



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO *Bursera* EN EL  
ESTADO DE MORELOS Y SU RELACIÓN  
CON EL CLIMA

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

EZEQUIEL HERNÁNDEZ PÉREZ

DIRECTORA DE TESIS: Dra. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS

MÉXICO, D.F.

Agosto 2008



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**

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM la oportunidad para fortalecer mi formación profesional a través de mi estancia en la Maestría en Ciencias Biológicas (Orientación Biología Ambiental).

Al CONACYT y a la DGEP, la beca de estudios que permitió dedicar tiempo completo a mis estudios.

A los proyectos de investigación PAPIIT–DGAPA-IN231802 y Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano SDEI-PTID-02 por el financiamiento para realizar el trabajo de campo.

A la Dra. Consuelo Bonfil Sanders y la Dra. Irma Trejo por su disposición, atención y conocimientos transmitidos durante el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Mario González por sus aportaciones para el enriquecimiento de este trabajo.

A la Geógrafa Josefina Hernández por el apoyo técnico en el uso de los SIG.

Agradezco a los miembros del Comité Tutoral y del Jurado sus comentarios que fueron de gran utilidad:

Dra. Consuelo Bonfil Sanders  
Dra. Irma Trejo Vázquez  
Dr. Mario González Espinosa  
M. en C. David Nahum Espinosa Organista  
Dra. Patricia Feria Arroyo

# ÍNDICE GENERAL

Página

<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
2.1 Distribución del género <i>Bursera</i> .....	3
2.2 La selva baja caducifolia.....	5
2.3 Relaciones clima-vegetación.....	6
2.4 Modelado de la distribución potencial.....	7
2.5 Justificación y Objetivos.....	9
<b>3. MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 El área de estudio.....	11
3.2 Fisiografía.....	12
3.3 Geología.....	13
3.4 Suelo.....	14
3.5 Clima.....	18
3.6 Vegetación y fauna.....	21
3.7 Registros de la presencia de especies.....	25
3.8 Base de datos de las variables climáticas.....	26
3.9 Mapas de las variables climáticas.....	29
3.10 Distribución real.....	29
3.11 Distribución potencial.....	29
3.12 Mapa de riqueza regional.....	30
3.13 Construcción de las matrices de datos para el análisis estadístico.....	30
3.14 Análisis estadístico.....	30
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1 Interpolación de las variables climáticas.....	32
4.2 Registro de especies.....	39
4.3 Distribución real.....	42
4.4 Riqueza regional de especies.....	57
4.5 Distribución de las especies en relación a las principales variables del clima.....	59
4.6 Análisis de conglomerados.....	63

4.7 Análisis de componentes principales.....	66
4.8 Distribución potencial.....	71
<b>5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>87</b>
5.1 Relación entre variables y distribución de las especies.....	89
5.2 Riqueza regional.....	97
5.3 Distribución potencial.....	95
5.4 Conclusiones.....	99
<b>6. Referencias.....</b>	<b>100</b>
Anexo 1. Características principales de los suelos del estado de Morelos.....	106
Anexo 2. Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis.....	108
Anexo 3. Distribución del género <i>Bursera</i> por tipo de suelo y vegetación.....	109
Anexo 4. Especies de <i>Bursera</i> que comparten el mismo tipo de hábitat en Morelos.....	110

## 1. RESUMEN

Se analizó la influencia de las variables climáticas en la distribución de las especies del género *Bursera* en el estado de Morelos. Se obtuvieron datos de distribución de 15 especies del género y se recopiló información climática de 47 estaciones meteorológicas de la entidad. Se elaboraron mapas de distribución real y potencial de cada especie con los registros de presencia (ejemplares de herbario y recorridos de campo) mediante el programa ArcMap 9.2. Se evaluó la influencia de las variables climáticas en la distribución de las especies consideradas mediante un análisis de componentes principales y un análisis de conglomerados para agrupar a las especies por su afinidad climática.

Las especies se distribuyen en un intervalo altitudinal de entre 800 y 2800 m. La riqueza regional es mayor en las áreas más cálidas y relativamente más secas del sur del estado, en la Sierra de Huautla, en donde se han registrado 10 especies. Las 15 especies estudiadas formaron dos grandes grupos en relación con sus requerimientos ambientales: a) especies de sitios cálidos, que por lo general tienen una distribución relativamente restringida en el estado y, b) especies que se encuentran en un intervalo de valores más amplio, incluyendo sitios menos cálidos, y que por lo tanto tienen una distribución más amplia. La precipitación (en las épocas húmeda y seca), las temperaturas máxima y mínima, la evapotranspiración en la época seca y su estacionalidad fueron las variables que más influyeron en la distribución de las especies. *B. bicolor*, *B. bipinnata*, *B. cuneata*, *B. copallifera*, *B. fagaroides*, *B. grandifolia* y *B. glabrifolia* se presentaron en sitios con temperatura mínima relativamente baja (entre 5 y 10°C) y relativamente más húmedos (820-1100 mm). Las especies restantes (*B. aptera*, *B. ariensis*, *B. lancifolia*, *B. linanoe*, *B. longipes*, *B. morelensis*, *B. schlechtendalii* y *B. submoniliformis*) se encuentran en zonas con temperaturas mínimas más altas ( $\geq 14^{\circ}\text{C}$ ) y condiciones relativamente más secas (precipitación en la época húmeda  $< 1000$  mm, excepto *B. lancifolia*). No hay una variable ambiental que por sí sola explique las variaciones en la distribución de las especies; sin embargo, la temperatura, precipitación y la evapotranspiración son las que mostraron poder predictivo al separar a las especies, además de explicar la distribución restringida de algunas de ellas.

## 2. INTRODUCCIÓN

La distribución de la vegetación en un territorio es el resultado tanto de factores históricos (geológicos, biogeográficos y evolutivos), como de factores ambientales, entre los cuales se incluye el relieve, los suelos, y muy especialmente el clima, así como las perturbaciones, tanto las naturales como las producidas por el hombre (Woodward, 1987).

La flora de México es considerada como una de las más ricas del mundo, debido a su situación geográfica, su historia geológica, biogeográfica y evolutiva, lo accidentado de su fisiografía y lo variado de sus climas (Bravo, 1978; Rzedowski, 1978; Sarukhán y Dirzo, 1992; Challenger, 1998). Los factores abióticos (altitud, temperatura, precipitación, suelo, etc.) y los bióticos (flora y fauna) son relevantes para entender la distribución, tanto de los diversos tipos de vegetación presentes en México, como de las especies vegetales que los componen.

En los últimos siglos las actividades del hombre han tenido impactos severos, generalmente negativos, en el ambiente. La magnitud de estas actividades ha llevado a que sus efectos pasen de las escalas locales y regionales a la escala global, modificando así las características estructurales y funcionales del planeta. En este contexto, algunos de los problemas ambientales a nivel global, derivado del desarrollo de las sociedades modernas, son la pérdida de la diversidad biológica, y el cambio climático (Wilson, 1988; Ceballos, 1993).

La información sistemática y de largo plazo sobre el comportamiento del clima –conjuntamente con las herramientas de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) – permite monitorear y analizar los parámetros del clima que determinan la distribución de una especie o comunidad biológica (Woodward, 1987). Estas herramientas también pueden utilizarse como una aproximación útil en el análisis biológico, la cantidad de recursos y (o) el estado de conservación de una región en particular, un estado o un país. Determinar la distribución de una comunidad, de una especie o de un grupo de especies, y conocer cómo influyen en ella las características climáticas, permite predecir su

habilidad para mantenerse o modificarse en respuesta a cambios climáticos o del régimen de perturbación. Esto permite contar con una escala de análisis adecuada para la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales (Dinerstein *et al.*, 1995; O'Neill *et al.*, 1997).

## **2.1 Distribución del género *Bursera***

El estudio de los patrones de distribución en poblaciones vegetales ha sido un área de gran interés en ecología vegetal, ya que permite comprender los factores que determinan la presencia o ausencia de determinadas especies en un ecosistema o región particular, y nos permite formular hipótesis sobre los mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de los individuos en su ambiente (Kershaw, 1973; Greig-Smith, 1979).

El género *Bursera* es prominente y característico de la flora tropical de México. Se trata, sin embargo, de un grupo cuyo conocimiento aún es deficiente, pues a su sistemática complicada se une la circunstancia de que aún no se conoce bien la distribución de muchas de sus especies, ni los factores climáticos que la determinan (Rzedowski *et al.*, 2005).

El género *Bursera* incluye especies de árboles leñosos, distribuidos desde el extremo sur de los Estados Unidos hasta Perú y el sur de Brasil. Su centro de diversidad es México, en donde se reconoce la existencia de alrededor de 80 especies. Dado el insuficiente grado de exploración botánica de amplias regiones del país, se puede conjeturar que la real cuantía de los componentes de *Bursera* de México rebasa la cifra de 100, con registros en todos los estados de la República, excepto Tlaxcala. De acuerdo con Rzedowski *et al.* (2005) en el estado de Morelos se presentan alrededor de 17 especies (Cuadro 1), aunque Bonilla-Barbosa y Villaseñor (2003) enlistan 23 especies en su catálogo de la flora de Morelos. Típicamente son árboles de tamaño bajo o medio (5 a 15 m), aunque hay también pequeños arbustos o grandes árboles; el color de su corteza varía de gris a amarillo o rojo, es delgada y con frecuencia exfoliante. La gran mayoría de las especies del género son plantas caducifolias, que pierden sus hojas en la temporada seca del año y en general florecen al final de la misma.

Los árboles del género *Bursera* asumen un papel relevante en diversas regiones del país, pues son elementos importantes e incluso dominantes en las selvas, sobre todo las bajas caducifolias. Tanto por el número de especies presentes como por su abundancia, el género destaca sobre todo en la vertiente del Pacífico y en la cuenca del Balsas (que comprende una parte importante de los estados de Oaxaca, Puebla, Guerrero, Morelos, Estado de México y Michoacán), en donde alberga a unas 80 especies. En cambio, parece faltar por completo en amplias extensiones de la Altiplanicie y el noreste del país (Rzedowski y Kruse, 1979).

Cuadro 1. Especies del género *Bursera* presentes en el estado de Morelos (Rzedowski *et al.*, 2005).

*Bursera aptera* Ramírez.  
*Bursera ariensis* (Kunth) McVaugh y Rzed.  
*Bursera bicolor* (Willd. Ex Schltl.) Engl.  
*Bursera bipinnata* (Moç. & Sessé ex DC.) Engl.  
*Bursera copallifera* (Sessé & Moç. Ex DC.) Bullock.  
*Bursera cuneata* (Schltl.) Engl.  
*Bursera discolor* Rzed.  
*Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.  
*Bursera glabrifolia* (Kunth) Engl.  
*Bursera grandifolia* (Schltl.) Engl.  
*Bursera lancifolia* (Schltl.) Engl.  
*Bursera linanoe* (Scheide ex Schltl.) Engl.  
*Bursera longipes* (Rose) Standl.  
*Bursera morelensis* Ramírez.  
*Bursera schlehtendalii* Engl.  
*Bursera submoniliformis* Engl.  
*Bursera vejarvazquezii* Miranda.

## 2.2 La selva baja caducifolia

La diversidad y abundancia del género *Bursera* son particularmente altas en la Selva Baja Caducifolia (SBC; Miranda y Hernández X., 1963) o Bosque Tropical Caducifolio (Rzedowski, 1978). Esta formación vegetal es considerada el tipo de vegetación tropical más ampliamente distribuido en México. Del total de las comunidades tropicales que cubren el país, alrededor del 60% corresponde a bosques tropicales secos, que se caracterizan por perder su follaje en la época seca (Trejo, 1998).

La distribución de los bosques secos está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas (Murphy y Lugo, 1995). Una de sus características más sobresalientes es la presencia de una estacionalidad muy marcada, debido a la distribución desigual de la precipitación a lo largo del año (con una estación lluviosa y una seca bien definida, de 5 a 7 meses de duración) (Miranda y Hernández X., 1963).

La gran mayoría de las selvas bajas de México se encuentran en zonas con clima cálido, pero también se presentan en clima semicálido. En general, el ámbito térmico que se asocia a la Selva Baja Caducifolia en el país tiene una temperatura media anual entre 18°C y 28°C, aunque la mayor parte se concentra en zonas con temperaturas medias entre 22 y 26°C. La cuenca del Balsas muestra una gran variación en el ámbito térmico, ya que presenta un gradiente de temperaturas: el 72% de su área presenta temperaturas promedio mayores a los 22°C, aunque en algunos sitios (como en la parte occidental de la cuenca) puede alcanzar 30°C, mientras que en otros puntos del estado de Morelos fluctúa alrededor de los 19°C (Trejo, 1998).

### **2.3 Relaciones clima-vegetación**

Los factores abióticos son considerados entre los reguladores más importantes de la distribución de especies (Brown, 1995). Desde hace tiempo se ha reconocido su importancia en la ecología de las comunidades (Good, 1953; MacArthur, 1972; Pianka, 1982; Murphy y Lugo, 1995). Es probable que el clima sea el factor más importante que determina la distribución y abundancia de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000; Arundel 2004), por lo que se considera la principal fuerza que gobierna la distribución de los diferentes tipos de vegetación y la zonificación en biomas o tipos de vegetación en escalas geográficas amplias, aunque con restricciones adicionales dadas por factores físicos y biológicos que operan en escalas más pequeñas (Woodward, 1987; Stephenson, 1990; Jeffrey y Jeffrey, 1994).

El clima es el estado más frecuente o promedio de las condiciones atmosféricas y varía de un sitio a otro. Cuando nos referimos al clima estamos tomando como referencia el promedio de algunas variables climáticas registradas por muchos años (Oliver, 1973; García, 1989).

El macroclima (condiciones meteorológicas características de una región geográfica muy extensa) determina en gran medida la distribución regional de la vegetación (Heinrich, 1977). Los regímenes climáticos influyen en la distribución de las especies a través de sus umbrales fisiológicos de tolerancia a la temperatura y precipitación, relacionados con su fenología y fisiología (Holdridge, 1971; Kleidon y Money, 2000). Así, en la estructuración de la vegetación tienen importancia decisiva las condiciones de temperatura y humedad de la superficie terrestre. La cantidad y distribución de la lluvia a lo largo del año es un factor decisivo en la selección de las especies que conforman los distintos tipos de vegetación.

## 2.4 Modelación de la distribución potencial

En cada hábitat se puede describir la posición de una especie en el espacio, en el tiempo y sus relaciones funcionales con la comunidad natural en que se encuentra. Así, se ha definido al nicho ecológico como el espacio multidimensional formado por la suma de todas las interacciones de un organismo con su ambiente biótico y abiótico (Hutchinson, 1957). El nicho está constituido por las variables que explican la distribución y abundancia de un organismo en una determinada comunidad.

Con el propósito de conocer con más precisión la distribución geográfica de los organismos, se han propuesto diversos modelos que permiten estimar su distribución potencial (Guisan y Zimmerman, 2000; Elith *et al.*, 2006). La distribución potencial es una técnica que utiliza parámetros ambientales con significado biológico; cuantifica las diferencias en los dominios climáticos, es decir, el espacio en el cual se considera que la especie sobrevive en condiciones naturales (Fischer *et al.*, 2001). De esta manera, se han desarrollado métodos formales y rigurosos para predecir áreas donde pudiera existir un taxón de interés. La distribución potencial se concentra en encontrar los factores causales, que determinan las condiciones óptimas que influyen sobre ésta y así delimitar los contornos de las posibles áreas de distribución. Dichos modelos han mostrado su utilidad en estudios que evalúan patrones de distribución de organismos, como análisis biogeográficos, ecológicos o de conservación (Anderson *et al.*, 2003). La mayoría de los modelos que predicen la presencia de una especie en un sitio no explorado correlacionan las áreas ya conocidas donde la especie prospera con un conjunto de factores ambientales, especialmente climáticos (Chapman y Busby, 1994).

Las herramientas informáticas disponibles, en especial los programas de bases de datos y los SIGs, facilitan enormemente la recopilación y cartografía de la información biológica (Davis, 1994; Margules y Austin, 1994; Miller, 1994). Por otra parte, en la representación espacial de variables climáticas, tales como precipitación y temperatura, importantes en la distribución de las especies, la información de las estaciones climatológicas, la influencia orográfica y la orientación de las vertientes, conjuntamente con los métodos de geoestadística, permiten mejorar los procesos de interpolación (Márquez *et al.*, 2001).

La geoestadística en la ecología es una herramienta que sirve para entender las interacciones entre las especies y sus recursos en ambientes heterogéneos. Describe la continuidad espacial de cualquier fenómeno natural; permite conocer la forma en que cambia una variable continua en el espacio (patrón espacial), a una o varias escalas seleccionadas, con un nivel de detalle que permite cuantificar dicha variación en distintas direcciones del espacio. Para modelar esta variación espacial se utilizan funciones que ayudan a interpolar el valor de la variable en sitios no muestreados en el espacio. Esta interpolación (conocida como *kriging*) es muy robusta, ya que se basa en una función continua que explica el comportamiento de la variable en el espacio, y permite asociar una medida de la variabilidad de la estimación conocida como grado de incertidumbre (Robertson, 1987).

## 2.5 Justificación y Objetivos

Sin el adecuado conocimiento de nuestros recursos naturales, su conservación y manejo se hacen imposibles. La evaluación sistemática de los recursos existentes en una región, un estado o un país, así como su distribución espacial, es imprescindible para la planeación del uso y la conservación de dichos recursos. Aunque México está ubicado entre los cinco países con la mayor riqueza florística en el mundo (Mittermeier y Goettsch, 1992), es aún deficiente la información acerca del número y la distribución geográfica de las especies sobre el territorio.

Algunos autores han considerado que las especies del género *Bursera* pueden servir como indicadores del grado de conservación de los bosques tropicales secos, debido a que no son comunes en sitios perturbados o con vegetación secundaria (Rzedowski y Kruse, 1979; Daily, 1992). Rzedowski y Kruse (1979) sugirieron que algunas especies podrían utilizarse como indicadoras del clima y quizás de algunos otros factores ambientales. En el presente proyecto se plantea analizar la relación entre las principales variables climáticas y la distribución de las especies de *Bursera* del estado de Morelos.

### **Objetivos:**

Objetivo general:

Analizar el efecto de las principales variables climáticas en la distribución de las especies del género *Bursera* en el estado de Morelos.

Objetivos particulares:

- Conocer la distribución de las diferentes especies del género *Bursera* en el estado de Morelos y elaborar los mapas de distribución de cada una.
- Definir qué variables del clima explican mejor la distribución de las especies en la región de estudio.

- Identificar las especies cuya distribución se encuentra estrechamente acotada por variables climáticas.
- Modelar con métodos de interpolación la distribución potencial de las principales especies.
- Identificar las zonas con mayor riqueza de especies del género en el estado.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1 El área de estudio

El estado de Morelos está situado en el centro sur de México (Figura 1), entre los límites de los estados de Puebla, Distrito Federal y Guerrero, y se localiza entre los paralelos  $19^{\circ}08'$  y  $18^{\circ}20'$  de latitud norte y los meridianos  $98^{\circ}38'$  y  $99^{\circ}30'$  de longitud oeste. Ocupa sólo el 0.25% de la superficie de México y por ello se ubica en el trigésimo lugar de extensión entre los estados de la República Mexicana (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003).

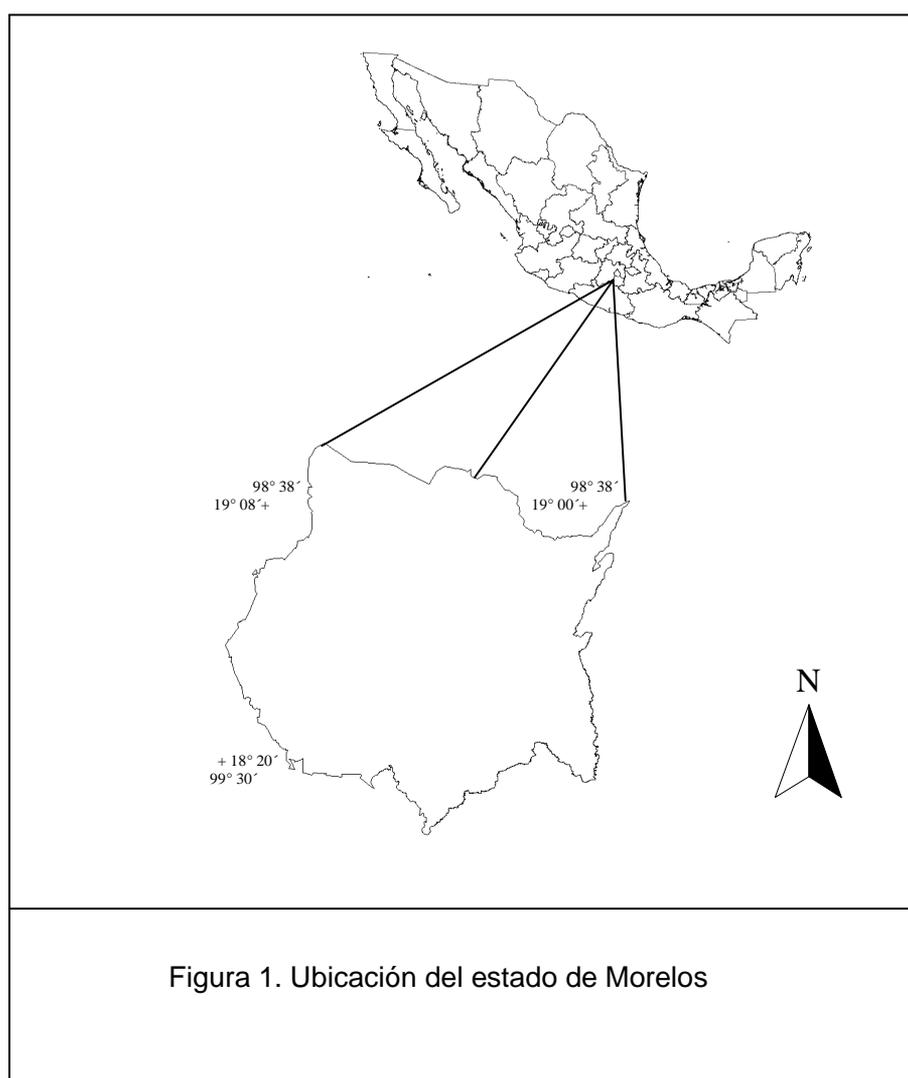


Figura 1. Ubicación del estado de Morelos

### 3.2 Fisiografía

El territorio de Morelos pertenece a dos provincias fisiográficas del país: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. En el primero se presentan dos subprovincias: (a) Lagos y Volcanes de Anáhuac y (b) Sur de Puebla (SPP, 1981).

La subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac tiene una superficie de 2,204 km<sup>2</sup> y cubre la mayor parte del estado (44.5% de su superficie de Morelos), desde el norte al sureste. Limita al sur y occidente con la cuenca del Balsas, que es una subprovincia de la Sierra Madre del Sur. En esta subprovincia se encuentra el cerro del Tepozteco, formado por una intensa erosión de material de lahar (flujo de pedacería volcánica). En el extremo noreste los límites estatales se extienden en una franja angosta por las faldas del Popocatepetl hasta su cráter. Otra unidad de gran importancia es el gran llano con lomeríos que se extiende desde Yautepec hasta Axochiapan y cuya población más importante es Cuautla (Boyás, 1992).

La subprovincia del Sur de Puebla se encuentra en la porción centro-sur, ocupa el 12.2% (605.7 km<sup>2</sup>) de la superficie total estatal y comprende parte de los municipios de Ayala, Tepalcingo y Tlaquiltenango. Está representada por una sierra volcánica de laderas escarpadas y un cañón, y su altitud aumenta desde la periferia (1000 m) hacia el centro (1650 m).

Dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur quedan comprendidas áreas que corresponden a una sola subprovincia: la de Sierras y Valles Guerrerenses. Esta ocupa 2,148 km<sup>2</sup> del territorio e incluye los municipios de Amacuzac, Coatlán del Río, Emiliano Zapata, Jiutepec, Jojutla, Mazatepec, Miacatlán, Puente de Ixtla, Temixco, Tetecala, Tlaltizapán y Xochitepec; así como partes de los municipios de Ayala, Cuernavaca, Tlaquiltenango, Yautepec y una pequeña porción del municipio de Tepoztlán (SPP, 1981).

### 3.3 Geología

Existen solamente afloramientos de rocas ígneas y sedimentarias. Las rocas volcánicas son las más jóvenes y abundantes, y las estructuras geológicas más notables son las constituidas por los aparatos volcánicos y sus grandes espesores de lava (Boyás, 1992).

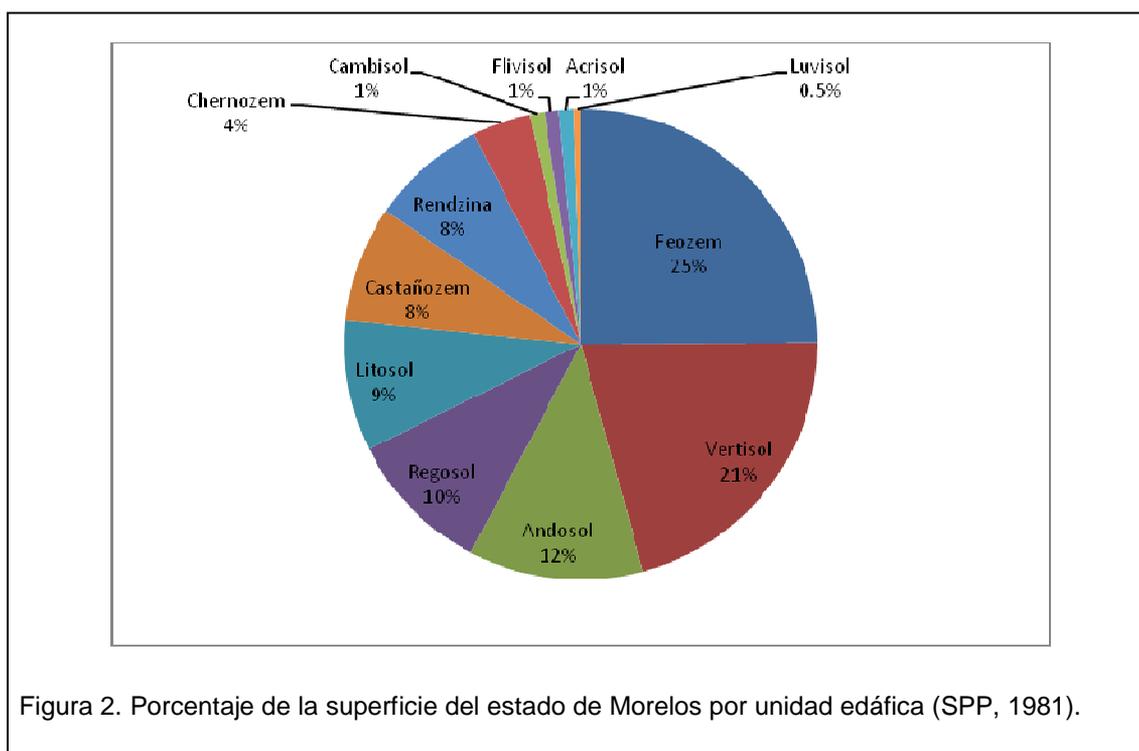
Las rocas más antiguas del Eje Neovolcánico en Morelos son las ígneas extrusivas de composición intermedia (andesitas), que afloran al oeste de Huitzilac y datan probablemente del Terciario Medio; contemporáneo a estas rocas aflora un pequeño cuerpo intrusivo al noroeste de Tepalcingo. Sobreyaciendo a las rocas intermedias afloran rocas sedimentarias clásticas (areniscas-conglomerado), así como un complejo volcánico constituido por diferentes tipos de rocas ígneas, como riolitas, tobas, brechas volcánicas y basaltos (Boyás, 1992).

En la provincia Sierra Madre del Sur afloran las rocas más antiguas de Morelos, que son del Cretácico Inferior; litológicamente están clasificadas como calizas de ambiente marino. El Cretácico Superior está representado por una secuencia interestratificada de areniscas y lutitas. Del Cenozoico afloran tanto rocas sedimentarias clásticas como rocas volcánicas que cubren discordantemente a las rocas del Cretácico (Aguilar, 1990; Boyás *et al.*, 1993).

En los sitios en que dominan las rocas calcáreas son característicos algunos hundimientos de zonas cavernosas (dolinas), debidos a la disolución de dichas rocas (Boyás, 1992).

### 3.4 Suelo

En Morelos se presentan 12 unidades edáficas principales (clasificación de FAO-UNESCO 1988): Feozems, Vertisoles, Andosoles, Regosoles, Litosoles, Rendzinas, Luvisoles, Fluvisoles, Castañozems, Chernozems, Acrisoles y Cambisoles. En la figura 2 se presenta la superficie porcentual de cada unidad edáfica. El mayor porcentaje (25%), corresponde a los Feozems, seguidos por los Vertisoles (21%), Andosoles (12%), Regosoles (10%), Litosoles (9%), Castañozems y Rendzinas (ambas 8%). En menor proporción se presentan Chernozems (4%), Cambisoles, Fluvisoles y Acrisoles (todos 1%) y, por último, los Luvisoles (0.5%) (Aguilar, 1990; Boyás *et al.*, 1993).



En la figura 3 se muestra la distribución de los principales tipos de suelo en el estado, con base en la información de INIFAP-Conabio (1995).

La temperatura y la precipitación han tenido gran influencia en la conformación de los suelos del estado. Los procesos de humedecimiento y sequía provocan expansión o contracción, las que a su vez forman un polvo de partículas muy finas, las cuales son

transportadas desde las partes más altas hasta las áreas bajas, donde se depositan. Las fuertes pendientes que se presentan en el norte y sur tienen suelos poco desarrollados y de mediano espesor. En general, en las partes bajas los suelos tienen más profundidad y son favorables para la agricultura. La erosión eólica se acentúa en los lugares desprovistos de vegetación y el suelo se deteriora más con el incremento de la velocidad del viento en época de estiaje (especialmente en febrero, marzo y abril). La erosión fluvial se manifiesta en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, sobre pendientes deforestadas, surcos agrícolas descuidados y terraplenes de vías de comunicación no protegidos, donde se acumula el agua en la temporada de precipitación (Aguilar, 1990).

A continuación se presenta una breve descripción de los tres tipos de suelos más importantes de Morelos; en el Anexo 1 se describen los otros tipos presentes en el estado.

Los feozems, que se distribuyen en las zonas centro y sur (Figura 3), se caracterizan por presentar un color oscuro, ser ricos en materia orgánica y nutrientes; de clase textural media y gran capacidad para almacenar agua. Presentan un horizonte A mólico, concentraciones de cal suave pulverulentas dentro de los primeros 25 cm de profundidad y carecen de propiedades hidromórficas. Son suelos confinados de manera casi exclusiva a superficies planas o ligeramente onduladas, se desarrollan en condiciones aeróbicas en donde hay movimiento libre de agua a través del suelo; además, integran superficies amorfas, que son de textura fina. Por último, presentan fases líticas, dúrica, pedregosa y petrocálcica. Las unidades taxonómicas que corresponden a este grupo son: feozem calcárico, feozem háplico y feozem lúvico (Aguilar, 1990; Boyás *et al.*, 1993).

En muchas zonas de agricultura de riego se presentan vertisoles, desde Michapa en el occidente, hasta Jonacatepec en el oriente. También abundan en la región de influencia de Zacatepec y Jojutla, donde el uso más común es agricultura de riego y de temporal, de arroz y caña de azúcar. En general son suelos fértiles, con alto contenido de materia orgánica. Se caracterizan por tener más del 40 % de arcilla, dominando la montmorillonita que se expande en tiempo de lluvias, con lo que sus poros se cierran y

el suelo se vuelve pegajoso; contrariamente en la época de secas, el suelo se endurece y agrieta (Aguilar, 1990; Boyás *et al.*, 1993).

Los andosoles están distribuidos al norte de la entidad, ocupando una franja ininterrumpida de poniente a oriente (Figura 3). Son suelos sueltos, inmaduros, con profundidades mayores de 50 cm, con pH ligeramente ácido llegando en ocasiones hasta la neutralidad, ubicados en topografía accidentada y de fácil erosión, áreas en donde ha habido una reciente actividad volcánica. Son de textura media, presentan fases líticas someras y profundas en el oriente, pedregosas. A este grupo pertenecen los suelos derivados de ceniza volcánica (Aguilar, 1990; Boyás *et al.*, 1993).

### SIMBOLOGÍA

-  Vertisol pélico
-  Rendzina
-  Regosol eútrico
-  Regosol dístrico
-  Regosol calcárico
-  Poblado
-  Acrisol húmico
-  Litosol
-  Feozem lúvico
-  Feozem háplico
-  Feozem calcárico
-  Chernozem cálcico
-  Castañozem háplico
-  Castañozem cálcico
-  Cambisol calcárico
-  Andosol ócrico
-  Andosol mólico
-  Andosol húmico
-  Cuerpo de agua

FUENTE: INIFAP - Conabio  
(1995)

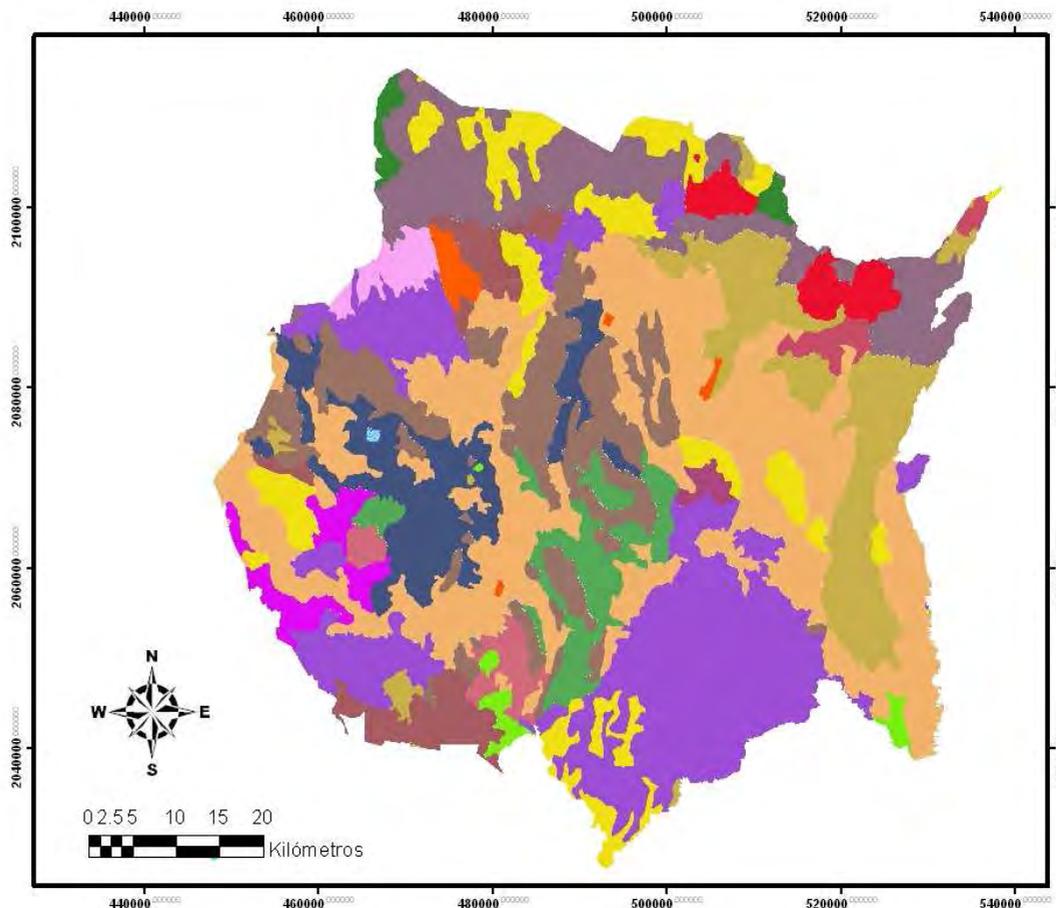


Figura 3. Tipos de suelo en Morelos

### 3.5 Clima

El estado de Morelos presenta una gran diversidad climática; de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), en la entidad se presentan los siguientes tipos y subtipos de clima (Boyás *et al.*, 1993; Contreras-MacBeath *et al.*, 2002):

Frío (EFH), con temperatura media anual menor de  $-2^{\circ}\text{C}$  y temperatura media del mes más caliente menor de  $0^{\circ}\text{C}$ . Se localizan en la parte más alta, al noreste en los límites de la entidad.

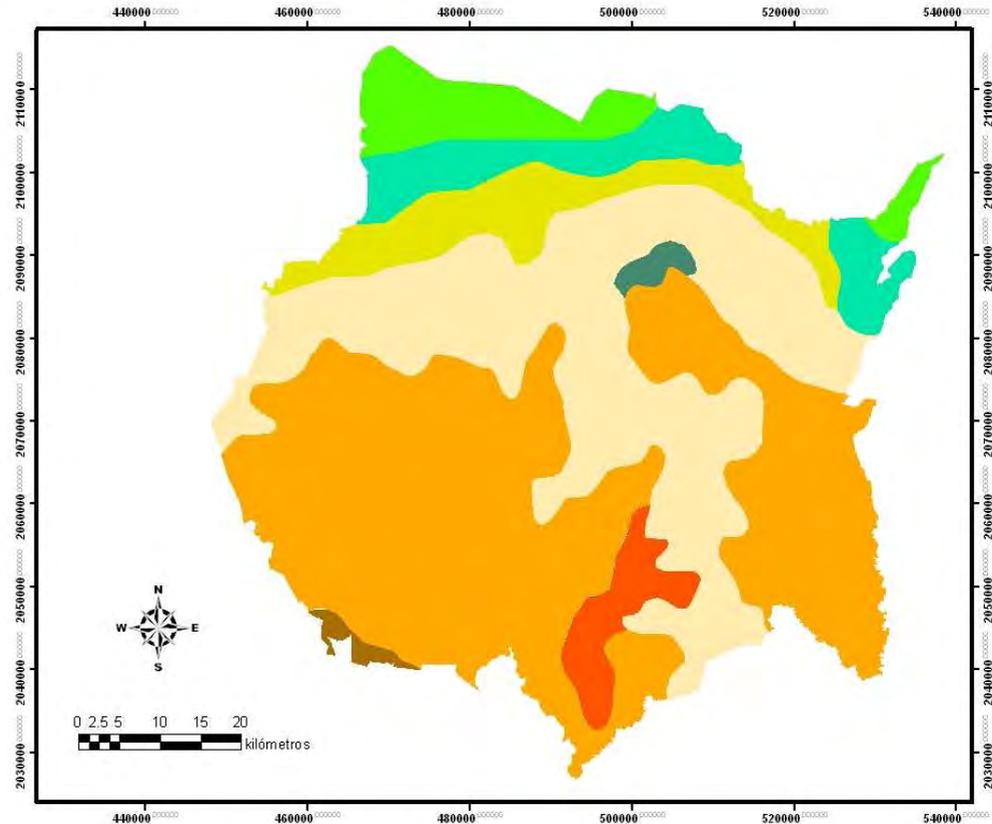
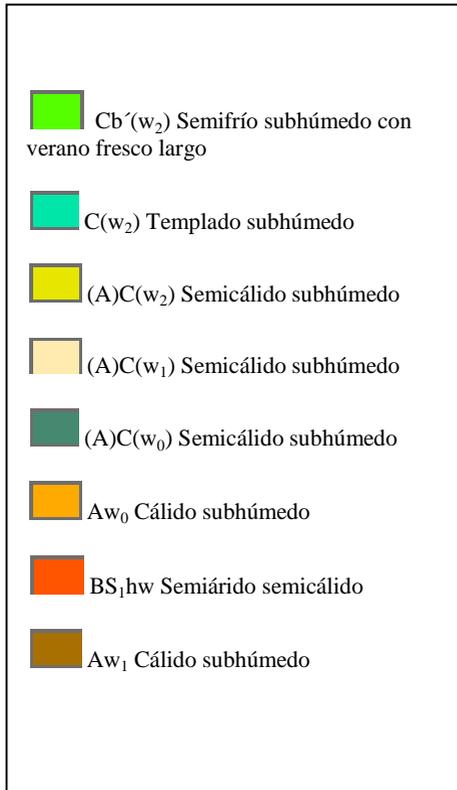
Semifrío ( $C(w_2)(w)(b')$ ), subhúmedo con verano fresco y largo, temperatura media anual entre  $5$  y  $12^{\circ}\text{C}$ , y temperatura del mes más frío entre  $-3$  y  $18^{\circ}\text{C}$ ; se presenta en la zona norte del estado, al sur del Ajusco.

