereus columna-trajani*, los izotales de *Yucca periculosa* y *Beaucarnea gracilis*, el fouquierial (Figura 12).

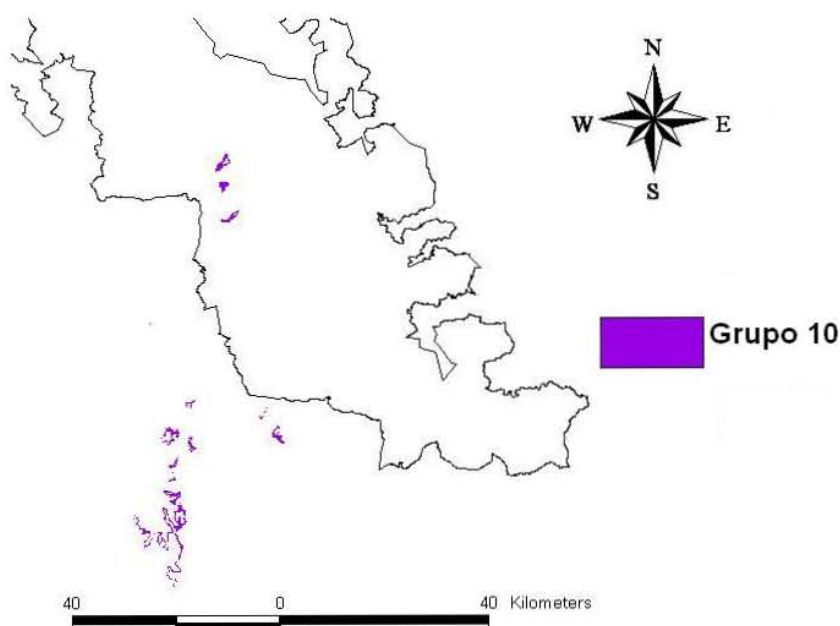


Figura 12.-Distribución Geográfica del Grupo 10

Por último, las especies del grupo 11 se distribuyen en toda la parte oriental de la reserva en las partes altas de la Sierra Zongólica hasta la porción más sureña de la Sierra Monteflor. Ocupa altitudes entre los 1179-2343 msnm, con una precipitación anual de 518 a 1349 mm. En esta zona dominan las asociaciones vegetales de tipo templado, entre éstas, los bosques de *Quercus* y de *Pinus-Quercus*, y el bosque mesófilo de montaña (Figura 13).

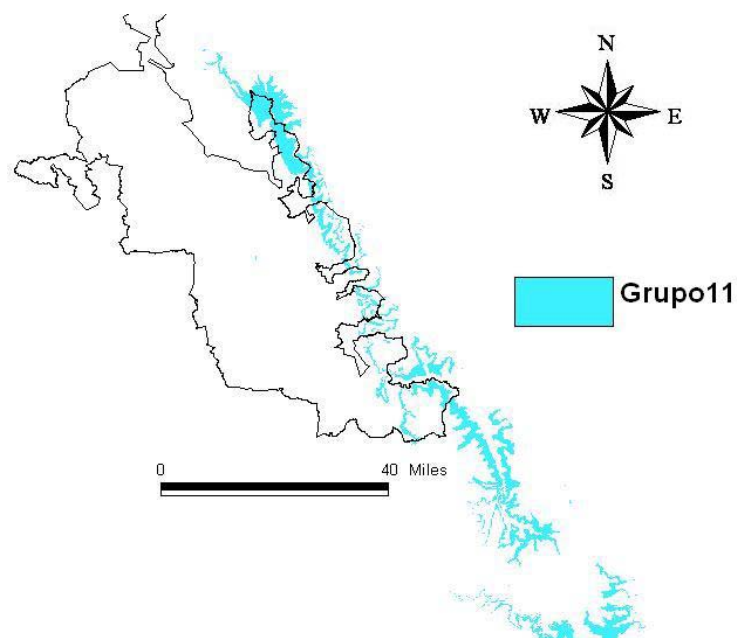


Figura 13.-Distribución Geográfica del Grupo 11

Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (Cuadro 2 y Figura14), determinó que parámetros climáticos explican mejor la variación. Estos fueron: Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (TMPPC), Temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo (TPCH), Promedio anual (PA), Temperatura mínima promedio del periodo más frío (TMPPF).

Componentes principales	TMPPC TPCH	PA	TMPPF
Eigen Valores	39.593	17.993	11.596
Porcentaje	43.992	19.992	12.884
Porcentaje acumulado	43.992	63.984	76.868

Cuadro 2. Resultados del análisis de componentes principales en donde nos muestra los tres principales parámetros que explican la varianza.

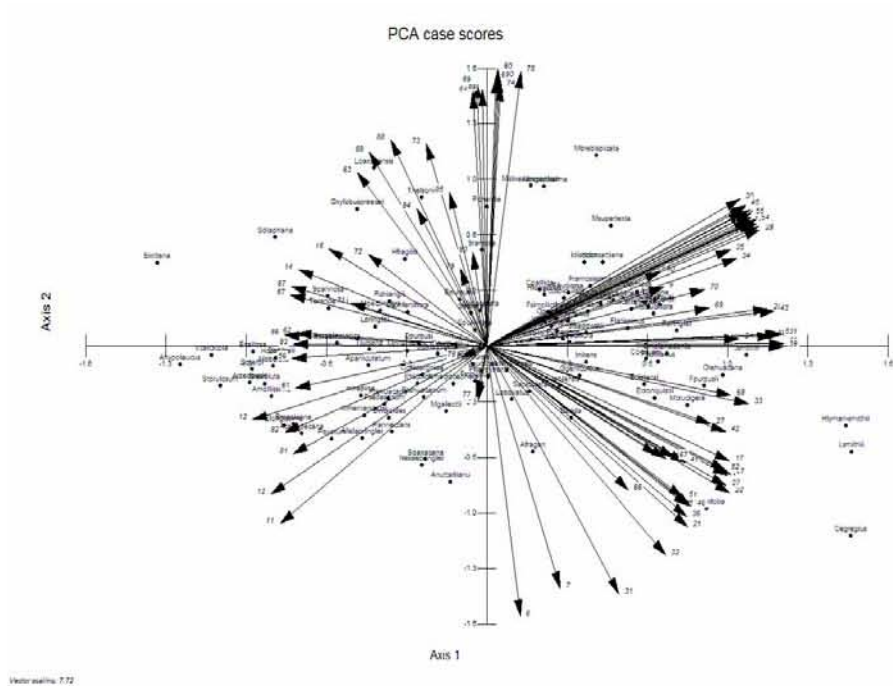


Figura 14.-Muestra los resultados gráficos del análisis de componentes principales, los cuales nos permiten distinguir la ubicación de las especies en el plano de los vectores.

El análisis de correspondencias simple (AC) o análisis de dos vías (Figura15) es una técnica complementaria en el uso de los modelos log lineal y nos permitió representar gráficamente las relaciones de dependencia e interdependencia de un conjunto de variables a partir de una tabla de contingencia; es decir, este análisis logra graficar observaciones bivariadas en planos e identifica las asociaciones de mayor peso entre las variables.

Tanto el Análisis de Correspondencia como el Análisis de componentes principales nos muestran los factores (valores de cada parámetro) que tienen un mayor peso (en negro) en la distribución de los agrupamientos, en el caso del análisis de correspondencia los factores que nos permiten explicar los agrupamientos son los valores máximos y mínimos 10 y 90% de cada parámetro climático.