Templado subhúmedo ( $C(w_2)(w)b$ ) con lluvias en verano, el más húmedo de los subhúmedos, con temperatura media anual entre  $5$  y  $12^{\circ}\text{C}$ , temperatura del mes más frío entre  $-3$  y  $18^{\circ}\text{C}$ , del mes más cálido entre  $6.5$  y  $22^{\circ}\text{C}$ , con verano fresco y largo. Se presenta en diversas localidades (como Huitzilac, Tres Cumbres, Coajoculco, Tlacualera y Apapasco), ubicadas al norte de la entidad, en dirección poniente-oriente, al sur de la zona semifría.

Semicálido subhúmedo. Los semicálidos son climas intermedios entre los templados y los cálidos; por lo general se presentan en altitudes ligeramente inferiores a los templados. Su distribución en el estado se ilustra en la Figura 3. Los hay de dos tipos: (A)C y A(C); se distinguen porque el primero es relativamente más templado (su temperatura media anual es mayor de  $18^{\circ}\text{C}$  y la del mes más frío es entre  $-3$  y  $18^{\circ}\text{C}$ ) y el segundo relativamente más cálido (temperatura media anual entre  $18$  y  $22^{\circ}\text{C}$ , y temperatura del mes más frío superior a  $18^{\circ}\text{C}$ ). En Morelos se presentan tres subtipos de cada uno, en función de la precipitación y su relación con la temperatura: (a) el más húmedo de los subhúmedos ( $w_2$ ), con un cociente precipitación anual (P) / temperatura (T) mayor de 55, (b) el intermedio  $w_1$ , con un cociente P/T entre 43.2 y 55, y finalmente el (c)  $w_0$ , que corresponde al más seco de los subhúmedos, con un cociente P/T  $<43.2$ . Todos ellos presentan un régimen de

lluvias en verano, es decir, el porcentaje de lluvia invernal es menor del 5% de la precipitación total anual.

Cálido  $Aw_0(w)$ ,  $Aw_1(w)$ , subhúmedo con temperatura media anual entre 22 y 26°C, temperatura media del mes más cálido mayor de 18°C, y lluvias en verano (de mayo a octubre). Domina en gran parte de la entidad, en el área correspondiente al valle intermontano del centro y sur, en localidades como Cuautla, Temixco, Xoxocotla, Zacatepec, Huautla y Axochiapan, entre otras (Figura 4).



Fuente: Conabio (1998)

Figura 4. Tipos de clima en el estado de Morelos

### 3.6 Vegetación y fauna

De acuerdo con Bonilla-Barbosa *et al.* (2000), en la entidad se presentan 2,342 especies vegetales, mientras que Bonilla-Barbosa y Villaseñor (2003) reportan 3,345 especies de plantas vasculares. Estas se distribuyen en seis tipos de vegetación (Figura 5) (1) Bosque de coníferas, (2) Bosque Mesófilo de Montaña, (3) Bosque de *Pinus*, (4) Bosque de encino, (5) Selva Baja Caducifolia y (6) Pastizal Alpino (Conabio, 1999).

Los cambios en la vegetación se asocian principalmente con la variedad climática que se presenta a lo largo de gradientes altitudinales. En las zonas más bajas y cálidas domina la SBC, y conforme se incrementa la altura se presentan bosques de *Quercus*, bosques de coníferas e incluso pastizales alpinos. La gran diversidad de condiciones ambientales que se dan en Morelos, así como sus relaciones con las provincias florísticas circundantes, que pertenecen a dos regiones fisiográficas distintas, le confieren una gran riqueza florística y de tipos de vegetación.

Según Ordóñez y Flores Villela (1995), por su diversidad de flora y fauna el estado de Morelos ocupa el décimo tercer lugar de los estados de la República Mexicana, con un alto grado de especies endémicas. La riqueza faunística es relevante, ya que incluye 628 especies de vertebrados: 101 de mamíferos, 441 de aves, 35 de reptiles, 24 de anfibios y 26 de peces (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006).

Los mamíferos ostentan un origen templado y tropical. El centenar de especies está agrupado en ocho órdenes y 20 familias. La mayor parte son quirópteros (murciélagos 47%) y roedores (ratas, ratones, ardillas y tuzas, 27%) (Álvarez-Castañeda, 1996).

Con respecto a las aves, de 441 especies registradas 71 no han sido confirmadas, por lo que el número de especies registrado con certeza asciende a 370. Por tipo de vegetación, la riqueza de especies es mayor en la selva baja caducifolia y en el bosque de pino-encino. Las especies endémicas de México que se encuentran en Morelos son 44 y representan un 11.8% del total. La región con el número más alto de endemismos es la norte (Navarro y Benítez, 1993).

Se han registrado 79 especies de reptiles, de las cuales 31 corresponden a lagartijas, una a tortugas y 48 a serpientes (Castro-Franco y Bustos-Zagal, 1994). De las 26 especies de peces, tres son endémicas, cinco nativas y 18 exóticas (69% del total), lo que resulta alarmante y sirve como indicador del grado de alteración en que se encuentran los ecosistemas acuáticos de la entidad (Contreras-MacBeath, 1995).

La región norte del estado, donde se ubican los bosques de climas templados, es más rica en especies de anfibios que la región sur, en donde se localizan extensas áreas de selva baja caducifolia, lo que se debe principalmente a que en la primera se presentan mayores precipitaciones y un gradiente altitudinal pronunciado.

En el estado existen nueve áreas naturales protegidas, cinco de carácter federal y cuatro estatales (SEDAM, 1998). Las ANP de carácter federal corresponden a porciones de los parques nacionales Lagunas de Zempoala, El Tepozteco, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, el Corredor Biológico Chichinautzin y la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. Las de carácter estatal comprenden tres zonas sujetas a conservación ecológica y dos reservas estatales: El Texcal, la zona de manantiales del río Cuautla (denominados Los Sabinos, Santa Rosa y San Cristóbal), la Sierra Monte Negro y Las Estacas. De los 4,961 km<sup>2</sup> que conforman la superficie de Morelos, actualmente se encuentran protegidas por decreto alrededor de 131,000 ha, las cuales representan el 26% de la superficie total del estado, por lo cual es una de las entidades con mayor superficie protegida en México (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006).

Sin embargo, a pesar de lo anterior actualmente sólo alrededor del 19% de la superficie originalmente cubierta por SBC (527 km<sup>2</sup>) permanece en condiciones relativamente buenas de conservación, y el 31% se ha degradado, convertido en comunidades dominadas por arbustos o simplemente sin cobertura vegetal. El resto ha sido convertido para otros usos del suelo: a la agricultura se dedican 188,000 ha y a la ganadería 219,652 ha. Se considera que más del 80% del territorio está sujeto a diversos grados de erosión. El área urbana en la entidad ha tenido un incremento vertiginoso en las últimas décadas, ocupando más del 5% de la superficie del

estado (Trejo y Dirzo, 2000). En la figura 5 se muestra el mapa de uso de suelo y vegetación correspondiente a 1999 en donde se aprecia claramente la pérdida de áreas con vegetación por su transformación a uso agropecuario.

- Bosque de coníferas
- Bosque de pino
- Bosque de encino
- Bosque mesófilo
- Matorral rosetófilo
- Selva baja caducifolia
- Pastizal
- Manejo agrícola y pecuario
- Zona desprovista de vegetación
- Cuerpos de agua
- Zona urbana

Fuente: Conabio (1999)

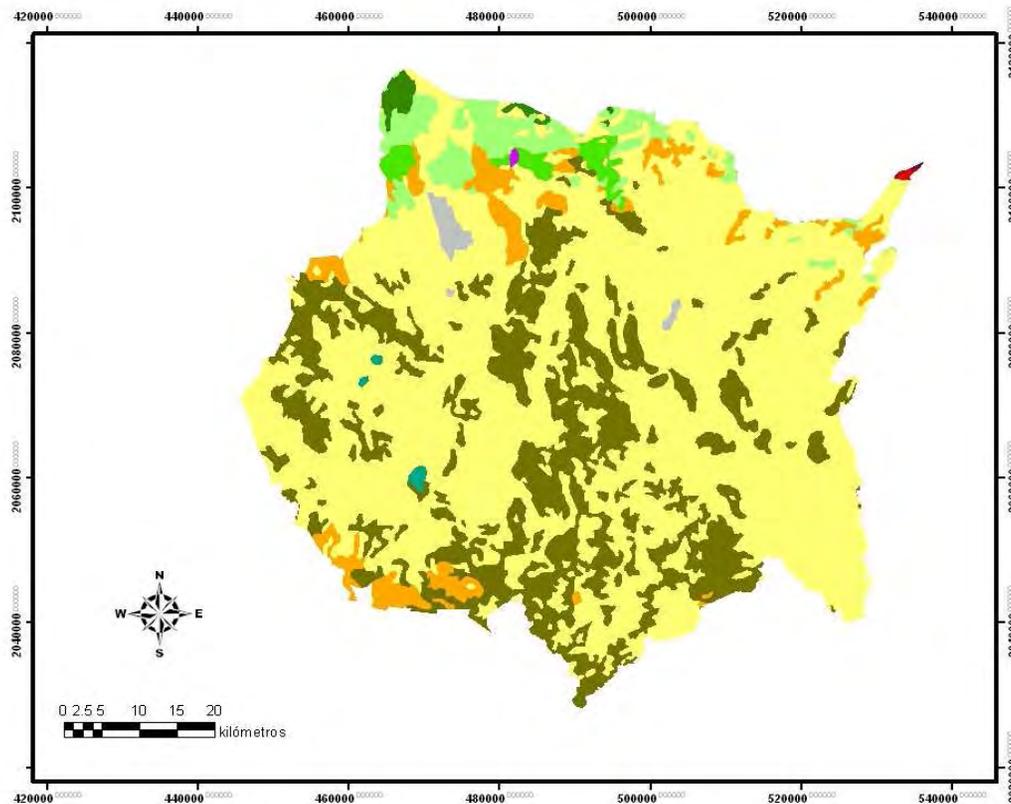


Figura 5. Uso de suelo en Morelos

### 3.7 Registros de la presencia de especies

Se elaboró una base de datos a partir de las etiquetas de los ejemplares de herbario del género *Bursera* colectados en Morelos durante un periodo de 57 años (1947-2005), depositados en el Herbario Nacional (MEXU), el de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Centro de Educación Ambiental e Investigación de Sierra de Huautla (CEAMISH), y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB). Se incluyeron también registros proporcionados por la Conabio, así como otros obtenidos directamente durante recorridos de campo realizados en noviembre de 2004 y diciembre de 2005.

Los registros contaron con información de la identidad taxonómica, los (el) colectores, fecha y localidad de colecta, y cuando estuvieron disponibles, la descripción del hábitat y datos geográficos (latitud, longitud, altitud). Los nombres de las especies fueron cotejados para detectar posibles casos de sinonimia taxonómica. No se utilizaron ejemplares sin identificación a nivel de especie ni aquéllos sin ubicación geográfica precisa. Los ejemplares colectados se georreferenciaron usando un GPS, y las coordenadas del sitio de colecta se obtuvieron estimándolas por interpolación en mapas topográficos (escala 1:50 000, INEGI) con ayuda de un escalímetro.

Se ha sugerido contar con alrededor de 50 registros para hacer los análisis, desafortunadamente este criterio rara vez se cumplió, pues por lo general los herbarios contaron con pocos registros por especie. En este trabajo se utilizaron las especies que contaron con 12 registros como mínimo, por lo que se excluyó del análisis a *B. excelsa* y a *B. diversifolia*, debido al bajo número ejemplares encontrados.

### **3.8 Base de datos de las variables climáticas**

La información climática se obtuvo al analizar los datos de 47 estaciones meteorológicas del estado de Morelos (Figura 6) obtenida de un Sistema de Información Climatológica (SIC PC). Las estaciones incluidas tenían periodos variables de registro de datos, con un máximo de aproximadamente 40 años y un mínimo de 10 (Anexo 2). Las variables climatológicas que se incluyeron en este trabajo fueron las siguientes:

Promedio de la temperatura máxima media anual (°C) – el promedio de las temperaturas máximas de todos los meses.

Promedio de la temperatura mínima media anual (°C) - el promedio de la temperaturas mínimas de cada mes.

Temperatura del mes más cálido (°C) - el promedio de la temperatura del mes más cálido (mayo) de todos los años.

Temperatura del mes más frío (°C) - el promedio de la temperatura del mes más frío (enero) de todos los años.

Precipitación en época húmeda (mm) – el promedio de la precipitación de los meses que registran lluvia superior a 100 mm, bajo el supuesto que aquellos que presentan una precipitación mayor a 100 mm son capaces de exceder la evapotranspiración y por tanto se consideran como meses húmedos (junio-octubre).

Precipitación en época seca (mm) – el promedio de la precipitación de los meses que registran lluvia inferior a 100 mm. Se consideraron los meses que tienen una precipitación inferior a los 100 mm (noviembre-mayo).

La evapotranspiración real en la época húmeda (ETRH) y en la seca (ETRS) – se estimó con base en el modelo de Turc (1954):

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Donde:

ETR = evapotranspiración real en mm/año<sup>-1</sup>

P = Precipitación en mm/año<sup>-1</sup>

L = 300+25T+0.05T<sup>3</sup>

T = temperatura media anual en °C

Esta variable se calculó para la época húmeda (junio-octubre) (mm) y para la seca (noviembre-mayo). Mide simultáneamente la cantidad de humedad y energía solar, y tiene una alta correlación con la productividad primaria neta en comunidades terrestres (Rosenzweig, 1968).

Estacionalidad anual de la evapotranspiración real – Se estimó la estacionalidad de la evapotranspiración real como la razón de los valores proporcionales de la evapotranspiración real durante las estaciones húmedas (ETRH) y secas (ETRS) (González-Espinosa *et al.*, 2005).

ETRHS = ETRH / ETRS

Estacionalidad de la precipitación- la diferencia de la precipitación entre la época húmeda y la época seca (Phúmeda – Pseca) (González-Espinosa *et al.*, 2005).

Con la información de dichas variables ambientales se construyó una matriz de datos con el nombre de la estación climatológica y los valores de las variables ambientales para su posterior análisis.

 Estaciones climatológicas

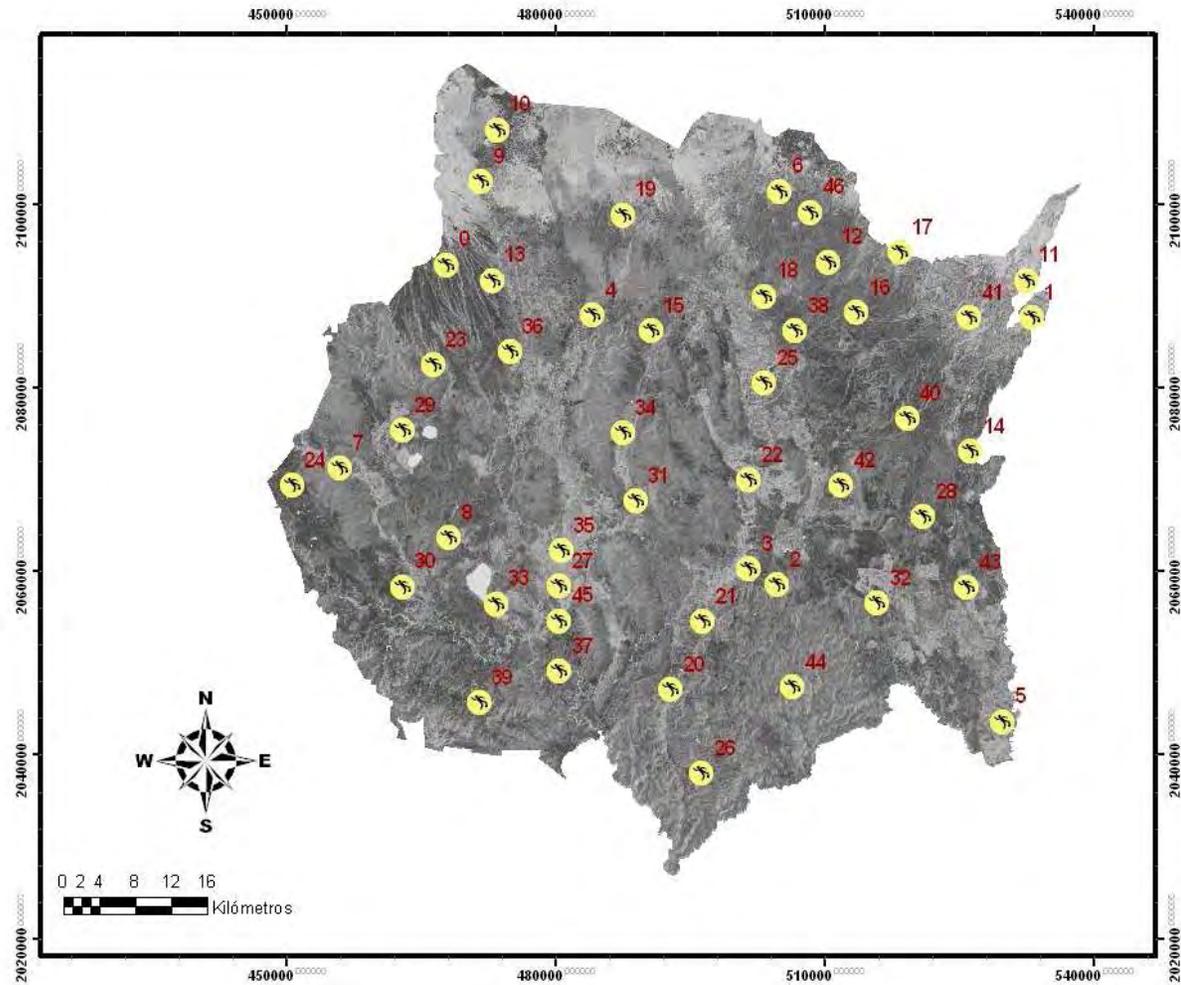


Figura 6. Distribución de las estaciones climatológicas del estado de Morelos (Anexo 2)

### **3.9 Mapas de las variables ambientales**

Se elaboró la cartografía correspondiente a cada variable climática con la información de la matriz de datos antes mencionada, por medio de métodos de interpolación geoestadística *kriging*, el cual, a partir de una muestra de puntos en un área geográfica generó mapas de contornos que describen el comportamiento de la variable en el espacio. El análisis espacial se realizó en el programa Arc GIS 9.2 con la extensión *Spatial Analyst* que contiene el interpolador *kriging* en la opción lineal, con cuadrículas de 30 x 30 m.

### **3.10 Distribución real**

Se elaboraron mapas de distribución real conocida de cada especie con los registros de presencia (ejemplares de herbario y recorridos de campo). La información contenida en cada registro se almacenó como tabla de atributos usando el programa ArcGis 9.2 (ESRI, 2006). Para determinar la distribución de cada especie en relación a los tipos de suelo y vegetación, se utilizaron imágenes raster (cuadrículas de 30 x 30 m) del estado de Morelos ([www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)). Con la finalidad de conocer en qué tipos de vegetación y suelos se distribuyen las especies, se sobrepusieron los registros en las capas temáticas correspondientes.

### **3.11 Distribución potencial**

A partir de los especímenes de herbario y los registros realizados en los recorridos de campo, se documentó la presencia de las 15 especies cuya distribución se analizó en el presente trabajo, y su presencia se asoció con diversas variables climáticas. Dicha información, integrada en el SIG, sirvió para establecer la distribución potencial de cada especie (Rossi *et al.*, 1992).

Con base en el concepto de perfil bioclimático (el intervalo de las condiciones climáticas en el cual se distribuyen las especies de plantas o tipos de vegetación), se hicieron predicciones simples sobre cómo el clima afecta los patrones de distribución (Box, 1981; Emanuel *et al.*, 1985). Cada perfil describió, a partir de los

valores de 11 variables ambientales, las condiciones climáticas prevalecientes de los sitios en donde se ha registrado cada especie.

Para la elaboración del perfil bioclimático se empleó la función *Extract Values to Points* (extrae los valores de la celda de una base *raster* en un grupo de puntos), con la extensión *Spatial Analyst* de ArcMap 9.2; la extracción de los valores se hizo a partir de los mapas de las variables ambientales. Una vez definidos los intervalos fue posible generar cartografía que muestra la distribución potencial de los taxa utilizando el comando *Test* (agrega valores de 1 para las celdas que evalúa como verdadero, basado en una expresión lógica, y 0 si es falso), que genera una capa por variable. Las capas son multiplicadas con *Raster Calculator*, que es una sintaxis de álgebra cartográfica, la cual construye expresiones con formato *raster*, toma los datos seleccionados y aplica operadores matemáticos, combinándolos de manera que el resultado final es una sola capa de un perfil bioclimático, que sintetiza las condiciones ambientales de los sitios analizados.

### **3.12 Mapa de riqueza**

Se elaboró un mapa de riqueza de especies de *Bursera* con los métodos de interpolación (*kriging*), a partir del número de especies asociadas a las variables ambientales de cada una de las estaciones climatológicas.

### **3.13 Construcción de las matrices de datos para el análisis estadístico**

Se elaboró una matriz de datos con la información obtenida de la extracción de los valores de las variables ambientales (obtenidas de las interpolaciones) asociadas a cada registro, para su posterior análisis estadístico multivariado.

### **3.14 Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de conglomerados (técnica que se utiliza para clasificar los objetos o casos en grupos relativamente homogéneos) entre las especies, para determinar la jerarquía de las variables ambientales usadas y la similitud entre ellas,

con la finalidad de considerar las relaciones entre los sitios en donde se distribuyen las especies. La medida de similitud usada fue la distancia Euclidiana, que es la distancia de una línea recta (como se define la línea recta en la geometría Euclidiana) entre dos puntos en un diagrama de constelación. El análisis de conglomerados no es una técnica de inferencia estadística en la que se analizan los parámetros de una muestra en la medida en que puedan ser representativos de una población; por el contrario, es una metodología objetiva de cuantificación de las características estructurales de un conjunto de observaciones. Como tal, tiene fuertes propiedades matemáticas pero no fundamentos estadísticos (Hair *et al.*, 1999).

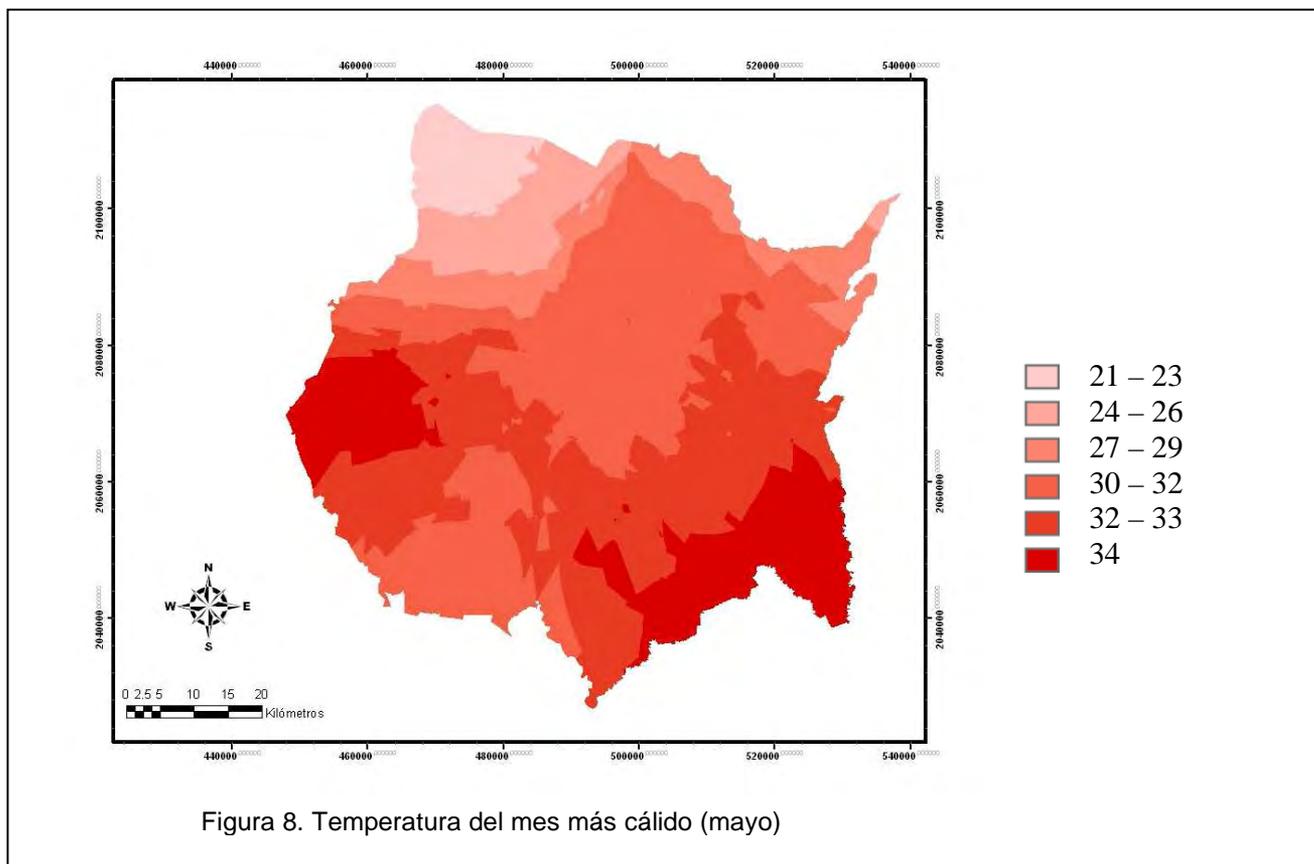
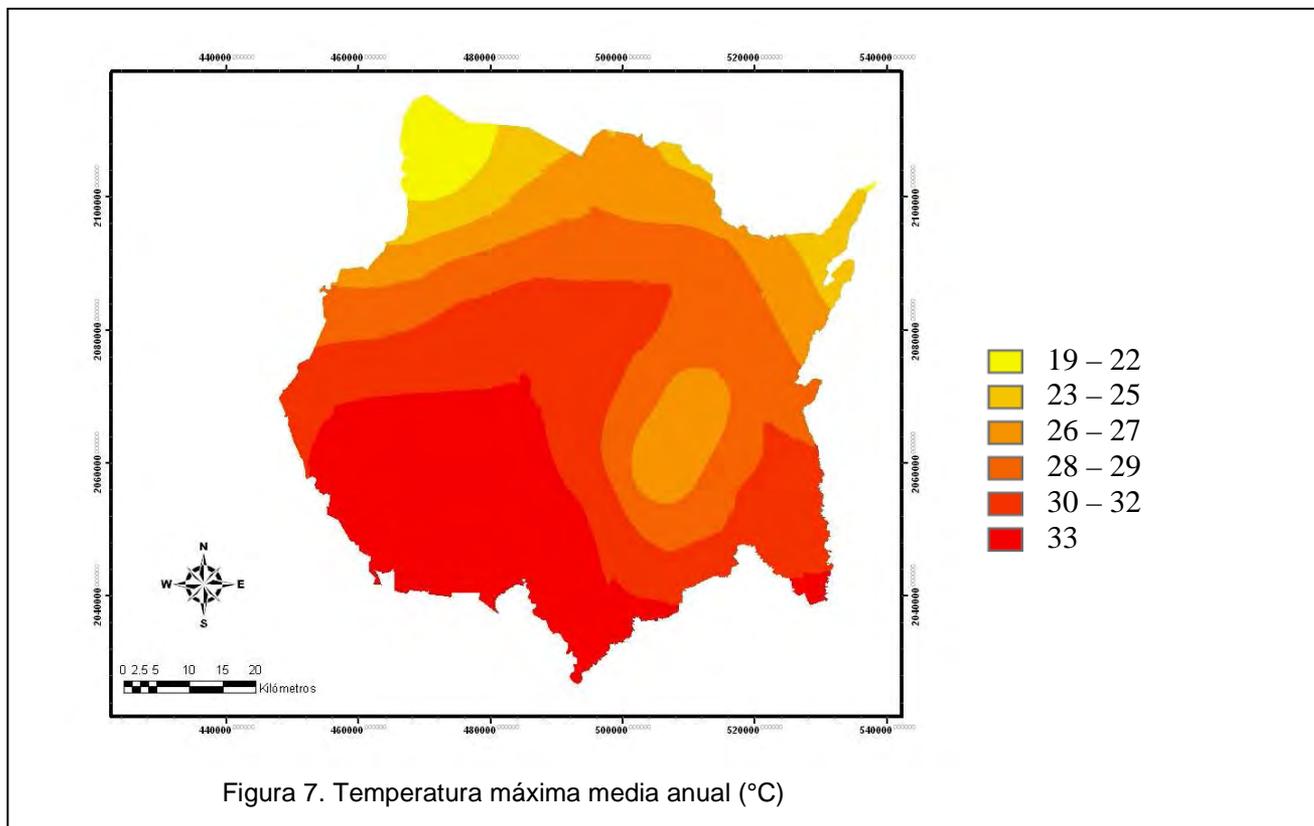
Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP, usando el programa MINITAB Release 14), que permite analizar el peso relativo de las variables ambientales consideradas en la distribución de las especies. El análisis de componentes principales de datos meteorológicos hace posible distinguir grupos de estaciones climáticamente similares (White, 1981; Gadgil y Joshi, 1983; Galliani y Fellipini, 1985; Jones y Bunce, 1985), y obtener patrones climáticos espaciales y temporales (Barnett, 1977). El objetivo de este método es reducir el número de variables (dimensionalidad), utilizando sólo las que expliquen el mayor porcentaje de la varianza (Wayne, 1992) y detectar aquéllas que constituyen la principal fuente de variación entre los sitios que, a su vez, son importantes para explicar la distribución diferencial de las especies. Se graficó la distribución de cada registro de las especies de *Bursera* con referencia a los dos primeros componentes del ACP.

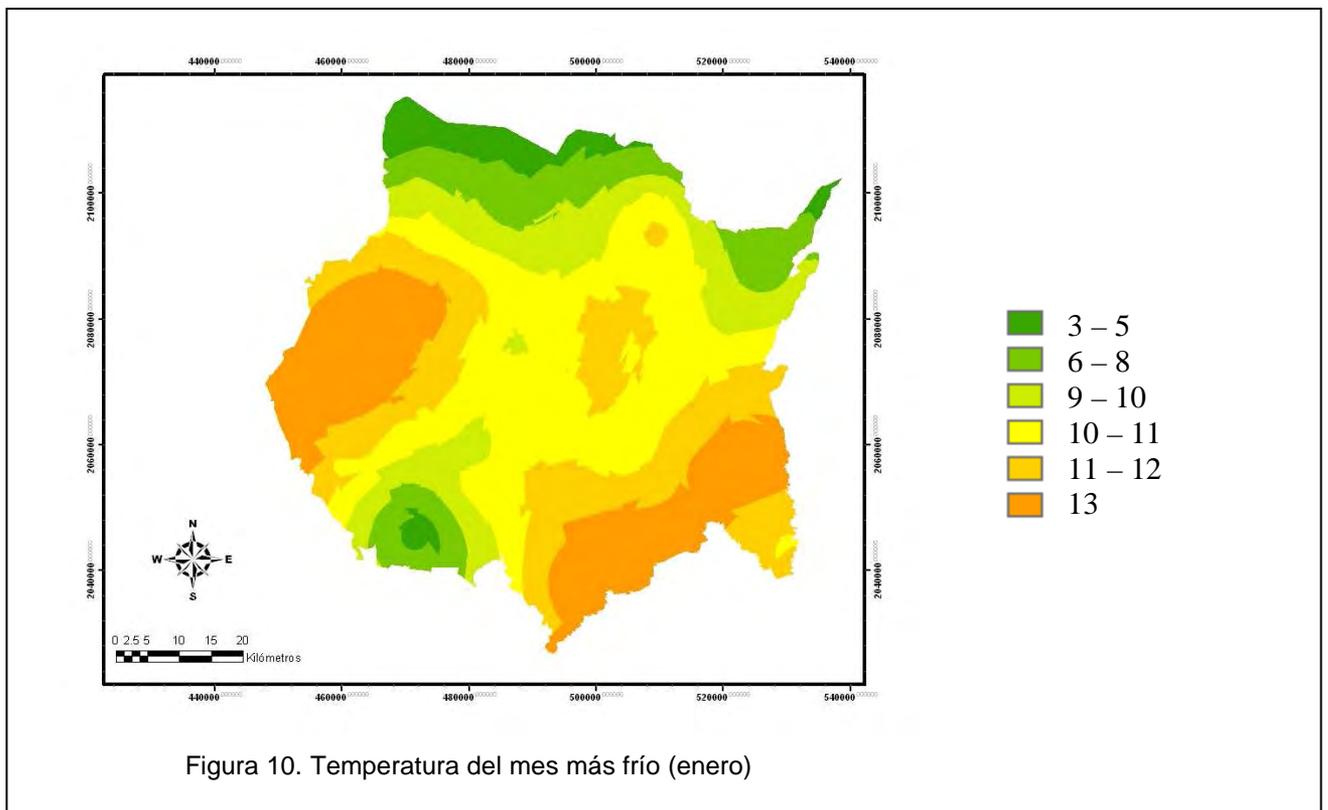
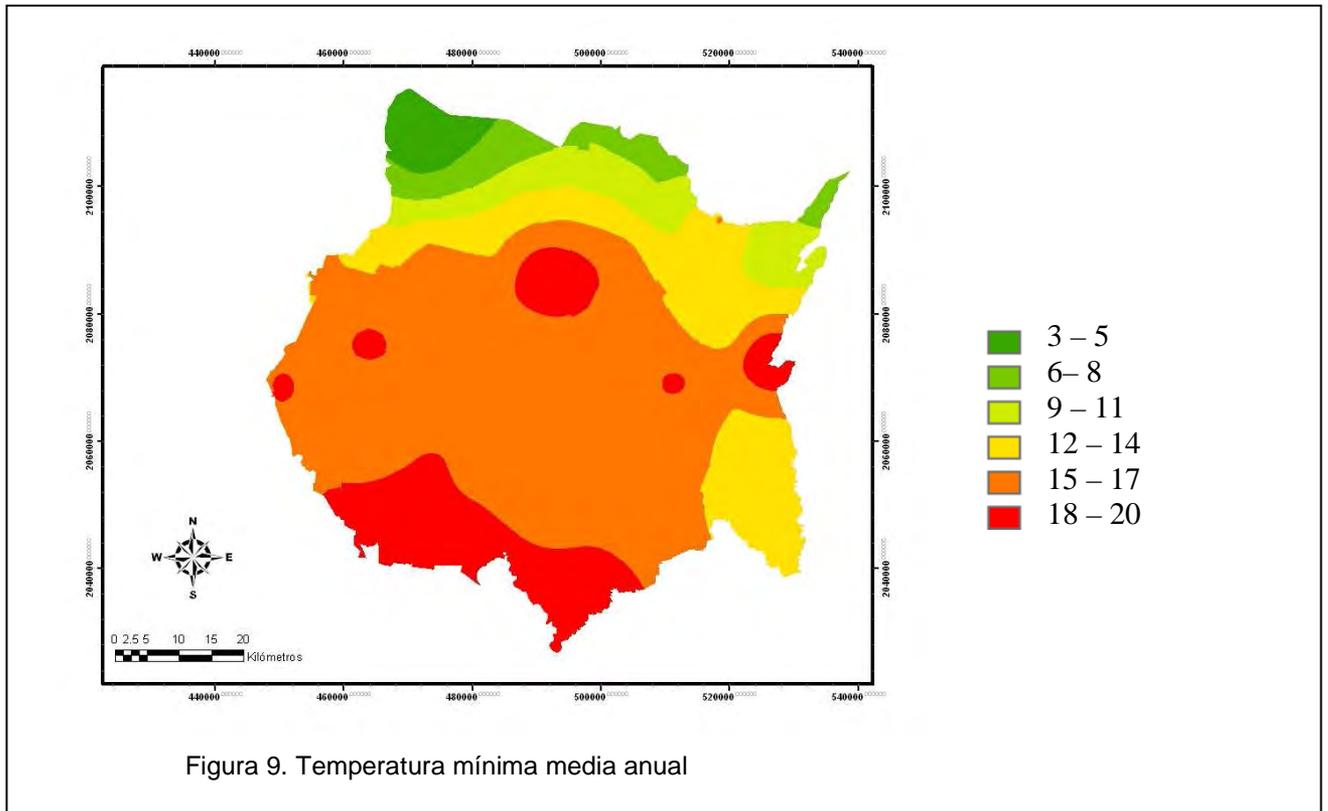
## **4. RESULTADOS**

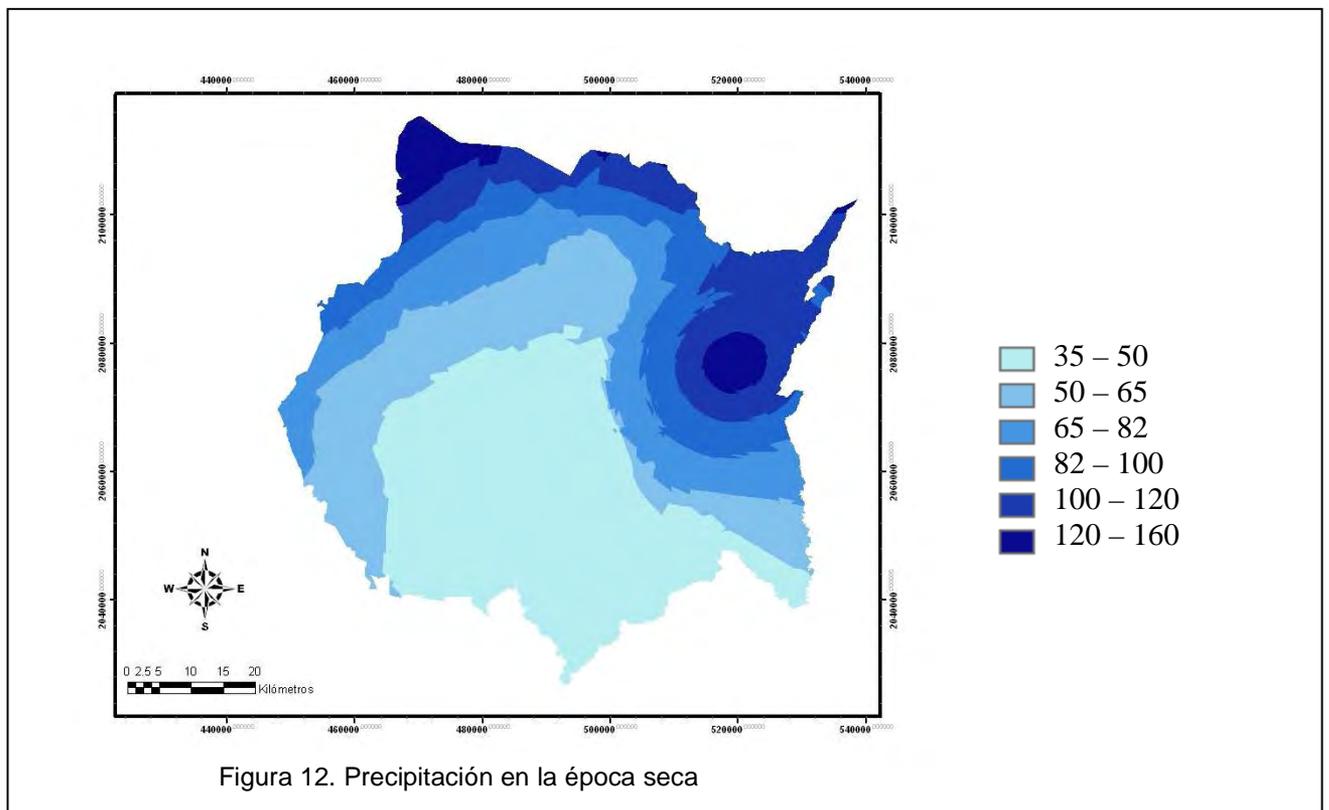
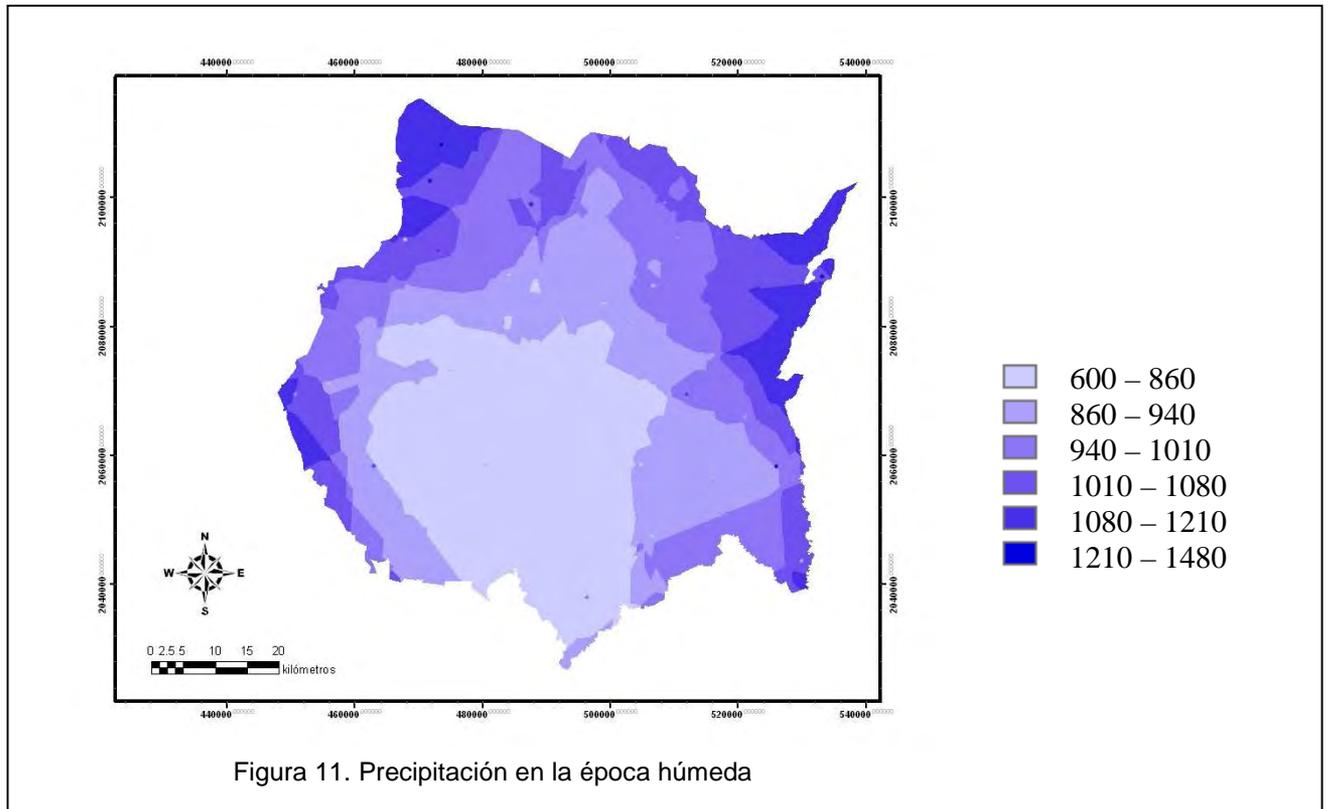
### **4.1 Interpolación de las variables climáticas**