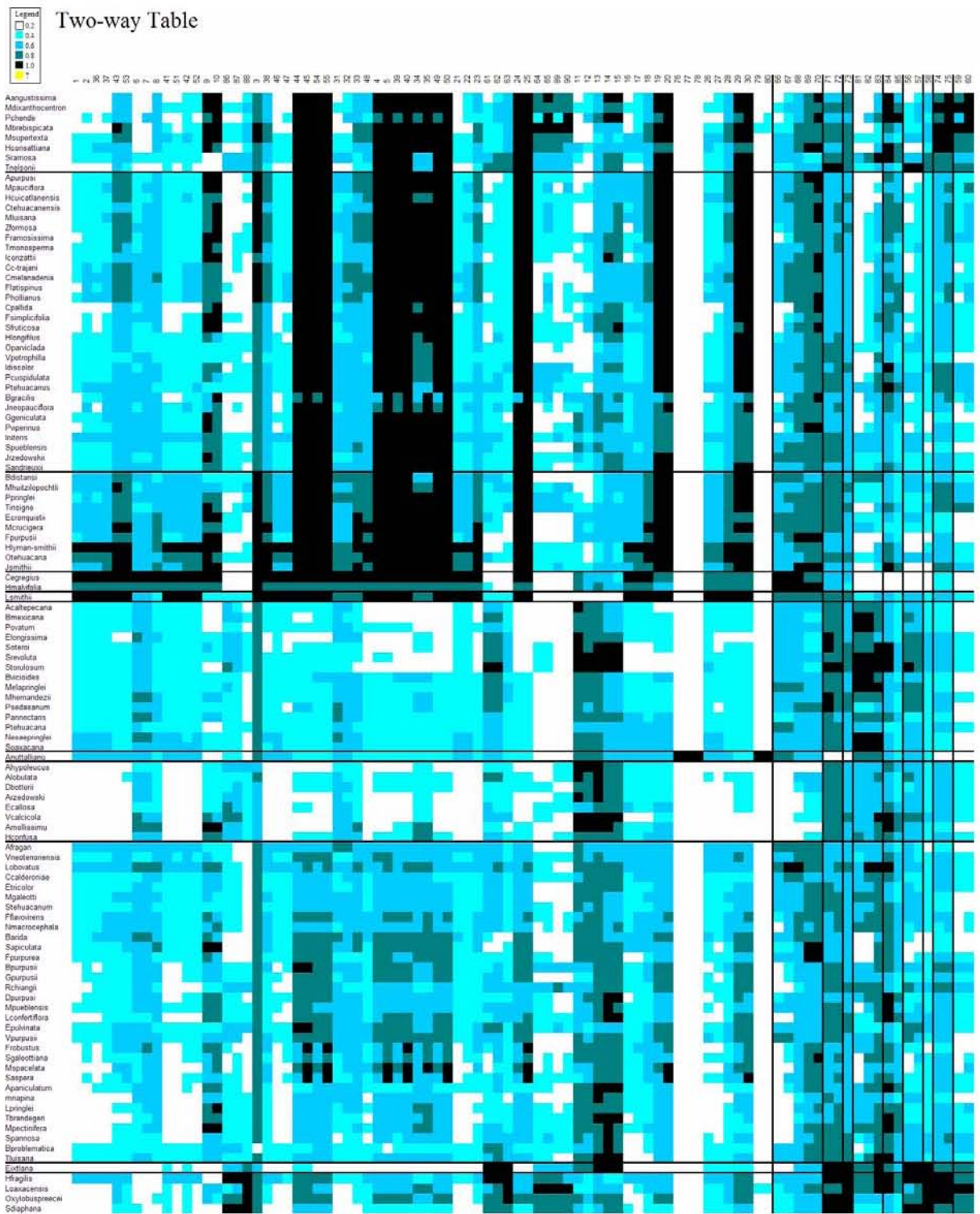


Figura 15.-Tabla o Cuadro de dos vías obtenido de PATN 3.2 (Belbin, 2004), que muestra el agrupamiento de las especies con relación a los parámetros climáticos.

Áreas Prioritarias de Conservación

Los modelos de distribución potencial obtenidos para cada uno de los grupos del fenograma, coincidentes entre si, tanto geográfica como climáticamente, se superponen para recortar aquellas áreas en donde coincidirían los modelos. De la sobreposición de los once grupos se obtuvieron cinco áreas de coincidencia, que en este estudio se interpretan como áreas de concentración de especies endémicas o “hotspots de rareza”.

Estas áreas de concentración fueron recortadas de acuerdo con los métodos propuestos (área de amortiguamiento), con el fin de encontrar una distancia razonable en relación con las actividades humanas principalmente. Así, las cinco áreas detectadas, resultaron muy contraídas debido a su cercanía con carreteras, terracerías, ciudades y poblados (Figuras 16-21).

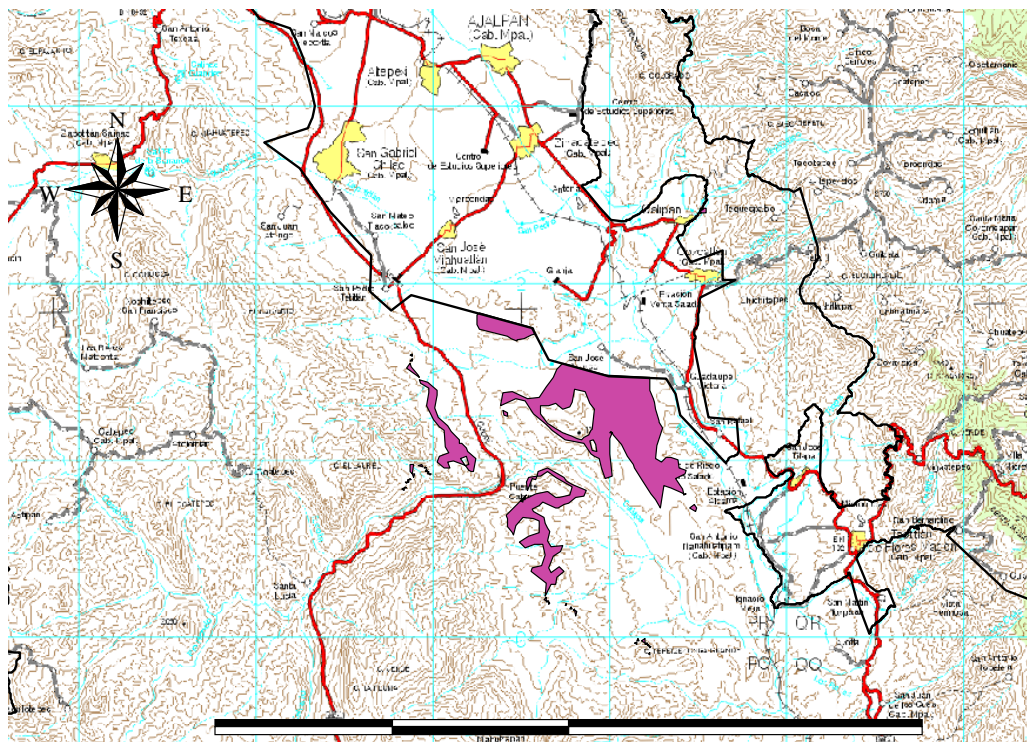


Figura 16.-Hot spot 1 propuesto para la RBTC (grupo 4) recortado con respecto al polígono de la reserva, carreteras y poblaciones.

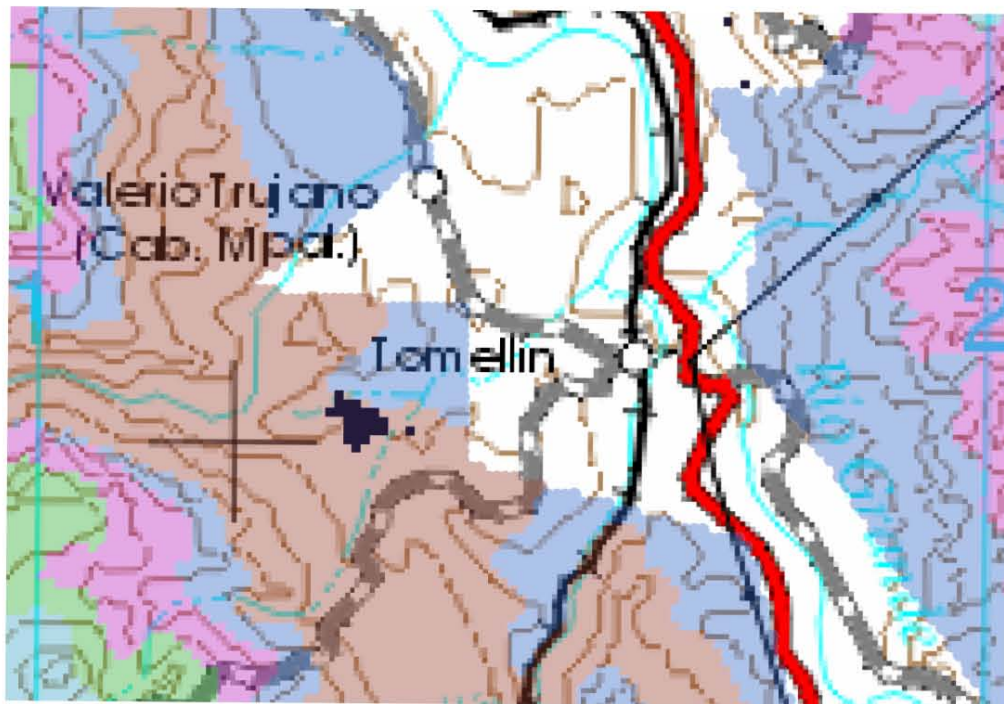


Figura 17.-Hot spot 2 propuesto para la RBTC (grupo 5) recortado con respecto al polígono de la reserva, a las vías de comunicación y poblaciones; así en relación con los dominios climáticos (8).

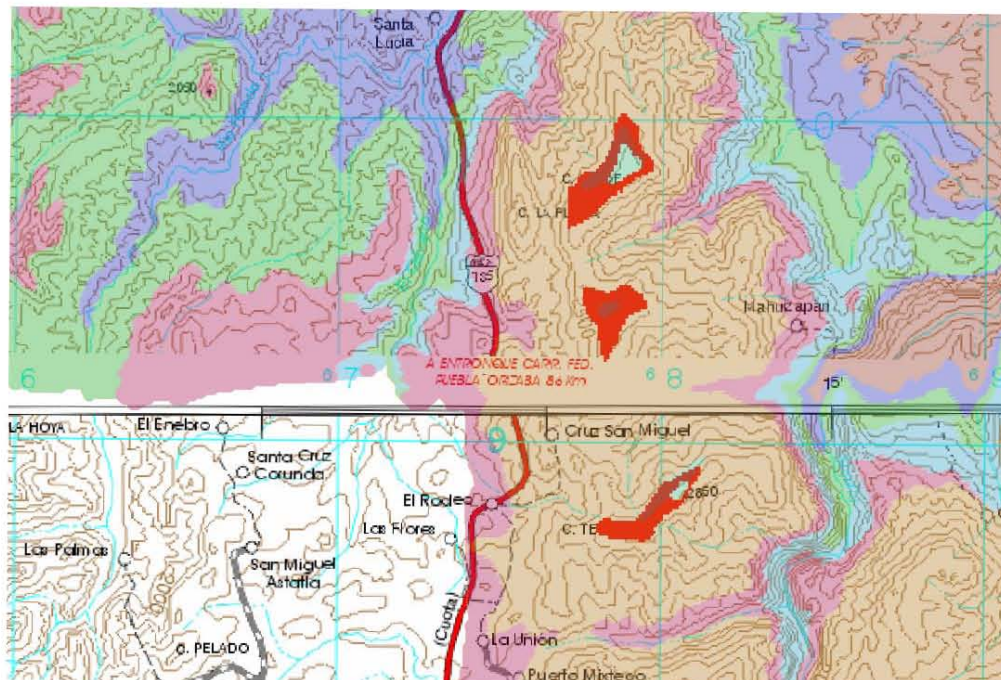


Figura 18.- En rojo el Hot spot 3 propuesto para la RBTC (grupo 10) recortado con respecto al polígono de la reserva, a las vías de comunicación y poblaciones; así en relación con los dominios climáticos (5 y 7).

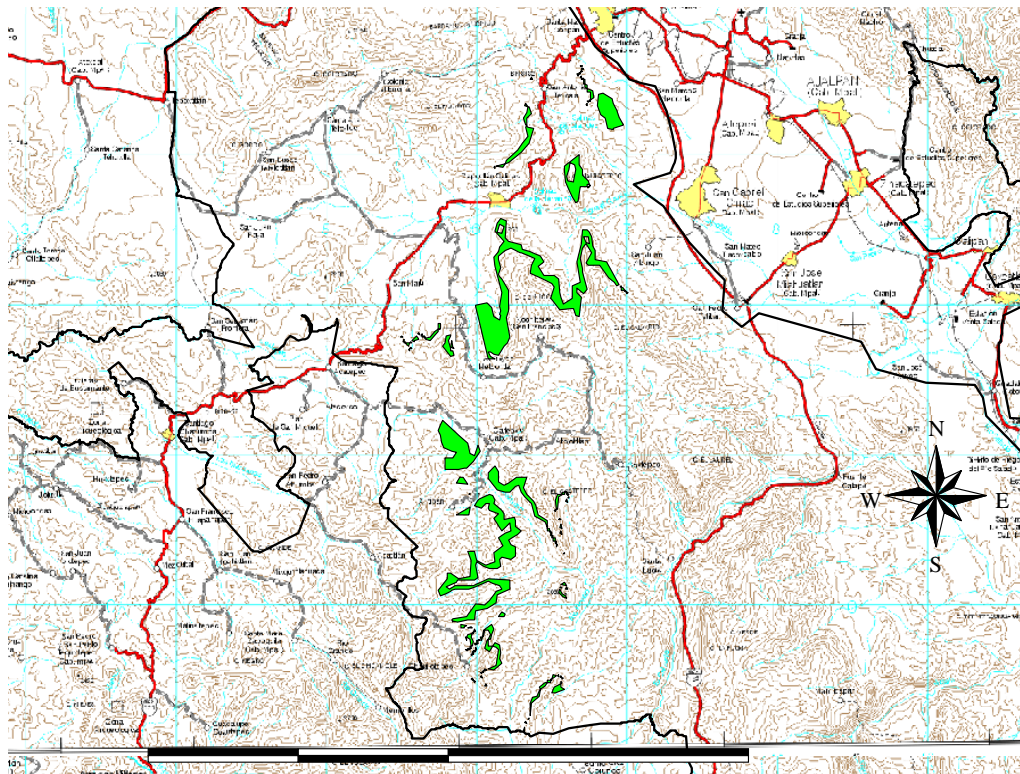


Figura 19.-Hot spot 4 propuesto para la RBTC (grupos 2, 6, 9) recortado con respecto al polígono de la reserva, carreteras y poblaciones

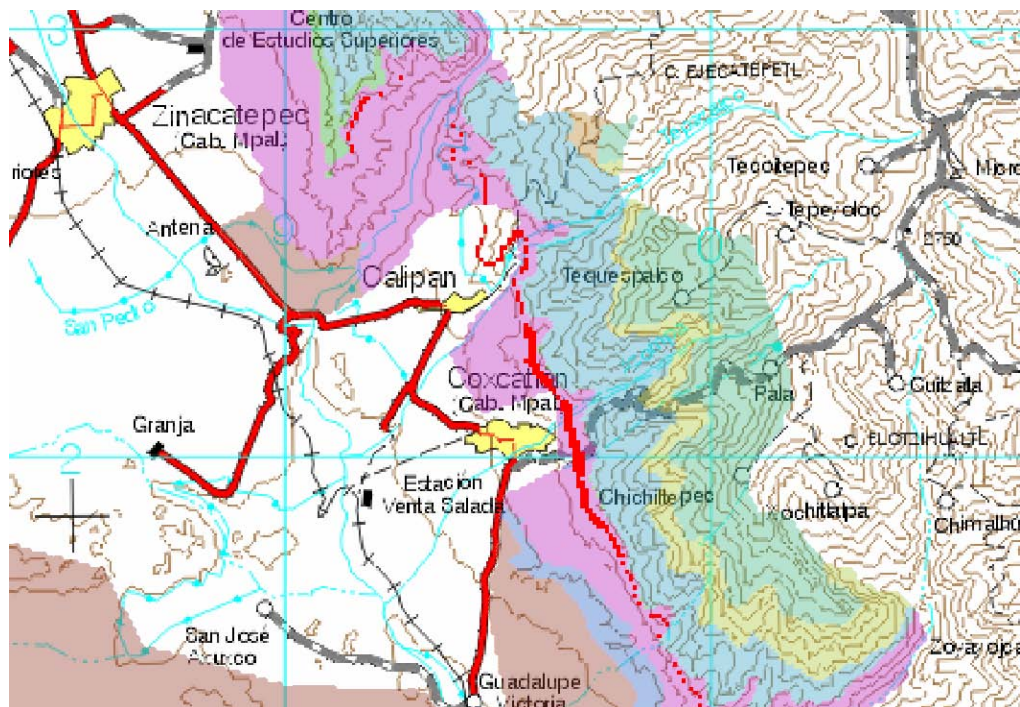


Figura 20.- En rojo el Hot spot 5 propuesto para la RBTC (grupos 1, 3, 11) recortado con respecto al polígono de la reserva, a las vías de comunicación y poblaciones; así como en relación con el dominio climático (6).

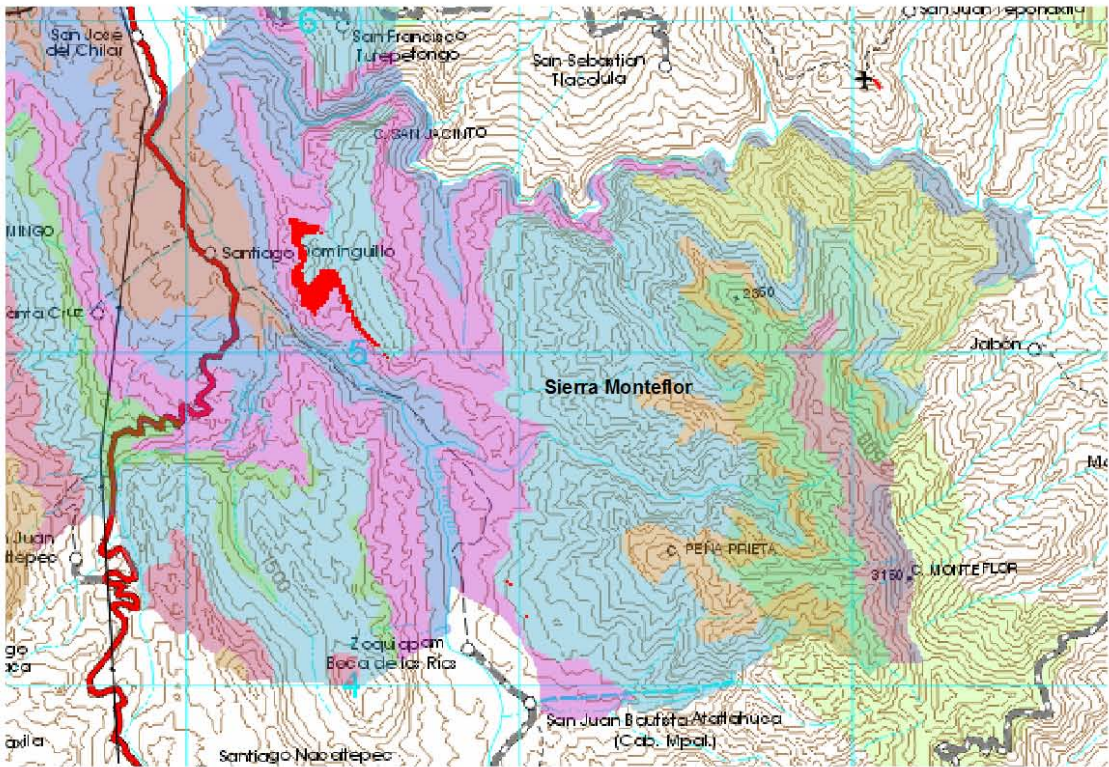


Figura 21.- En rojo el Hot spot 6 (grupos 1, 3, 11) con respecto a las vías de comunicación y poblaciones; así como en relación con el dominio climático (6).