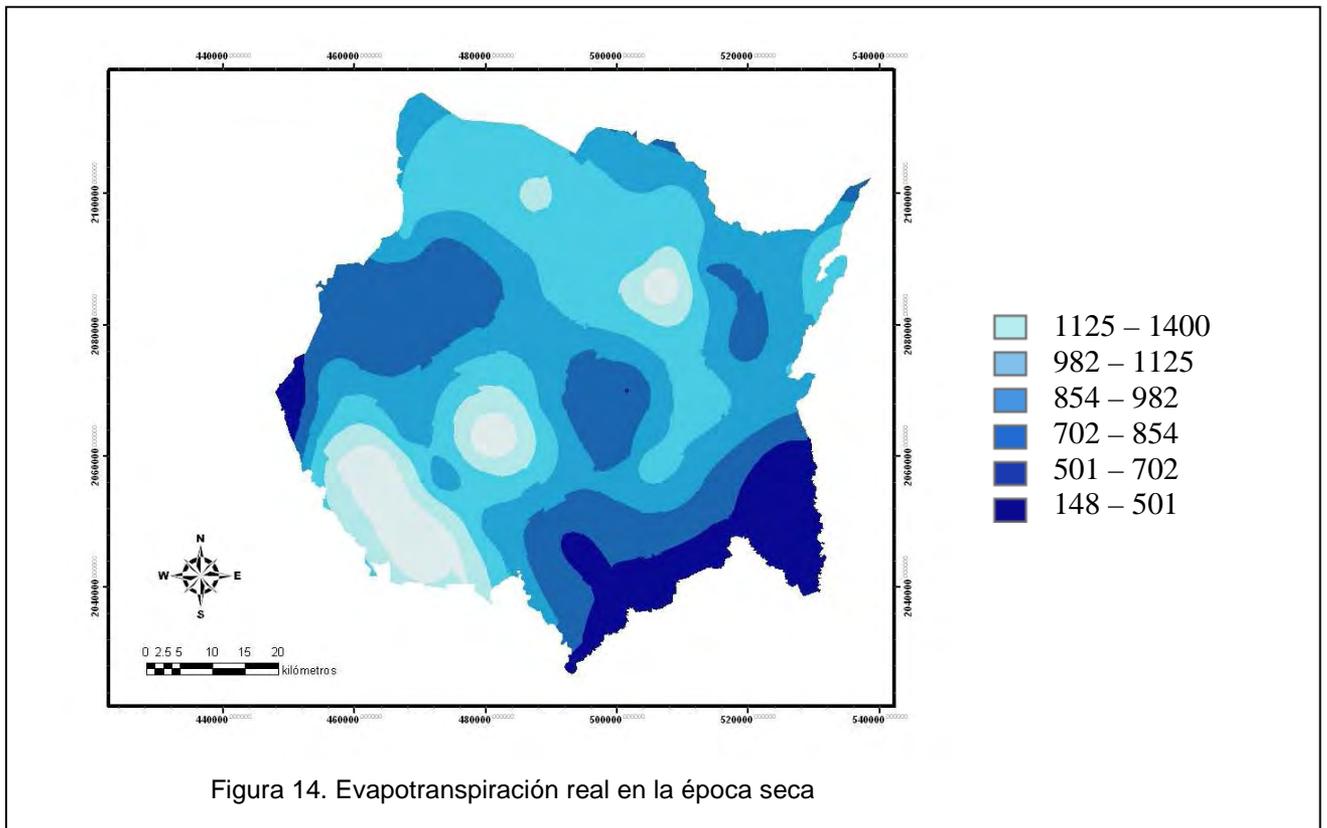
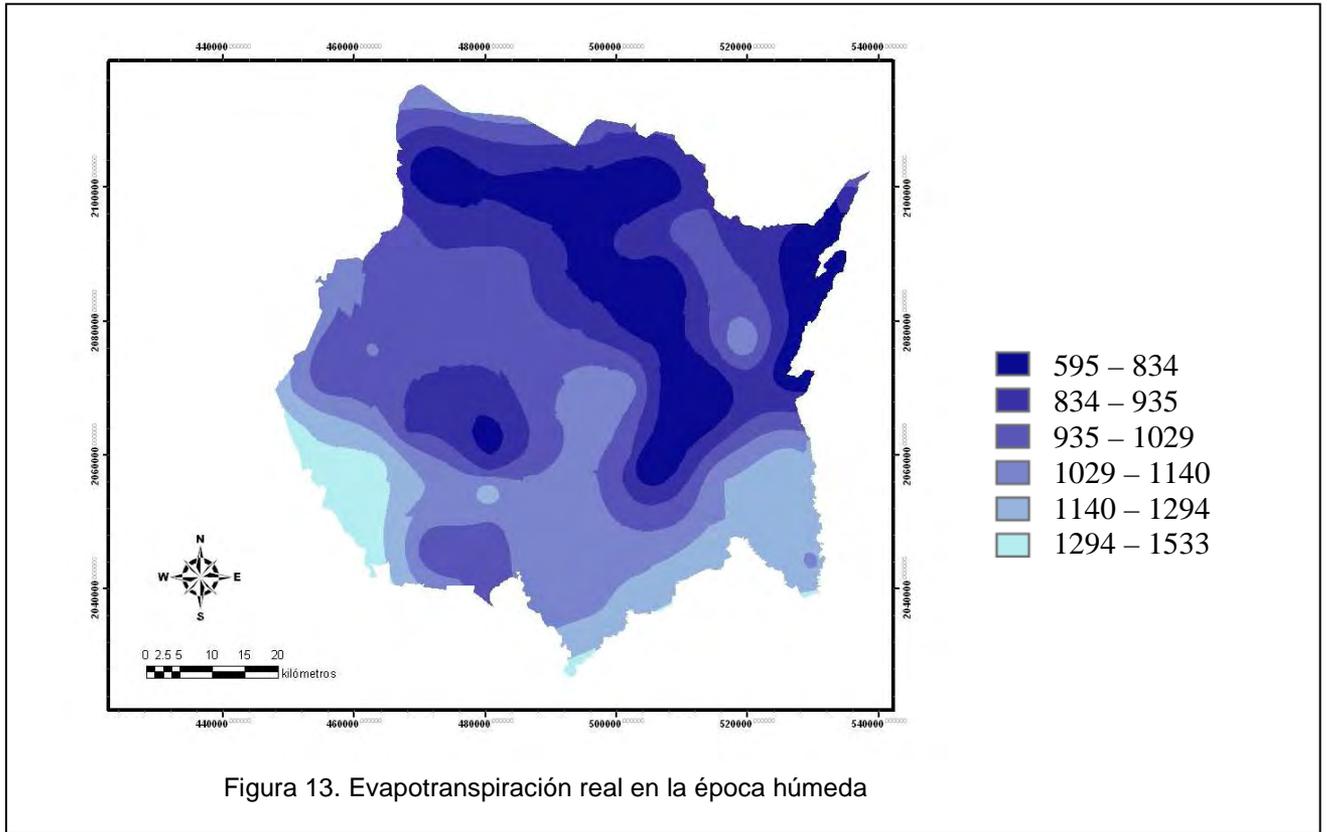
Las técnicas de interpolación permitieron obtener datos sobre la distribución espacial de las variables, al representarlas directamente en mapas; en este caso se obtuvieron mapas del estado de Morelos en forma de variograma que describen el comportamiento de la variable en el espacio. La forma y color del variograma indican la capacidad predictora que tiene cada punto en función de la distancia que lo separa con otro.

En general se observaron distintas tendencias espaciales para los diferentes parámetros. Los valores mínimos de las temperaturas se localizan en el norte del estado y los máximos aumentaban en dirección al sur. En cuanto a la precipitación se observa una tendencia contraria, es decir, las áreas más húmedas se localizan al norte y las más secas hacia el sur. Debido a que tanto la humedad como la temperatura se relacionan con la evapotranspiración, la porción sur presenta mayor pérdida de humedad que la norte. La estacionalidad de la precipitación y de la evapotranspiración real se mantienen más altas en las porciones centro y sur del estado (Figuras 7 a 17).









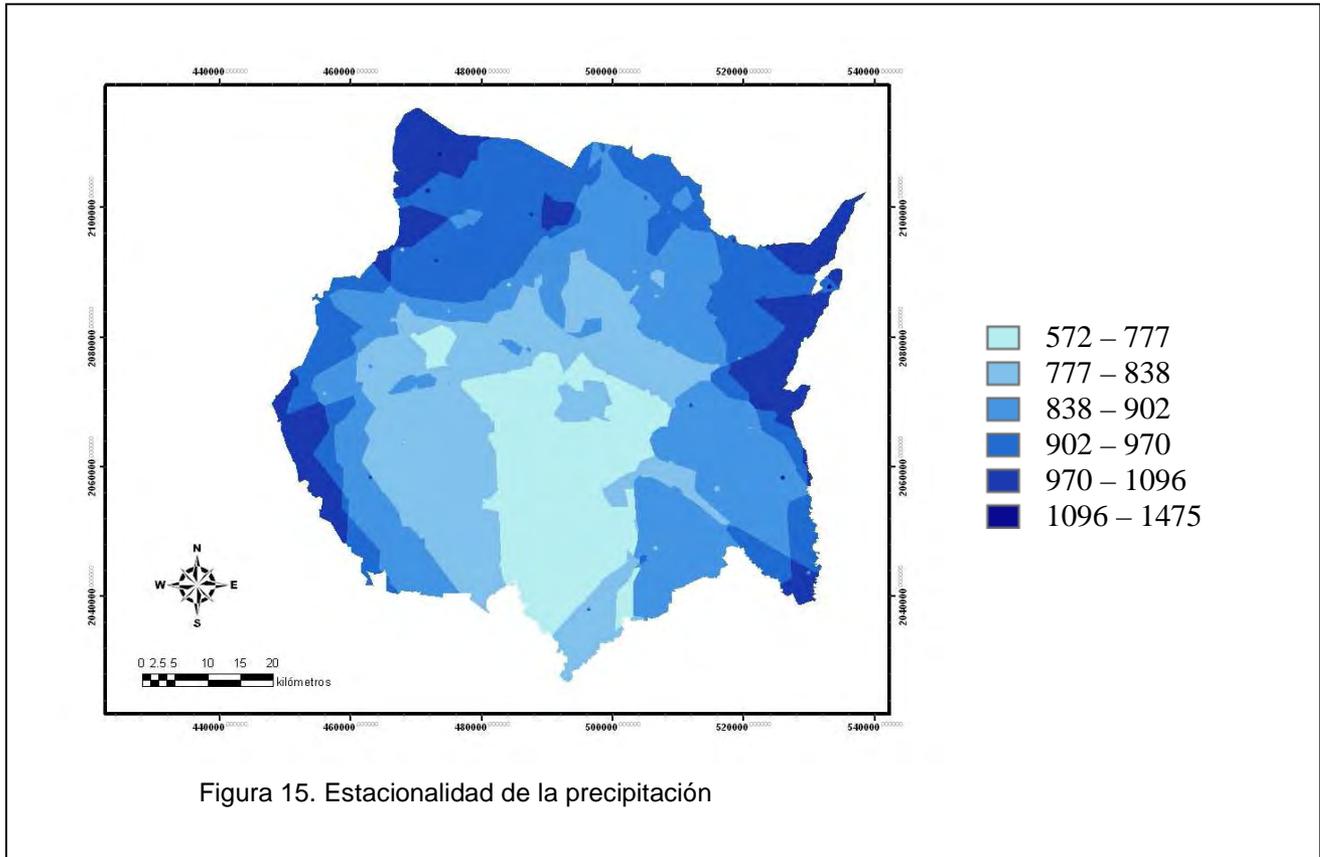


Figura 15. Estacionalidad de la precipitación

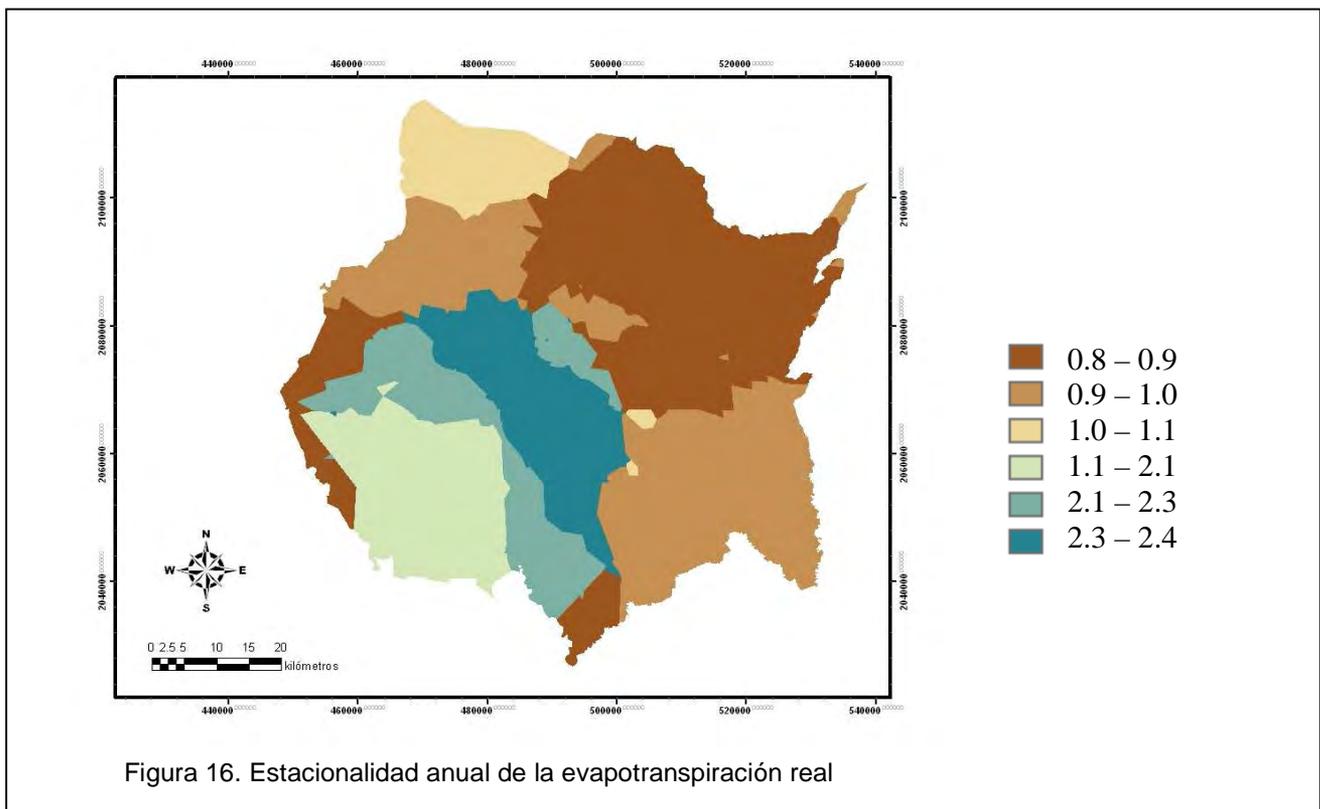


Figura 16. Estacionalidad anual de la evapotranspiración real

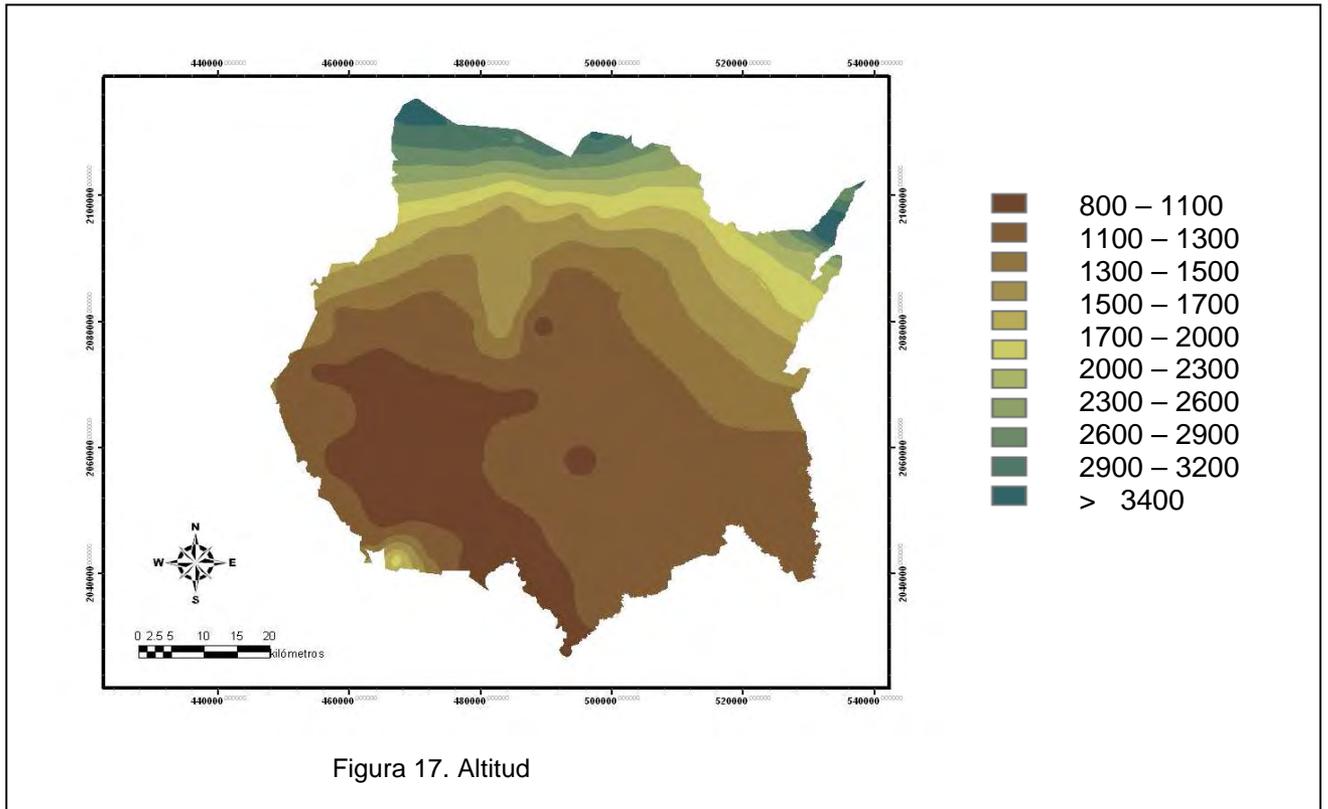


Figura 17. Altitud

## 4.2 Registros de las especies

Se obtuvieron 570 registros georreferenciados de especímenes del género *Bursera*; el 9.8% (56 registros) se obtuvo de ejemplares colectados directamente en campo, y el resto de ejemplares depositados en los siguientes herbarios: MEXU 29.8% (170 registros), CEAMISH 19.6% (112 registros), UAM y ENCB 21.6% conjuntamente (44 y 79 registros respectivamente) y de las bases de datos de la Conabio 19% (109 registros).

Las 570 colectas corresponden a 15 especies (de 17 registradas en el estado) recolectadas entre 1970 y 2004. Los herbarios contaron con pocos registros por especie, con 12 como mínimo y 89 máximo (Cuadro 2). Las especies incluidas en el análisis fueron recolectadas en un intervalo altitudinal entre 750 y 2340 m, con una variación de temperatura media anual de 7.7 a 28.6°C y de entre 655 y 1885 mm en la precipitación anual (Cuadro 3).

Cuadro 2. Número de individuos registrados de cada especie de *Bursera* en el estado de Morelos.

Especie	No. de individuos registrados
<i>Bursera aptera</i>	34
<i>Bursera ariensis</i>	12
<i>Bursera bicolor</i>	53
<i>Bursera bipinnata</i>	46
<i>Bursera copallifera</i>	89
<i>Bursera cuneata</i>	29
<i>Bursera fagaroides</i>	38
<i>Bursera glabrifolia</i>	70
<i>Bursera grandifolia</i>	52
<i>Bursera lancifolia</i>	42
<i>Bursera linanoe</i>	14
<i>Bursera longipes</i>	23
<i>Bursera morelensis</i>	22
<i>Bursera schlechtendalii</i>	13
<i>Bursera submoniliformis</i>	31

Cuadro 3. Valores extremos y promedio de las variables ambientales de los sitios de colecta del género *Bursera* en el estado de Morelos.

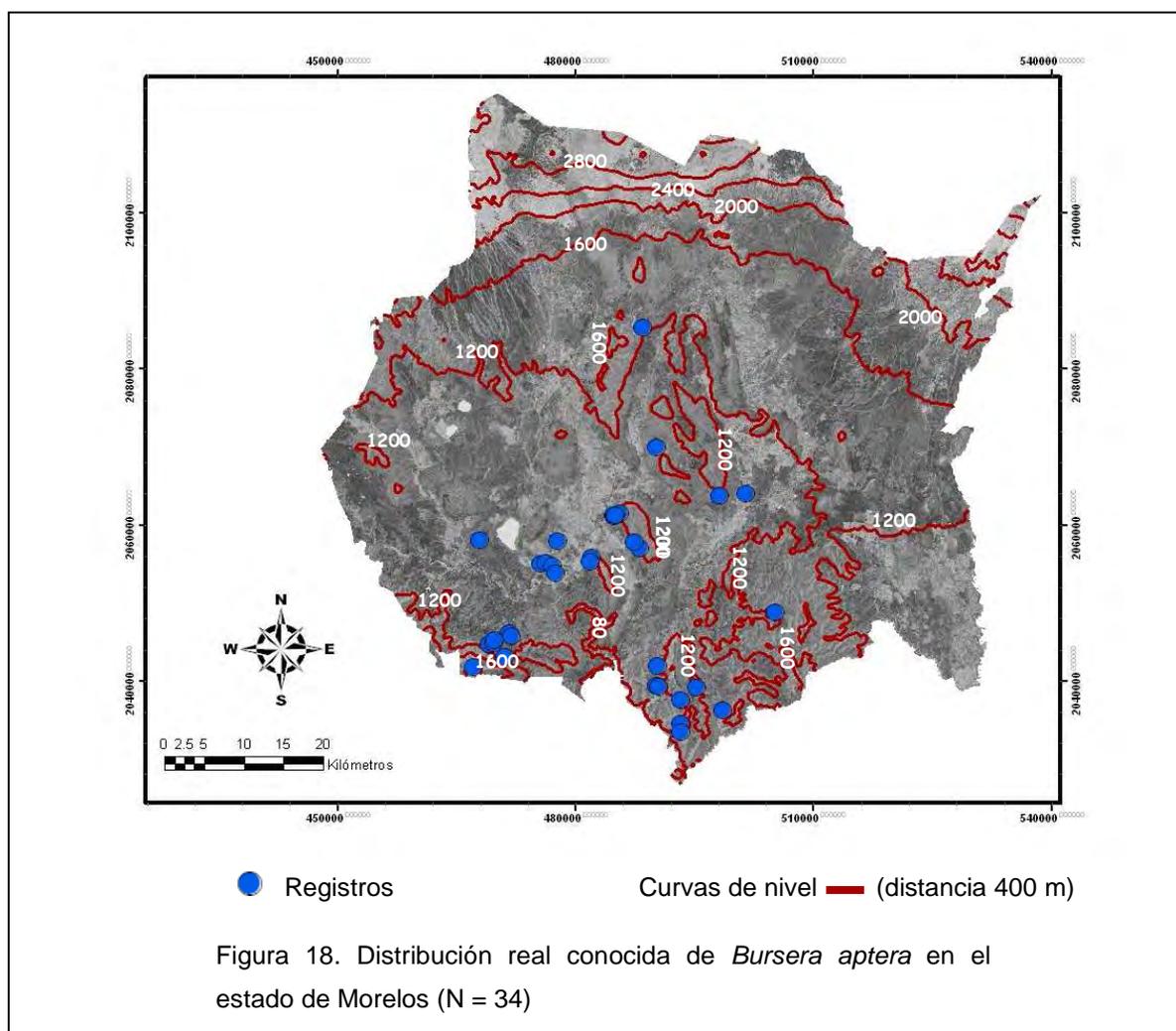
Variable ambiental	Mínimo	Máximo	Promedio
Altitud	750	2340	1828
Temperatura media anual (°C)	7.7	28.6	18.17
Temperatura máxima media anual (°C)	15.6	34	26.97
Temperatura mínima media anual (°C)	7.7	24.0	16.7
Temperatura del mes más frío (°C)	-1	16.20	30.35
Temperatura del mes más cálido (°C)	11.70	35.30	9.16
Precipitación anual (mm)	655	1885	1044.67
Precipitación en época húmeda (mm)	600	1743	1012.67
Precipitación en época seca (mm)	23.4	120.9	64.4
Evapotranspiración real anual (ETRA, mm)	152.8	1398	690.88
Evapotranspiración real en la época húmeda (mm)	594.4	1304	882.5
Evapotranspiración real en la época seca (mm)	46.7	1172	776.3
Estacionalidad anual de la ETR	0.836	16.77	1.32
Estacionalidad de la lluvia (mm)	543.6	1701	948.2

### 4.3 Distribución real

A continuación se presenta una descripción general, acompañada de un mapa, de la distribución real de cada especie.

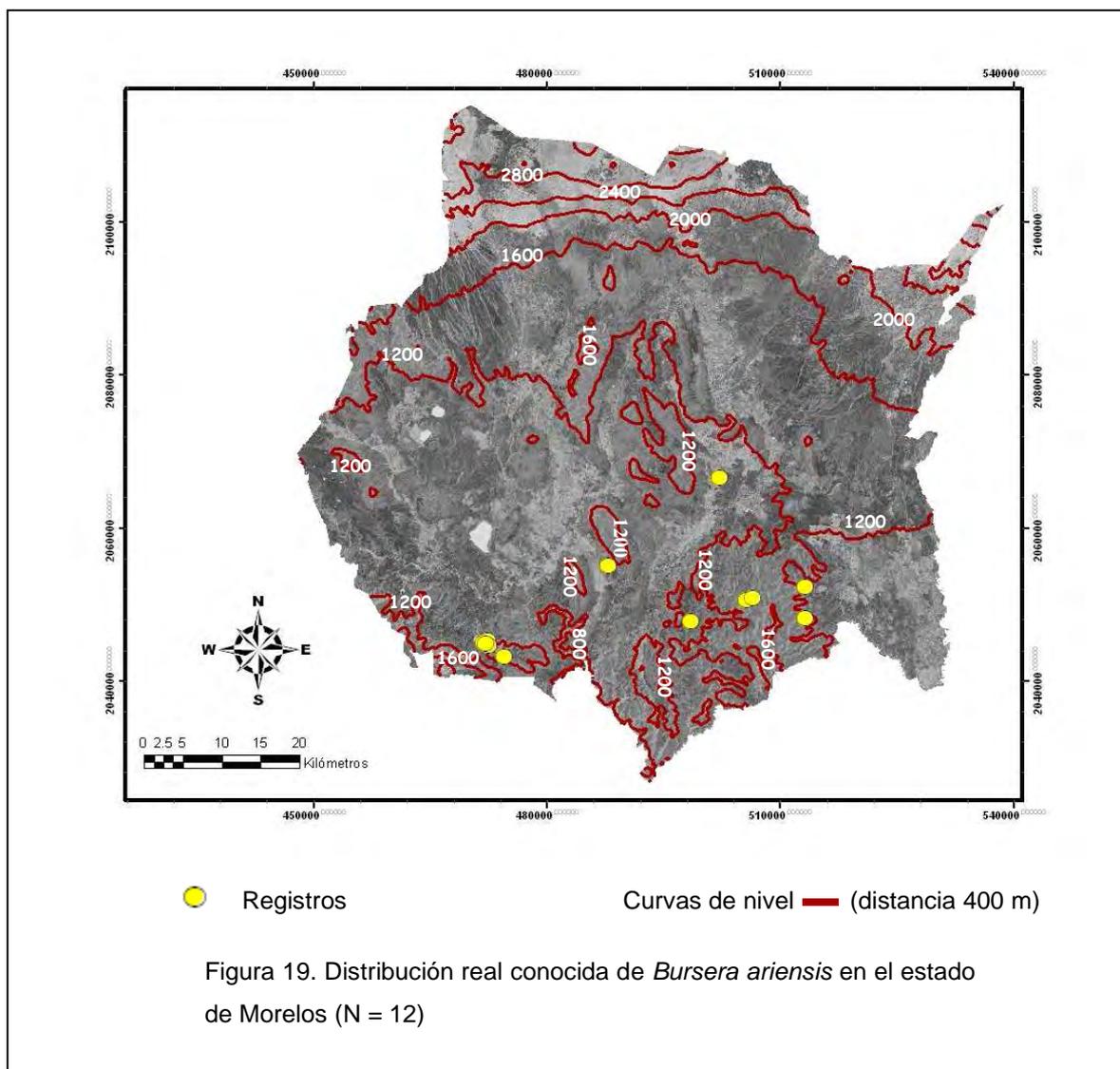
#### ***Bursera aptera***

La mayoría de los registros se obtuvieron en el centro y sur del estado, y no se encontró en las zonas norte, este y oeste (Figura 18). Se encuentra en selva baja caducifolia un intervalo altitudinal de entre 870 y 1868 m, en climas cálidos o semicálidos con temperatura media anual entre 21.13 y 23.66°C, y una precipitación anual de entre 776 y 1026 mm, marcadamente estacional. Se encuentra en una amplia variedad de suelos (vertisol pélico, rendzina, castañozem cálcico, feozem calcárico, feozem háplico y litosol).



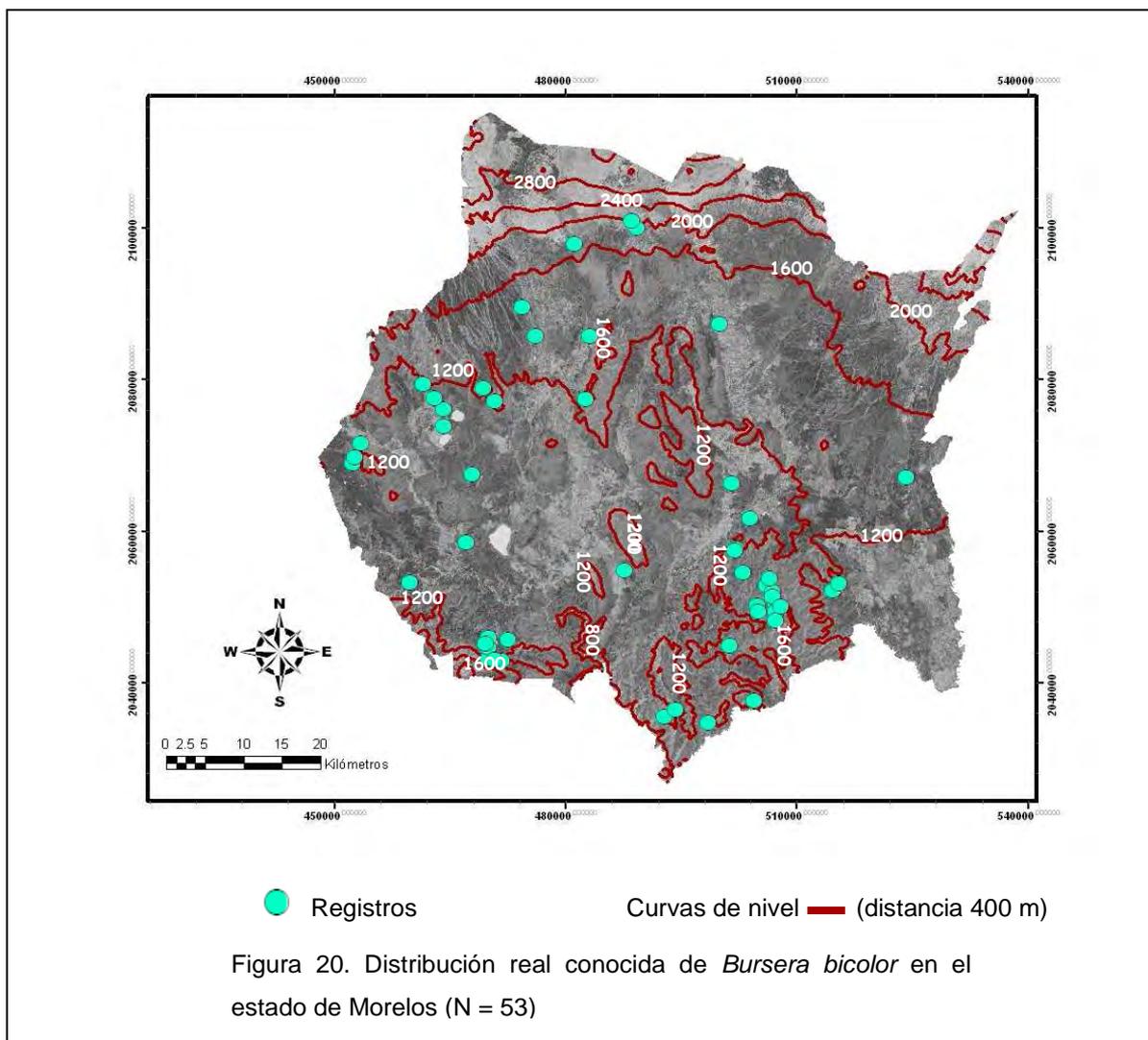
### ***Bursera ariensis***

Es una especie de distribución restringida, con pocos registros en el centro del estado, y más común en el sur (Figura 19). Se encuentra en selva baja caducifolia, en altitudes de entre 1050 y 1250 m, en zonas cálidas y semicálidas con un intervalo de temperatura media anual de entre 19.6 y 23.5°C, y de precipitación anual de 776 a 935 mm. Se encuentra en feozem háplico, feozem lúvico y rendzinas.



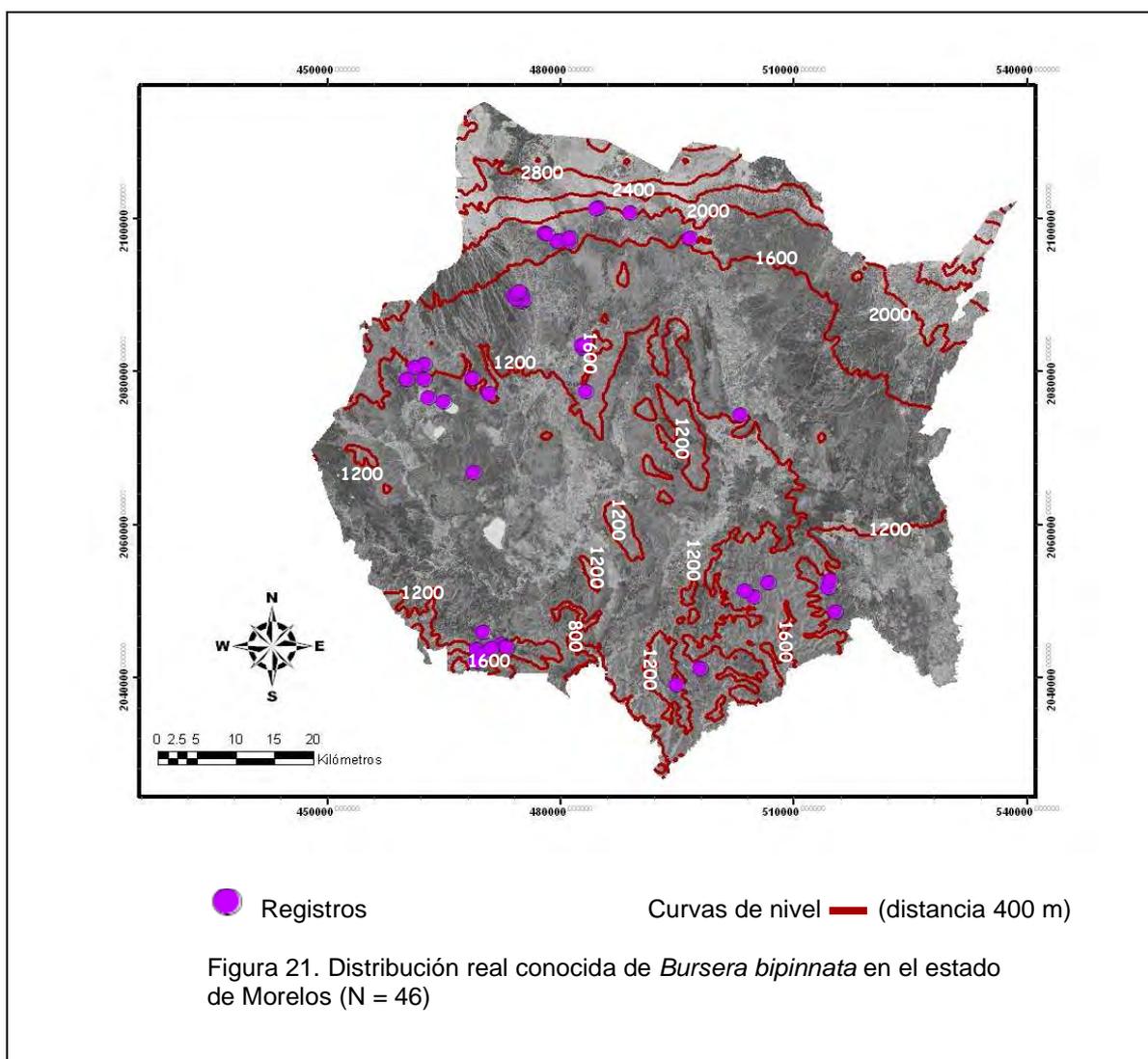
### ***Bursera bicolor***

Tiene una distribución amplia en el estado, con excepción de la porción noreste. Es un elemento común de la selva baja caducifolia, en el norte encuentra su límite en el bosque de encino. Se distribuye en un intervalo altitudinal amplio, entre 850 y 1750 m (Figura 20); se encuentra tanto en zonas templadas como en semicálidas y cálidas, con un intervalo amplio de temperatura media anual, de 17.7 a 23.5°C, y de precipitación anual, entre 746 y 1356 mm. Se ha registrado en una amplia variedad de suelos (feozem háplico, feozem lúvico, vertisol pélico, feozem calcárico, regosol eútrico, rendzina, andosol húmico, feozem calcárico, litosol y castañozem cálcico).