Finalmente, las áreas prioritarias de conservación definidas fueron contrastadas contra los distintos dominios climáticos, a través de los cuales se distribuyeron los Hot spots. Los dominios fueron generados con base en la combinación de los 19 parámetros bioclimáticos usados para generar los modelos de distribución potencial, con el fin de intentar sugerir si estas áreas y sus especies endémicas podrían estar correlacionadas, esas observaciones confirman la importancia de las áreas de endemismo al representar no solo a las especies endémicas de la reserva, sino también a la mayoría de la variación climática.

DISCUSIÓN

De manera ideal, un sistema de selección de áreas protegidas debe ser eficiente y flexible refiriéndose a la posibilidad de proteger un alto porcentaje de las especies de una región o la totalidad de ellas con el menor número de sitios posibles (complementos) (Margules, manuscrito no publicado). La flexibilidad tiene que ver con la posibilidad de escoger sitios alternativos si alguno de los prioritarios no se puede proteger por alguna razón biológica, social o política (Arita & Rodríguez, 2001). En este sentido, este trabajo cumple satisfactoriamente con estos términos, al definir y ubicar las APCs lejanas a algunas actividades humanas y vías de comunicación, además de utilizar a las especies endémicas como elementos clave.

El uso de las especies endémicas y raras, y de ciertos factores climáticos como sustituto de la biodiversidad para definir áreas prioritarias de biodiversidad, ha resultado de suma importancia y valor. Diversos autores las han propuesto como sustituto en análisis de conservación, incluso, algunos autores (Rzedowski, 1978; Contreras-Medina, 2001) sugieren que las áreas biogeográficas deberían ser definidas en término de sus taxa endémicos; otros autores, como Méndez-Larios (2005) que refiere que las áreas de endemismo son el resultado de una combinación de procesos históricos y ecológicos, y por lo tanto representan sitios importantes para la conservación al poseer especies con una distribución restringida lo que las hace únicas e irremplazables; por otra parte, de acuerdo con la ley de equilibrio ecológico y del Ambiente (Artículo 48), las reservas de la Biosfera se constituirán en áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional representativas de uno o mas ecosistemas no alterados significativamente en las cuales habiten especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

El incorporar la información de las especies contenida en colecciones científicas y su correlación con factores climáticos permite maximizar la utilización de los recursos disponibles, creando modelos de la relación entre las condiciones ambientales y las localidades geográficas conocidas en donde las poblaciones de las especies se distribuyen (modelos de nicho ecológico). El incluir en este trabajo los factores bióticos y abióticos para determinar el área de distribución de una especie ha permitido tener un escenario más completo de la distribución de cualquier especie bajo estudio, no obstante, que esta distribución es potencial, así como de los parámetros o variables ambientales que posiblemente influyen en su distribución (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001; Kearney & Porter, 2004; Peterson & Robins, 2003; Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004). Algunos trabajos semejantes han documentado y apoyado el uso de diferentes grupos como sustitutos de biodiversidad, estos han empleado con éxito grupos de especies endémicas dada su representatividad (Caro and O’doherly, 1999; Caro *et al.*, 2005; Contreras–Medina *et al.*, 2003; León de la Luz & Preceda, 2004; Méndez–Larios, 2005); otros autores, como Ruggiero & Ecurra (2002) consideran que las condiciones ambientales que actualmente se encuentran en cualquier área de endemismo son adecuadas para todos los taxones miembros de su elemento y por lo tanto cubren las características necesarias para ser un grupo representativo de la biodiversidad (Caro and O’doherly, 1999; Caro *et al.* 2005; Contreras–Medina *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2005). Sin embargo, otros autores emplean exclusivamente parámetros climáticos como sustituto de la biodiversidad para representar a los componentes de ésta (Satora *et al.*, 2005).

El uso de los modelos de nicho ecológico ha representado un elemento de gran valor al permitir considerar las distribuciones de las especies. No obstante que algunos autores observan ciertas desventajas en el uso de este tipo de modelos, ya que sobreestiman o subestiman la distribución geográfica de las especies, y en otros casos no consideran otros factores asociados (interacciones bióticas y factores históricos) y que también influyen en su

distribución (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001). Tradicionalmente, la falta de datos suficientes no permite producir modelos adecuados. No obstante que algunos autores sugieren el uso de un número determinado como requisito mínimo para un análisis eficiente (Lindenmayer *et al.*, 1996), en este caso y en muchos otros no se ha dispuesto ni se dispondrá de ese mínimo sugerido (50 registros), ya que algunas especies muy raras sólo cuentan con pocos registros. En este estudio, que incluyó especies endémicas con un número reducido de registros (11% de las especies contando con dos registros y el 0.9% con 37), los modelos se consideran de cierta manera útiles, ya que reflejan de forma razonable la posible distribución total de las especies estudiadas. Desafortunadamente, este es el panorama de la mayoría de las especies endémicas y/o raras con registros de herbario esto hace que el modelo de este tipo de especies no incluya el total o una parte significativa de los datos de distribución real, lo cual no significa que los productos no sean confiables.

Los resultados demuestran que tanto los juegos de datos biológicos seleccionados como los modelos de nicho ecológico generados y empleados en la selección de áreas prioritarias de conservación han permitido alcanzar el objetivo central del estudio. No obstante, las diferencias en escalas celdas de aproximadamente 1km² contra celdas de 91km² utilizada por Méndez-Larios (2005), el presente estudio de forma parcial valida el estudio realizado por Méndez-Larios (2005) y viceversa. La importancia radica en que empleando conceptos, métodos y herramientas distintos se logran demostrar que, al menos, los grupos de plantas analizadas pueden ser empleadas como sustitutos unos de otros con cierto grado de confianza. Sin embargo, también es evidente que esa coincidencia parcial muestra que la correspondencia entre los grupos empleados en este estudio, no necesariamente muestra que funciona para otro grupo biológico, plantas o animales

Los grupos definidos por medio del análisis de conglomerados se encuentran distribuidos en lugares que cuentan con accidentes orográficos prominentes como la Sierra Zongolica, Sierra de Tecamachalco, Sierra Monteflor, Cuenca de Río Hondo, Valle de Tehuacan y Valle de Cuicatlán, que albergan comunidades vegetales importantes como Bosque de Quercus, Bosque Templado, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque Tropical caducifolio, Selva Baja, Izotal y Matorral; además de una alta diversidad fisiográfica, geológica, edáfica y por lo tanto biótica, esto nos indica de acuerdo con Rzedowski (1991) ser una de las posibles causas del endemismo en el Valle de Tehuacan-Cuicatlán.

Desafortunadamente, estas áreas prioritarias de biodiversidad o conservación están expuestas a las numerosas y diversas actividades humanas que promueven cambios importantes en el uso del suelo y en la diversidad biológica que este soporta. No obstante, que la selección de tales áreas de conservación hayan incorporado los elementos ambientales y biológicos adecuados estas coincidan con otros proyectos y sus resultados (Méndez-Larios *et al.*, 2005), su realización se encuentra supeditada a la posibilidad de ser consideradas para su protección en lugar de su explotación u ocupación.

No obstante que estas áreas prioritarias de conservación definidas se han reconocido dentro de los límites de la reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán, aún así se encuentran en serio riesgo de ser afectadas profundamente. En este momento es importante notar que estos elementos estudiados aquí, al ser parte de una reserva de la biosfera, en donde la coincidencia entre las características ambientales y biológicas notables han sido obligadas a coincidir con una serie de características sociales, también notables, pero que desafortunadamente son incompatibles para la conservación biológica. Los importantes problemas de migración de la población, la carencia de agua, los excesivos cambios en el uso del suelo y la obligada explotación irracional de algunos recursos naturales están

afectando profundamente las áreas, patrones de distribución y muchos de los procesos que mantienen en equilibrio los sistemas biológicos. Se considera prioritario realizar estudios tendientes al desarrollo humano y el manejo sustentable de los recursos de los cuales las poblaciones dentro de la reserva dependen como la medida más adecuada para su conservación y persistencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R.P., D. Lew & A.T. Peterson (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modeling* 162: 211-232.
- Anónimo (1997). *Gaceta ecológica*, INE-SEMARNAP 45: 11-26.
- Arita, H.T. & P. Rodríguez. (2001) *Ecología Geográfica y Macroecología*, En: Llorente-B, J.& J.J. Morrone (Eds.) *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp. 63-80.
- Arriaga L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez & E. Loa (coordinadores). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Asteinza, G.B. (1975). El papel de los herbarios en los estudios ecológicos, fitogeográficos y en la investigación sobre el aprovechamiento de los recursos naturales. *Bol. Soc. Bot. México* 34: 51-58.
- Ayala, R.J.M., O. Téllez-Valdés & U. Guzmán (2004). El papel de la reserva de la biosfera de Tehuacán-Cuicatlán en la conservación a largo plazo de hotspots de especies endémicas amenazadas. XVI Congreso Mexicano de Botánica.
- Barrera, C.C. (2001). Descripción y regionalización fisiogeográfica del Valle de Zapotitlán, Puebla. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. p.p. 1-16.
- Belbin, L. & A. Collins (2004). PATN 3.2, Blatant Fabrications, Pt. y Ltd.
- Busby, J.R. (1991) BIOCLIM bioclimática - Un Sistema de Análisis y Predicción. En: Margules, C.R. & M.P. Austin (eds.), *Conservación de la Naturaleza: Cost Effective Biological encuestas y datos Analysis*. pp. 64-68.
- Caro, T. M. & O'doherty G. (1999). On the use surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology* 4:13, 805-814
- Caro, T. M., J. Eadie & Sih A. (2005) Use of substitute species in Conservation Biology. *Conservation Biology*. 6:19. pp1821-1826.
- Catalán, Z.F. (2001). Distribución espacio temporal de la sequía en el Valle de Tehuacán – Cuicatlán. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 63 p.

- Ceballos, G. (2001). Especies raras, el conocimiento de la biodiversidad biológica y la conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Biodiversitas No.11
- Contreras-Medina, R., J.J. Morrone & Luna V.I. (2003) Uso de herramientas biogeográficas para el reconocimiento de "Hotspots" un ejemplo de aplicación con Briofitas y Gimnospermas, En: Llorente-B, J.& J.J. Morrone (Eds.) Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. .pp155-157.
- Cruz, I., E. Martínez, E. Muñoz & F. Vázquez (1997). La Biodiversidad y los Sistemas de Información Geográfica. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Biodiversitas. No.11.
- Dávila A. P., Villaseñor J. L., Medina R., Ramírez A., Salinas A., Sánchez-Ken J. & Tenorio P. (1993). Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Escalante T., Espinoza N.D. & Llorente B.J. (2003) Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de patrones biogeográficos: Ejemplos en México, En: Llorente-B, J. & J.J. Morrone (Eds.) Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp. 303-307.
- Espinoza, O.D.; Aguilar Z.C. & Escalante E.T., (2001) Endemismo, áreas de endemismo y regionalización Biogeografica, En: Llorente-B, J.& J.J. Morrone (Eds.) Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp.31-35.
- ESRI (Environmental Scientific Research Institute) (2000). ArcView 3.2. Redlands. California, U.S.A.
- Fischer, J., D. Lindenmayer, H.A. Nix, J.L. Stein & J.A. Stein (2001). Climate and Animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. Journal of Biogeography 28: 293-304.
- Harcourt A. H. (2000) Coincidence and mismatch of diversity Hotspots: A global survey for the order, primates, biological conservation. 93: 167-175.

- <http://www.conabio.gob.mx/>
- Jaramillo, L.V. & G.F. González (1983). Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán–Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. México 45: 50-63.
- Kearney, M. & Porter P. W. (2004). Mapping the fundamental niche: Physiology, climate and the distribution of a nocturnal lizard. Ecology. 11:85. pp.3119-3131.
- León-de la Luz, J., & Breceda A. (2004). Using endemic plant species to establish critical habitats in the Sierra de la Laguna Biosphere reserve, Baja California Sur, México. Biodiversity and Conservation. pp 1-13.
- Lindenmayer, D.B., B. Mackey & H.A. Nix (1996). The bioclimatic domains of four species of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. Australian forestry 2(59): 74-89.
- Lindenmayer, D.B., B. Mackey, R.B. Cunningham, C.F. Donnelly, I.C. Mullen, M.A. McCarthy & A.M. Gill (2000). Factors affecting the presence of the cool temperate rain Forest tree myrtle beech (*Nothofagus cunninghami*) in Southern Australia: integrating climatic, terrain and disturbance predictors of distribution patterns. J. Biogeography 27: 1001-1010.
- Madrigal, S.J. (1975). Comentario al tema: El papel de los herbarios en los estudios ecológicos, fitogeográficos y en la investigación sobre el aprovechamiento de los recursos naturales. Bol. Soc. Bot. México 34: 56-58.
- Martínez-Meyer, E., T.A. Peterson & W.W. Hargroves (2004). Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change protections for biodiversity. Global Ecology and Biogeography 13: 305-314.
- McMahon, J.P., Hutchinson, M.F., Nix, H.A. Y Ord, K.D. (1996). ANUCLIM Versión 1 User'sGuide. Canberra: ANU, CRES. [Véase también ANUCLIM 5.0:
- Méndez-Larios, I. (2005). Establecimiento de las zonas núcleo en la reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de Doctorado, FES Iztacala, UNAM.
- Méndez-Larios, I., Ortiz T., Villaseñor J. L. (2004) Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacan-Cuicatlán, México. Anales del instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica. 75(1): 87-101.

- Murguía M. & Llorente B. J. (2003) Reflexiones conceptuales en biogeografía cuantitativa, En: Llorente-B, J. & J.J. Morrone (Eds.) Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp. 133-140.
- Navarro S.G., A. Peterson T. Nakazawa Y.J. & Liebig-Fosas I. (2003) Colecciones biológicas, Modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad, En: Llorente-B, J. & J.J. Morrone (Eds.) Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp.115-122.
- Nix, H.A. (1986). Un análisis de biogeográfico australiano Elapid serpientes, en Longmore, R. (editor), Atlas de Australia Elapid Serpientes. Australian Flora y Fauna Serie 8: 4-15.
- Nix, H.A. (1996). A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes. In: R. Longmore (Editor). Atlas of Elapid snakes. Australian flora and fauna series 7: 4-5.
- Osorio, B.O., A. Valiente-Banuet, P. Dávila y R. Medina (1996). Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Bol. Soc. Bot. México 59: 35-58.
- Pearce, J., & Lindenmayer D.(1998). Bioclimatic analysis to enhance reintroduction biology of the endangered Helmeted Honeyeater (*Linchenostomus melanops cassidix*) in South-eastern Australia. Restoration Ecology. 3:6. pp238-243.
- Peterson, A.T. & R.C. Robins (2004). Using Ecological-Niche to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. Conservation Biology 17(4): 1161-1165.
- Rabinowitz, D. (1991) Seven forms of rarity in: The Biological Aspects of rare plants Conservation (Eds. H. Synge). Wiley, New York, pp.205-217.
- Rojas-Parra, C. A., Poveda-Matallana, I. C., Prieto- Cruz, A., Rodas-Lleras A. & Luis-Martínez M. A. (2003) El tamaño de celdas en el análisis de patrones espaciales de la biodiversidad utilizando sistemas de información Geográfica: ¿Un problema de escalas?, En: Llorente-B, J. & J.J. Morrone (Eds.) Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp. 123-132.
- Ruggiero A. & Escurra C. (2003) Regiones de transiciones biogeográficas: Complementariedad de los análisis en biogeografía histórica y Ecología, En: Llorente-B, J. & J.J. Morrone (Eds.)

Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp. 141-154.

- Ruggiero, A. (2001). Interacciones entre la Biogeografía ecológica y la macroecología: aportes para comprender los patrones espaciales en la diversidad Biológica. En: J.Llorente-Band J.J.Morrone (Eds.), Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp 81-94
- Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Ed. Limusa S.A. México, D.F. pp. 99-120
- Rzedowski, J. (1991). El endemismo en la flora fanerógama mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Botánica Mexicana 15:47-64.
- Sánchez-Cordero, V., T.A. Peterson & P. Escalante P. (2001). El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica en: Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM, México. pp. 359-379.
- Sahotra, S.,J. Justrus, Fuller T., Kelley C., Garson J. & Mayfield. (2005) Effectiveness of environmental surrogates for the selection of Conservation Area Networks. Conservation Biology. 3:19. pp815-825.
- Scout, J. M. & B. Csuti (1997). GAP Analysis for biodiversity survey and maintenance. In: M.L. Reaka-Kudla, D.E. Wilson & E.O. Wilson (Eds). Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources. Joseph Henry Press. Washington DC. pp. 321-340.
- Segurado, P. & Araujo B. M. (2004). An evaluation of methods for modelling species distributions. Journal of Biogeography. 31.pp 1555-1568.
- Suárez, M.M.E. (2001). Patrones de distribución geográfica de las Asteraceae endémicas de Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. FES Iztacala. UNAM México. 90 p.
- Téllez-Valdés, O. & P. Dávila-Aranda (2003). Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. Conservation Biology 3:17. pp 846-853.
- Téllez-Valdés, O., P. Dávila-Aranda & R. Lira-Saade (2006). The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana* an important species of the cloud forest in eastern México. Biodiversity and Conservation, 15:1095-1107.