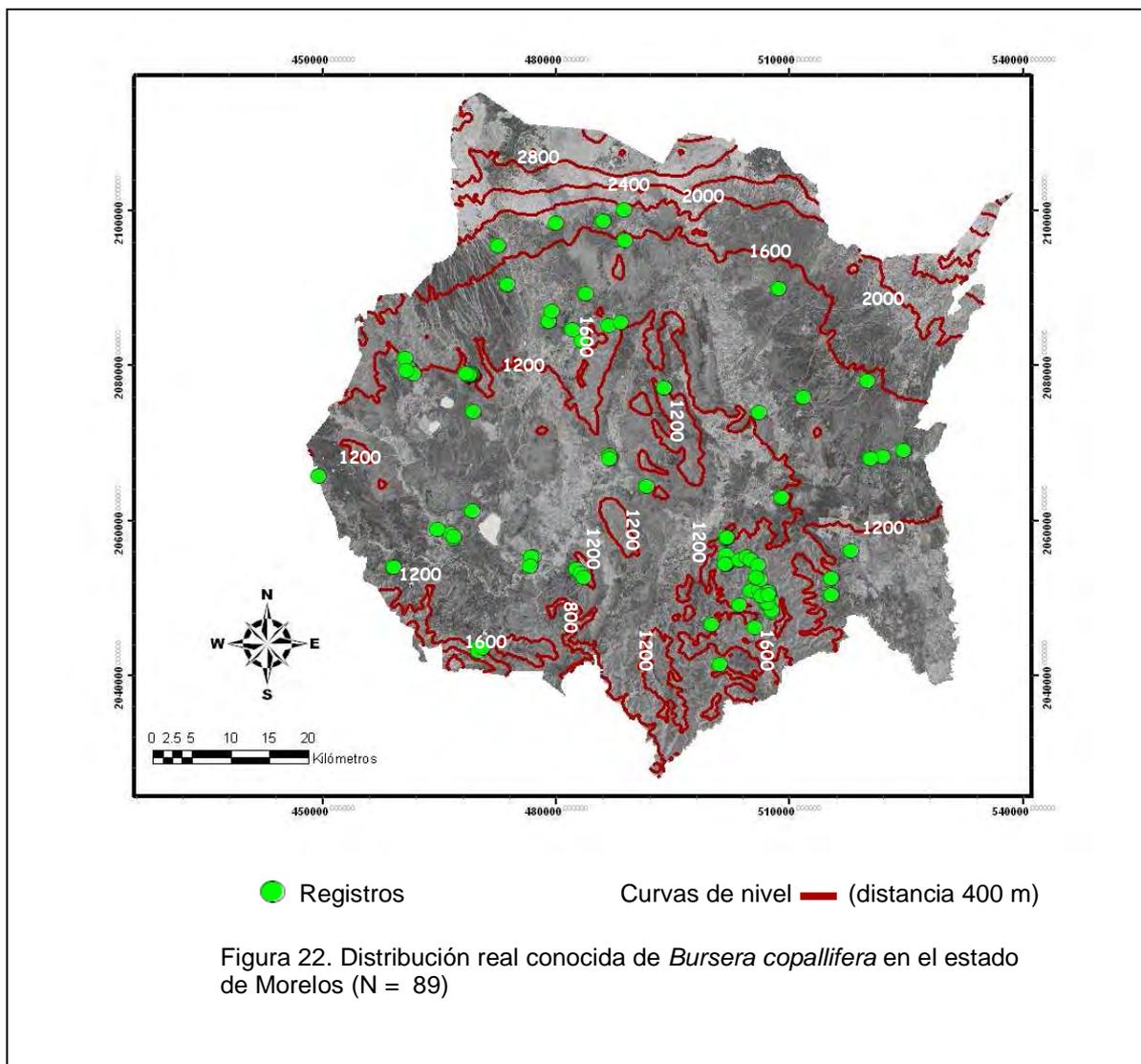
## ***Bursera bipinnata***

Es una especie de amplia distribución que se encuentra tanto en el norte como en el sur del estado, con poca presencia en la zona centro y ausente en el noreste. Predomina en la selva baja caducifolia, aunque frecuentemente se encuentra en zonas de transición con el bosque de encino (Figura 21). Se presenta en altitudes entre 950 y 1980 m, tanto en zonas templadas como cálidas, con temperatura media anual entre 17.7 y 23.5°C y precipitación anual entre 788 y 1370 mm. Se encuentra en una amplia variedad de suelos: feozem háplico, andosol húmico, rendzina, litosol, feozem calcárico, feozem lúvico, vertisol pélico y regosol eútrico.



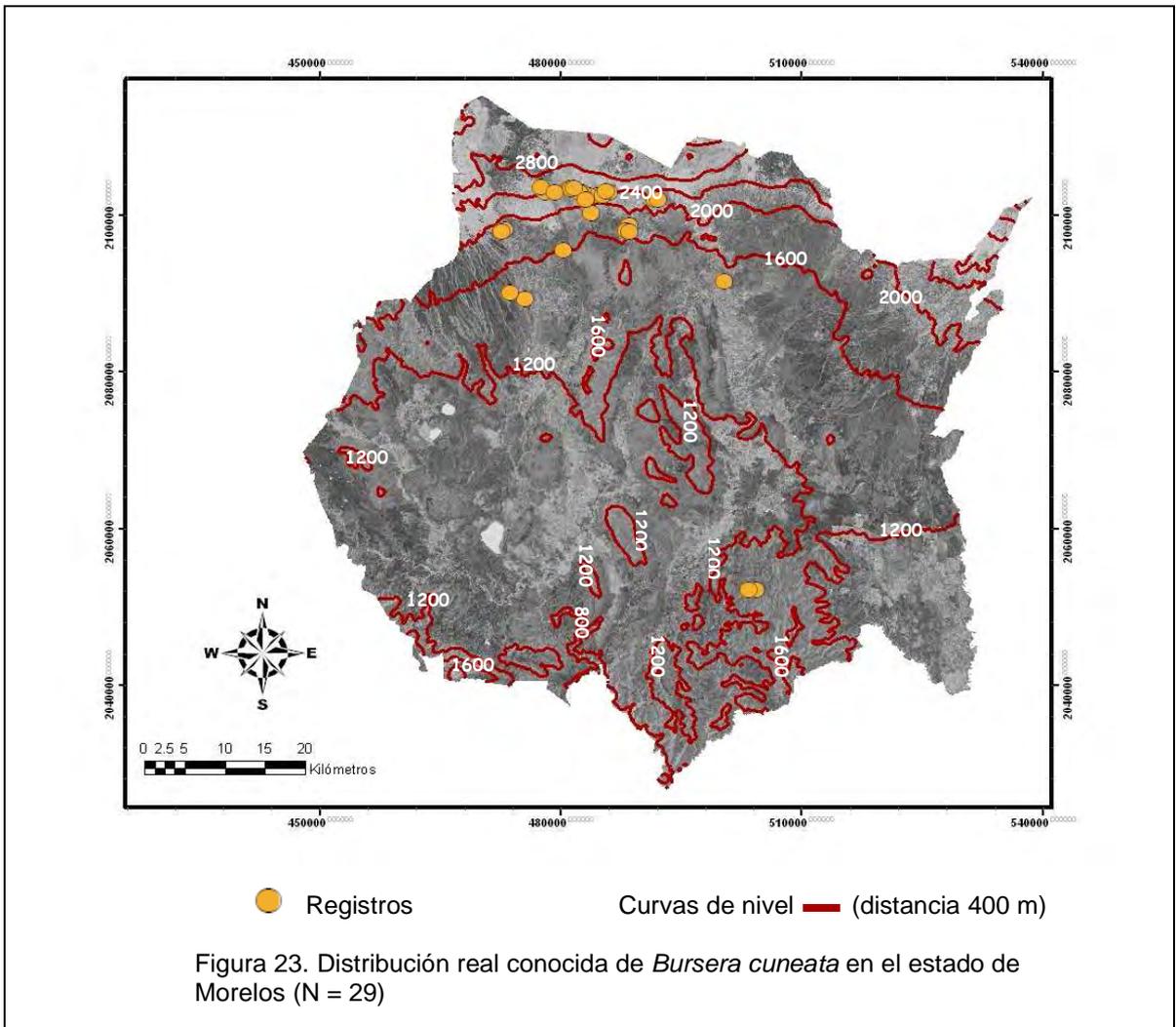
### ***Bursera copallifera***

Es una especie de amplia distribución y de las más comunes en el estado; se encuentra en selva baja caducifolia y con frecuencia en sitios de transición con el bosque de encino (Figura 22), en altitudes entre 974 y 1900 m; se encuentra tanto en zonas cálidas como templadas, con temperaturas medias anuales de entre 17.7 y 23.6°C y precipitación anual entre 745 y 1368 mm. Se establece en diversos tipos de suelo: feozem háplico, rendzina, cambisol calcárico, andosol húmico, feozem lúvico, regosol eútrico, vertisol pélico, acrisol húmico y feozem calcárico.



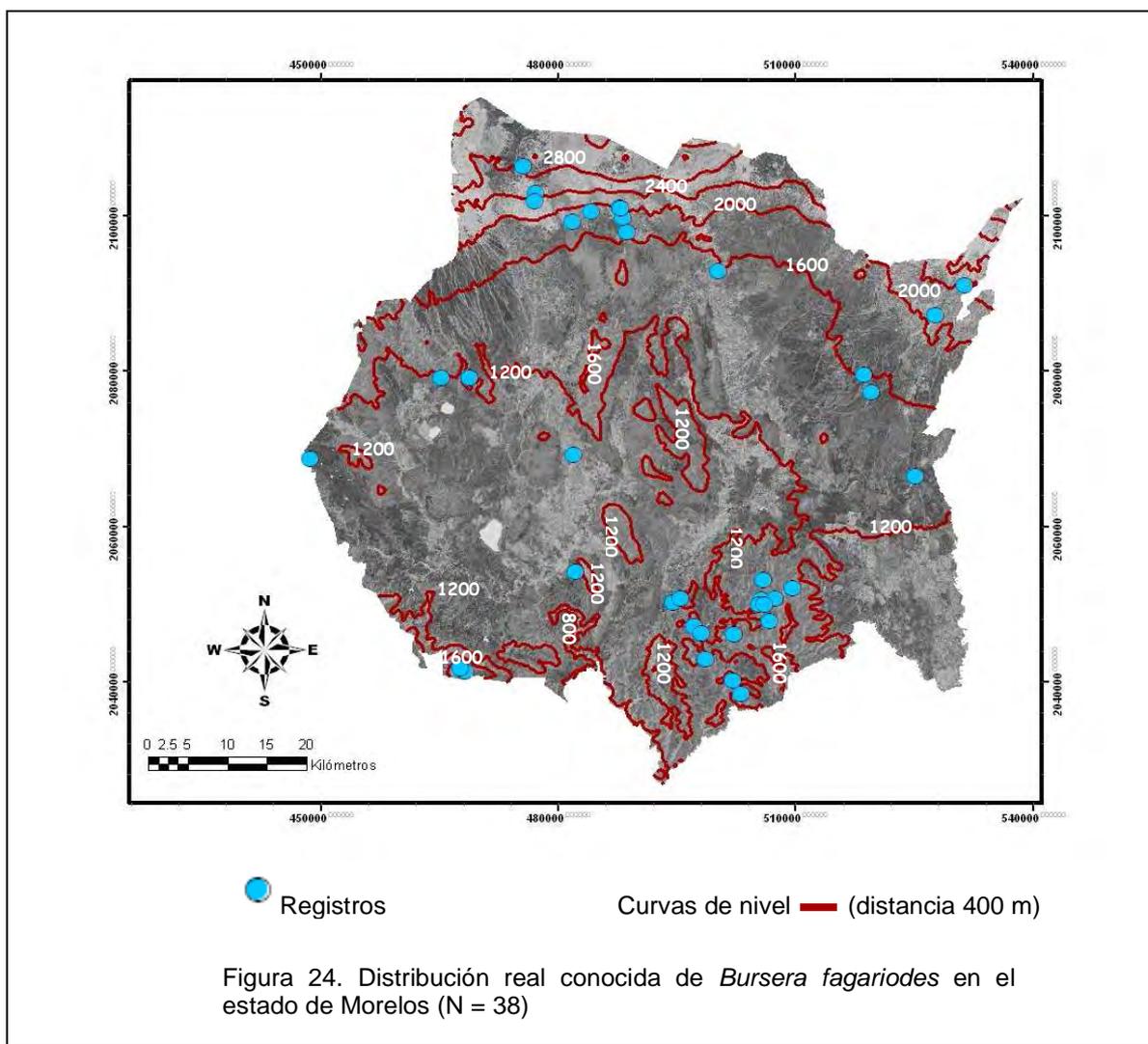
### ***Bursera cuneata***

Es una especie de distribución restringida, se encuentra sólo en la zona norte y en menor medida en una pequeña franja en la porción sur del estado, sin registros en el sur, noreste y noroeste. Es un componente tanto de la selva baja caducifolia como de los bosques de encino y pino que se ubican en el norte del estado (Figura 23), ya que alcanza altitudes mayores que la mayoría de las especies del género: entre 1200 y 2340 m, en zonas de clima templado y semicálido, con un intervalo de temperatura media anual de 17.2 - 20.9°C y de precipitación anual entre 789 y 1471 mm. Se presenta en distintos tipos de suelo: andosol húmico, feozem háplico, feozem lúvico y litosol.



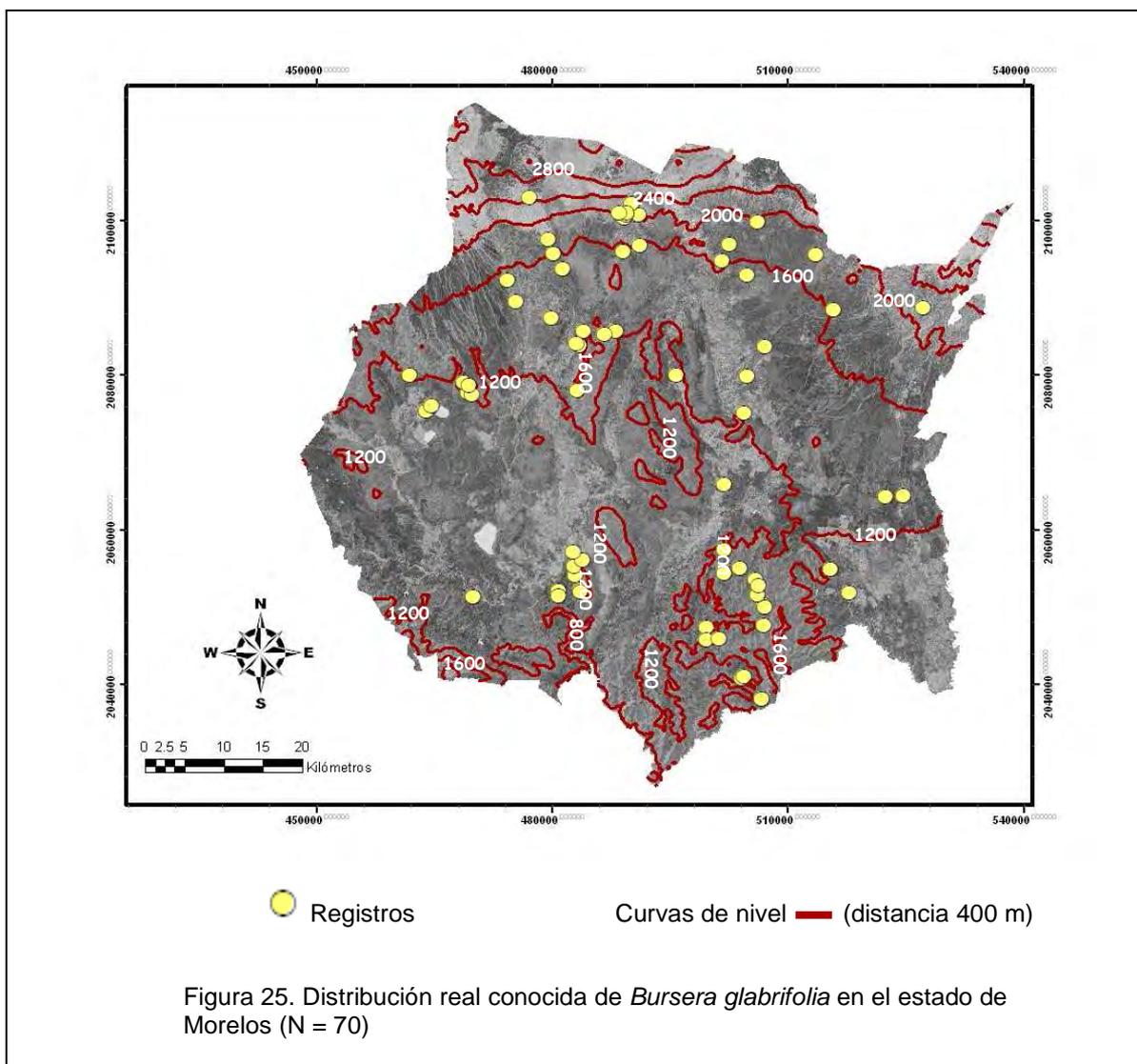
### ***Bursera fagaroides***

Es un elemento con una distribución amplia en el estado. Es común en el sur y se extiende hasta el norte y noreste, con poca presencia en el centro. Es un componente tanto de la selva baja caducifolia como de los bosques de encino y pino. Se distribuye en un intervalo altitudinal amplio, entre 850 y 2800 m (Figura 24). Se presenta en diversos climas, tanto templados como cálidos, con un intervalo de temperatura media anual de 17.2 a 23.5°C y de precipitación anual de 753 a 1500 mm. Se encuentra en una amplia variedad de suelos: feozem háplico, andosol húmico, rendzina, vertisol pélico, regosol eútrico y feozem lúvico.



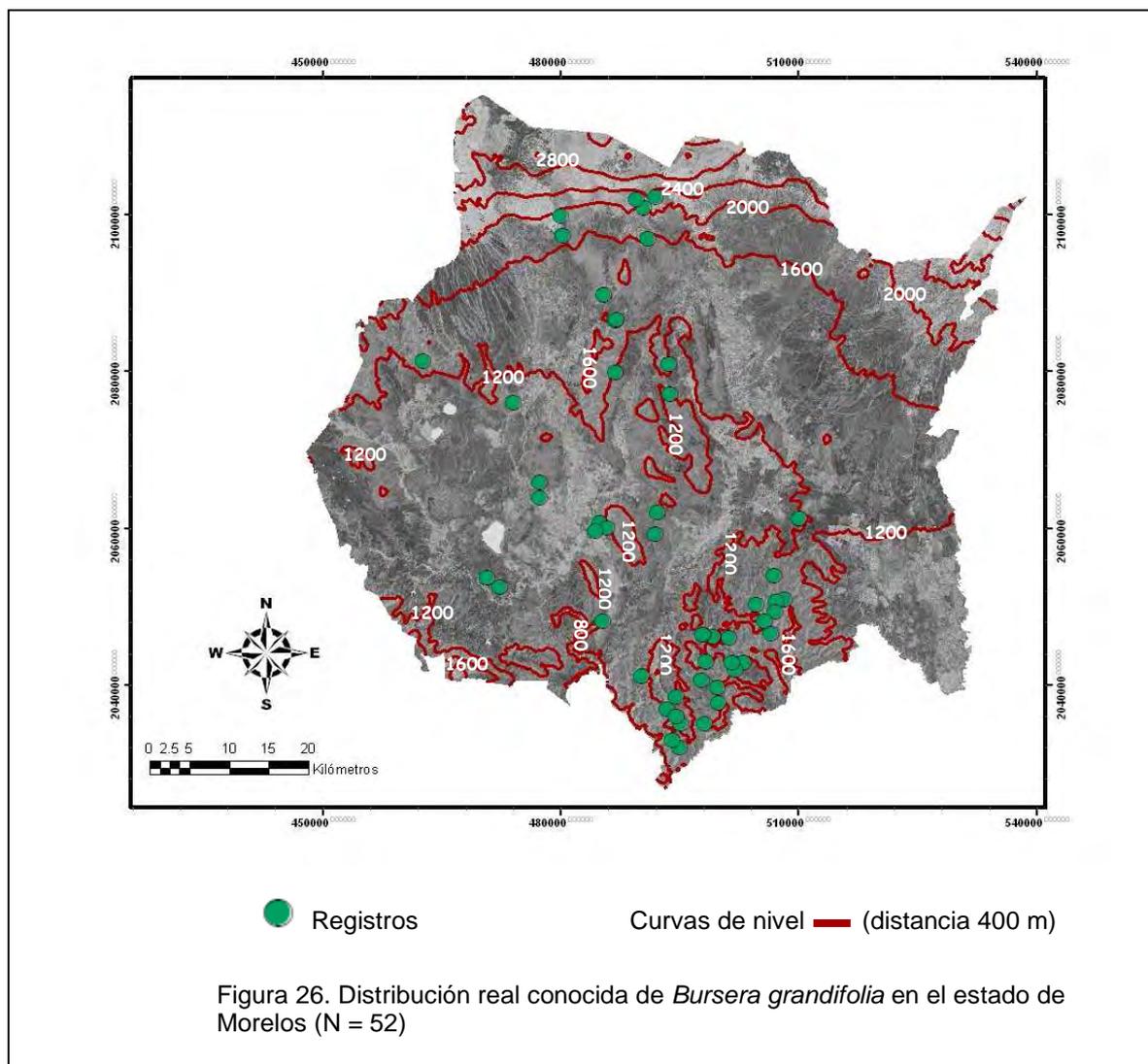
### ***Bursera glabrifolia***

Es una especie de amplia distribución que se encuentra tanto en el norte como en el sur del estado. Se encuentra en selva baja caducifolia, a menudo en colindancia con el bosque de encino y pino (Figura 25), en altitudes entre 900 y 2500 m, tanto en zonas cálidas como templadas, con temperatura media anual entre 17.2 y 23.7°C y precipitación anual entre 747 y 1474 mm. Se presenta en diversos tipos de suelo: feozem háplico, andosol húmico, rendzina, vertisol pélico, regosol eútrico, feozem lúvico, andosol ócrico, castañozem háplico y feozem calcárico.



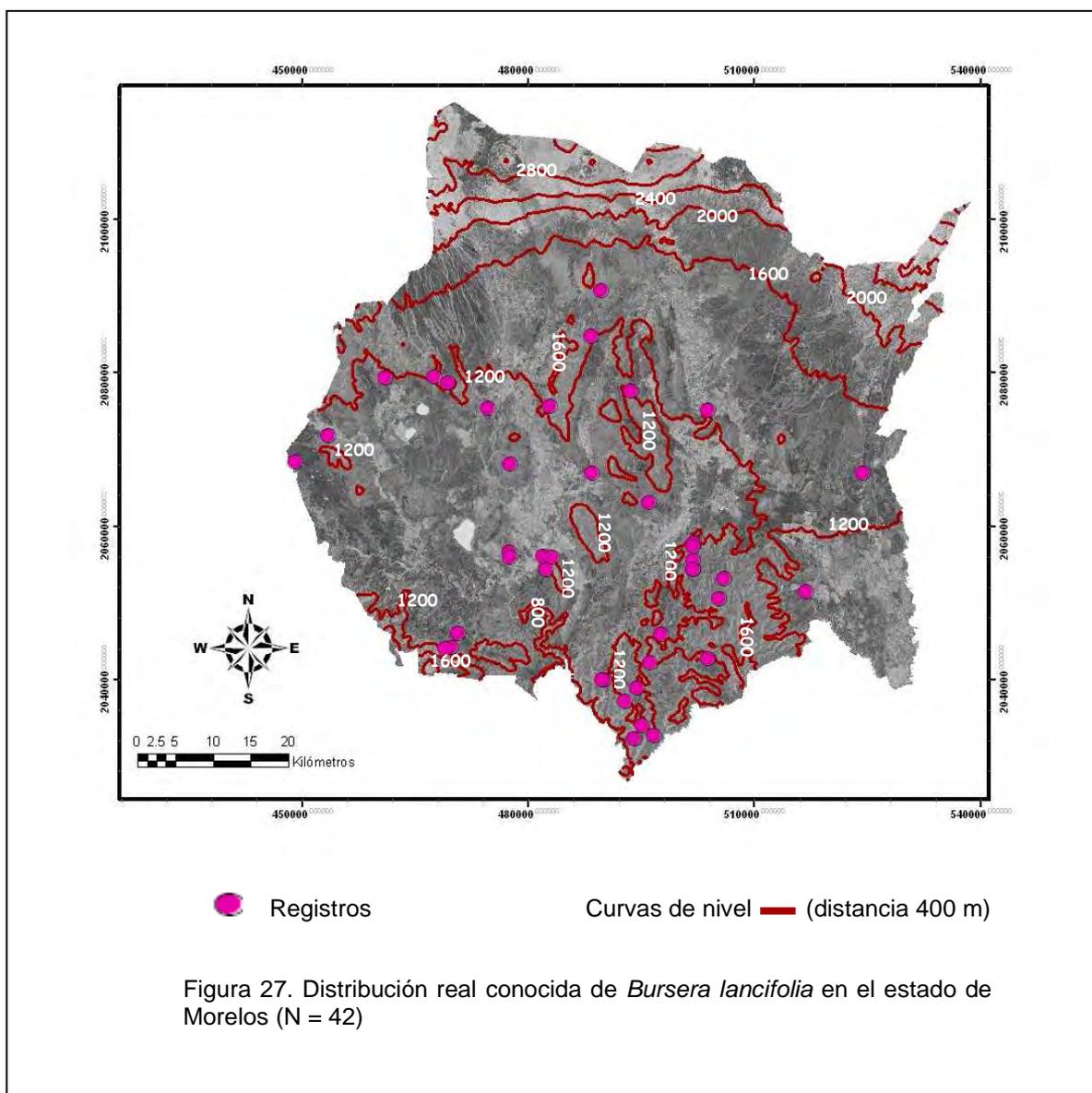
### ***Bursera grandifolia***

Se encuentra en selva baja caducifolia y con frecuencia en sitios de transición con el bosque de encino, a menudo asociada a cuerpos de agua. Tiene una distribución amplia en el estado, con excepción del este y noreste (Figura 26), y es más abundante en el sur. Se distribuye en un intervalo altitudinal amplio, entre 810 y 1900 m, tanto en zonas cálidas como templadas, con temperatura media anual entre 17.7 y 23.6°C y precipitación anual entre 788 y 1391 mm. Se encuentra en diversos tipos de suelo: feozem háplico, andosol húmico, rendzina, vertisol pélico, regosol eútrico, feozem lúvico, castañozem háplico, feozem calcárico, castañozem cálcico y litosol.



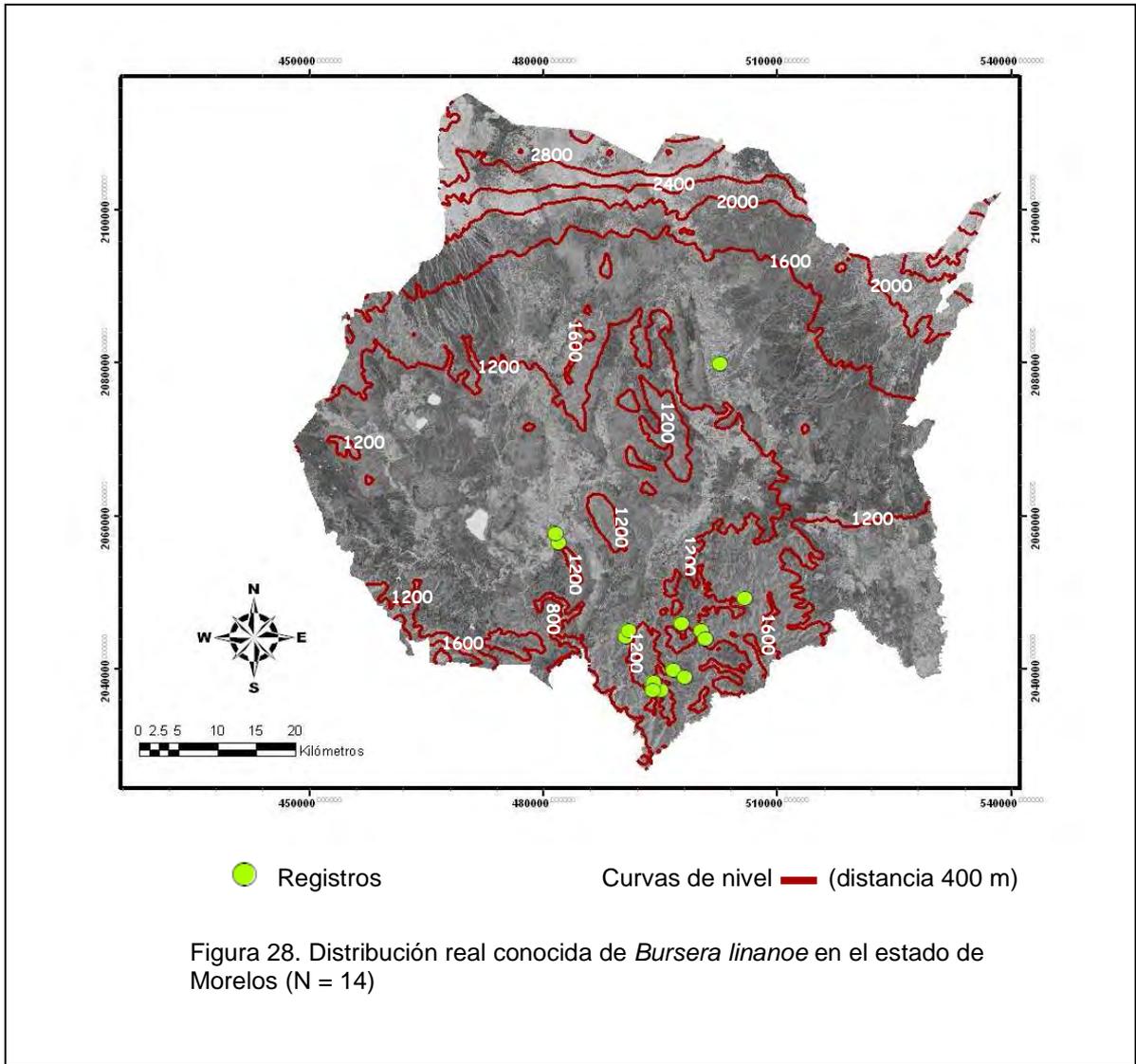
### ***Bursera lancifolia***

Es una especie poco frecuente en el norte y noreste del estado, y mucho más común en el centro y sur (Figura 27). Se encuentra en selva baja caducifolia, en altitudes entre 800 y 1860 m, en zonas cálidas, semicálidas y templadas con un intervalo de temperatura media anual 18.3 - 23.6°C, y de precipitación anual de 745 a 1032 mm. Se presenta en una amplia variedad de suelos: feozem háplico, rendzina, vertisol pélico, litosol, feozem lúvico, regosol eútrico y castañozem cálcico.



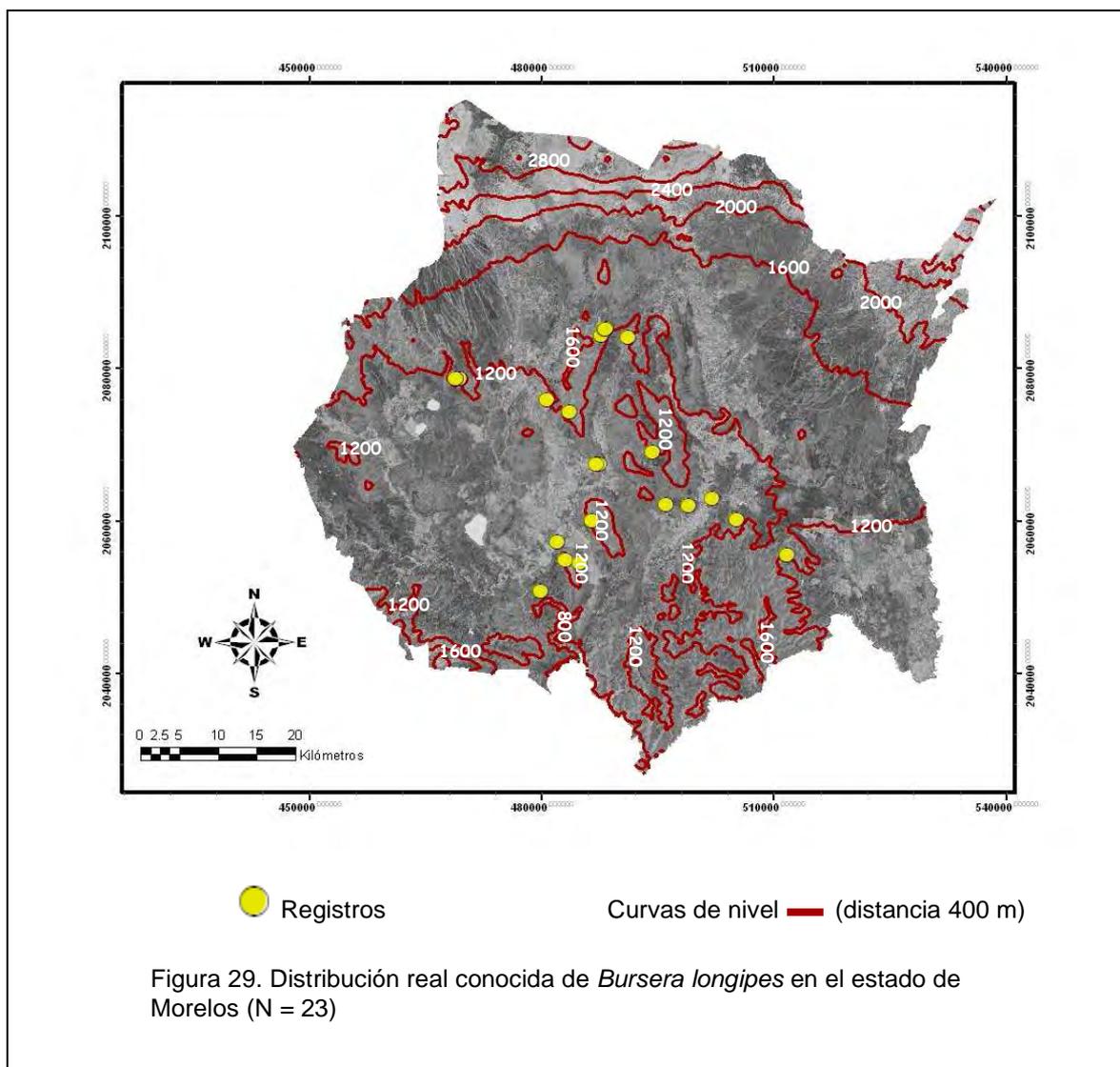
**Bursera linanoe**

Es una especie de distribución restringida al sur de Morelos, sin registros en la zona norte (y con sólo un registro en el centro, Figura 28). Es un componente de la selva baja caducifolia. Se presenta en altitudes de entre 800 y 1370 m, tanto en clima cálido como semicálido, con temperatura media anual entre 20 y 23.6°C y precipitación anual entre 812.8 y 1042 mm. Los tipos de suelo en los que se presenta son feozem háplico, rendzina y vertisol pélico.



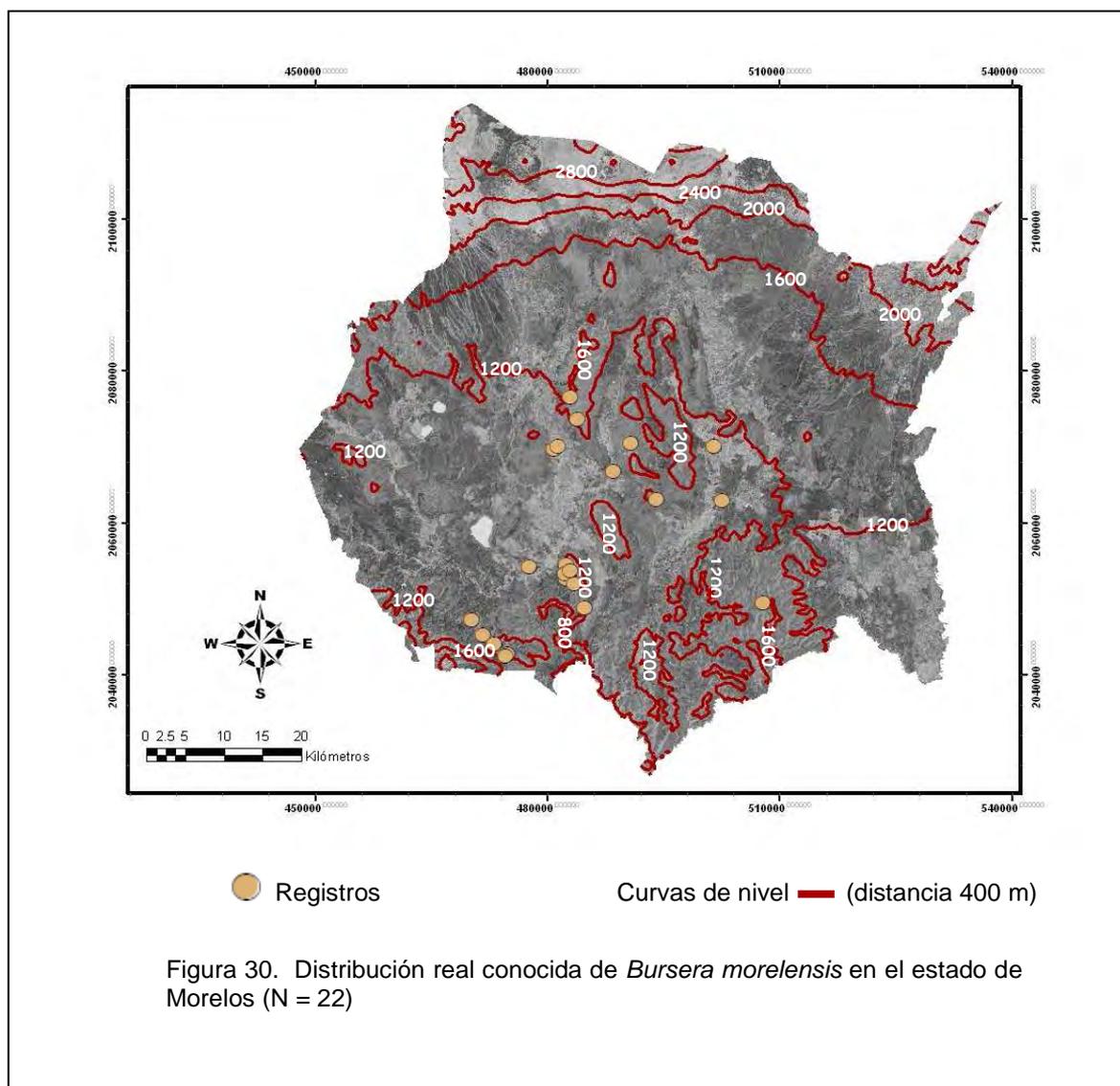
### ***Bursera longipes***

Se distribuye en el centro y centro sur del estado, sin registros en el norte y en el extremo sur (Figura 29). Es un componente de la selva baja caducifolia. Se presenta en un intervalo altitudinal restringido, entre 1000 y 1400 m, en zonas de clima cálido y semicálido, con un intervalo de temperatura de 19.7 a 23.7°C y con precipitación anual de 756 a 896 mm. Se encuentra en diversos tipos de suelo: rendzina, feozem háplico, vertisol pélico, feozem calcárico y regosol calcárico.