- Téllez-Valdés, O., P. Dávila-Aranda, L.J. Stein & R. Lira S. (2003). Sistema de información climática de la reserva de la Biosfera Tehuacán–Cuicatlán, México y sus aplicaciones. *GEOS*. 23: 2 p.221.
- V Congreso de la Sociedad Mexicana de Botánica Simposio: Aridamerica: Flora, procesos ecológicos y conservación. XV Congreso Mexicano de Botánica. 2001.
- Valiente-Banuet, A., A. Casas F., A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, M.C. Arizmendi, J.L. Villaseñor & R.J. Ortega (2000). La vegetación del valle de Tehuacan-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México* 67: 24-74.
- Villaseñor, J.L. y O. Téllez-Valdés (2004). La distribución potencial de algunas especies vegetales de México. *Anales Inst. Biol. Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Bot.* 75(2), 205-220.
- Williams, P., D. Faith, L. Manne, W. Sechrest & C. Preston (2006). Complementarity analysis: mapping the performance of surrogates for biodiversity. *Biological Conservation* 128: 253-264.

ANEXOS

ANEXO 1.- Listado florístico de especies endémicas a la reserva

ACANTHACEAE	<i>Holographis</i>	<i>cuicatlanensis</i> A. Salinas
AMARANTHACEAE	<i>Iresine</i>	<i>discolor</i> Greenm.
AMARANTHACEAE	<i>Iresine</i>	<i>nitens</i> Standl.
ASCLEPIADACEAE	<i>Matelea</i>	<i>Pueblensis</i> (Brandegee) Woodson
ASTARACEAE	<i>Perymenium</i>	<i>sedasanum</i> J.J. Fay
ASTERACEAE	<i>Acourtia</i>	<i>caltepecana</i> B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Acourtia</i>	<i>fragans</i> Rzed.
ASTERACEAE	<i>Acourtia</i>	<i>lobulata</i> (Bacig.) Reveal & R.M. King
ASTERACEAE	<i>Acourtia</i>	<i>rzedowskii</i> B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Brickellia</i>	<i>problematica</i> B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Flaveria</i>	<i>cronquistii</i> A.M. Powell
ASTERACEAE	<i>Flaveria</i>	<i>ramosissima</i> Klatt
ASTERACEAE	<i>Florestina</i>	<i>purpurea</i> (Brandegee) Rydb.
ASTERACEAE	<i>Florestina</i>	<i>simplicifolia</i> B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Gochnatia</i>	<i>purpusii</i> Brandegee
ASTERACEAE	<i>Hofmeisteria</i>	<i>malvaefolia</i> (B.L. Rob. & Greenm.) B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Melampodium</i>	<i>pringlei</i> B.L. Rob.
ASTERACEAE	<i>Oxylobus</i>	<i>preecei</i> B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Perymenium</i>	<i>ovatum</i> Brandegee
ASTERACEAE	<i>Sanvitalia</i>	<i>fruticosa</i> Hemsl.
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>revoluta</i> B.L. Rob.
ASTERACEAE	<i>Tetrachyron</i>	<i>brandegeei</i> (Greenm.) Wussow & Urbatsch
ASTERACEAE	<i>Tridax</i>	<i>luisana</i> Brandegee
ASTERACEAE	<i>Verbesina</i>	<i>neotenoriensis</i> B.L. Turner
ASTERACEAE	<i>Verbesina</i>	<i>petrophila</i> Brandegee
ASTERACEAE	<i>Viguiera</i>	<i>purpusii</i> Brandegee
BORAGINACEAE	<i>Antiphytum</i>	<i>paniculatum</i> (M. Martens & Galeotti)
BROMELIACEAE	<i>Hechtia</i>	<i>confusa</i> L.B. Sm.
BROMELIACEAE	<i>Hechtia</i>	<i>conzattiana</i> L.B. Sm.
BROMELIACEAE	<i>Hechtia</i>	<i>fragilis</i> Burt-Utley & Utley
BROMELIACEAE	<i>Hechtia</i>	<i>lyman-smithii</i> Burt-Utley & Utley
BURSERACEAE	<i>Bursera</i>	<i>arida</i> (Rose) Standl.
BUXACEAE	<i>Buxus</i>	<i>mexicana</i> Brandegee
CACTACEAE	<i>Opuntia</i>	<i>tehuacana</i> S. Arias & L.U. Guzman
CACTACEAE	<i>Coryphatha</i>	<i>pallida</i> Britton & Rose
CACTACEAE	<i>Cephalocereus</i>	<i>columna-trajani</i> (Kart. Ex Pfeiff.) K. Schum.
CACTACEAE	<i>Ferocactus</i>	<i>flavovirens</i> (Scheidw.) Britton & Rose
CACTACEAE	<i>Ferocactus</i>	<i>latispinus</i> (Haw.) Britton & Rose
CACTACEAE	<i>Ferocactus</i>	<i>robustus</i> (Link & Otto) Britton & Rose
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>crucigera</i> Mart.
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>dixanthocentron</i> Backeb.
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>hernandezii</i> Glass & R.C. Foster
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>huitzilopochtli</i> D.R. Hunt
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>napina</i> J.A. Purpus
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>pectinifera</i> F.A.C. Weber
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>sphacelata</i> Mart.
CACTACEAE	<i>Mammillaria</i>	<i>supertexta</i> Mart. ex Pfeiff.
CACTACEAE	<i>Neobuxbaumia</i>	<i>macrocephala</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) E.Y. Dawson
CACTACEAE	<i>Opuntia</i>	<i>parviclada</i> S. Arias & Gama-López
CACTACEAE	<i>Pachycereus</i>	<i>hollianus</i> (Weber) Buxb.
CACTACEAE	<i>Peniocereus</i>	<i>viperinus</i> (F.A.C. Weber) Buxb.

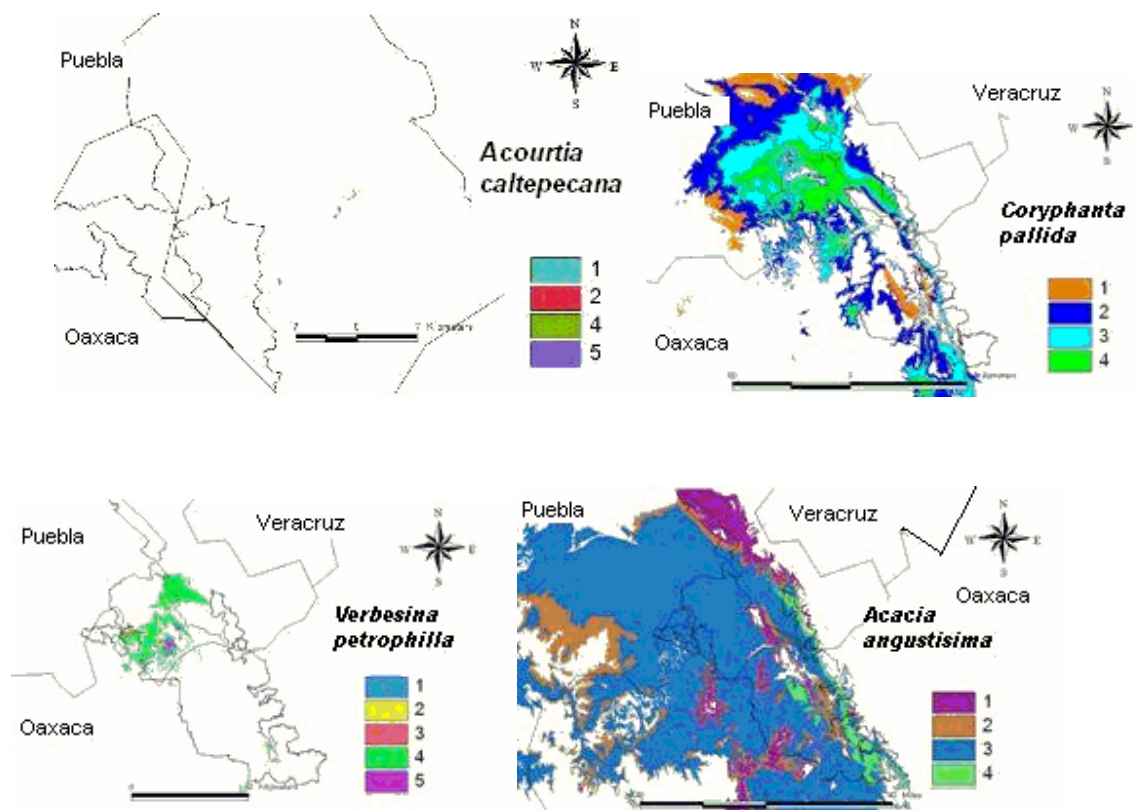
CACTACEAE	<i>Polaskia</i>	<i>chende</i> (Gosselin) Gibson & Horak
CAESALPINIACEAE	<i>Caesalpinia</i>	<i>melanadenia</i> (Rose) Standl.
CAESALPINIACEAE	<i>Senna</i>	<i>andrieuxii</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby
CAESALPINIACEAE	<i>Senna</i>	<i>apiculata</i> (M. Martens & Galeotti) H.S. Irwin & Barneby
CAESALPINIACEAE	<i>Senna</i>	<i>galeottiana</i> (M. Martens) H.S. Irwin & Barneby
CELASTRACEAE	<i>Schaefferia</i>	<i>oaxacana</i> Standl.
COMMELIACEAE	<i>Tradescantia</i>	<i>monosperma</i> Brandegee
CONVOLVULACEAE	<i>Jacquemontia</i>	<i>smithii</i> B.L. Rob. & Greenm.
CRASSULACEAE	<i>Echeveria</i>	<i>pulvinata</i> Rose
CRASULACEAE	<i>Echeveria</i>	<i>longissima</i> E. Walther
CRASULACEAE	<i>Sedum</i>	<i>oteroi</i> Moran
CRASULACEAE	<i>Sedum</i>	<i>torulosum</i> R.T. Clausen
EUPHORBIACEAE	<i>Cnidioscolus</i>	<i>egregius</i> Breckon
EUPHORBIACEAE	<i>Cnidioscolus</i>	<i>tehuacanensis</i> Breckon
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>ixtlana</i> Huft
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>tricolor</i> Greenm.
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha</i>	<i>neopaucifolia</i> Pax
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha</i>	<i>rzedowskii</i> J. Jiménez Ram.
EUPHORBIACEAE	<i>Manihotoides</i>	<i>pauciflora</i> (Brandegee) D.J. Rogers & Appan
EUPHORBIACEAE	<i>Pedilanthus</i>	<i>tehuacanus</i> Brandegee
FABACEAE	<i>Astragalus</i>	<i>nuttallianus</i> DC.
FABACEAE	<i>Astragalus</i>	<i>amollissimus</i> Barneby
FABACEAE	<i>Astragalus</i>	<i>hypoleucus</i> S. Schauer
FABACEAE	<i>Brongniartia</i>	<i>vicoides</i> M. Martens & Galeotti
FABACEAE	<i>Dalea</i>	<i>botteri</i> (Rydb.) Barneby
FABACEAE	<i>Indigofera</i>	<i>conzattii</i> Rose
FABACEAE	<i>Lonchocarpus</i>	<i>oaxacensis</i> Pittier
FABACEAE	<i>Lonchocarpus</i>	<i>obovatus</i> Benth.
FABACEAE	<i>Trifolium</i>	<i>nelsonii</i> House
FOUQUIERIAEAE	<i>Fouquieria</i>	<i>purpusii</i> Brandegee
LAMIACEAE	<i>Salvia</i>	<i>aspera</i> M. Martens & Galeotti
LAMIACEAE	<i>Salvia</i>	<i>pannosa</i> Fernald
LAMIACEAE	<i>Salvia</i>	<i>ramosa</i> Brandegee
LYTHRACEAE	<i>Nesaea</i>	<i>pringlei</i> Rose
MALVACEAE	<i>Hibiscus</i>	<i>longifilus</i> Willd.
MALVACEAE	<i>Robinsonella</i>	<i>chiangii</i> Fryxell
MALVACEAE	<i>Sida</i>	<i>pueblensis</i> Fryxell
MALVACEAE	<i>Sidastrum</i>	<i>tehuacanum</i> (Brandegee) Fryxell
MIMOSACEAE	<i>Acacia</i>	<i>angustissima</i> (Mill.) Kuntze
MIMOSACEAE	<i>Acacia</i>	<i>purpusii</i> Brandegee
MIMOSACEAE	<i>Leucaena</i>	<i>confertiflora</i> Zárate
MIMOSACEAE	<i>Mimosa</i>	<i>brevispicata</i> Britton
MIMOSACEAE	<i>Mimosa</i>	<i>luisana</i> Brandegee
MIMOSACEAE	<i>Zapoteca</i>	<i>formosa</i> (Kunth) H.M. Hern.
NOLINACEAE	<i>Beaucarnea</i>	<i>gracilis</i> Lem.
NOLINACEAE	<i>Beaucarnea</i>	<i>purpusii</i> Rose
ORCHIDACEAE	<i>Schiedeella</i>	<i>diaphana</i> (Lindl.) Burns-Bal. & E.W. Greenw.
POACEAE	<i>Bouteloua</i>	<i>distans</i> Swallen
POACEAE	<i>Festuca</i>	<i>callosa</i> (Piper) St.-Yves
POLYGALACEAE	<i>Polygala</i>	<i>annectans</i> S.F. Blake
POLYGALACEAE	<i>Polygala</i>	<i>cuspidulata</i> S.F. Blake
POLYGALACEAE	<i>Polygala</i>	<i>tehuacana</i> Brandegee
RUTACEAE	<i>Casimiroa</i>	<i>calderoniae</i> F. Chiang & Medrano
RUTACEAE	<i>Megastigma</i>	<i>galeottii</i> Baill.
SAPINDACEAE	<i>Thouinidium</i>	<i>insigne</i> (Brandegee) Radlk.
SCROPHULARIACEAE	<i>Lamouroxia</i>	<i>smithii</i> B.L. Rob. & Greenm.
SCROPHULARIACEAE	<i>Leucophyllum</i>	<i>pringlei</i> (Greenm.) Standl.

SOLANACEAE	<i>Grabowskia</i>	<i>geniculata</i> (Fernald.) C.L. Hitchc.
THYMELACEAE	<i>Daphnopsis</i>	<i>purpusii</i> Brandegee
URTICACEAE	<i>Pouzolzia</i>	<i>pringlei</i> Greenm.
VALERIANACEAE	<i>Valeriana</i>	<i>calcolica</i> Greenm

ANEXO 2.- Ejemplo de los perfiles de cinco especies por columnas, mostrando los parámetros abreviados.	
PARAMETROS	MIN-MAX (MEAN±S. D.)
<i>Acourtia caltepecana</i> (ASTERACEAE)	
1. Temperatura promedio anual (C°)	16-16.6(16.3±0.45)
2. Oscilación diurna de temperatura (C°)	13.6-13.7(13.6±0.06)
3. Isotermalidad (C°)	0.67-0.67(0.67±0)
4. Estacionalidad de la temperatura (%)	0.54-0.54(0.54±0)
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (C°)	26.4-27(26.7±0.47)
6. Temperatura mínima promedio del periodo mas frío (C°)	6.1-6.6(6.3±0.36)
7. Oscilación anual de temperatura (C°)	20.3-20.5(20.4±0.11)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (C°)	17-17.9(17.5±0.60)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (C°)	13.9-14.5(14.2±0.45)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (C°)	18-18.6(18.3±0.46)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (C°)	13.9-14.5(14.2±0.45)
12. Precipitación anual (mm)	515-541(528±17.89)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	31-31(31±0.14)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)	0
15. Estacionalidad de la precipitación (%)	91-95(93±2.64)
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	267-274(271±5.56)
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)	0
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	188-188(188±0.10)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	16-20(18±2.61)
<i>Coryphanta pallida</i> (CACTACEAE)	
1. Temperatura promedio anual (C°)	13.1-25.30(19.8±2.96)
2. Oscilación diurna de temperatura (C°)	12.4-17.0(14.8±0.68)
3. Isotermalidad (C°)	0.60-0.70(0.65±0.02)
4. Estacionalidad de la temperatura (%)	0.56-0.84(0.66±0.07)
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (C°)	23.7-37.30(31±3.33)
6. Temperatura mínima promedio del periodo mas frío (C°)	3-13.40(8.4±2.55)
7. Oscilación anual de temperatura (C°)	19.9-24.90(22.6±1.04)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (C°)	13.4-26.30(21±3.06)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (C°)	11-22.70(17.4±2.87)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (C°)	15.2-28.4(22.1±3.21)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (C°)	11-21.9(17.1±2.66)
12. Precipitación anual (mm)	368-755(514±73.2)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	24-38(29±3.32)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)	0
15. Estacionalidad de la precipitación (%)	82-105(97±5.56)
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	188-431(267±47.96)
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)	0-36(2±6.61)
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	126-257(175±25.53)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	9-38(16±6.39)
<i>Verbesina petrophilla</i> (ASTERACEAE)	
1. Temperatura promedio anual (C°)	16.1-25.5(18.2±3.03)
2. Oscilación diurna de temperatura (C°)	13.5-14.6(13.9±0.41)
3. Isotermalidad (C°)	0.59-0.67(0.65±0.03)
4. Estacionalidad de la temperatura (%)	0.52-0.84(0.61±0.10)
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (C°)	26.4-37.5(29±3.56)
6. Temperatura mínima promedio del periodo mas frío (C°)	6.2-13.8(7.6±2.42)
7. Oscilación anual de temperatura (C°)	20.2-23.7(21.4±1.22)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (C°)	17-26.4(19.3±3.06)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (C°)	14.2-22.6(16.1±2.73)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (C°)	18-28.7(20.5±3.43)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (C°)	14-22.1(15.8±2.61)
12. Precipitación anual (mm)	446-601(550±51.48)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	24-35(32±3.61)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)	0
15. Estacionalidad de la precipitación (%)	91-102(95±3.84)
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	243-302(285±20.1)