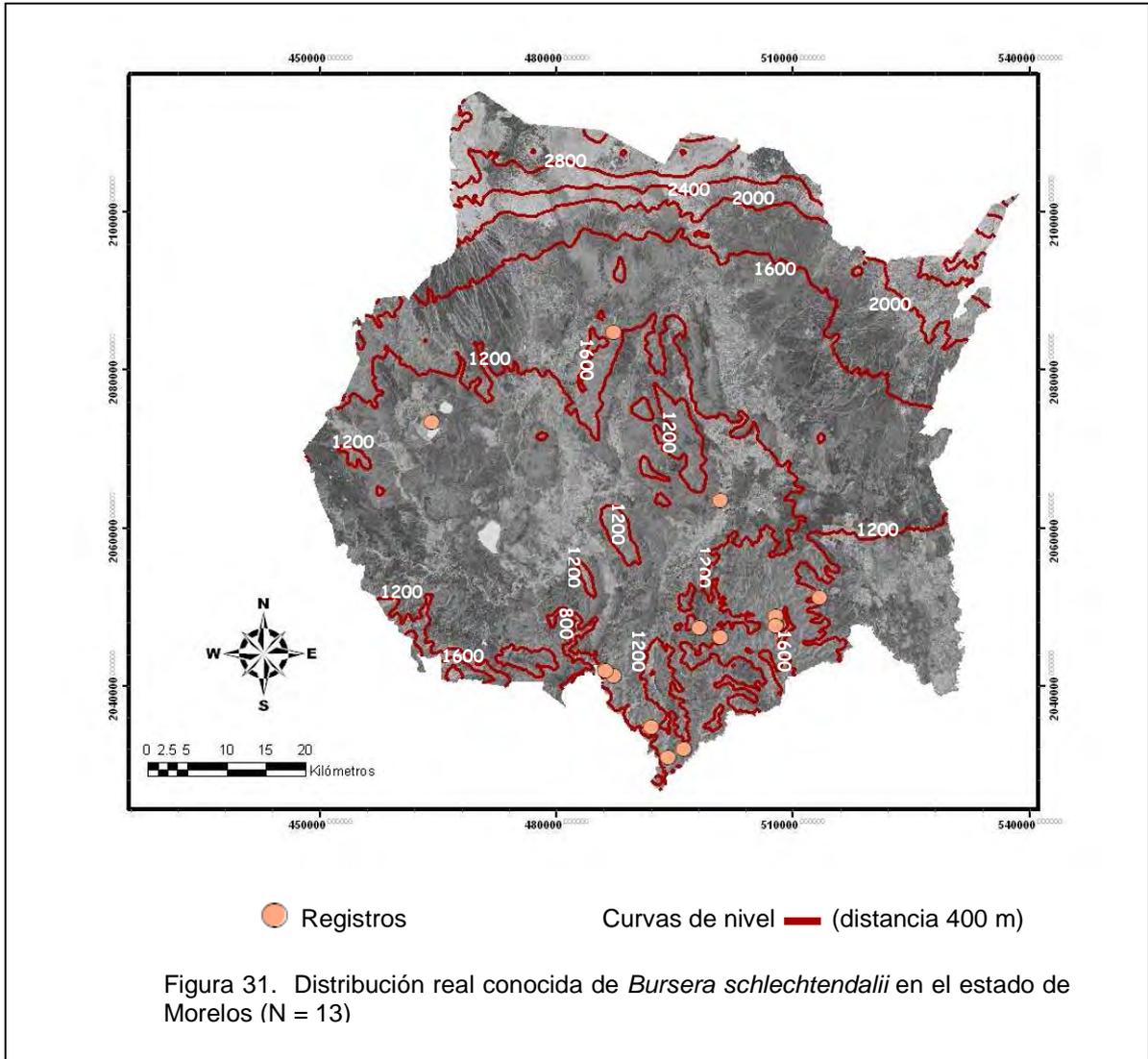
### ***Bursera morelensis***

Se distribuye en el centro y sur del estado, aunque es más común en el suroeste que en el sureste. No tiene registros en el norte, noreste y oeste (Figura 30). Se distribuye en la selva baja caducifolia, en un intervalo altitudinal entre 840 y 1400 m, en zonas de clima semicálido y cálido, con un intervalo de temperatura media anual de 19.6 a 23.7°C y precipitación anual entre 781 y 951 mm. Se presenta en diversos tipos de suelo: feozem lúvico, rendzina, regosol eútrico, feozem háplico y castañozem háplico.



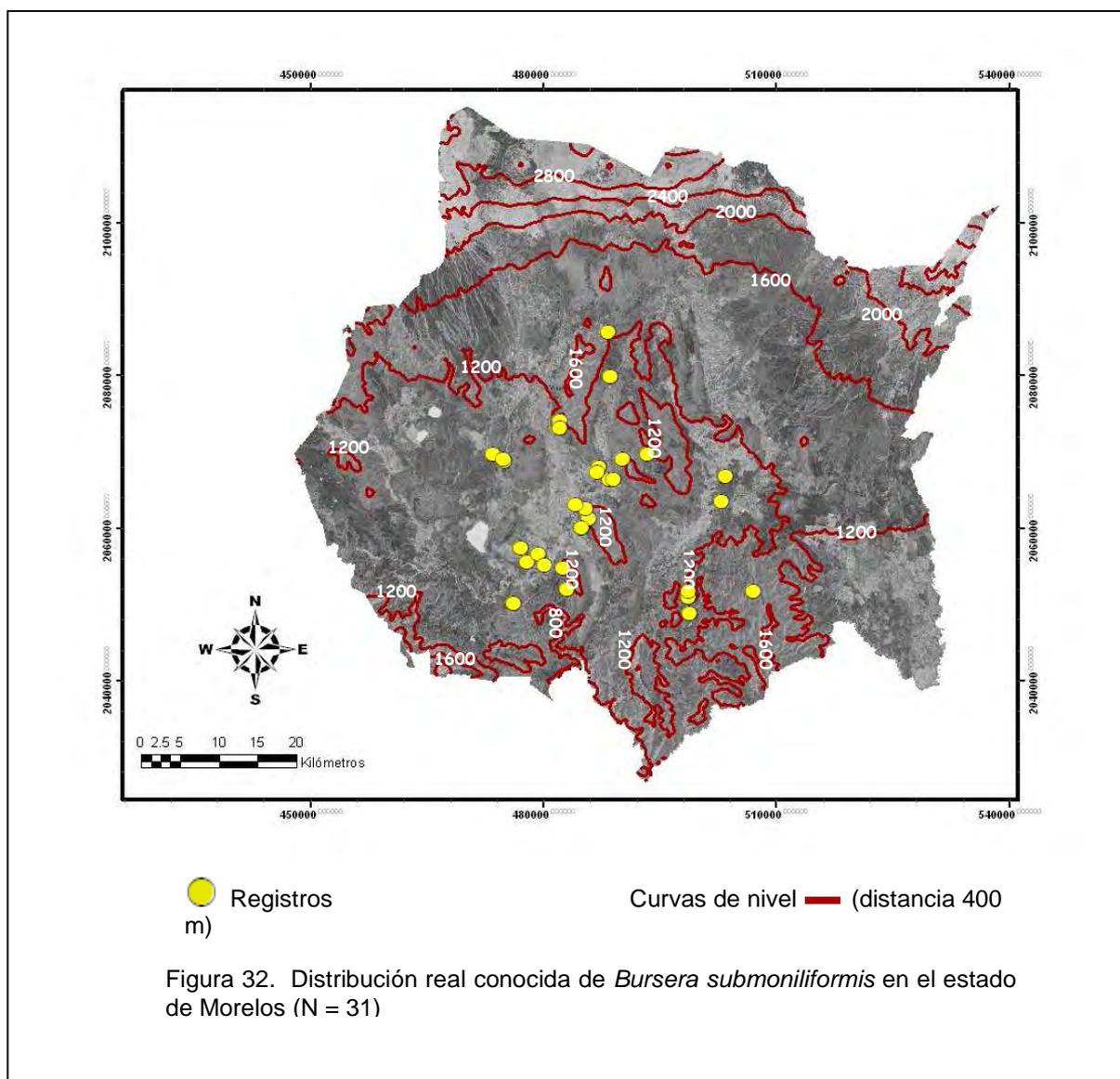
***Bursera schlechtendalii***

Su área de distribución principal es el sur del estado, con algunos registros esporádicos en el centro y poniente, ausente en las zonas norte y noreste (Figura 31). Se encuentra en la selva baja caducifolia, en un intervalo altitudinal entre 840 y 1400 m, en áreas de clima cálido y semicálido, con temperatura media anual entre 20.5 y 22.4°C y precipitación anual entre 773.5 y 1019.8 mm, en diversos tipos de suelo: feozem háplico, rendzina, litosol, feozem calcárico y vertisol pélico.



### ***Bursera submoniliformis***

Se distribuye en el centro y centro-sur del estado, sin registros en el norte, noroeste y noreste (Figura 32). Se presenta en selva baja caducifolia, en un intervalo altitudinal entre 820 y 1500 m, en zonas cálidas y semicálidas, con temperatura media anual entre 19.6 y 23.6°C y precipitación anual entre 772 y 890 mm. Se presenta en distintos tipos de suelo: vertisol pélico, feozem háplico, rendzina, feozem calcárico y castañozem háplico.



#### 4.4 Riqueza regional de especies

El mapa de riqueza muestra cinco zonas importantes en la distribución de especies de *Bursera* en Morelos. La mayor riqueza (15) se encuentra en las zonas sur y centro del estado (color verde oscuro), mientras que las zonas este y norte (morado) presentan una baja riqueza de especies (1 a 3); otras áreas presentan riquezas intermedias (Figura 34). Destaca que en la selva baja caducifolia se registra la mayor riqueza de especies; al igual que las áreas de uso agropecuario. Ésta es ligeramente menor (de 6 a 7 especies) en el bosque de encino, y por último en los bosques mesófilos y de pino hay una diversidad notablemente menor (de 2 a 3 especies, Figura 33).

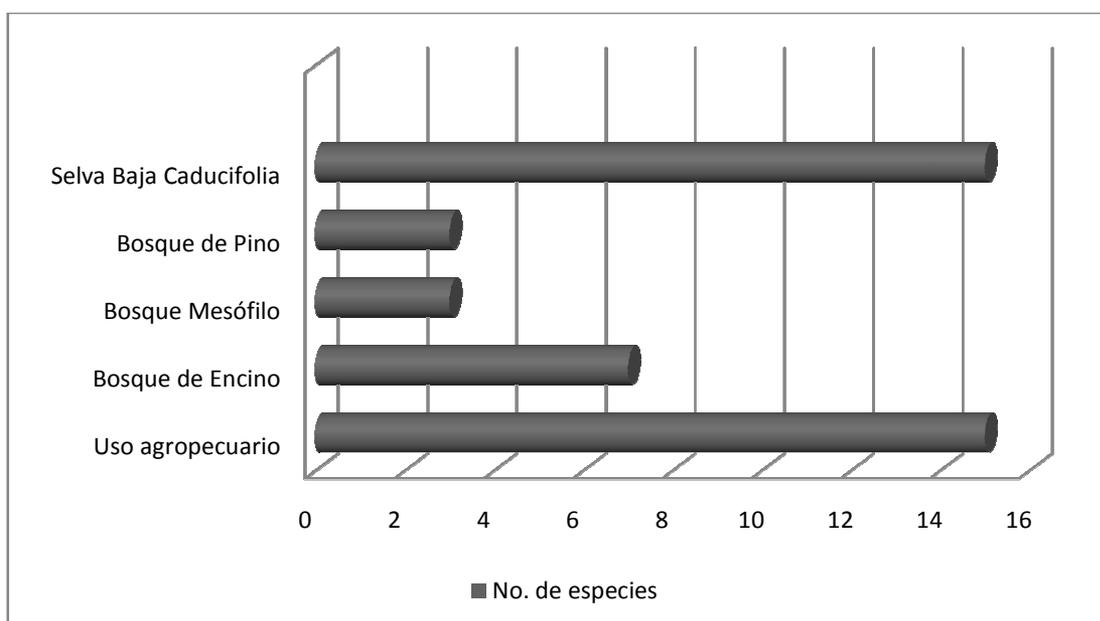


Figura 33. Riqueza de especies de *Bursera* en Morelos por tipo de vegetación

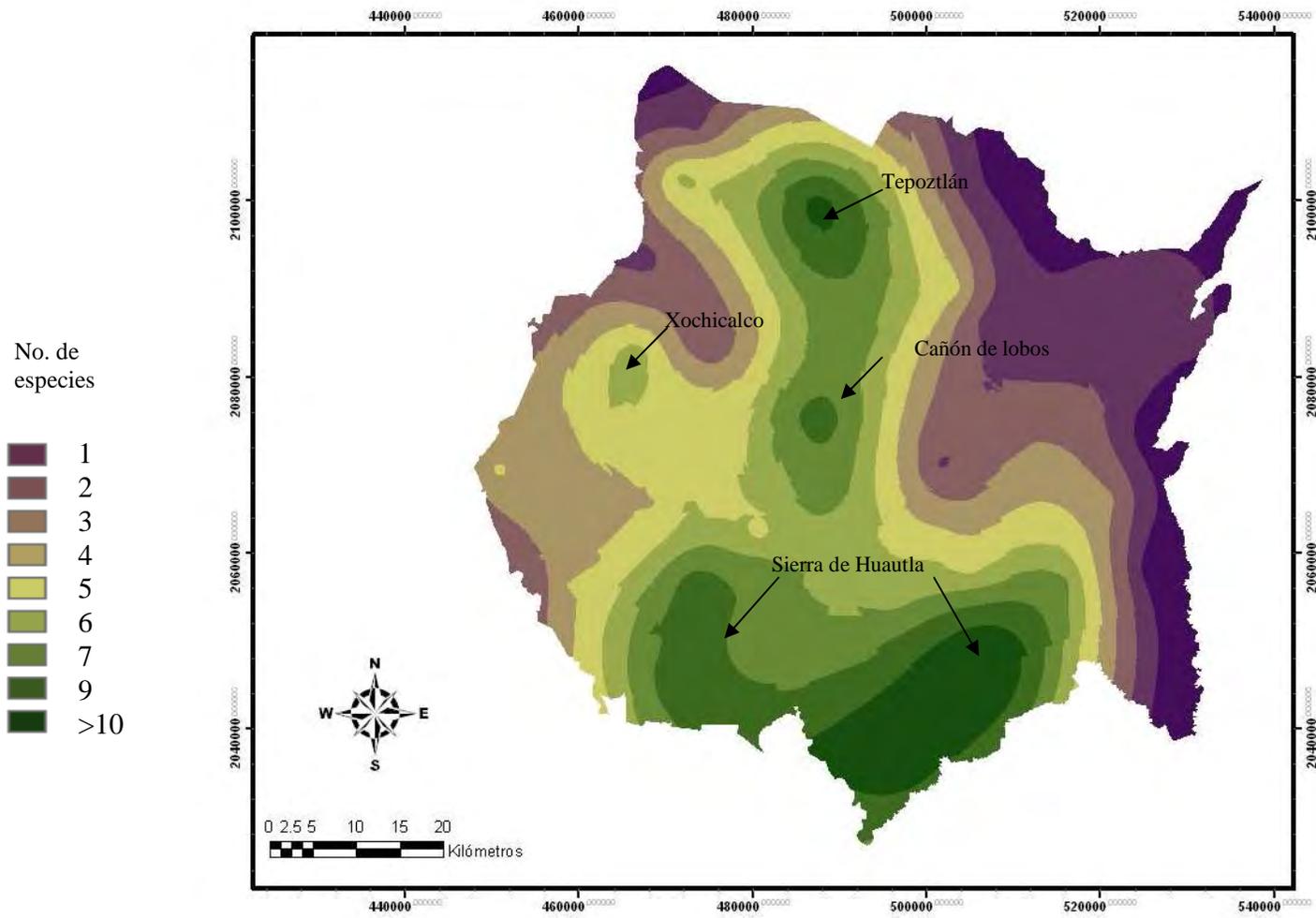


Figura 34. Riqueza de especies del género *Bursera* en Morelos

#### 4.5 Distribución de las especies en relación a las principales variables del clima

En el Cuadro 4 se presentan los intervalos de valores de las principales variables climáticas y altitudinales en las que se presenta cada especie. Con base en ellos fue posible agrupar a las especies en dos grandes grupos: A) especies de sitios cálidos y B) especies de sitios relativamente cálidos.

A) Especies de sitios cálidos – con temperatura mínima  $\geq 14^{\circ}\text{C}$  y temperatura máxima  $\geq 27^{\circ}\text{C}$  (entre 27 y  $33^{\circ}\text{C}$ ), en tres tipos de intervalos altitudinales: restringido ( $< 500$  m), intermedio ( $> 600$  m) y amplio ( $\geq 1000$  m). Las especies que conforman este grupo son: *B. aptera*, *B. ariensis*, *B. lancifolia*, *B. linanoe*, *B. morelensis*, *B. schlehtendalii*, *B. longipes* y *B. submoniliformis*. A continuación se describen los intervalos de las variables más importantes que explican la distribución de cada especie.

*B. aptera* es una especie de distribución altitudinal amplia (1000 m). Se encuentra principalmente en sitios cálidos ( $14.9$  a  $33.9^{\circ}\text{C}$ ), en los que la precipitación en la época seca es baja (36 a 53.6 mm) y poco variable.

*B. ariensis* presenta una distribución altitudinal muy restringida en el estado (200 m). Se encuentra en sitios cálidos ( $14.7$  a  $33.5^{\circ}\text{C}$ ), con una precipitación en la época seca baja y poco variable (38 a 67 mm).

*B. lancifolia* tiene una distribución altitudinal relativamente amplia (900 m). Se encuentra en sitios cálidos, aunque su intervalo térmico tiene valores ligeramente menores al resto de las especies del grupo ( $13.9$  a  $32.4^{\circ}\text{C}$ ); la precipitación en la época húmeda es variable (794 a 1087 mm) por lo que es de esperarse que su distribución sea relativamente amplia.

*B. linanoe* es una especie que se encuentra en un gradiente altitudinal intermedio (intervalo 570 m; de 800 a 1370 m), en sitios cálidos ( $15.4$  a  $32.7^{\circ}\text{C}$ ), en donde la precipitación (tanto en la época húmeda como en la seca) es relativamente baja y poco variable (786-899 mm y 36.1-70.5 mm respectivamente).

Cuadro 4. Intervalos de valores de las variables ambientales utilizadas en el análisis de distribución de 15 especies del género *Bursera*. Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura del mes más cálido (tmescal), temperatura del mes más frío (tmesfrío), precipitación en la época húmeda (phúmeda), precipitación en la época seca (pseca), evapotranspiración real en la época húmeda (ETRH), evapotranspiración real en la época seca (ETRS), estacionalidad anual de la evapotranspiración real (ETRHS), estacionalidad de la precipitación (E\_pp).

Especie	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmescal (°C)	Tmesmin (°C)	Phúmeda (mm)	Pseca (mm)	ETRH (mm)	ETRS (mm)	ETRHS (mm)	E_pp (mm)	Altitud (m)
<i>B. aptera</i>	27.6-33.8	14.8-18.4	30.4-32.7	6.0 –11.6	755-924	36-53	895-1226	178-1171	0.91-2.3	719-882	870- 1868
<i>B. ariensis</i>	27.8-33.8	14.6-18.4	30.6-33.6	6.1-11.1	785-943	38-67	946-1141	202-1131	0.99-2.23	744-869	1050-1250
<i>B. bicolor</i>	25.1-33.8	11.0-18.4	25.9-34.2	6.2-12.8	785-1053	38-92	780-1447	225-1247	0.91-2.31	744-966	850-1750
<i>B. bipinnata</i>	24.3-33.8	10.1-18.4	25.6-33.8	6.6-12.1	792-1018	37-89	779-1167	236-1152	0.90-2.33	750-943	950-1980
<i>B. copallifera</i>	24.4-33.7	10.5-18.3	23.6-32.9	7.2-10.5	758-1118	35-140	778-1476	311-1246	0.81-2.33	719-1052	974-1900
<i>B. cuneata</i>	21.9-28.5	7.1-15.5	23.6-32.9	6.7-10.6	820-1090	46-106	790-954	679-1057	0.92-1.05	772-993	1200-2340
<i>B. fagaroides</i>	20.4-33.5	5.0-18.3	22.6-33.7	6.7-12.3	785-1106	37-141	714-1267	522-1369	0.90.31	744-1011	850-2800
<i>B. glabrifolia</i>	21.9-33.6	7.2-17.1	23.7-34.1	6.6-12.7	793-1055	35-105	731-1263	419-1266	0.90-2.33	728-969	900-2500
<i>B. grandifolia</i>	24.1-33.3	9.7-17.5	25.2-33.9	6.8-11.8	755-1045	36-89	776-1204	541-1183	0.91-2.33	719-969	810-1900
<i>B. lancifolia</i>	27.1-32.4	13.9-15.3	30.5-33.9	6.2-12.0	793-1086	36-92	857-1053	746-1338	0.91-2.23	728-1011	800-1680
<i>B. linanoe</i>	28.3-32.7	15.3-17.4	31.0-33.2	8.9-11.8	785-898	36-70	754-1121	672-1149	0.91-2.31	744-851	800-1370
<i>B. longipes</i>	25.4-32.8	14.8-17.6	30.4-32.6	9.0-11.8	758-893	35-61	764-1096	665-1090	0.92-2.36	719-839	1000-1400
<i>B. morelensis</i>	27.0-33.8	14.8-18.4	30.6-33.1	6.0-11.0	772-921	35-68	902-1132	180-1128	0.95-2.32	728-879	840-1400
<i>B. schlechtendalii</i>	27.7-33.3	14.6-17.6	30.8-33.2	9.5-12.4	785-898	36-54	930-1268	885-1198	0.91-2.33	744-851	878-1500
<i>B. submonilliformis</i>	26.9-33.1	14.8-16.9	30.3-32.7	7.8-10.9	765-913	35-71	868-1164	454-1067	0.95-2.33	719-864	820-1500

*B. morelensis* presenta una distribución altitudinal intermedia (intervalo 560 m) y se encuentra en sitios cálidos (14.8 a 33.8°C), con poca variación en la precipitación (entre 780 y 950 mm anuales)

*B. schlechtendalii* es una especie de distribución altitudinal intermedia (622 m) y se encuentra en sitios cálidos (14.6 a 33.3°C), con una precipitación baja y poco variable (entre 773 y 1020 mm).

*B. submoniliformis* presenta una distribución altitudinal intermedia (680 m), en sitios relativamente cálidos (14.8 a 33.1°C), con una precipitación anual baja (772 a 890 mm) y poco variable.

*B. longipes* es una especie de distribución altitudinal restringida (400 m), que se encuentra en sitios relativamente cálidos (14.8 a 32.8°C), con poca variación en la precipitación anual (de 746 a 896 mm).

En general, las especies de este grupo se distribuyen en diferentes pisos altitudinales, sin embargo en todos ellos la precipitación en la temporada seca es menor a 70 mm, por lo tienen una estacionalidad muy marcada. Entre las especies que se distribuyen en un espacio altitudinal restringido (< 500 m) destacan *B. ariensis* y *B. longipes*, que además se encuentran sólo por arriba de los 1000 m. En *B. longipes* esta distribución altitudinal limita la temperatura máxima en que se presenta (<33°C), que en el caso de *B. ariensis* es ligeramente mayor (33.8°C).

La variación en la precipitación anual es limitada en todos los casos, excepto en el de *B. lancifolia*, en donde se registra mayor variabilidad. No se observaron diferencias marcadas en la precipitación; la mayoría de las especies de este grupo se distribuyen en áreas con precipitación total menor a 770 mm, aunque en el caso de *B. linanoe* fue ligeramente mayor (812 mm). El intervalo de variación de la precipitación anual fue bajo en *B. submoniliformis* (118 mm), *B. longipes* (140 mm), *B. ariensis* (159 mm) y *B. morelensis* (170 mm). En el resto de las especies el intervalo de variación en la precipitación fue cercano a 250 mm, y en el caso de *B. lancifolia* fue de 286 mm.

Los resultados que aquí se presentan son preliminares para *B. ariensis*, *B. linanoe* y *B. schlechtendalii*, debido a que el número total de registros con que se trabajó fue bajo (N = 12, 14, y 13 respectivamente).

B) Especies de sitios relativamente menos cálidos; soportan temperaturas mínimas  $\leq 11^{\circ}\text{C}$  (con un mínimo de entre  $5$  y  $7^{\circ}\text{C}$ ), pero también temperaturas máximas altas (tan altas como las de los sitios cálidos  $\leq 33^{\circ}\text{C}$ , excepto *B. cuneata*). Este grupo está conformado por siete especies: *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. grandifolia*, *B. copallifera*, *B. cuneata*, *B. bipinnata* y *B. bicolor*. Estas especies cuentan con un mayor número de registros, por lo que las estimaciones de los valores de las variables del clima que limitan su distribución en el estado son más confiables.

En general, dichas especies se distribuyen a lo largo de intervalos altitudinales más amplios que las del grupo anterior (en todos los casos  $\geq 900$  m). Las especies cuya distribución altitudinal es más amplia son *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* (ambas  $> 1500$  m de intervalo), mientras que en *B. copallifera* y *B. bicolor* es un poco más restringida (cerca de  $900$  m).

Las especies que se encuentran en los sitios con temperaturas mínimas más bajas son *B. fagaroides*, *B. cuneata* y *B. glabrifolia* (Cuadro 5); son también las que se encuentran a mayor altitud: *B. cuneata* está restringida a sitios con temperaturas máximas menores a  $30^{\circ}\text{C}$  y altitudes superiores a  $1100$  m; *B. bipinnata* se encuentra en altitudes ligeramente inferiores, al igual que *B. copallifera*. *B. grandifolia* tiene un intervalo altitudinal amplio, pero no alcanza los  $2000$  m.

Se observó que *B. bipinnata*, *B. copallifera* y *B. bicolor* están limitadas por temperaturas mínimas superiores a  $10^{\circ}\text{C}$ , y soportan también mayores temperaturas máximas, tan altas como las del grupo A. Los intervalos altitudinales en que se distribuyen las tres tienen una variación amplia, de  $900$ - $1000$  m, aunque *B. bicolor* está restringida a sitios con una altitud ligeramente menor y relativamente más cálidos (temperatura mínima  $\geq 11^{\circ}\text{C}$ ). Los intervalos de valores de la precipitación son también relativamente amplios en la mayoría de las especies de este grupo.

#### 4.6 Análisis de conglomerados

En la Figura 35 se presentan los resultados del análisis de conglomerados. Este análisis agrupa a las especies con base en similitudes climáticas definidas por los valores de las variables analizadas, que fueron: temperatura máxima y mínima medias anuales, precipitación en épocas húmeda y seca, evapotranspiración real en las épocas húmeda y seca, estacionalidad anual de la evapotranspiración y estacionalidad de la lluvia. Las distancias entre los grupos (eje horizontal del dendograma) corresponden a diferencias entre las condiciones ambientales entre las especies.

Destaca la formación de dos grandes grupos: el primero formado por *B. cuneata*, *B. copallifera*, *B. bicolor*, *B. fagaroides*, *B. bipinnata*, *B. glabrifolia* y *B. grandifolia*, y el segundo formado por *B. linanoe*, *B. longipes*, *B. ariensis*, *B. aptera*, *B. morelensis*, *B. schlechtendalii*, *B. submoniliformis* y *B. lancifolia*.

El primer grupo, formado por siete especies, es más heterogéneo en cuanto a sus requerimientos ambientales. *B. cuneata*, que muestra la mayor disimilitud del grupo, no se encuentra cercana a ninguna de las otras especies que lo conforman (distancia 6.46), lo cual indica que tiene requerimientos ambientales específicos y diferentes a las otras seis especies. Las especies más cercanas entre sí, por sus requerimientos climáticos, son *B. copallifera* y *B. bicolor* (distancia 0.004).

*B. grandifolia* y *B. glabrifolia* se encuentran también muy cercanas entre sí (distancia 0.12). Éstas conforman un grupo con *B. bipinnata*, y a una distancia un poco mayor, con *B. fagaroides*. En conjunto, estas cuatro especies forman un grupo relativamente homogéneo, que se encuentra también cercano al formado por *B. copallifera* y *B. bicolor* (Figura 35).

El segundo grupo, formado por ocho especies, es relativamente más homogéneo que el primero, pues la primera bifurcación se produce a una distancia de 3.2. *B. aptera*, *B. morelensis* y *B. ariensis* se agrupan muy cercanas entre sí (0.05), al igual que *B. schlechtendalii*, *B. submoniliformis* y *B. lancifolia* (0.18). *B. linanoe* y *B. longipes*, forman un grupo claramente diferenciado con respecto a las otras seis

especies, pero la distancia entre ambas es mayor que en los casos anteriores (1.17), lo que muestra diferencias ambientales entre los sitios en que se distribuyen.

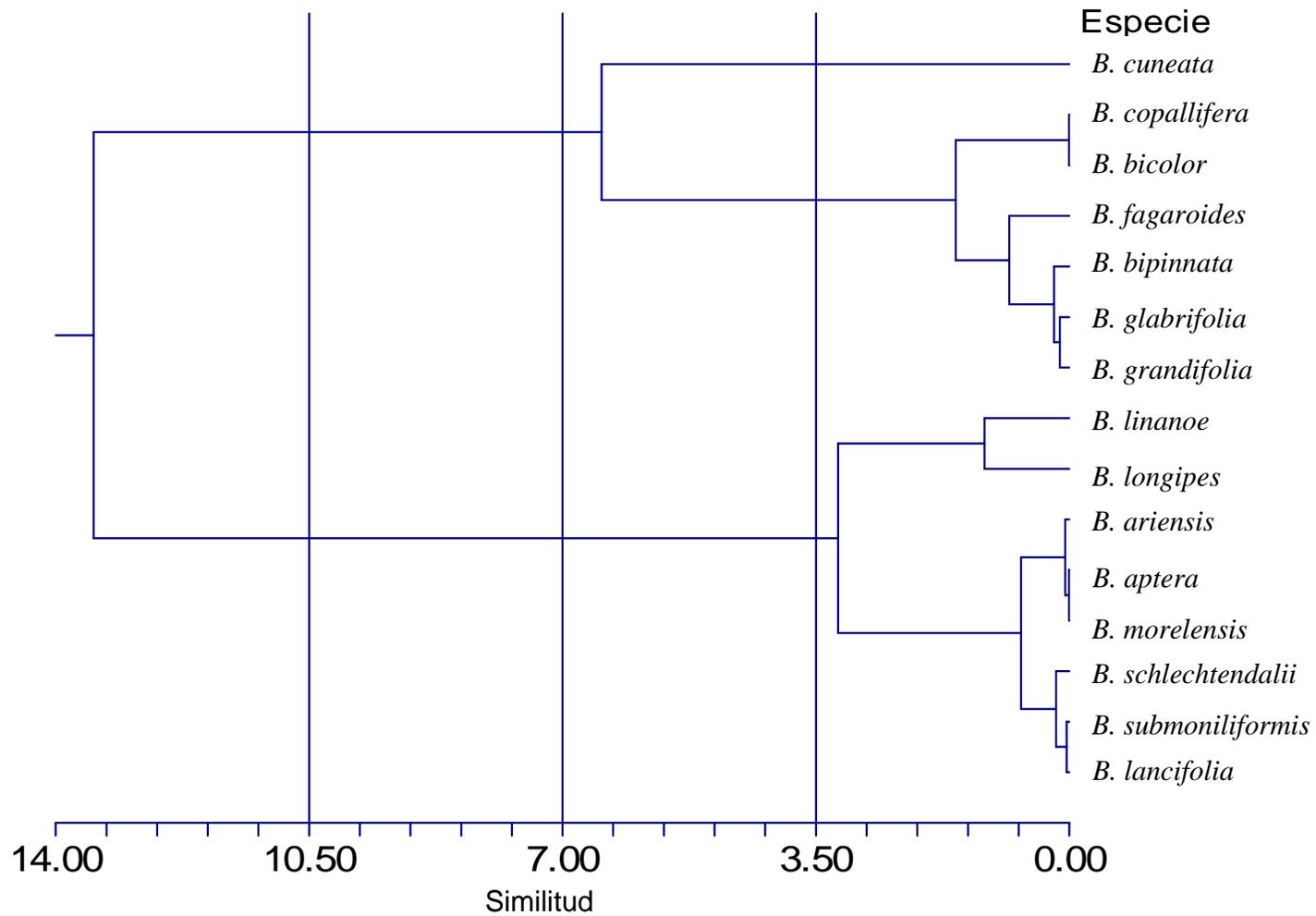


Figura 35. Agrupación de las especies de *Bursera* de acuerdo con su similitud climática (distancia euclidiana)

#### 4.7 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales muestra que los dos primeros componentes (vectores) explican el 70.5% de la varianza total: el primero (con 50.4% de la varianza) está asociado negativamente con la precipitación –tanto en la época húmeda como en la seca y su estacionalidad–, y positivamente con la temperatura –temperaturas máxima y mínima media anual y la del mes más cálido–. El segundo componente (20.1% adicional de la varianza) se asocia positivamente con la evapotranspiración real en la época seca y con la temperatura del mes más frío, y negativamente con la estacionalidad anual de la evapotranspiración (Cuadro 5, Figura 36).

Cuadro 5. Matriz de valores del análisis de componentes principales entre 11 variables climáticas y de los sitios de recolecta de las especies del género *Bursera* en Morelos (ver métodos). Se muestran en negritas las variables con mayores valores para cada componente.

	Componente			Comunalidad
	1	2	3	
Temperatura máxima media anual (°C)	<b>0.354</b>	-0.263	-0.302	<b>0.765</b>
Temperatura mínima media anual (°C)	<b>0.350</b>	-0.092	-0.383	<b>0.675</b>
Temperatura del mes más cálido (°C)	0.346	0.220	-0.199	0.588
Temperatura del mes más frío (°C)	0.226	<b>0.533</b>	0.035	0.199
Precipitación en época húmeda (mm)	<b>-0.369</b>	-0.062	-0.442	<b>0.756</b>
Precipitación en época seca (mm)	<b>-0.374</b>	0.124	-0.038	<b>0.808</b>
Evapotranspiración real en la época húmeda (mm)	0.300	0.080	-0.430	0.509
Evapotranspiración real en la época seca (mm)	0.093	<b>0.615</b>	0.130	0.017
Estacionalidad anual de la evapotranspiración	0.223	<b>-0.417</b>	0.222	0.331
Estacionalidad de la precipitación	-0.348	-0.031	-0.520	0.660
Altitud	-0.189	-0.109	-0.059	0.177
% de la varianza explicada	50.40	20.10	9.4	
% acumulado	50.40	70.5	79.9	

Las correlaciones positivas indican una relación directa entre la variable y el componente, es decir, los valores más grandes de la variable se asocian con valores altos y positivos del componente. De forma inversa, las correlaciones negativas indican una relación inversa entre la variable y el componente (valores altos de la variable están asociados con los valores negativos del componente, y vice versa). A menudo, los componentes contienen cargadores tanto positivos como negativos, como es el caso del componente 1 (McGarigal *et al.*, 2000). Este representa a los gradientes de temperatura y precipitación relacionados con la estacionalidad del clima (Tmax, Tmin, Pseca, Phúmeda). En este caso valores altos de temperatura (máxima y mínima media anual) se asocian con baja precipitación en las épocas seca y húmeda (valores positivos del componente), y valores bajos en la temperatura mínima media anual se relacionan con alta precipitación (en las épocas seca y húmeda) (valores negativos del primer componente; Figuras 36 y 37). El segundo componente representa sobre todo a la evapotranspiración real en la época seca y la temperatura del mes más frío; ambas variables se relacionan positivamente con el componente, es decir los valores positivos representan sitios con mayor evapotranspiración en la época seca y mayor temperatura del mes más frío, es decir, son sitios relativamente cálidos. La estacionalidad anual de la evapotranspiración se asoció negativamente al segundo componente (valores altos de ésta variable se relacionan con valores bajos de la evapotranspiración real de la época seca), por lo que los valores negativos del componente representan sitios con marcada estacionalidad en la evapotranspiración real (Figura 36).

*Bursera aptera* y *Bursera ariensis* se encuentran distribuidas principalmente hacia el lado derecho del espacio de ordenación (valores positivos del primer componente), es decir en sitios con las mayores temperaturas medias (máximas y mínimas); lo mismo sucede con *B. morelensis* (Figura 37A). De éstas, *B. aptera* es la que presenta una distribución más sesgada a valores particularmente altos del componente 1, lo que indica que puede establecerse en sitios más secos y cálidos. Estas tres especies son por tanto el grupo que se presenta en los sitios relativamente más cálidos y secos. Al igual que ellas, *B. linanoe*, *B. schlechtendalii*, *B. longipes* y *B. submoniliformis* se encuentran restringidas a sitios con temperaturas relativamente altas, aunque estas cuatro sí se encuentran en valores negativos pequeños del primer componente (Figura 37B), lo que muestra que

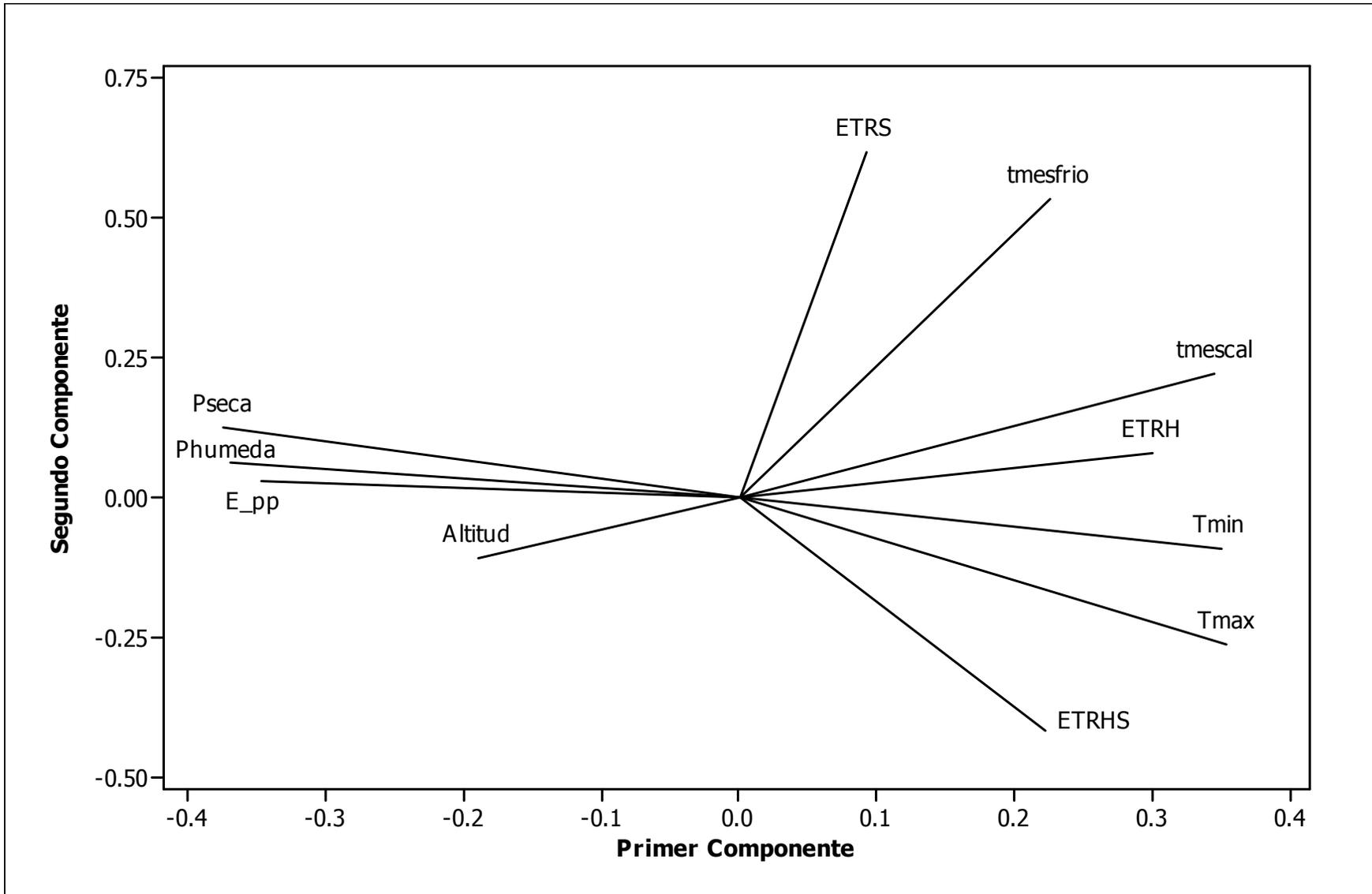


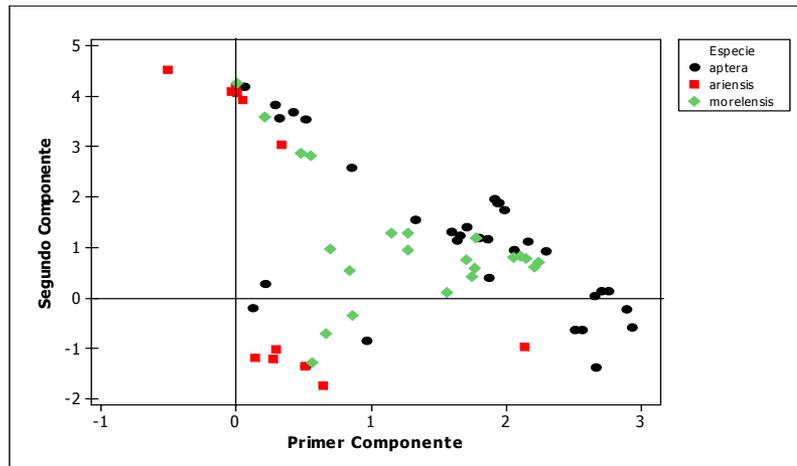
Figura 36. Distribución de las especies de *Bursera* con respecto a 11 variables ambientales.

toleran temperaturas ligeramente menores que las primeras tres especies. Algo similar sucede con *B. lancifolia*, aunque es la especie de este grupo que muestra mayor amplitud climática, pues se localiza también en los valores más negativos de ambos ejes de ordenación (Figura 37B). En conjunto, estas ocho especies se encuentran limitadas en su distribución a sitios con temperaturas mínimas y máximas promedio anual relativamente altas.