17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)	0
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido(mm)	122-206(189±27.2)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	11-22(18±3.65)
<i>Viguiera purpusii</i> (ASTERACEAE)	
1. Temperatura promedio anual(C°)	16.6-22.8(18.9±3.39)
2. Oscilación diurna de temperatura (C°)	14-15.4(14.4±0.82)
3. Isotermalidad (C°)	0.65-0.69(0.66±0.02)
4. Estacionalidad de la temperatura (%)	0.50-0.72(0.61±0.11)
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (C°)	27-34.5(29.8±4.1)
6. Temperatura mínima promedio del periodo mas frío (C°)	6.6-10.80(8±2.42)
7. Oscilación anual de temperatura(C°)	20.4-23.7(21.8±1.7)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (C°)	17.5-23.8(20±3.39)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (C°)	14.7-20.4(16.8±3.16)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (C°)	18.5-25.3(21.1±3.72)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (C°)	14.7-19.8(16.5±2.88)
12. Precipitación anual (mm)	541-572(561±17.4)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	30-35(33±2.71)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)	0
15. Estacionalidad de la precipitación (%)	95-99(96±2.31)
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	288-305(299±8.89)
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)	0
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido(mm)	153-206(188±30.12)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	17-18(18±0.43)

ANEXO 3.-Ejemplos de los modelos bioclimáticos realizados para cada especie de acuerdo a su distribución.



ANEXO 4.-Listado florístico por grupo de acuerdo a los perfiles climáticos

Perfil Grupo 1		
Bromeliaceae	<i>Hechtia</i>	<i>conzattiana</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>dixanthocentron</i>
Cactaceae	<i>Polaskia</i>	<i>chende</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>supertexta</i>
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>nelsonii</i>
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>ramosa</i>
Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>angustissima</i>
Mimosaceae	<i>Mimosa</i>	<i>brevispicata</i>
Perfil Grupo 2		
Acanthaceae	<i>Holographis</i>	<i>cuicatlanensis</i>
Amaranthaceae	<i>Iresine</i>	<i>discolor</i>
Amaranthaceae	<i>Iresine</i>	<i>nitens</i>
Asteraceae	<i>Flaveria</i>	<i>ramosissima</i>
Asteraceae	<i>Florestina</i>	<i>simplicifolia</i>
Asteraceae	<i>Sanvitalia</i>	<i>fruticosa</i>
Asteraceae	<i>Verbesina</i>	<i>petrophilla</i>
Cactaceae	<i>Cephalocereus</i>	<i>columna-trajani</i>
Cactaceae	<i>Ferocactus</i>	<i>latispinus</i>
Cactaceae	<i>Pachycereus</i>	<i>hollianus</i>
Cactaceae	<i>Ccryphanta</i>	<i>pallida</i>
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>parviclada</i>
Cactaceae	<i>Peniocereus</i>	<i>viperinus</i>
Caesalpiniaceae	<i>Caesalpinia</i>	<i>melanadenia</i>
Caesalpiniaceae	<i>Senna</i>	<i>andrieuxii</i>
Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	<i>monosperma</i>
Euphorbiaceae	<i>Manihotoides</i>	<i>pauciflora</i>
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscopus</i>	<i>tehuacanensis</i>
Euphorbiaceae	<i>Pediilanthus</i>	<i>tehuacanus</i>
Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i>	<i>neopaucifolia</i>
Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i>	<i>rzedowskii</i>
Fabaceae	<i>Indigofera</i>	<i>conzattii</i>
Malvaceae	<i>Hibiscus</i>	<i>longifolius</i>
Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>pueblensis</i>
Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>purpusii</i>
Mimosaceae	<i>Mimosa</i>	<i>luisana</i>
Mimosaceae	<i>Zapoteca</i>	<i>formosa</i>
Nolinaceae	<i>Beaucarnea</i>	<i>gracilis</i>
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	<i>cuspidulata</i>
Solanaceae	<i>Grabowskia</i>	<i>geniculata</i>
Perfil Grupo 3		
Asteraceae	<i>Flaveria</i>	<i>cronquistii</i>
Bromeliaceae	<i>Hechtia</i>	<i>lyman-smithii</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>huitzilopochtli</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>crucigera</i>
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>tehuacana</i>
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia</i>	<i>smithii</i>
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria</i>	<i>purpusii</i>
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>distans</i>
Sapindaceae	<i>Thouinidium</i>	<i>insigne</i>
Urticaceae	<i>Pouzolzia</i>	<i>pringlei</i>
Perfil Grupo 4		
Asteraceae	<i>Hofmeisteria</i>	<i>malvifolia</i>
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscopus</i>	<i>egregius</i>
Perfil Grupo 5		
Scrophulariaceae	<i>Lamouroxia</i>	<i>smithii</i>
Perfil Grupo 6		
Asteraceae	<i>Perymenium</i>	<i>sedasanum</i>
Asteraceae	<i>Accourtia</i>	<i>caltepecana</i>
Asteraceae	<i>Perymenium</i>	<i>ovatum</i>
Asteraceae	<i>Stevia</i>	<i>revoluta</i>
Asteraceae	<i>Melampodium</i>	<i>pringlei</i>
Buxaceae	<i>Buxus</i>	<i>mexicana</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>Hernandezii</i>
Celastraceae	<i>Schaefferia</i>	<i>Oaxacana</i>

Crassulaceae	<i>Echeveria</i>	<i>Longissima</i>
Crassulaceae	<i>Sedum</i>	<i>Oteroi</i>
Crassulaceae	<i>Sedum</i>	<i>Torulolum</i>
Fabaceae	<i>Brongniartia</i>	<i>Vicioides</i>
Lythraceae	<i>Nesaea</i>	<i>Pringlei</i>
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	<i>Annectans</i>
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	<i>Tehuacana</i>
Perfil Grupo 7		
Fabaceae	<i>Astragalus</i>	<i>Nuttallianus</i>
Perfil Grupo 8		
Asteraceae	<i>Acourtia</i>	<i>Lobulada</i>
Asteraceae	<i>Acourtia</i>	<i>Rzedowskii</i>
Bromeliaceae	<i>Hechtia</i>	<i>Confusa</i>
Fabaceae	<i>Astragalus</i>	<i>Hypoleucus</i>
Fabaceae	<i>Dalea</i>	<i>Botterii</i>
Fabaceae	<i>Astragalus</i>	<i>Amollissimus</i>
Poaceae	<i>Festuca</i>	<i>Callosa</i>
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>Calcicola</i>
Perfil Grupo 9		
Asclepiadaceae	<i>Matelea</i>	<i>Pueblensis</i>
Asteraceae	<i>Acourtia</i>	<i>Fragans</i>
Asteraceae	<i>Verbesina</i>	<i>Neotenoriensis</i>
Asteraceae	<i>Florestina</i>	<i>Purpurea</i>
Asteraceae	<i>Gochnatia</i>	<i>Purpusii</i>
Asteraceae	<i>Viguiera</i>	<i>Purpusii</i>
Asteraceae	<i>Tetrachyron</i>	<i>Brandegei</i>
Asteraceae	<i>Brickellia</i>	<i>Problemática</i>
Asteraceae	<i>Tridax</i>	<i>Luisana</i>
Boraginaceae	<i>Antiphytum</i>	<i>Paniculatum</i>
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>Arida</i>
Cactaceae	<i>Ferocactus</i>	<i>Flavovirens</i>
Cactaceae	<i>Neobuxbaumia</i>	<i>Macrocephala</i>
Cactaceae	<i>Ferocactus</i>	<i>Robustus</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>Spacelata</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>Napina</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>Pectinifera</i>
Caesalpiniaceae	<i>Senna</i>	<i>Apiculata</i>
Caesalpiniaceae	<i>Senna</i>	<i>Galeottiana</i>
Crassulaceae	<i>Echeveria</i>	<i>pulvinata</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>tricolor</i>
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i>	<i>obovatus</i>
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>aspera</i>
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>pannosa</i>
Malvaceae	<i>Sidastrum</i>	<i>tehuacanum</i>
Malvaceae	<i>Robinsonella</i>	<i>chiangii</i>
Mimosaceae	<i>Leucaena</i>	<i>confertiflora</i>
Nolinaceae	<i>Beaucarnea</i>	<i>purpusii</i>
Rutaceae	<i>Casimiroa</i>	<i>calderoniae</i>
Rutaceae	<i>Megastigma</i>	<i>galeottii</i>
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum</i>	<i>pringlei</i>
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis</i>	<i>purpusii</i>
Perfil Grupo 10		
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>ixtlana</i>
Perfil Grupo 11		
Asteraceae	<i>Oxylobus</i>	<i>precei</i>
Bromeliaceae	<i>Hechtia</i>	<i>fragilis</i>
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i>	<i>oaxacensis</i>
Orchidaceae	<i>Schiedeella</i>	<i>diaphana</i>