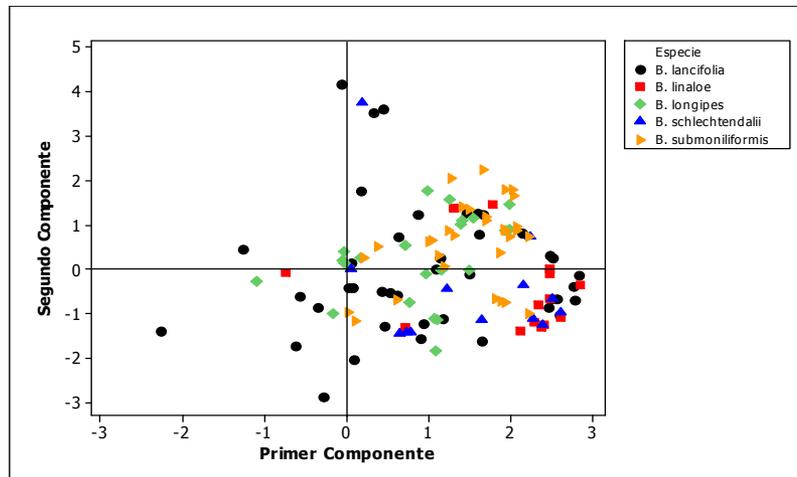
*Bursera bipinnata*, *Bursera glabrifolia*, *Bursera fagaroides* y *Bursera grandifolia* se presentan en los cuatro cuadrantes representados por los dos componentes (Figura 37C), lo que muestra que no tienen una gran especificidad ambiental, es decir se presentan en una gran amplitud de valores de las variables climáticas analizadas; lo mismo sucede, aunque en menor medida, con *B. copallifera* y *B. bicolor*, que aunque se presentan en los cuatro cuadrantes, son menos abundantes en el cuadrante inferior izquierdo, es decir no son muy abundantes en sitios relativamente frescos y húmedos y con temperaturas bajas del mes más frío, al igual que *B. grandifolia*. *B. fagaroides*, *B. cuneata* y en menor medida *B. glabrifolia* alcanzan los sitios con menores temperaturas (valores más negativos del primer componente).

Destaca que *Bursera cuneata* se distribuye solamente en sitios con valores negativos del primer componente y es más abundante en los cuadrantes izquierdos, entre valores de 1 y -1 del segundo componente, lo que muestra que se presenta en sitios con temperatura del mes más frío baja y mayor precipitación (en ambas temporadas); con baja evapotranspiración en la época seca y poca estacionalidad anual en la evapotranspiración. En este sentido, es la única especie restringida a sitios relativamente frescos y húmedos, aunque con ella suelen presentarse *B. fagaroides* y *B. glabrifolia*, y en menor medida *B. bipinnata* (Figura 37).

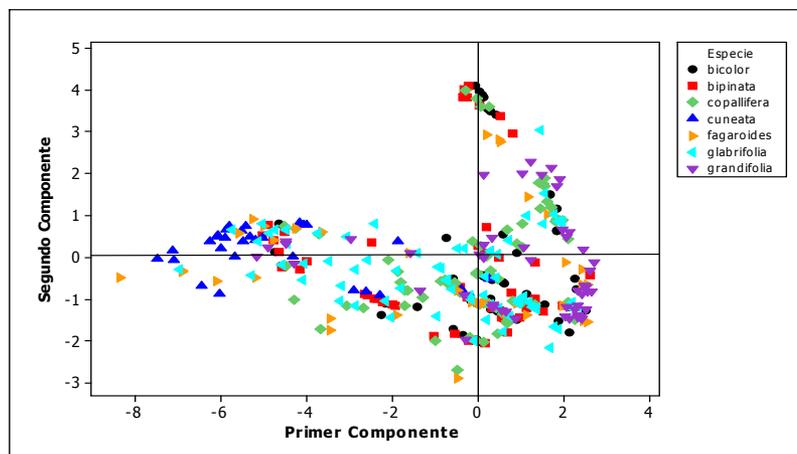
Se puede observar que un gran número de especies se sobreponen en la porción central de ambos componentes, sobre todo en valores positivos o negativos bajos del componente principal 1, lo que indica que se presentan en intervalos amplios de valores de las variables, lo que supone la coexistencia de varias especies, muchas de las cuales se encuentran limitadas tan sólo por sitios con temperaturas promedio relativamente bajas.



A)



B)



C)

Figura 37. Especies de *Bursera* agrupadas en los dos primeros componentes: A) *B. aptera*, *B. ariensis*, *B. morelensis*; B) *B. bicolor*, *B. linanoe*, *B. longipes*, *B. schlechtendalii*, *B. submoniliformis*; C) *B. bipinnata*, *B. copallifera*, *B. cuneata*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. grandifolia*.

#### **4.8 Distribución potencial**

La distribución potencial de cada especie muestra los sitios en donde se cumplen las condiciones climáticas descritas en su perfil bioclimático (Figuras 38 a 52). Este intervalo presenta los valores máximos y mínimos de las condiciones climáticas en que se desarrolla cada especie. Cabe mencionar que otros factores ambientales e interacciones que influyen en la distribución de las especies no fueron sido considerados.

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera aptera*

Variables    Min-Max    media  $\pm$  d.s.

Tmax	27.6-33.8	32.3 $\pm$ 1.4
Tmin	14.8-18.4	16.5 $\pm$ 1.1
Ph	765.6-924.5	829.2 $\pm$ 58.4
Ps	36.0-53.6	40.8 $\pm$ 4.6
Tmescal	30.4-32.7	31.5 $\pm$ 0.6
Tmesfrio	6.0-11.6	9.2 $\pm$ 1.5
ETRH	894.9-1226.0	1047 $\pm$ 87
ETRS	178.8-1171.8	749.7 $\pm$ 298
ETRHS	0.91-2.35	1.9 $\pm$ 0.4
E_pp	719.2-882.4	788.6 $\pm$ 56.7
Altitud	870-1868	1273 $\pm$ 133.3



Distribución potencial



Registros

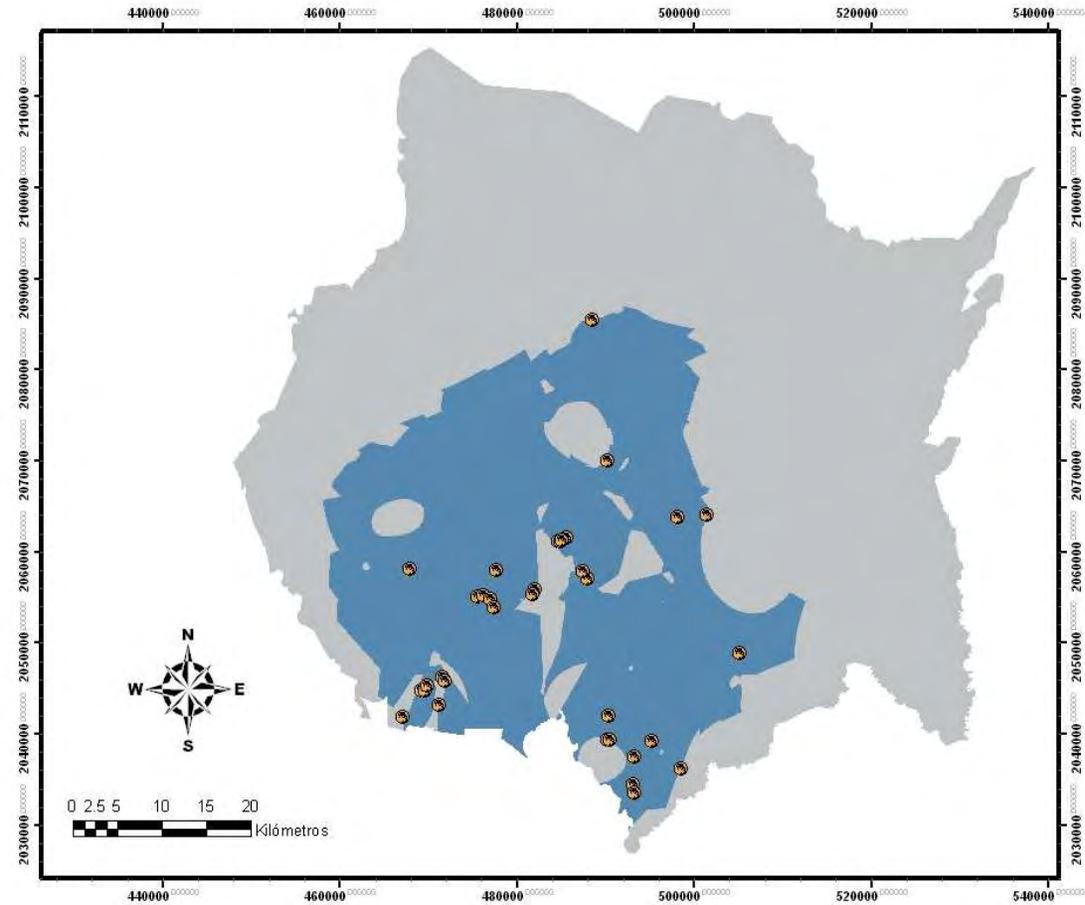


Figura 38. Mapa de distribución potencial de *Bursera aptera* en Morelos.

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera ariensis*

Variables    Min-Max    media  $\pm$  d.s.

Tmax	27.8-33.8	31.1 $\pm$ 2.4
Tmin	14.6-18.4	16.3 $\pm$ 1.6
Ph	785.4-943.5	888.9 $\pm$ 52.8
Ps	38.0-67.1	45.3 $\pm$ 7.2
Tmescal	30.6-33.6	31.7 $\pm$ 1.1
Tmesfrio	6.1-11.1	8.3 $\pm$ 2.2
ETRH	946-1141	1007 $\pm$ 60.3
ETRS	202.8-1131	454.4 $\pm$ 395
ETRHS	0.99-2.23	1.38 $\pm$ 0.59
E_pp	744.5-894.6	841.3 $\pm$ 55.4
Altitud	1050-1250	1321 $\pm$ 160

 Distribución potencial

 Registros

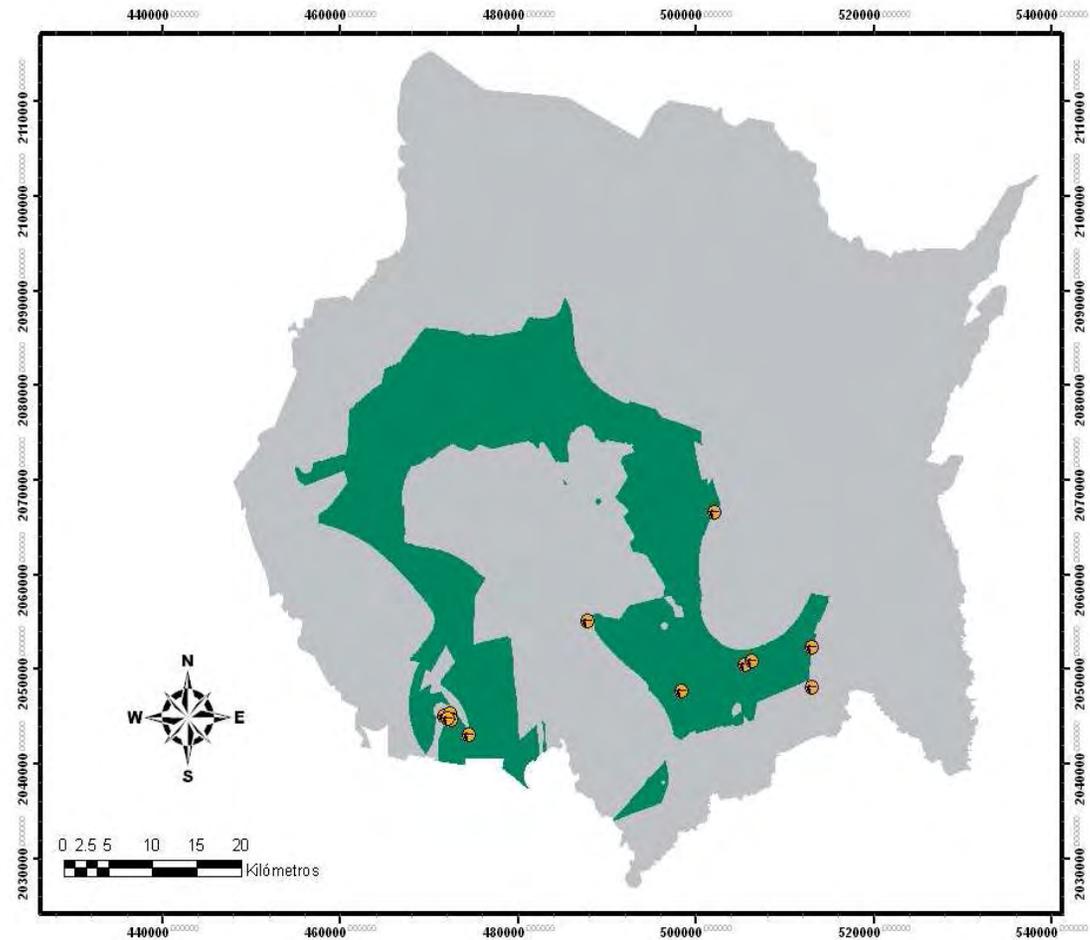


Figura 39. Mapa de distribución potencial de *Bursera ariensis* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera bicolor*

Variables      Min-Max      media  $\pm$  d.s.

Tmax	25.1-33.8	29.7 $\pm$ 2.4)
Tmin	11.0-18.4	15.5 $\pm$ 1.5
Ph	785.4-1053.4	898.3 $\pm$ 63.7
Ps	37.9-92.6	50.68 $\pm$ 11.7
Tmescal	25.9-34.2	31.8 $\pm$ 1.7
Tmesfrio	6.2-12.8	9.7 $\pm$ 1.7
ETRH	780.2-1447.4	995.6 $\pm$ 115.2
ETRS	225.6-1247	724.3 $\pm$ 273.4
ETRHS	0.91-2.31	1.2 $\pm$ 0.5
E_pp	744.5-966.6	846 $\pm$ 56.8
Altitud	850-1750	1412 $\pm$ 187

 Distribución potencial

 Registros

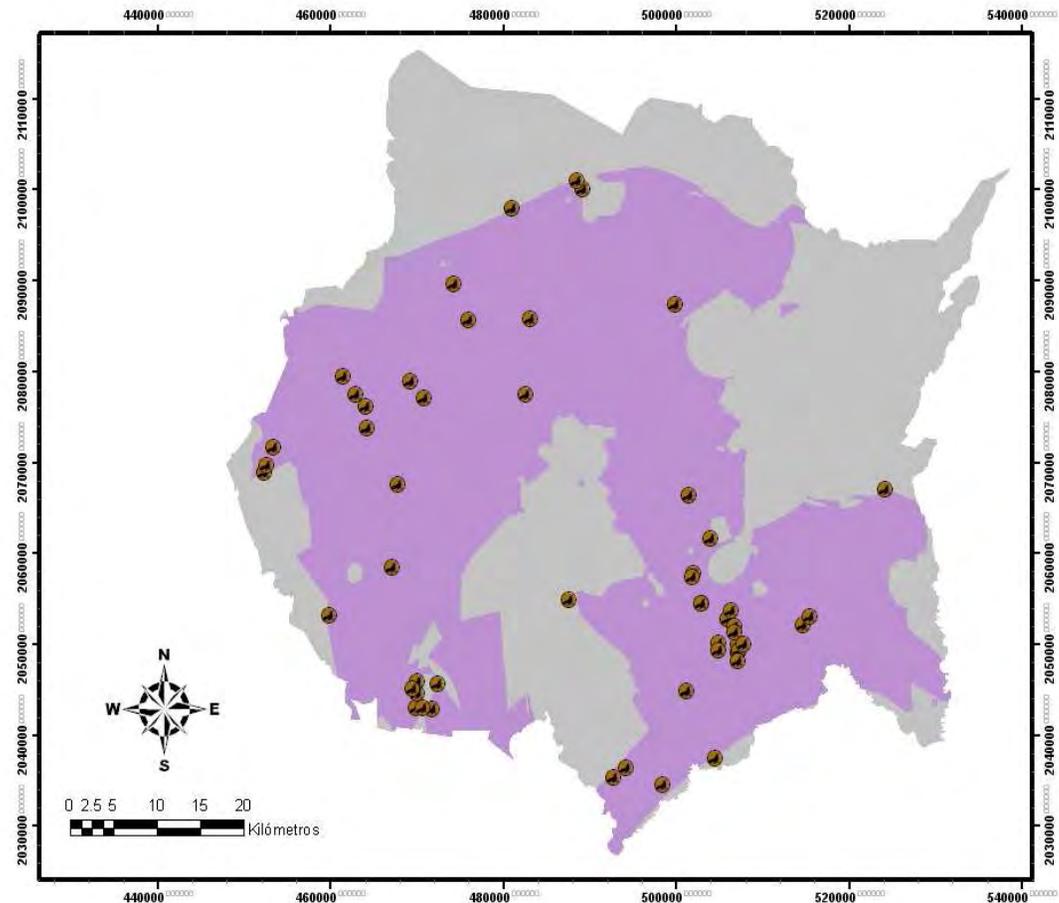


Figura 40. Mapa de distribución potencial de *Bursera bicolor* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera bipinnata*

Variables      Min-Max      media  $\pm$  d.s.

Tmax	24.3-33.8	29.0 $\pm$ 2.8
Tmin	10.1-18.4	14.5 $\pm$ 2.3
Ph	791.9-1018.6	924.3 $\pm$ 58.7
Ps	36.9-89.6	57.1 $\pm$ 14.9
Tmescal	25.1-33.7	30.1 $\pm$ 2.6
Tmesfrio	6.4-12.6	9.1 $\pm$ 1.9
ETRH	779.1-1167.1	959.7 $\pm$ 92.1
ETRS	235.9-1152	709.3 $\pm$ 277.2
ETRHS	0.90-2.3	1.27 $\pm$ 0.59
E_pp	750.4-943.6	865.3 $\pm$ 51.2
Altitud	950-1980	1488 $\pm$ 257

 Distribución potencial

 Registros

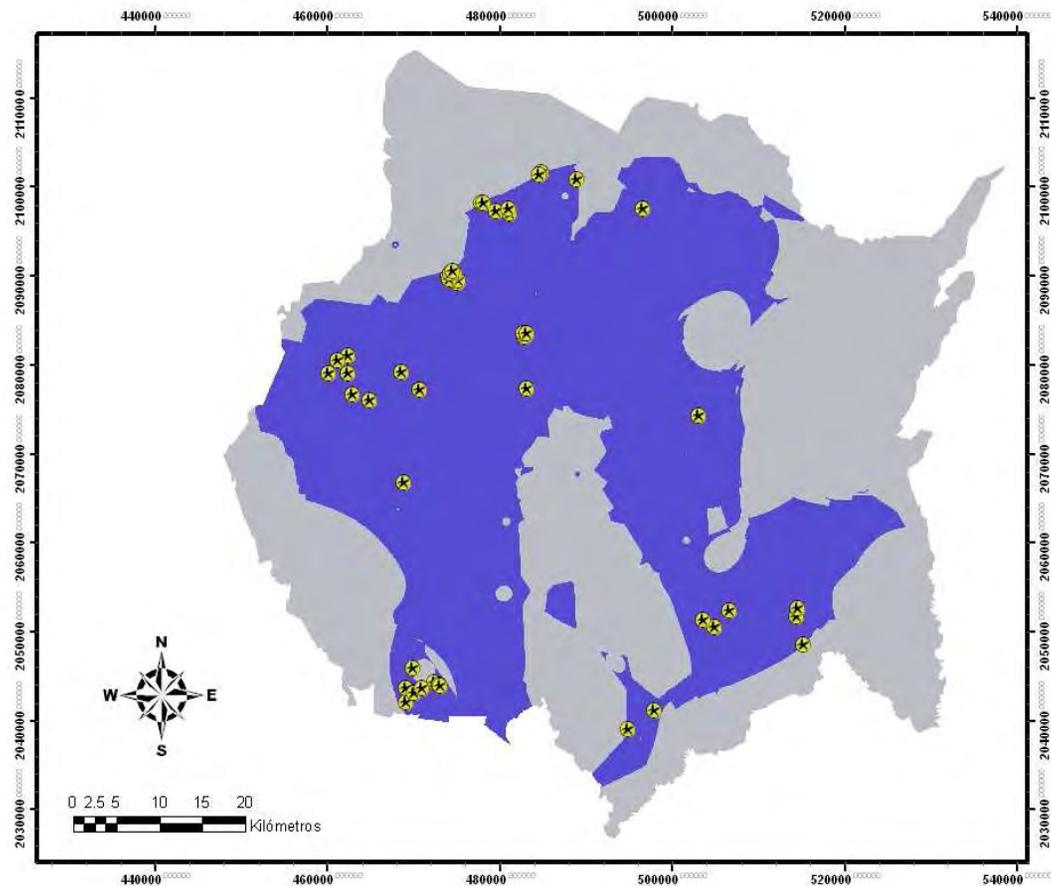


Figura 41. Mapa de distribución potencial de *Bursera bipinnata* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera copallifera*

Variables      Min-Max      media ± d.s.

Tmax	24.4-33.7	29.3 ± 2.1
Tmin	10.5-18.3	15.1 ± 1.2
Ph	758-1118.1	893.4 ± 73.4
Ps	35.6-139.9	52.2 ± 18.0
Tmescal	25.6-33.8	31.6 ± 1.6
Tmesfrio	6.6-12.1	10.0 ± 121
ETRH	778.1-1476	980.4 ± 118.3
ETRS	311.8-1286	843.7 ± 192.1
ETRHS	0.81-2.33	1.1 ± 0.56
E_pp	719.2-1052	883.7 ± 63.2
Altitud	974-1900	1433 ± 193

 Distribución potencial

 Registros

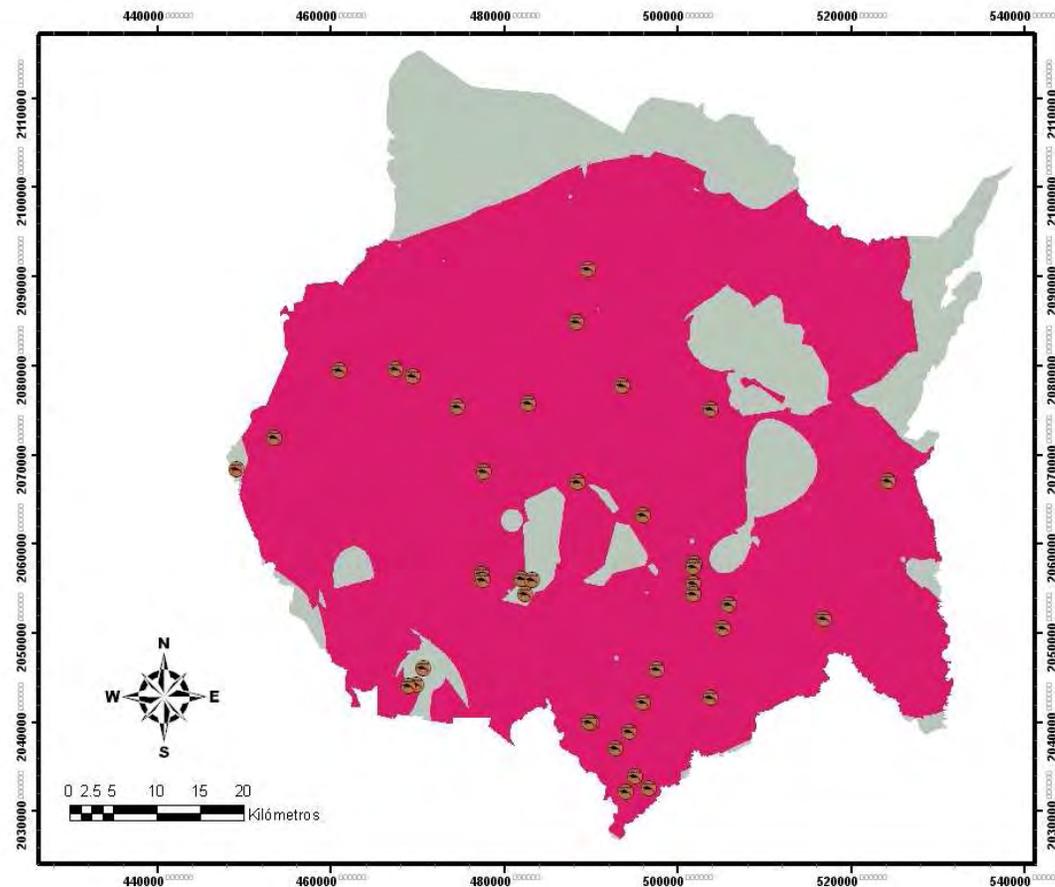


Figura 42. Mapa de distribución potencial de *Bursera copallifera* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera cuneata*

Variables	Min-Max	media ± d.s.
Tmax	21.9-28.5	24.8 ± 1.9
Tmin	7.1-15.5	10.1 ± 2.4
Ph	820.1-1090	998.8 ± 51.4
Ps	46.8-106.5	82.1 ± 15.4
Tmescal	23.6-32.9	26.35 ± 2.38
Tmesfrio	6.74-10.65	7.57 ± 124
ETRH	790.1-954.5	848.7 ± 43.7
ETRS	678.9-1057	774.7 ± 102.2
ETRHS	0.92-1.05	1.0 ± 0.04
E_pp	772.6-993.6	918.7 ± 40.6
Altitud	1200-2340	1898 ± 170

 Distribución potencial

 Registros

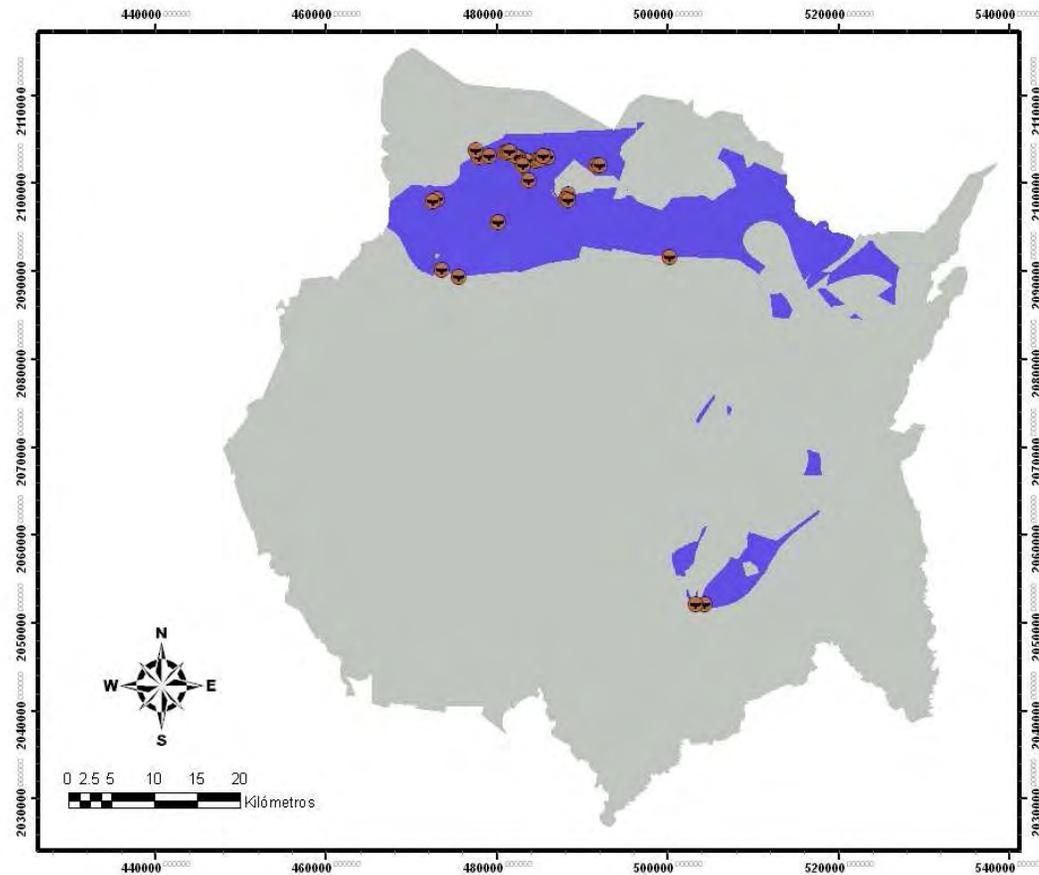


Figura 43. Mapa de distribución potencial de *Bursera cuneata* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera fagaroides*

Variables    Min-Max    media ± d.s.

Tmax	20.4-33.5	28.1 ± 3.3
Tmin	5.0-18.3	12.9 ± 3.1
Ph	785.4-1106	917.4 ± 103.3
Ps	37.5-141.6	56.1 ± 29.0
Tmescal	22.6-33.7	30.4 ± 3.0
Tmesfrio	6.79-12.31	9.2 ± 1.8
ETRH	714.3-1267	960 ± 151
ETRS	522.3-1369	858 ± 211
ETRHS	0.90-2.3	1.20 ± 0.58
E_pp	744.5-1011	858 ± 82.2
Altitud	850-2800	1542 ± 270

 Distribución potencial

 Registros

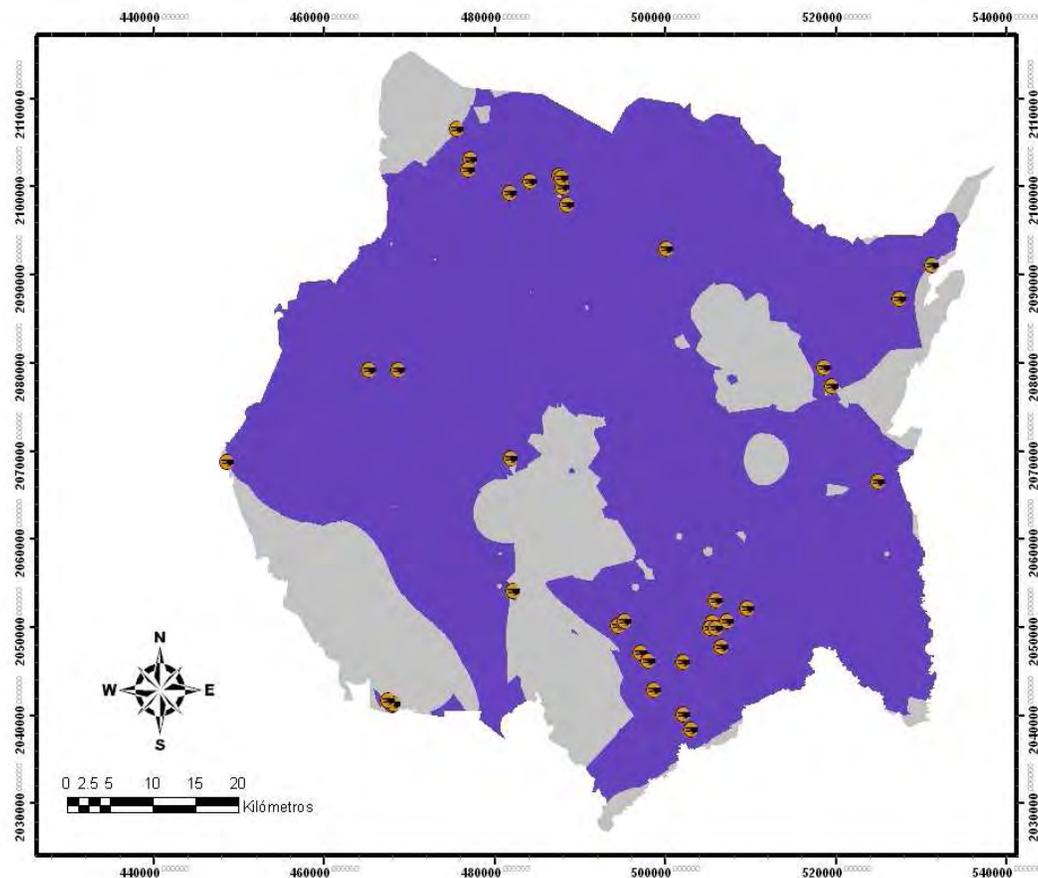


Figura 44. Mapa de distribución potencial de *Bursera fagaroides* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera glabrifolia*

Variables    Min-Max    media  $\pm$  d.s.

Tmax	21.9-33.6	28.7 $\pm$ 2.3
Tmin	7.2-17.1	14.1 $\pm$ 1.9
Ph	745.4-1055.8	905.9 $\pm$ 81.5
Ps	35.5-105.6	55.9 $\pm$ 18.0
Tmescal	23.7-34.1	30.7 $\pm$ 2.2
Tmesfrio	6.6-12.7	9.6 $\pm$ 1.5
ETRH	731-1263.8	941 $\pm$ 118
ETRS	419.1-1266	878.7 $\pm$ 164.4
ETRHS	0.9-2.3	1.1 $\pm$ 0.5
E_pp	728.5-969.1	845 $\pm$ 68
Altitud	900-2500	1483 $\pm$ 199

 Distribución potencial

 Registros

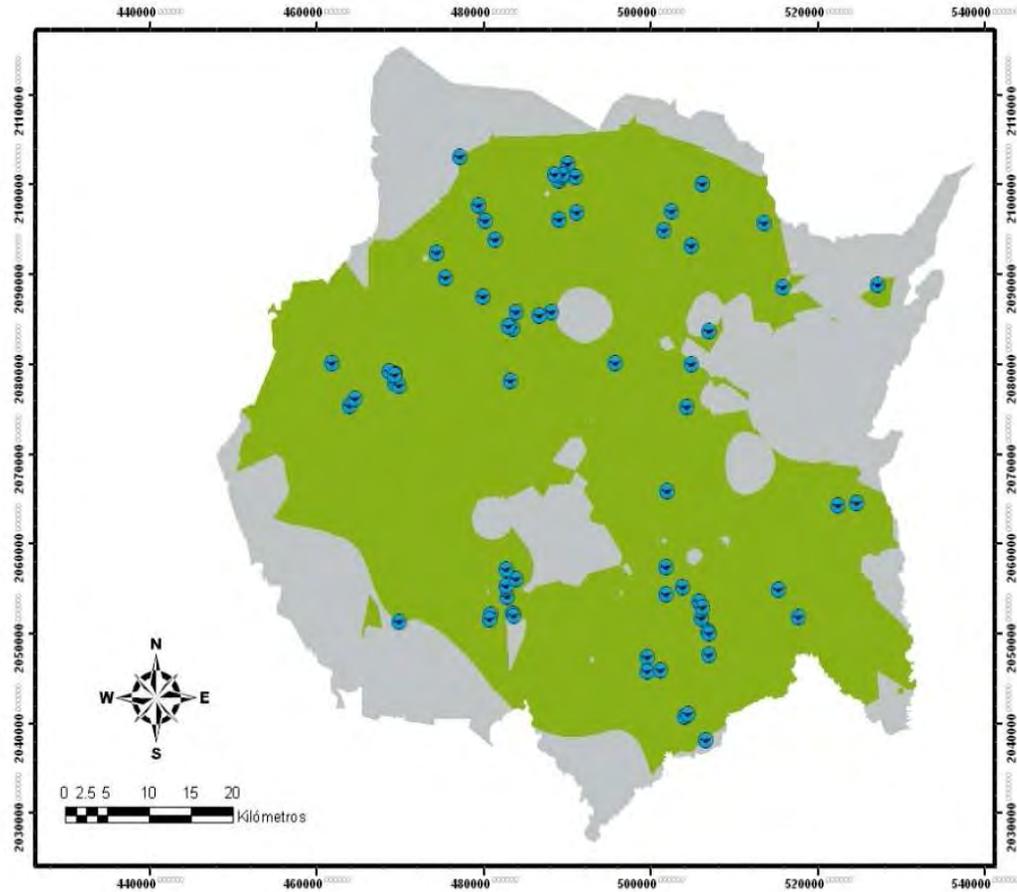


Figura 45. Mapa de distribución potencial de *Bursera glabrifolia* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera grandifolia*

Variables    Min-Max    media±d.s.

Tmax	24.1-33.3	30.1 ± 2.3
Tmin	9.7-17.5	15.2 ± 1.7
Ph	755.6-1045.3	850.8 ± 75.3
Ps	36.0-89.8	45.4 ± 14.1
Tmescal	25.2-33.9	31.5 ± 1.8
Tmesfrio	6.8-11.8	10.0 ± 1.4
ETRH	776.8-1204.8	924 ± 119
ETRS	541.8-1183.2	898 ± 192
ETRHS	0.91-2.33	1.2 ± 0.6
E_pp	719.2-969.1	802 ± 63
Altitud	810-1900	1422 ± 189

 Distribución potencial

 Registros

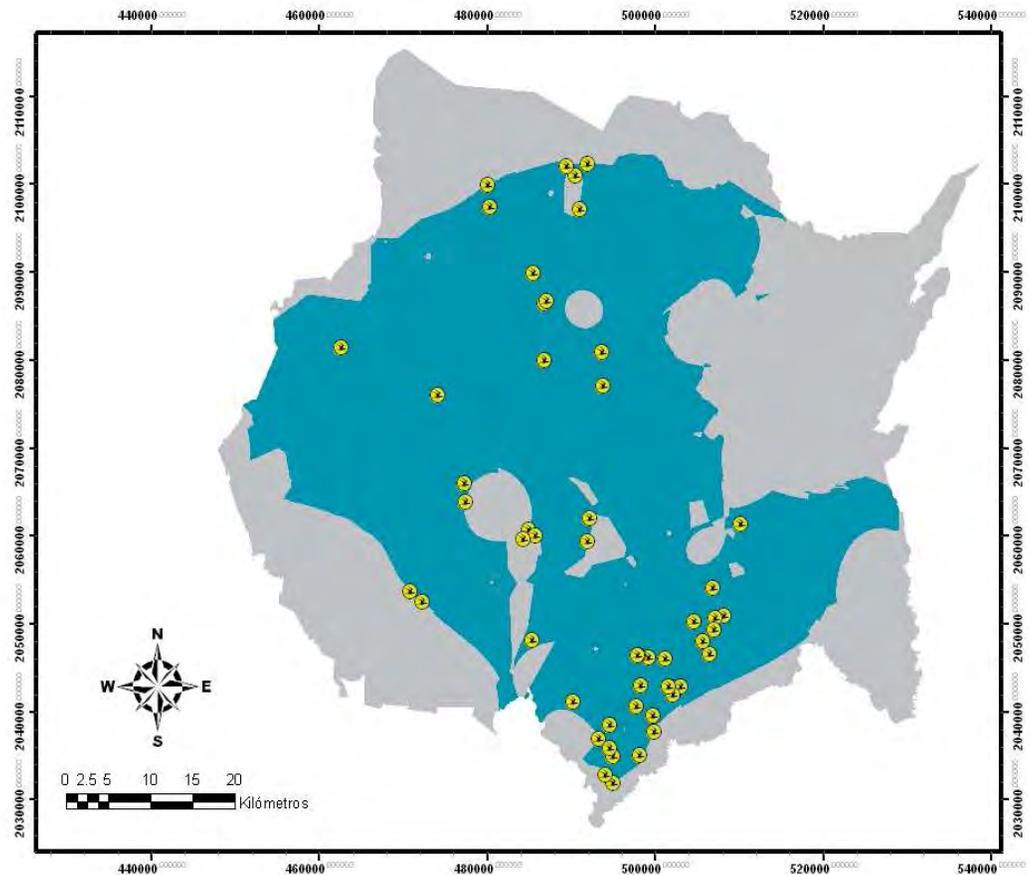


Figura 46. Mapa de distribución potencial de *Bursera grandifolia* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera lancifolia*

Variables    Min-Max    media±d.s.

Tmax	27.1-33.8	30.6 ± 2.0
Tmin	13.9-18.3	15.9 ± 1.0
Ph	763.9-1086.9	854.4 ± 70.3
Ps	35.91-92.32	45.6 ± 12.5
Tmescal	30.5-33.9	31.8 ± 0.8
Tmesfrio	6.2-12.0	9.9 ± 1.3
ETRH	857.5-1249	1011 ± 100
ETRS	201.1-1338.8	802 ± 228
ETRHS	0.91-2.2	1.3 ± 0.6
E_pp	728.5-1011.1	806 ± 61
Altitud	800-1680	1422 ± 146

 Distribución potencial

 Registros

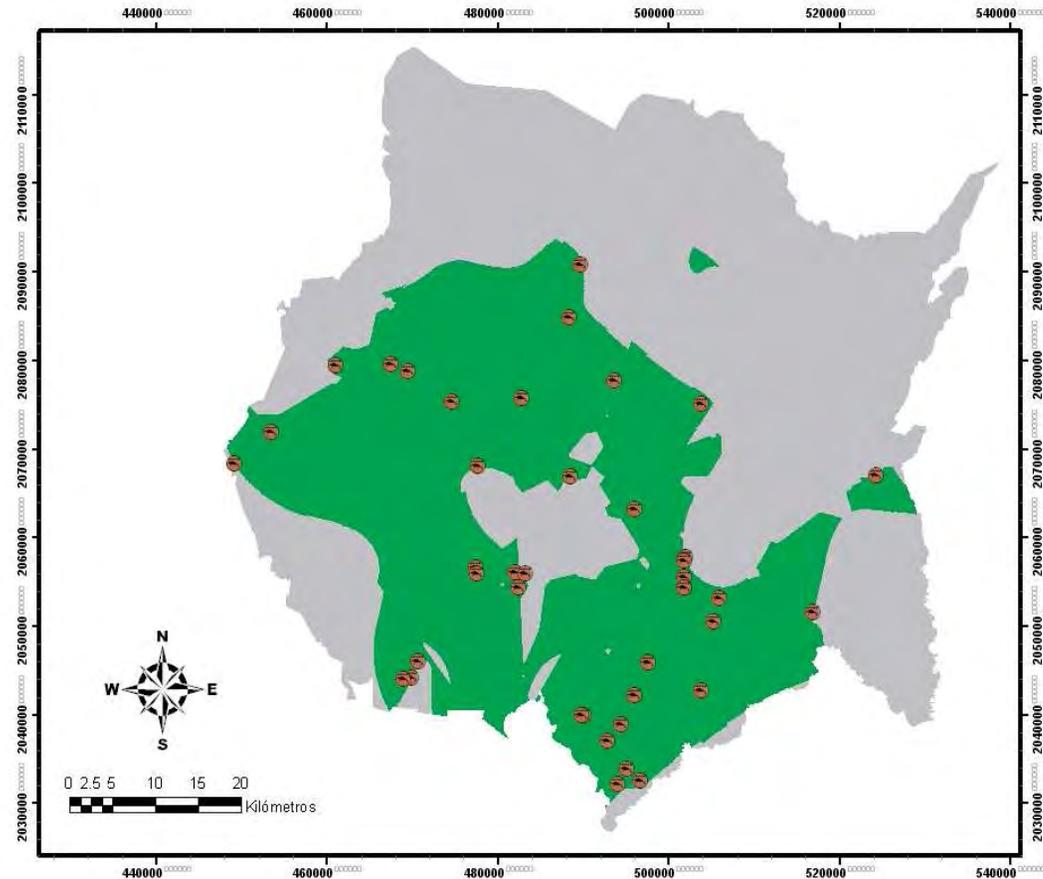


Figura 47. Mapa de distribución potencial de *Bursera lancifolia* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera linanoë*

Variables      Min-Max      media±d.s.

Tmax	28.9-32.7	31.6 ± 1.2
Tmin	15.3-17.4	16.2 ± 0.7
Ph	785.4-898.6	822.7 ± 34.1
Ps	36.1-70.5	40.3 ± 8.7
Tmescal	31.1-33.2	31.1 ± 0.7
Tmesfrio	8.9-11.8	10.8 ± 0.8
ETRH	754.8-1121	1047 ± 91
ETRS	672.1-1149	992.8±163.2
ETRHS	0.91-2.3	1.2 ± 0.6
E_pp	744.5-851	778.7 ± 28.8
Altitud	750-1370	11391± 118

 Distribución potencial

 Registros

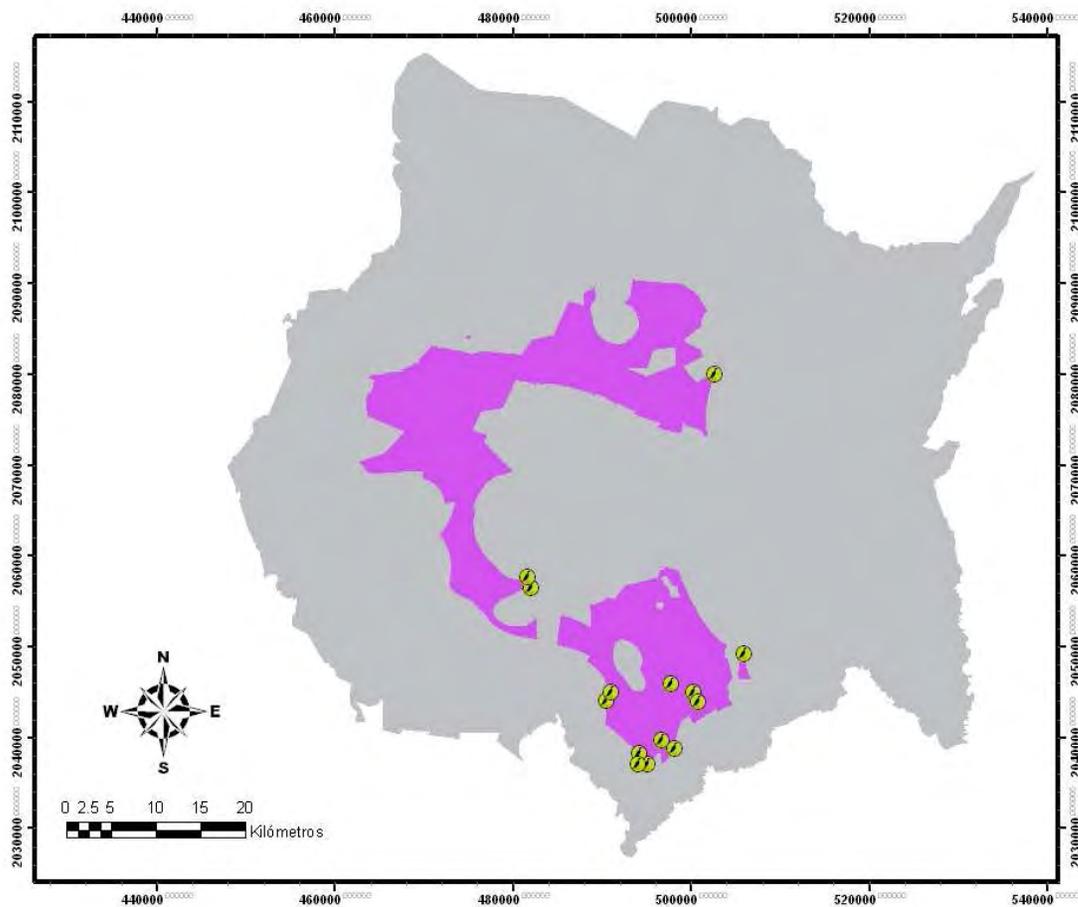


Figura 48. Mapa de distribución potencial de *Bursera linanoë* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera longipes*

Variables      Min-Max      media ± d.s.

Tmax	25.4-32.8	30.1 ± 1.8
Tmin	14.8-17.7	15.6 ± 0.7
Ph	758.0-893.1	835.7 ± 40.6
Ps	35.8-61.7	46.0 ± 7.9
Tmescal	30.4-32.6	31.4 ± 0.7
Tmesfrio	9.0-11.8	9.86 ± 0.8
ETRH	764.9-1096	966.1 ± 74.3
ETRS	665.8-1090	875.3 ± 200
ETRHS	0.92-2.3	1.5 ± 0.6
E_pp	719.2-839	787.3 ± 34.3
Altitud	1000-1400	1333 ± 139

 Distribución potencial

 Registros

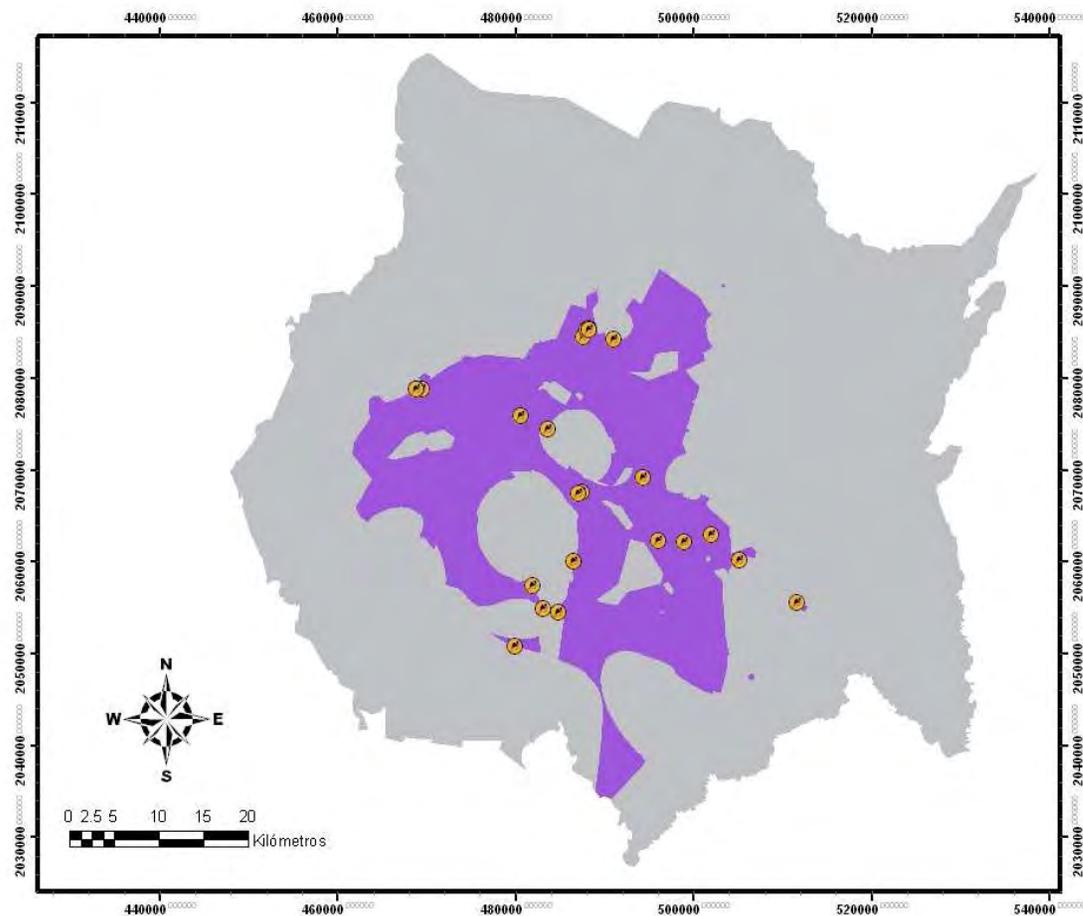


Figura 49. Mapa de distribución potencial de *Bursera longipes* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera morelensis*

Variables    Min-Max    media ± d.s.

Tmax	27.0-33.8	31.7 ± 1.7
Tmin	14.8-18.4	15.8 ± 1.2
Ph	772.0-921.8	835.2 ± 53.4
Ps	35.5-67.9	41.7 ± 6.7
Tmescal	30.6-33.1	31.3 ± 0.5
Tmesfrio	6.0-11.0	8.8 ± 1.3
ETRH	902.3-1117	1022 ± 73
ETRS	180.4-1128	610 ± 256.2
ETRHS	0.95-2.3	1.8 ± 0.4
E_pp	728.0-879.8	792.2 ± 53.4
Altitud	840-1400	1151 ± 107

 Distribución potencial

 Registros

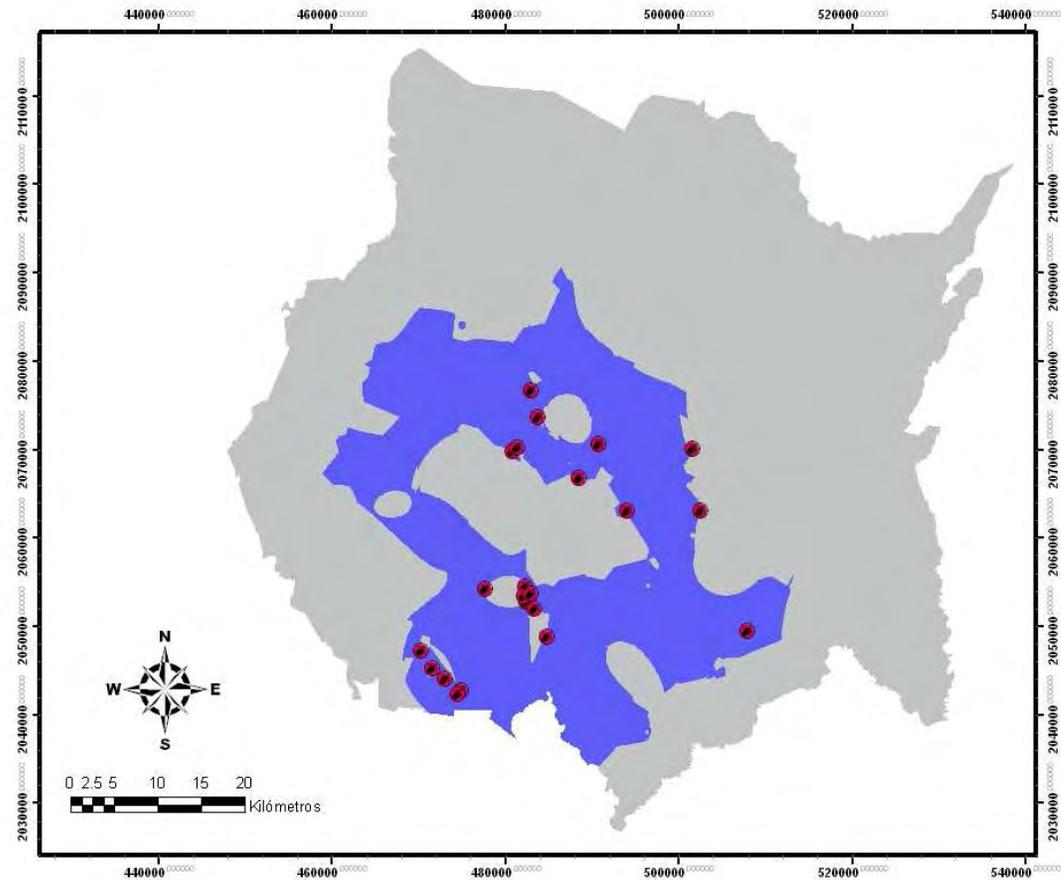


Figura 50. Mapa de distribución potencial de *Bursera morelensis* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera schlechtendalii*

Variables    Min-Max            media  $\pm$  d.s.

Tmax	27.7-33.3	30.8 $\pm$ 1.9
Tmin	14.6-17.6	16.1 $\pm$ 0.9
Ph	785.4-898.6	840.5 $\pm$ 47.4
Ps	36.1-54.2	43.0 $\pm$ 5.8
Tmescal	30.8-33.2	32.2 $\pm$ 0.8
Tmesfrio	9.5-12.4	8.8 $\pm$ 1.3
ETRH	930.1-1268.1	1070 $\pm$ 88
ETRS	885.5-1198.1	1040 $\pm$ 83
ETRHS	0.91-2.33	1.2 $\pm$ 0.6
E_pp	744.5-851	795.5 $\pm$ 44
Altitud	878-1500	1102 $\pm$ 214

 Distribución potencial

 Registros

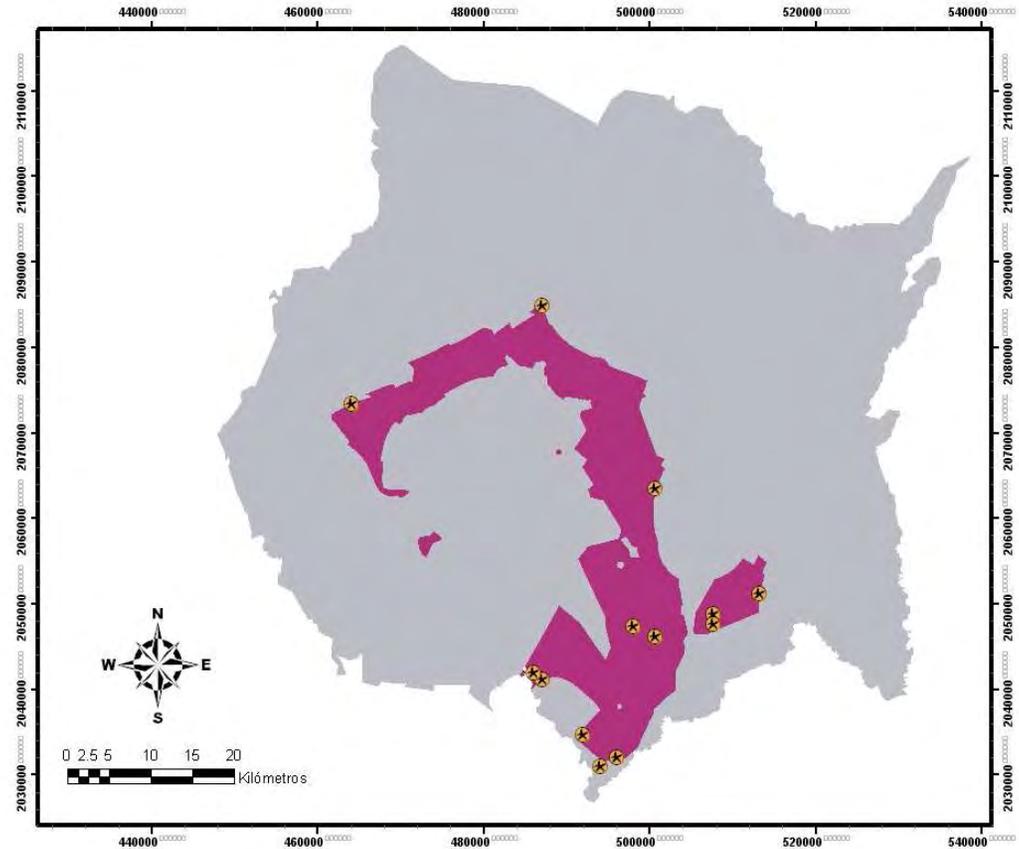


Figura 51. Mapa de distribución potencial de *Bursera schlechtendalii* en Morelos

## PERFIL BIOCLIMÁTICO

### *Bursera submoniliformis*

Variables    Min-Max    media ± d.s.

Tmax	26.9-33.1	31.1 ± 1.4
Tmin	14.8-16.9	15.0 ± 0.5
Ph	75.6-913.2	806.1 ± 41.1
Ps	35.5-71.4	41.3 ± 7.1
Tmescal	30.3-32.7	31.7 ± 0.7
Tmesfrio	7.8-10.9	9.7 ± 0.6
ETRH	868.9-1164	980.4 ± 76.8
ETRS	454.8-1067.2	798 ± 152
ETRHS	0.95-2.3	1.7 ± 0.5
E_pp	719.21-864.5	763.5 ± 37
Altitud	820-1500	1036 ± 82

 Distribución potencial

 Registros

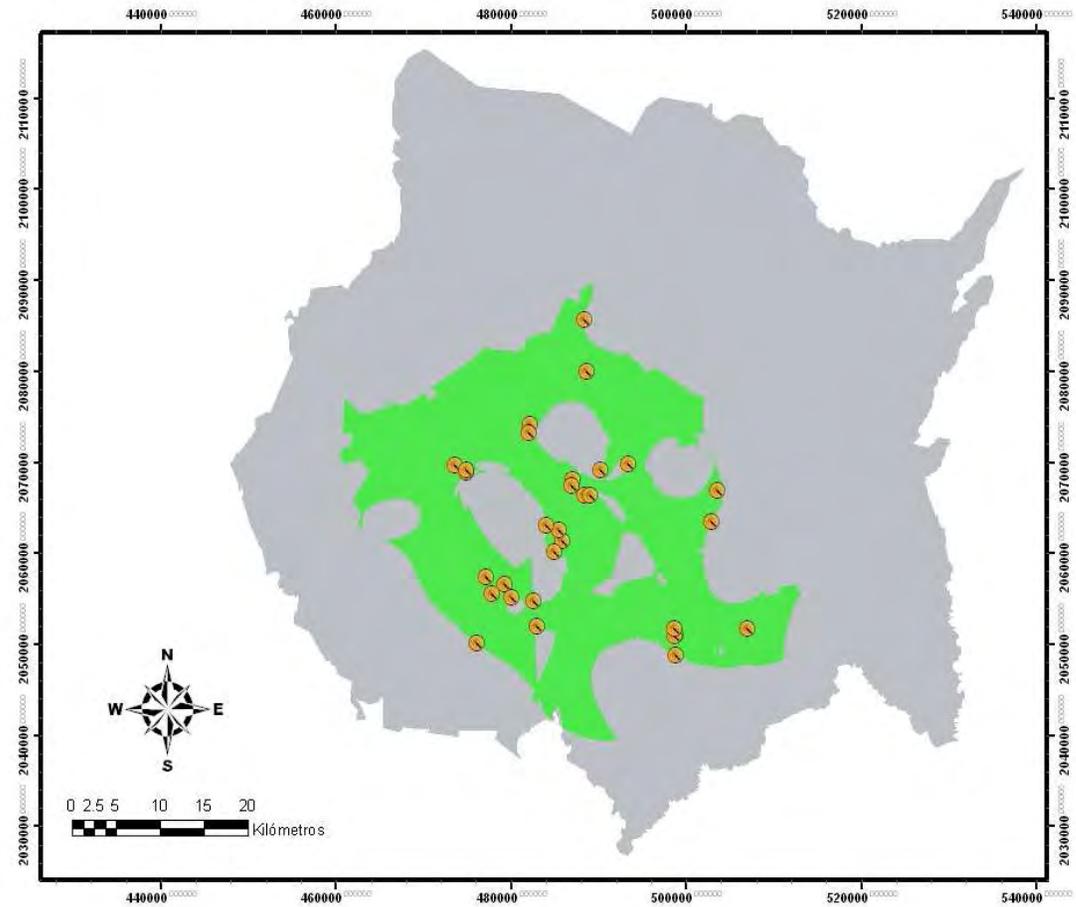


Figura 52. Mapa de distribución potencial de *Bursera submoniliformis* en Morelos

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de la distribución de las especies de *Bursera* en el estado de Morelos permitió establecer las relaciones entre las principales variables climáticas y la presencia de cada especie. Esta información, que resulta útil en el análisis de patrones de diversidad, puede sustentar diversos programas de restauración ecológica, reforestación y establecimiento de plantaciones de dichas especies en las distintas regiones del estado. Sin embargo, no debe perderse de vista que ninguna de las especies incluidas es endémica del estado y que se trata sólo de un análisis parcial de la relación entre el clima y la distribución de las quince especies estudiadas, que no incluye el intervalo completo de distribución de cada especie, y por lo tanto, toda su amplitud de tolerancia a las variables climáticas.

Los especímenes recolectados y depositados en las colecciones científicas y la información asociada a éstos contienen los datos básicos indispensables para conocer la distribución de una especie en una región determinada. Por lo tanto, las colecciones científicas y los inventarios biológicos constituyen herramientas fundamentales en los estudios de distribución de las especies. En este sentido, es importante considerar algunos aspectos relevantes relacionados con esta información, tales como el conocimiento taxonómico del grupo, los sesgos de recolecta y lo incompleto del inventario biológico en el área de estudio (Rich y Woodruff, 1992; Lawton *et al.*, 1998; Funk y Richardson, 2002; González Espinoza *et al.*, 2004).

En el caso del presente estudio, el conocimiento taxonómico del grupo es relativamente bueno, debido a los trabajos sobre el género realizados por Toledo-Manzur (1982), Rzedowski y Guevara-Féfer (1992) y Rzedowski *et al.* (2004, 2005). Sin embargo, este autor ha señalado que algunas especies todavía deben ser revisadas, ya que pueden constituir un complejo. En especial, ha mencionado complejos de *B. fagaroides* y *B. simaruba*, que requieren de estudios más profundos y la revalorización de varios de sus componentes, para establecer el alcance y la repartición geográfica de taxa subespecíficos con estas afinidades.

Con respecto a los sesgos de recolecta y a los inventarios existentes, debe señalarse que, aunque el estado de Morelos ha sido relativamente bien colectado, en el sentido de que no existen grandes áreas que no hayan sido estudiadas, sí hay limitaciones en el tamaño de muestra empleado para el análisis. Frecuentemente los especímenes de herbario no tienen información precisa sobre las coordenadas geográficas (latitud y longitud) en que se colectaron, especialmente en el caso de los más antiguos (de hace más de 20 y 30 años), por lo que sólo fue posible usar aquéllos en que se pudo establecer las coordenadas con base en una descripción relativamente detallada de la localidad de colecta. Esto representó una limitación, en especial en algunas especies que no tienen una distribución amplia en el estado, de las cuales no se obtuvo un tamaño de muestra (número de ejemplares) satisfactorio para realizar un análisis más detallado, en especial *B. ariensis*, *B. schlechtendalii* y *B. linanoe* (Cuadro 2).

La mayoría de los registros utilizados provienen de localidades del sur del estado, lo que puede deberse a la accesibilidad del área y a la concentración de los esfuerzos de investigación (florística, etnobotánica, ecológica y de inventario forestal) realizados en ella en los últimos años, en especial a partir del establecimiento de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla. Un área en la que se tienen pocos ejemplares colectados es el este de Morelos, probablemente porque esta región ha sido fuertemente transformada para actividades agrícolas y pecuarias desde tiempos prehispánicos y, con mayores impactos, desde el establecimiento de los monjes agustinos y el gran crecimiento de las plantaciones de azúcar en el s. XVI hasta la época actual, con el resultado de escasos fragmentos de remanentes de vegetación original (Mazari, 1966; Oswald, 1992).

Sin embargo, a pesar de las limitaciones inherentes a las colecciones biológicas, éstas son reconocidas como una fuente de información apropiada para la evaluación de la diversidad y la planeación de estrategias para su conservación a nivel regional (Lawton *et al.*, 1998). El análisis realizado en el presente trabajo puede ser ampliado o profundizado conforme se incremente la cantidad y calidad de las colectas del género en Morelos, tal como han realizado a nivel nacional Rzedowski *et al.* (2005).

## 5.1 Relación entre variables y distribución de las especies

Las variables utilizadas en el presente estudio permitieron caracterizar las condiciones del clima en que se distribuye cada especie, y evaluar cómo ésta se restringe sólo a aquellos sitios que reúnen una combinación particular de valores. El análisis de componentes principales (Figuras 36 y 37) permitió establecer que las variables más importantes para explicar la distribución fueron las temperaturas máxima y mínima medias anuales y la precipitación (épocas húmeda y seca), junto con su estacionalidad, que definieron un gradiente ambiental, relacionado también con la altitud, (primer eje de ordenación); por otro lado destacaron la evapotranspiración real en la época seca y la temperatura del mes más frío, así como la estacionalidad de la evapotranspiración (en el segundo componente).

Dada la variación topográfica del estado de Morelos se pensó que la altitud podría ser un predictor potencial de la distribución de muchas especies. Sin embargo, su efecto no resultó directo ni fue uno de los más importantes (Cuadro 5), posiblemente debido a su estrecha relación con la temperatura y la precipitación. Sin embargo, el análisis de esta variable contribuyó a establecer posibles restricciones en la distribución de algunas especies; tal fue el caso de *B. cuneata* y *B. ariensis* (y en menor medida *B. longipes*) (Cuadro 4). La primera se distribuye en el norte, en las laderas del Eje Neovolcánico Transversal, que se caracterizan por presentar temperaturas bajas con alta precipitación y la segunda se registró sólo en el sur del estado, en un intervalo altitudinal restringido (1050-1250 m). Algo similar sucedió con *B. longipes*, que sólo se registró entre 1000 y 1400 m.

El análisis de los intervalos de las variables estudiadas (Cuadro 4) permitió distinguir dos grandes grupos de especies: (a) las de sitios cálidos, que por lo general tienen una distribución relativamente restringida en el estado (con excepción de *B. lancifolia*): *B. linanoe*, *B. longipes*, *B. morelensis*, *B. schlechtendalii*, *B. aptera*, *B. ariensis* y *B. submoniliformis* y, (b) las especies que se encuentran en un intervalo de valores más amplio, por lo general en sitios menos cálidos, y que por lo tanto tienen una distribución más amplia (con excepción de *B. cuneata*): *B. copallifera*, *B. bicolor*, *B. bipinnata*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. grandifolia*). La pertinencia de las observaciones que nos llevaron a distinguir estos dos grupos se confirmó con el

análisis de conglomerados, en el cual se formaron dos grandes grupos que incluyen estas mismas especies (Figura 35).

Diversos autores han mostrado que las especies difieren en cuanto a la tolerancia a variaciones que afectan su distribución y abundancia a lo largo de gradientes ambientales (Woodward y Williams, 1987; Tallis, 1991; Swaine, 1996; Skov, 2000), pero hasta la fecha no se había abordado un análisis cuantitativo de la distribución de las especies de *Bursera* en relación al clima en alguna región de México, aunque las observaciones y descripciones de Toledo-Manzur (1982) y Rzedowski *et al.* (2004, 2005) contienen información relevante al respecto.

En el primer grupo de especies, tres de ellas (*B. aptera*, *B. ariensis* y *B. morelensis*) se asociaron con las mayores temperaturas medias y una baja precipitación. Esta tolerancia a las condiciones de aridez se ve reflejada en su distribución, principalmente en el extremo sur del estado (Figuras 18, 19 y 30, respectivamente), aunque *B. aptera* y *B. morelensis* también se encuentran en la porción central. De éstas, *B. ariensis* tiene una distribución más restringida altitudinal y espacialmente (Figura 19), mientras que *B. aptera* presenta una distribución más amplia, que incluye un mayor intervalo altitudinal, y al parecer puede establecerse tanto en sitios secos y cálidos, como en aquéllos con una menor temperatura del mes más frío y menor evapotranspiración (Cuadro 4, Figura 38).

Se tienen severas limitantes de tamaño de muestra para asegurar la interpretación propuesta de *B. ariensis*, debido a que es la especie que tiene el menor número de registros en el estado (12, Cuadro 2), por lo que es posible que al incrementarse el número de colectas el intervalo de valores de algunas variables ambientales pueda ampliarse ligeramente.

*B. schlechtendalii*, *B. submoniliformis* y *B. lancifolia* formaron un grupo que se distingue por encontrarse en sitios con temperaturas altas. *B. lancifolia* y *B. submoniliformis* presentaron una distribución más amplia, (Figuras 27 y 32 respectivamente), y formaron un subgrupo en el dendograma, sin embargo el intervalo altitudinal y de temperatura media anual de *B. lancifolia* fue ligeramente más amplio (Cuadro 4), lo que podría explicar su distribución más amplia en el estado

(Figuras 26 y 31). Esta especie también se encuentra distribuida en los cuatro cuadrantes del ACP, mientras que *B. submoniliformis* sólo se ubica en valores positivos del componente 1 (Figura 37B), ya que su tolerancia a la temperatura mínima es menor (Cuadro 4). Rzedowski *et al.* (2004, 2005) reportan a *B. lancifolia* como especie común y de distribución disyunta en México.

*B. linanoe* y *B. longipes* formaron un subgrupo claramente diferenciado (Figura 35), debido a que se encuentran en áreas con un menor intervalo de variación en la precipitación anual (Figuras 28 y 29 respectivamente) y un gradiente altitudinal restringido, en especial *B. longipes* (Cuadro 4). La distribución de *B. longipes* es más amplia en el centro del estado, mientras que *B. linanoe* se encuentra más al sur (con un solo registro en la porción central, que debería confirmarse), pero es también una especie con pocos registros (14). Toledo-Manzur (1982) y Rzedowski *et al.* (2004, 2005) las reportan en la Depresión Oriental del Balsas, aunque también se encuentra en la región de Tehuacán-Cuicatlán. En el diagrama de ACP se ubica en valores positivos mayores del eje 1, por su mayor afinidad a sitios más cálidos (Cuadro 4).

En cuanto al segundo gran grupo de especies, con una distribución más amplia, puede observarse que de las siete especies que lo conforman, cuatro (*B. bipinnata*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. grandifolia*) no presentan una gran especificidad ambiental, pues los intervalos de valores de las variables ambientales en que se presentan son amplios. Por ejemplo, el intervalo de temperatura máxima en que se presentan *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* va de 22°C a 34°C, es decir una diferencia de más de 10°C (Cuadro 4). Esto se refleja en su distribución, ya que las cuatro especies se han registrado en una amplia superficie del estado (Figuras 21, 24, 25, 26 respectivamente) y cuentan con un buen número de ejemplares colectados (entre 38 y 70, Cuadro 2). De éstas, las que se presentan a mayor altitud son *B. fagaroides* (2800 m) y *B. glabrifolia* (2500 m).

De acuerdo con Rzedowski *et al.* (2004, 2005) *B. glabrifolia* y *B. fagaroides* con frecuencia se presentan en áreas de transición entre selva baja y bosque de encinos. Por su parte Guízar-Nolasco y Sánchez-Vélez (1991) hacen notar que *B. grandifolia* y *B. glabrifolia* se presentan con frecuencia en sitios protegidos, tales como cañadas, barrancas húmedas o en la proximidad a cauces de arroyos temporales. Esta

observación con respecto a *B. grandifolia* se corroboró durante nuestros recorridos de campo, además se ha registrado en la barranca del río Tembembe, en el noroeste de Morelos (Camacho, 2004).

El subgrupo formado por estas cuatro especies se une a otro formado por *B. bicolor* y *B. copallifera*. Éstas, que también tienen una distribución muy amplia en el estado (Figuras 20 y 22 respectivamente) y cuentan con un buen número de ejemplares colectados, prefieren establecerse sin embargo en sitios relativamente más cálidos, con un intervalo de temperatura máxima entre 25 y 34°C (Cuadro 4).

Finalmente, el último elemento de este gran grupo de especies, *B. cuneata*, es la que presenta una distribución más restringida y se ubica también a mayor distancia de las otras seis en el dendograma (Figura 35); en la gráfica del ACP se localiza en valores  $\leq 2$  del componente 1 (Figura 36). Esto se debe a que se establece sólo en los sitios de menor temperatura (temperatura máxima entre 22 y 28.5°C, mínima entre 7 y 15.5°C, Cuadro 4), que se presentan a mayores altitudes (1200-2340 m), en los cuales la evapotranspiración es baja y la precipitación suele ser alta. De hecho, es la especie que se asocia a condiciones con los valores mínimos de precipitación (tanto en la época húmeda como en la seca) más altos de todas las especies presentes en el estado. Esto explica su distribución, que se concentra en la sierra del Chichinautzin, aunque hay dos registros en el sur, probablemente en alguna montaña relativamente alta (Figura 23). Rzedowski *et al.* (2005) la reportan como un elemento del sector central del Eje Neovolcánico, y la consideran como una especie común en las partes más altas de selva baja caducifolia en otras regiones del país.

De acuerdo con los resultados, *B. cuneata* y *B. fagaroides* fueron las especies que se presentan en las zonas con mayor altitud (límite superior 2340 y 2800 m respectivamente) del estado. Sin embargo, el intervalo de condiciones en que se establece *B. cuneata* es más estrecho; por ejemplo, su intervalo de temperatura máxima va de 21.9 a 28.5°C, mientras que el de *B. fagaroides* es de 20.5 a 33.5°C. Esto permite suponer que esta última especie tiene una distribución más amplia, (Figuras 23 y 24). El diagrama resultante del análisis de componentes principales (ACP) también lo muestra así (Figura 37C).

El análisis de la figura 37 también permitió confirmar que las especies de sitios cálidos tienen una menor amplitud en su distribución a lo largo del primer componente del ACP, en especial *B. aptera*, *B. ariensis* y *B. morelensis*, que se encuentran exclusivamente en los valores positivos del primer componente (Figura 36). De éstas, *B. ariensis* parece tener una mayor especificidad ambiental, ya que una proporción muy alta de los registros se encuentran en el intervalo entre 0 y 1 del primer componente. La dispersión de los datos correspondientes a *B. linanoe*, *B. schlechtendalii* y *B. submoniliformis* es ligeramente mayor, ya que algunos puntos se encuentran en el cuadrante superior izquierdo (con valores negativos pequeños del primer componente). De éstas, la que parece tener mayor especificidad ambiental es *B. linanoe*, mientras que *B. lancifolia* se distribuye más ampliamente en ambos ejes del diagrama de ACP. Un análisis de la distribución de *B. linanoe* en el suroeste de Puebla, cerca del límite con Morelos y Guerrero, muestra que se distribuye principalmente en lomeríos en un intervalo altitudinal entre 900 y 1000 m, en zonas con una temperatura media anual entre 23.8 y 25.4°C, y una precipitación anual entre 736 y 802 mm (Juárez, 2008), que representan condiciones ligeramente más cálidas y secas que las encontradas en Morelos (Cuadro 4, Figura 28), pero que muestran una buena coincidencia general.

Finalmente, seis de las siete especies del segundo grupo se distribuyen en los cuatro cuadrantes de la figura 37, lo cual confirma que tienen una baja especificidad ambiental, con excepción de *B. cuneata*, como se había hecho notar antes.

## 5.2 Riqueza regional

El análisis de la riqueza regional de especies de *Bursera* en Morelos mostró que hay un grupo de especies que presenta cierta afinidad ambiental, de manera que varias de ellas comparten los mismos requerimientos climáticos. Diversos autores han señalado que el clima (principalmente la temperatura y precipitación) es un componente que determina la riqueza regional de especies (Richerson y Lum, 1980; Wright 1983; Ricklefs, 1987; Bazzaz, 1991).

La riqueza de especies de *Bursera* en Morelos varía de forma que las áreas más cálidas y relativamente secas, que se ubican principalmente al sur del estado (con otros puntos aislados en Tepoztlán y Cañón de Lobos), presentaron mayor número de especies (8-10); en cambio, las más frías y húmedas, al norte, tuvieron pocas especies (1,3) (Figura 34). El número de especies es especialmente bajo en el noroeste y el noreste, por la altitud asociada a la sierra de Chichinautzin y al pie de monte del Popocatepetl, respectivamente. Este cambio en la diversidad de especies de selva baja asociado al clima ya había sido reportado por otros autores (Trejo, 1998). En otros trabajos se ha reportado que la riqueza de especies se encuentra estrechamente asociada a la evapotranspiración, ya que es una variable relacionada directamente con la productividad (energía viable) de los sitios, y por lo tanto con la riqueza que pueden albergar (Rosenzweig, 1968,1995; Wright *et al.*, 1993; Mittelbach *et al.*, 2001; Rey-Benayas y Scheiner 2002; González-Espinosa *et al.*, 2004, 2005). En nuestro caso, la evapotranspiración en la época seca fue también una variable muy importante para explicar la distribución, ya que fue la que tuvo mayor correlación con el componente principal 2, y de hecho la que tuvo mayor peso en el análisis (Cuadro 5).

En el este y sureste del estado aparentemente se presentan condiciones climáticas propicias para establecimiento de varias especies de *Bursera*; sin embargo, se observaron pocas especies (0-2, Figura 32). Es muy probable que en otras épocas se presentaran más especies, que fueron eliminadas al cambiar el uso de suelo, principalmente por actividades agropecuarias y en menor medida por el crecimiento urbano.

### 5.3 Distribución potencial

En general, se observó que los modelos sobreestimaron las áreas de distribución de las especies. Esto se debe a los errores de omisión (sobre predicción) y comisión (infra predicción) debidos al bajo número de registros de algunas especies y a que el método empleado es una interpolación puntual que estima el valor de la variable en un punto del espacio, lo que siempre conlleva un cierto error (Anderson *et al.*, 2003). Sin embargo, puede observarse que existe un grupo de especies en las que el modelo del área de distribución potencial sigue de cerca los límites del área en que existen registros, es decir no hay discordancias importantes (aunque existan dentro del área potencial ciertas zonas en que no se ha registrado a la especie, en las que sería conveniente realizar exploraciones). Tal es el caso de *B. copallifera*, *B. glabrifolia*, *B. bicolor* y *B. grandifolia*, que son especies de distribución amplia y relativamente bien colectadas, y de *B. aptera*, *B. cuneata* y *B. schlechtendalii*, que son especies de distribución restringida. Para las dos primeras se tiene un número de registros que pueden ser mínimamente adecuado (>25), mientras que el número de ejemplares de *B. schlechtendalii* es francamente limitado (13).

En el resto de las especies, el área de distribución potencial es bastante mayor que el área de distribución real registrada hasta el momento. Entre las especies de distribución relativamente amplia este patrón se presenta en *B. fagaroides*, y en menor medida en *B. bipinnata* y *B. lancifolia*. Las tres se encuentran relativamente bien colectadas (>35 registros), por lo que es poco probable que al incrementarse las colectas se produzcan cambios importantes en su distribución, y por lo tanto los modelos pueden ser simples sobreestimaciones. Sin embargo, convendría coleccionar mejor la franja que va del centro al sur del estado por el oeste, pues en ella se predice la presencia tanto de *B. bipinnata* como de *B. lancifolia* en áreas en las que no se han registrado (Figuras 41 y 47). Algo similar sucede con *B. fagaroides* para el centro-oeste y suroeste del estado (Figura 44).

Entre las especies de distribución más restringida, los modelos sobreestiman la distribución potencial de *B. linanoe*, *B. ariensis*, y en menor medida las de *B. longipes*, *B. morelensis* y *B. submoniliformis*.

En *B. linanoe* y *B. ariensis* se predice la presencia de ambas especies hacia el centro-oeste del estado, en donde no se tiene ni un registro (Figuras 47 y 38

respectivamente). Probablemente sea necesario refinar los modelos incluyendo información no considerada en el presente estudio, como por ejemplo algunas variables edáficas. Sin embargo, es claramente necesario incrementar el número de ejemplares colectados en el estado para ambas especies, el cual es ahora muy bajo (<15).

En *B. morelensis*, *B. submoniliformis* y *B. longipes* las discordancias entre distribución potencial y real no son muy grandes, y no parece improbable que su distribución real se expanda ligeramente al aumentar el esfuerzo de colecta. *B. submoniliformis* se encuentra relativamente bien colectada, pero los registros de las otras dos especies, ligeramente superiores a 20 ejemplares, podrían incrementarse fácilmente. Nuevamente destaca el centro-oeste del estado como un área de ausencia real y presencia predicha de estas especies. Dado que es un área muy transformada para actividades agropecuarias es probable que solo persistan algunos parches de vegetación remanente, en los que podría confirmarse su ausencia, ó presencia.

En general, las áreas más importantes de distribución potencial del género *Bursera* en el estado comprenden dos grandes sectores: la Sierra de Huatla y la porción central. Esto coincide con lo observado en el mapa de riqueza de especies (Figura 34) por lo que el poder predictivo de los modelos que conjuntaron las variables climáticas puede considerarse como bueno en general.

Otro problema a considerar es la escala espacial, ya que factores que condicionan la distribución (Woodward y Williams, 1987) no incluidos en el modelo, que operan a escalas mayores, como los asociados a interacciones bióticas y a factores histórico-evolutivos, ocasionan errores de predicción inevitables (Anderson *et al.*, 2003, Pearson y Dawson, 2003). Sin embargo, a diferencia de otras técnicas, la geoestadística permite que cada interpolación lleve asociado un grado de incertidumbre que puede también ser representado en el espacio (en forma de varianza o desviación estándar); por lo tanto, a cada punto del espacio interpolado se le puede asociar una distribución teórica, lo que además permite realizar simulaciones probabilísticas, representando el resultado del *kriging* como la probabilidad de que la variable alcance un determinado valor (Gallardo, 2006).

En los casos de incongruencias importantes entre distribución potencial y distribución real, es necesario discriminar entre las verdaderas ausencias y la falta de información. En otras palabras, se necesita poder asegurar que la especie

realmente no está presente en las unidades espaciales que se consideraron como ausencias. Sin embargo, mediante trabajo de campo con inventarios florísticos se podrá determinar en qué medida el modelo extiende más allá los límites reales de la distribución potencial de cada especie. No obstante, los resultados sugieren que el método empleado (interpolación *kriging*) (Robertson, 1987; Rossi *et al.*, 1991), predice de manera general la distribución potencial de las especies del género *Bursera* en Morelos.

*Kriging* es el único interpolador que incorpora la estructura espacial de la variable en su estimación de las áreas no muestreadas y minimiza la media y la varianza del error, lo que le confiere cierta ventaja sobre los otros interpoladores, no obstante esta característica también es una debilidad, porque una mala estimación del variograma puede llevar a obtener resultados erróneos. Por lo tanto, la utilización de un determinado interpolador puede depender de factores como densidad de muestreo, información redundante y distancia de muestreo, entre otros (Enríquez *et al.*, 2005). Una de las principales características del *kriging* es que no parte del supuesto de normalidad de la variable, como es el caso de la estadística clásica. Esto representa una ventaja en el manejo de variables de clima, muchas de las cuales no se distribuyen de manera normal, ni en el espacio, ni en el tiempo (Moral, 2004). La principal desventaja de este sistema es la demanda de puntos de observación, y la distribución de los mismos, ya que se requiere de un mínimo de 30 para la determinación de un punto en el semivariograma, las cuales preferentemente deben estar equidistantes en diferentes direcciones del terreno. Mientras menos número de muestras se utilicen, o bien su distribución sea muy irregular, menor confiabilidad presentan los resultados.

La estimación del área de distribución mediante el modelado de variables climáticas resulta relevante (Lindenmayer *et al.*, 2000; Fischer *et al.*, 2001), ya la información generada se puede utilizar en el desarrollo de planes de manejo o aprovechamiento sustentable de las especies que tienen mayor demanda, como son en el presente caso *B. linanoe* (Hersch-Martínez *et al.*, 2004), *B. glabrifolia* (Purata *et al.*, 2004, Hernández-Apolinar *et al.*, 2006) o *B. bipinnata*, de la que se extrae el copal. Dicha información también es muy útil para contestar preguntas de índole biogeográfica (Nix, 1986), ecológica (Lindenmayer *et al.*, 1991), taxonómica (Fischer *et al.*, 2001) y de conservación (Téllez y Dávila, 2003).

Finalmente, es necesario resaltar, una vez más, que las colecciones científicas y los inventarios biológicos constituyen herramientas fundamentales en los estudios de distribución de las especies, por lo que se debe impulsar su desarrollo.

## 5.4 Conclusiones

Las especies estudiadas formaron dos grandes grupos con relación a sus requerimientos ambientales: especies de sitios cálidos, que por lo general tienen una distribución relativamente restringida en el estado y especies que se encuentran en un intervalo de valores más amplio, incluyendo sitios menos cálidos, y que por lo tanto tienen una distribución más amplia.

De las especies estudiadas, *B. aptera*, *B. ariensis* y *B. morelensis* son las que tienen una distribución más restringida, y son las que se encuentran en los sitios más cálidos, con mayores temperaturas medias y baja precipitación. *B. linanoe* y *B. longipes* formaron un grupo claramente diferenciado de las otras especies debido a que se encuentran en áreas con un gradiente altitudinal restringido.

*B. bipinnata*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. grandifolia* son especies comunes que no presentaron una gran especificidad ambiental. Son tolerantes a la mayoría de las condiciones climáticas que se presentan en el estado de Morelos.

Por el contrario, *B. cuneata* se distribuye solamente en sitios con las temperaturas más bajas, y se presenta exclusivamente en áreas de mayor altitud donde la evapotranspiración en todo el año es baja y la precipitación es mayor. Es una especie restringida a sitios relativamente frescos y húmedos.

No hay una variable ambiental que por sí sola explique las variaciones en la distribución de las especies, sin embargo, las variables de temperatura, precipitación y evapotranspiración fueron las que tuvieron un mayor poder predictivo en separar a los dos grupos de especies encontrados en el presente trabajo, así como para explicar la distribución restringida de algunas de ellas.

La riqueza regional es mayor en las áreas más cálidas y relativamente secas del sur del estado. Los mapas presentados pueden servir como base para orientar el trabajo futuro que defina con mayor precisión la distribución actual y potencial de las especies de *Bursera* en Morelos.

## 6. REFERENCIAS

- Aguilar, B. S. 1990. Dimensiones ecológicas del estado de Morelos. CRIM-UNAM, México.
- Álvarez-Castañeda, S. T. 1996. Los mamíferos del estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 211p.
- Anderson, R. P., D. Lew y A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211-232
- Arundel, C. J. 2004. Using spatial models to establish climatic limiters of plants species' distributions. *Ecological Modelling* 30:1-23.
- Barnett, T. P. 1977. The principal time and space scales of the Pacific Trade Wind Fields. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 34:221-236.
- Bazzaz, F. A. 1991. Habitat selection in plants. *The American Naturalist* 137: 116-130.
- Bonilla-Barbosa, J., J. A. Viana Taser y F. Salazar-Villegas. 2000. Flora acuática de Morelos. Listados florísticos de México. XX. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la Flora del Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad del Estado de Morelos, México.
- Boyás, J. C. 1992. Determinación de la productividad, composición y estructura de las comunidades arbóreas del estado de Morelos en base a unidades ecológicas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Boyás J. C., M. Cervantes S., J. Javelly, M. Linares A., F. Solares A., R. Soto E., I. Naufal T. y L. Sandoval C. 1993. Diagnóstico forestal del estado de Morelos. INIFAP.
- Box E.O. 1981. Predicting physiognomic vegetation types with climate variables. *Vegetatio*. 45: 127–139.
- Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª. Edición. México, UNAM, 743 pp.
- Brown, J. H. 1995. Macroecology. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Camacho, R. F. 2004. Estructura y vegetación del fondo de la barranca del río Temembe, Morelos. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D. F.
- Castro-Franco, R. y Bustos Zagal, M. G. 1994. List of reptiles of Morelos, Mexico, and their distribution in relation to vegetation types. *The Southwestern Naturalist* 39 (2): 171-213.
- Ceballos, G., 1993. Especies en peligro de extinción. En: Flores-Villela, O. y Navarro, A. (comps.), *Biología y problemática de los vertebrados en México*. Ciencias (Número especial) 7: 5-10.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Ecología, UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México.
- Chapman, A. D. y J. R. Busby. 1994. Linking Species Information to Climate Modeling for Continental Biodiversity Inventory and Monitoring. In: R.I. Miller (ed)., *Mapping the Diversity of Nature*. Chapman and Hall, London. pp. 177-195.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO. Escala 1: 1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

- Contreras-MacBeath, T. 1995. Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos: con énfasis en los peces. *Ciencia y Desarrollo* 21 (122): 42-51.
- Contreras-MacBeath, T., E. Ongay-Delhumeau y V. Sorani D. 2002. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial Sustentable de Morelos Fases I, II y III. Incluyendo los subsistemas Natural, Social y Económico. SEDESOL. 600 p. y 62 mapas.
- Contreras-MacBeath, T., E.; F. Jaramillo; J. C. Boyás, (coord.). 2006. La Diversidad Biológica en Morelos. Estudio del Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Daily, D. C. 1992. The genus *Tetragastris* in the forest of eastern Brazil. *Kew Bulletin* 45: 179-194.
- Davis, F.W. 1994. Mapping and monitoring terrestrial biodiversity using geographic information systems. En PENG, C.I. Y CHOU, C.H. (eds.), págs. 461-471. *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems*. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph series No 14, Taipei.
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder y G. Fedec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial y Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington, D.C.
- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.
- Enríquez, C; R. Killorn; F. Bertsch y F. Sancho. 2005. La geoestadística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo mediante el uso del interpolador *kriging*. *Agronomía Costarricense* 29(2):73-81.
- ESRI 2006. ESRI ArcMap 9.2. Redlands, USA.
- Emanuel, W.R., H.H. Shugart, y M.P. Stevenson. 1985. Climatic change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climatic Change* 7:29-43.
- FAO-UNESCO 1988. Soil map of the world. Revised Legend. World Soil Resources Report 60, 119 p., Rome.
- Fisher, J., D. B. Lindenmayer, H. A. Nix, J. L. Stein y J. A. Stein. 2001. Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *Journal of Biogeography* 28: 293-304.
- Funk, V. A. y K. S. Richardson, 2002. Systematic data and biodiversity studies: use it or lose it. *Systematic Biology* 51: 303-316.
- Gadgil, S. y Joshi, N. V. 1983. Climatic clusters of the Indian region. *Journal of Climatology* 3: 47-63.
- Gallardo, A. 2006. Geoestadística. *Ecosistemas* 3:1-11.
- Galliani, G. y Fellipini, F. 1985. Climatic clusters in a small area. *Journal of Climatology* 5: 487-501.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª. Edición. Offset Larios, México.
- García, E. 1989. Apuntes de climatología. 6ª. Edición. Offset Larios, México.
- González-Espinosa, M; J. M. Rey-Benayas; N. Ramírez-Marcial; M. A. Huston y D. Golicher. 2004. Tree diversity in the northern Neotropics: regional patterns in highly diverse Chiapas, México. *Ecography*: 27:741-756.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, G. Méndez-Dewar, L. Galindo-Jaimes y D. Golicher. 2005. Riqueza de especies de árboles en Chiapas: variación espacial y dimensiones ambientales asociadas al nivel regional. En González-Espinosa M. *Diversidad Biológica en Chiapas*. Plaza y Valdes Editores, México. Pp. 81-117.

- Good, R. 1953. The Geography of the Flowering Plants, 2a. Edición. Longman, London.
- Greig-Smith, P. 1979. Pattern in Vegetation. *The Journal of Ecology* 67:(3) 755-779.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135:147-186.
- Guizar-Nolasco, E. y A Sánchez-Vélez. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo, Montecillo, Estado de México.
- Hair, J. F., R. E. Anderson, R. E. Tatham y W. C. Black. 1999. Análisis Multivariante. Prentice Hall. España.
- Heinrich, A. 1977. Zonas de vegetación y clima. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, España, pp. 245.
- Hernández - Apolinar, M., T. Valverde, S. E. Purata. 2006. Demography of *Bursera glabrifolia*, a tropical tree used for folk woodcrafting in Southern Mexico: An evaluation of its management plan. *Forest Ecology and Management* 223: 139-151.
- Hersch-Martínez, P., Glass, R. y Fierro, A.A. 2004. El lináloe (*Bursera aloexylon* (Schiede) Engl.): Una madera aromática entre la tradición y la presión económica. *En: Alexiades, M.N. y Shanley, P. (eds.) 2004 Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. Volumen 3 - América Latina. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Bogor, Indonesia.*
- Holdrige, L. 1971. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Pergamon Press. Oxford & New York. 747 pp.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22:415-427.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias) -CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1995. "Edafología". Escalas 1:250 000 y 1:1 000 000. México.
- Jeffree, E. P. y C. E. Jeffree. 1994. Temperature and the biogeographical distributions of species. *Functional Ecology* 8: 640-650.
- Jones, H. E. y R. G. H. Bunce. 1985. A preliminary classification of the climate of Europe from temperature and precipitation records. *Journal of Environmental Management* 20: 17-29.
- Juárez, L. F. 2008. Análisis de la distribución de *Bursera linanoe* (Llave) Rzed, Calderón & Medina (Burceraceae) en el sureste del estado de Puebla como base para su manejo. Tesis de Maestría (Maestría en Ciencias). UNAM, México
- Kershaw, K. H. 1973. Quantitative and dynamic plant ecology. 2a Edición. Edward Arnold Ltd. London, K.U.
- Kleidon, A. y H. A. Money. 2000. A global distribution of diversity inferred from climatic constrains: results from a process based modeling study. *Global Change Biology* 6: 507-515.
- Lawton J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holt, R. D., Larsen, T. B., Mawdsley, N. A., Stork, N. E., Srivastava, D. S. y Watt, A. D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 291:72-76.
- Lindenmayer, D. B., B. G. Mackey, R. B. Cunningham, C. F. Donnelly, I. C. Mullen, M. A. McCarthy Y A. M. Gill. 2000. Factors affecting the presence of the cool temperate rain forest tree myrtle beech (*Nothofagus cunninghamii*) in southern Australia: integrating climatic, terrain and disturbance predictors of distribution patterns. *Journal of Biogeography* 27: 1001-1010.
- Lindenmayer, D. B., A. H. Nix, J. P. McMahon, M. H. Hutchinson y M. T. Tanton. 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateari* (McCoy): a case of study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.

- MacArthur, R. 1972. Geographical ecology. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Margules, C.R. y M.P. Austin. 1994. Biological models for monitoring species decline: the construction and use of data bases. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B.*, 344: 69-75.
- Márquez, L. J., J. Sánchez y R. Anderssen. 2001. Comparación de varios métodos para la representación cartográfica de información climática en las zonas altas del Estado Lara. *Bioagro* 13 (1):39-46.
- Mazari, M. 1966. Bosquejo histórico del estado de Morelos. Secretaría de Educación Pública, México D. F. pp. 229.
- McGarigal, K., S. Cushman y S. Stafford. 2000. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer-Verlag, New York.
- Miller, R.I. 1994. *Mapping the Diversity of Nature*. Chapman and Hall, London.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 23 (8): 29-47.
- Mittelbach, G. G., C. F. Steiner, S. M. Scheiner, K. L. Gross, H. L. Reynolds, R. B. Waide, M. R. Willig, S. I. Dodson y L. Gough 2001. What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology* 82:2381- 2396.
- Mittermeier, R. A. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (Comps.). México ante los retos de la biodiversidad: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pp. 63-73. México, D. F.
- Moral, F. J. 2004. Aplicación de la geoestadística a las ciencias ambientales. *Ecosistemas* 2004/1.
- Murphy, D. E. y A. E. Lugo. 1995. Dry Forest of Central America and the Caribbean. Pp. 9-34 en S. H. Bullock, H. A. Money and E. Medina (eds) *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Navarro, A. G. y H. Benítez, 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. *Ciencias* 7: 45-53.
- Nix, H. A. 1986. A biogeographic analysis of Australian of elapid snakes. In: H. A. Nix (ed.), *Atlas of Australian Elapid Snakes*. Bureau of Flora and Fauna, Canberra, Australia, pp. 4-15.
- Oliver, J. E. 1973. *Climate and Man's Environment. An introduction to applied climatology*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- O'Neill, R. V., C.T. Hunsaker, K.B. Jones, K.H. Riitters, J.D. Wickam, P.M. Schwartz, I.A. Goodman, B.L. Jackson y W. S. Baillargeon, 1997. Monitoring environmental quality at the landscape scale: Using landscape indicators to assess stability, *BioScience* 47(8): 513-519.
- Ordoñez, M. J. y O. Flores Villela. 1995. *Áreas Naturales Protegidas*. México. Pronatura. 45 p.
- Oswald, U. 1992. Mitos y realidades del Morelos actual. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Pp. 65-143.
- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Pianka, E. R. 1982. *Evolutionary Ecology*. Harper and Row. New Cork.
- Purata, S., M. Chibnik, B. Brosi, y A. López. 2004. Figuras de madera de *Bursera glabrifolia* H.B.K. (Engl.) en Oaxaca, México. In: Alexiades, M. N., y P. Shanley (eds). *Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación. Estudios de Caso sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales no Maderables*. CIFOR vol 3- América Latina. Indonesia. pp: 415-437.
- Rey-Benayas, J. M. y S. M. Scheiner. 2002. Plant diversity, biogeography, and environment in Iberia: patterns and hypothesized causal factors. *Journal of Vegetation Science* 13: 245-258.
- Rich, T. C. G. y E. E. Woodruff, 1992. Recording bias in botanical surveys. *Watsonia* 19: 73-95.

- Richerson, P. J. y K. L. Lum. 1980. Patterns of plants species diversity in California: relation to weather and topography. *American Naturalist* 116:504-516.
- Ricklefs, R. E. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- Robertson, G. P. 1987. Geostatistics in Ecology: interpolating with known variance. *Ecology* 68(3):744-748.
- Rosenzweig, M. L. 1968. Net primary productivity of terrestrial environments: predictions from climatological data. *American Naturalist* 102:67-84.
- Rosenzweig, M.L. 1995. *Species Diversity in Time and Space*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rossi, R. E., D. J. Mulla, A. G. Journel y E. H. Franz. 1992. Geoestatistical tool for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62(2): 277-314.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D. F. 432 pp.
- Rzedowski, J. y H. Kruse. 1979. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon* 28: 103-116.
- Rzedowski, J. y F. Guevara-Féfer. 1992. Burseraceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 3: 1-46.
- Rzedowski, J., R. Medina Lemos y G. Calderón de Rzedowski. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* 66: 23-151.
- Rzedowski, J., R. Medina Lemos y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del Conocimiento Taxonómico de la Diversidad y del Endemismo Regionales de las Especies Mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana* 70: 85-111.
- Sarukhán, J. y R. Dirzo. 1992. México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México, pp 392.
- SEDAM (Secretaría de Desarrollo Ambiental), 1998. *Las áreas naturales protegidas del estado de Morelos*. Gobierno del estado de Morelos.
- Skov, F. 2000. Potential plant distribution mapping based on climatic similarity. *Taxon* 49(3): 503-515.
- SPP, 1981. *Síntesis Geográfica de Morelos*. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, Prensa Madero, México.
- Stephenson N.L. 1990. Climatic control of vegetation distribution: The role of the water balance. *American Naturalist* 135: 649-670.
- Swaine, M. D. 1996. Rainfall an soil fertility as factors limiting forest species distributions in Ghana. *Journal of Ecology* 84: 419-428.
- Tallis, J. H. 1991. *Plant Community History: Long-Term Changes in Plant Distribution and Diversity*. University of Manchester, Springer.
- Téllez V., O. y P. Dávila A. 2003. Protected areas and climatic change: a case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. *Conservation Biology* 17: 846-853.
- Toledo-Manzur, C. A. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Guerrero. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 182 pp.
- Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de las selvas bajas de México: relaciones con el clima y suelo. Tesis de Doctorado (Doctorado en Ciencias Biología) Facultad de Ciencias UNAM.
- Trejo, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas* 39:40-51.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.

- Turc, L. 1954. Le bilan d'eau des sols: relations entre les precipitation, l'évaporation et l'écoulement. – *Annales Agronomique* 5:491-596.
- Wayne, W. D. 1992. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Editorial Limusa. México. pp. 444.
- Wilson, E. O., 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D. C.
- White, E. J. 1981. Classification of climate in Great Britain. *Journal of Environmental Management* 13: 241–257.
- Wright, D. H. 1983. Species-energy theory: an extension of species area theory. *Oikos* 41:496-506.
- Woodward F.I. 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Woodward, F. I. y B. G. Williams. 1987. Climate and plant distribution at global and local scales. *Plant Ecology* 69(1-3): 189-187.

## **ANEXO 1. Características principales de los suelos del estado de Morelos**

**Fuentes: (Aguilar, 1990; Boyás et al., 1993).**

### **Regosoles**

Se presentan el 10% de la superficie del estado de Morelos. Son poco desarrollados, poseen una baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad, son fáciles de erosionarse, formados por materiales no consolidados y blandos; presentan muy poco contenido de materia orgánica en el horizonte A, por lo que se consideran poco evolucionados hasta que no se constituya una estructura estable característica de un horizonte B, carecen de horizonte de diagnóstico; el color en seco en general es café y café rojizo oscuro en húmedo, presentan una coloración clara, con gran parecido a la roca sobre la que subyacen. Por lo general son de textura media y presentan fases dúricas, líticas y gravosas.

### **Acrisoles**

Son suelos muy ácidos, presentan un horizonte arcilloso, producto del lavado y depósito de la arcilla del horizonte superior A. Su característica principal es la de poseer un horizonte B con un contenido de arcilla mucho mayor que el horizonte A. Son de fases físicas dúrica y lítica de textura media. Están representados por el acrisol húmico y acrisol órtico.

### **Castañozem**

Tienen un horizonte A y C; presentan como característica una capa superior de color pardo o rojizo oscura, rica en materias orgánicas y nutrientes, así como una acumulación de caliche suelto o ligeramente cementoso en el subsuelo. Tienen fases físicas pedregosa y lítica. Son de textura media. Están representados por el castañozem cálcico.

### **Litsoles**

Estos suelos son muy delgados (menos de 10 cm); de textura media, poco desarrollados, pedregosos de topografía accidentada y susceptibles a la erosión.

### **Rendzina**

Son suelos que no tienen más de 50 cm de profundidad, de color oscuro debido a la materia orgánica que presentan inmediatamente por encima de la roca madre y subyacente inmediatamente a material calcáreo o caliza. Presentan una fase lítica somera, con excepción de los de la parte oriente del estado, que son de fase

petrocálcica somera. Sus limitaciones para la explotación agrícola son su espesor medio, topografía cerril y ser fácilmente erosionables; se considera que el uso más adecuado es el silvícola. A este grupo pertenecen las rendzinas en fase lítica.

### **Chernozem**

Son suelos en los que, a una profundidad de por lo menos 15 cm, el horizonte A, de color negro, se convierte de modo gradual en el horizonte B, de color pardo, con una marcada línea de separación se transforma a su vez en el horizonte C, de color claro. Tienen un buen contenido de material orgánico. Están representados en el estado por chernozem cálcico en fase lítica profunda y chernozem háplico.

### **Luvisoles**

Se caracterizan por tener una abundante acumulación de arcillas en el subsuelo, en cantidades suficientes para producir un horizonte arcilloso. Son de estructura fina, con partículas redondeadas y buena porosidad, presentan color amarillo y tienen fase lítica somera.

### **Fluvisoles**

Están formados por dos horizontes A y B: (la ausencia del B indicativa de que el suelo es joven) es característica de suelos desarrollados a partir de aluviones, o sobre pendientes rocosas muy inclinadas. Tienen textura gruesa. Sus materiales son siempre acarreados por el agua. Tienen como substrato a las rocas sedimentarias (areniscas, conglomerado, lutitas y arcillas) del Cretácico y Terciario. En la entidad se distribuyen el fluvisol calcárico y fluvisol eútrico.

### **Cambisoles**

Son suelos jóvenes y poco desarrollados. Tienen un horizonte de color pardo llamado cámbico que está sujeto a una transformación progresiva hacia horizontes denominados espódicos, por enriquecimiento de elementos orgánicos y minerales. Se han desarrollado sobre rocas volcánicas. Son de clase textural media y presentan fase física pedregosa y dúrica. Se encuentran representados por cambisol cálcico, cambisol crómico, cambisol dístrico, cambisol eútrico en fase gravosa y cambisol húmico.

## ANEXO 2. Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis

ID	Clave	Localidad	Norte	Este	Fecha inicial	Fecha final
0	15173	AHUATENCO; OCUITLAN	2093466	467874	01/06/1969	01/09/1985
1	17046	TETELA DEL VOLCAN	2087744	533110	01/05/1980	01/12/1983
2	17021	TLACUALERA	2058559	504784	01/02/1962	01/08/1988
3	17064	TECOMALCO	2060276	501636	01/05/1981	01/08/1988
4	17071	PROGRESO; JIOTEPEC	2088030	484183	01/01/1982	01/12/1983
5	17036	LAGUNILLAS DE RAYON; AXOCHIAPAN	2043620	529923	01/08/1974	01/07/1983
6	17066	EL VIGIA; TLALNEPANTLA	2101477	505070	01/05/1981	01/09/1988
7	17059	COATLAN DEL RIO; COATLAN DEL RIO	2071286	456005	01/08/1978	01/12/1983
8	17069	AHUEHUETZINGO; PUENTE DE IXTLA	2063709	468160	01/01/1982	01/08/1988
9	17030	HUITZILAC	2102558	471767	02/01/1961	01/11/1987
10	17047	TRES CUMBRES	2108178	473583	01/01/1961	01/12/1988
11	17045	HUECAHUAXCO E-7; OCUITUCO	2091749	532537	01/01/1976	01/12/1983
12	17002	ATLATLAHUCAN	2093752	510506	01/10/1924	01/12/1990
13	17005	CUERNAVACA	2091749	473024	01/01/1961	01/12/1990
14	17023	TLACOTEPEC	2073135	526360	01/04/1955	01/09/1985
15	17025	YAUTEPEC	2086313	490764	01/04/1955	01/09/1985
16	17038	YECAPIXTLA	2088316	513653	01/01/1963	01/08/1985
17	17039	ACHICHIPICO	2094877	518474	01/01/1982	01/12/1983
18	17045	OAXTEPEC	2090033	503353	01/03/1970	01/12/1990
19	17048	TEPOZTLAN	2098927	487589	02/01/1976	02/12/1983
20	17065	VALLE DE VAZQUEZ	2047173	492917	01/05/1981	01/08/1988
21	17056	SAN PABLO HIDALGO; TLATIZAPAN	2054554	496486	01/09/1978	01/12/1983
22	17054	MOYOTEPEC; VILLADE AYALA	2070004	501636	01/08/1978	01/12/1987
23	17058	CUENTEPEC; TEMIXCO	2082593	466443	01/09/1978	01/12/1987
24	17062	CHAVARRIA; COATLAN DEL RIO	2069459	450695	01/08/1981	01/09/1988
25	17004	CUAUTLA	2080573	503340	01/01/1951	01/12/1990
26	17008	HUAUTLA	2037983	496348	01/02/1962	01/09/1985
27	17009	JOJUTLA	2058395	480536	01/08/1954	01/09/1964
28	17010	JONACATEPEC	2065998	521093	01/07/1926	01/07/1926
29	17013	RODEO, EL	2075440	463010	01/03/1952	01/12/1987
30	17014	SAN GABRIEL	2058331	462981	01/10/1930	01/08/1969
31	17016	TEMILPA	2067715	489047	01/04/1955	01/04/1987
32	17017	TEPALCINGO	2056556	515942	01/10/1955	01/09/1985
33	17018	TEQUESQUITENGO	2056537	473488	01/04/1955	01/08/1987
34	17021	TICUMAN	2075154	487616	01/09/1955	01/05/1990
35	17026	ZACATEPEC	2062279	480749	01/01/1961	01/12/1983
36	17034	TEMIXCO	2084024	475027	01/04/1957	01/11/1989
37	17037	XICATLACOTA	2049134	480541	01/06/1969	01/12/1983
38	17020	TETELCINGO	2086313	506787	01/04/1955	01/08/1987
39	17022	TILZAPOTLA	2045684	471594	01/04/1955	01/08/1987
40	17063	TECAJEC	2076688	519328	01/04/1955	01/08/1987
41	17048	PUENTE DE OCUITUCO	2087744	526243	01/01/1976	01/12/1993
42	17060	ALPANOCAN	2069432	511937	01/04/1955	01/04/1987
43	17055	TENANGO	2058273	525957	01/09/1978	01/12/1993
44	17057	EL LIMON	2047400	506500	01/09/1978	01/12/1990
45	17074	HIGUERON	2054679	480536	01/01/1963	01/12/1993
46	17051	TOTOLAPAN	2099189	508503	01/01/1966	01/12/1993
47	15232	SAN BARTOLO DEL PROGRESO	2116270	455950	01/09/1964	01/11/1985
48	12093	VALERIO TRUJANO	2036459	447008	01/06/1965	01/02/1990
49	15253	ALMOLOYA ALQUISIRA	2085465	441710	01/01/1970	01/12/1983
50	12030	STA. MARIA COHETZALA	2010628	519872	01/01/1942	01/01/1989
51	21050	JOLALPAN	2025861	519534	01/07/1944	01/09/1987
52	15252	ATLAUTLA	2104348	522846	01/07/1978	01/02/1988
53	15090	SAN LUIS AMECA	2121238	503307	01/01/1961	01/12/1988
54	9002	AJUSCO TLALPAN	2123887	479463	01/01/1961	01/05/1988
55	21205	STA. CRUZ TEJALPA	2028842	568547	01/01/1982	01/12/1990
56	21132	IZUCAR DE MATAMOROS	2058647	556294	01/04/1944	01/12/1982
57	21167	SAN ANDRES CALPAN	2113621	557618	01/01/1980	01/04/1987
58	15007	AMECA DE JUAREZ	2113959	523839	01/03/1969	01/11/1988
59	15242	SAN PEDRO ATLAPULCO	2126536	459261	01/01/1978	01/12/1983
70	15296	SAN SEBASTIAN	2099049	448995	01/01/1982	01/12/1983
71	12209	EL MOYOTE	2064608	439723	01/10/1981	01/09/1988
72	12081	TAXCO	2051030	436411	01/01/1961	01/01/1983

### ANEXO 3. Distribución del género *Bursera* por tipo de suelo y vegetación

Especie	vegetación	suelo
<i>B. aptera</i>	Selva baja caducifolia, manejo agrícola	Vertisol pélico, rendzina, castañozem cálcico, feozem calcárico, feozem háplico, litosol
<i>B. ariensis</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Feozem háplico, feozem lúvico, rendzina
<i>B. bicolor</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, manejo agrícola	Feozem háplico, feozem lúvico, Vertisol pélico, feozem calcárico, regosol eútrico, rendzina, andosol húmico, feozem calcárico, litosol, castañozem cálcico
<i>B. bipinnata</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, manejo agrícola	feozem háplico, andosol húmico, rendzina, litosol, feozem calcárico, feozem lúvico, vertisol pélico, regosol eútrico
<i>B. copallifera</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, manejo agrícola	feozem háplico, rendzina, cambisol calcárico, andosol húmico, feozem lúvico, regosol eútrico, vertisol pélico, acrisol húmico, feozem calcárico
<i>B. cuneata</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, bosque mesófilo, bosque de pino, manejo agrícola	Andosol húmico, feozem háplico, feozem lúvico, litosol
<i>B. fagaroides</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, bosque mesófilo, bosque de pino, manejo agrícola	Feozem háplico, andosol húmico, rendzina, vertisol pélico, regosol eútrico, feozem lúvico,
<i>B. glabrifolia</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, bosque mesófilo, Bosque de pino, manejo agrícola	Feozem háplico, andosol húmico, rendzina, vertisol pélico, regosol eútrico, feozem lúvico, andosol ócrico, castañozem háplico, feozem calcárico
<i>B. grandifolia</i>	Selva baja caducifolia , bosque de encino, bosque mesófilo, manejo agrícola	Feozem háplico, Andosol húmico, rendzina, vertisol pélico, regosol eútrico, feozem lúvico, castañozem háplico, feozem calcárico, castañozem cálcico, litosol
<i>B. lancifolia</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Feozem háplico, rendzina, Vertisol pélico, litosol, feozem lúvico, regosol eútrico, castañozem cálcico,
<i>B. linanoe</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Feozem háplico, rendzina, Vertisol pélico
<i>B. longipes</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Rendzina, feozem háplico, vertisol pélico, feozem calcárico, regosol calcárico
<i>B. morelensis</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Feozem lúvico, Rendzina, Regosol eútrico, feozem háplico, castañozem háplico
<i>B. schlehtendalii</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Feozem háplico, rendzina, litosol, feozem calcárico, vertisol pélico
<i>B. submoniliformis</i>	Selva baja caducifolia , manejo agrícola	Vertisol pélico, feozem háplico, rendzina, feozem calcárico, castañozem háplico,

ANEXO 4. Especies de *Bursera* que comparten el mismo tipo hábitat en Morelos

Especie	Frecuente	Poco frecuente	No presente
<i>B. aptera</i> (34)	<i>B. lancifolia</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. grandifolia</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B.</i> <i>longipes</i> , <i>B. ariensis</i>	<i>B. bipinnata</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. schlechtdalii</i> , <i>B.</i> <i>linanoe</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. fagaroides</i>	<i>B. cuneata</i>
<i>B. ariensis</i> (12)	<i>B. bicolor</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B.</i> <i>aptera</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. lancifolia</i>	<i>B. submoniliformis</i> , <i>B. B. glabrifolia</i> , <i>B.</i> <i>grandifolia fagaroides</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B. schlechtdalii</i>	<i>B. cuneata</i>
<i>B. bicolor</i> (53)	<i>B. copallifera</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B.</i> <i>bipinnata</i> , <i>B. ariensis</i>	<i>B. grandifolia</i> , <i>B. fagaroides</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B.</i> <i>schlechtdalii</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B.</i> <i>longipes</i> , <i>B. cuneata</i> , <i>B. submoniliformis</i>	
<i>B. bipinnata</i> (46)	<i>B. grandifolia</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B.</i> <i>glabrifolia</i> , <i>B. lancifolia</i>	<i>B. fagaroides</i> , <i>B. cuneata</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B.</i> <i>ariensis</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B.</i> <i>schlechtdalii</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B.</i> <i>longipes</i>	
<i>B. copallifera</i> (89)	<i>B. glabrifolia</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B.</i> <i>lancifolia</i> , <i>B. fagaroides</i>	<i>B. grandifolia</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B.</i> <i>schlechtdalii</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B.</i> <i>cuneata</i>	
<i>B. cuneata</i> (29)	<i>B. bipinnata</i> , <i>B. fagaroides</i> , <i>B. glabrifolia</i>	<i>B. bicolor</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B. grandifolia</i> , <i>B.</i> <i>lancifolia</i>	<i>B. aptera</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B.</i> <i>longipes</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B.</i> <i>schlechtdalii</i> , <i>B. submoniliformis</i>
<i>B. fagaroides</i> (38)	<i>B. copallifera</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B.</i> <i>grandifolia</i>	<i>B. bipinnata</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B.</i> <i>morelensis</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B. cuneata</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B. schlechtdalii</i> , <i>B. longipes</i>	
<i>B. glabrifolia</i> (70)	<i>B. copallifera</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. lancifolia</i>	<i>B. fagaroides</i> , <i>B. grandifolia</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B.</i> <i>submoniliformis</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B.</i> <i>schlechtdalii</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B.</i> <i>ariensis</i> , <i>B. cuneata</i>	
<i>B. grandifolia</i> (52)	<i>B. copallifera</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B.</i> <i>bicolor</i> , <i>B. fagaroides</i>	<i>B. aptera</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B.</i> <i>morelensis</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. cuneata</i> , <i>B. schlechtdalii</i> , <i>B. longipes</i>	
<i>B. lancifolia</i> (42)	<i>B. copallifera</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B.</i> <i>aptera</i>	<i>B. bipinnata</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B.</i> <i>grandifolia</i> , <i>B. fagaroides</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B.</i> <i>morelensis</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B.</i> <i>schlechtdalii</i> , <i>B. cuneata</i>	

<i>B. linanoe</i> (14)	<i>B. aptera</i> , <i>B. fagaroides</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B. grandifolia</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B. glabrifolia</i>	<i>B. schlechtendalii</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B. ariensis</i>	<i>B. cuneata</i>
<i>B. longipes</i> (23)	<i>B. submoniliformis</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. fagaroides</i>	<i>B. grandifolia</i> , <i>B. schlechtendalii</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B. bipinnata</i>	<i>B. cuneata</i>
<i>B. morelensis</i> (22)	<i>B. aptera</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B. grandifolia</i>	<i>B. fagaroides</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B. schlechtendalii</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B. linanoe</i>	<i>B. cuneata</i>
<i>B. schlechtendalii</i> (13)	<i>B. bicolor</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B. copallifera</i> , <i>B. glabrifolia</i>	<i>B. fagaroides</i> , <i>B. lancifolia</i> , <i>B. grandifolia</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B. submoniliformis</i> , <i>B. bipinnata</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. longipes</i> , <i>B. ariensis</i>	<i>B. cuneata</i>
<i>B. submoniliformis</i> (31)	<i>B. copallifera</i> , <i>B. aptera</i> , <i>B. morelensis</i> , <i>B. lancifolia</i>	<i>B. longipes</i> , <i>B. glabrifolia</i> , <i>B. fagaroides</i> , <i>B. grandifolia</i> , <i>B. schlechtendalii</i> , <i>B. ariensis</i> , <i>B. linanoe</i> , <i>B. bicolor</i> , <i>B. bipinnata</i>	<i>B. cuneata</i>