



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ANÁLISIS ESPACIAL MULTIESCALAR DE ESPECIES DEL
GÉNERO BURSERIA EN EL MARCO DEL MANEJO
COMUNITARIO EN LA MIXTECA POBLANA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLOGO

P R E S E N T A :

ADRIÁN ACEVEDO CORTÉS

DIRECTORA DE TESIS:

**DRA. PATRICIA DOLORES DÁVILA
ARANDA**

2020



Los Reyes Iztacala, Edo. De México



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.



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LEFA) 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 Derechos de Autor.

DEDICATORIAS:

A mi familia, mis padres **Assol** y **Francisco**, por apoyarme a lo largo de mi carrera académica, tanto en lo económico como en lo motivacional y estar ahí para escucharme y aconsejarme. A mi hermano **Braulio**, por estar para apoyarme y compartir juntos el conocimiento de nuestras respectivas áreas, por pasar tiempo conmigo y preocuparse por mí. A mi tío **Fernando** por estar siempre cerca de nosotros. A mi tía **Lizabeth** y mi tío **Ad**, a la vez que a mis primas **Lena** y **Paula**, que, si bien nos divide la distancia, siguen los lazos familiares.

También quisiera dedicar este trabajo a mi abuela **Magdalena** (Nena), que en paz descansa, por haber sido un orgullo para ella el que yo estudiara en la **UNAM** y por haber acompañado la formación y el crecimiento de mi hermano y mía.

A mis amigos más cercanos **Osman**, **Toribio**, **Javier** y **Toño** por todos esos momentos dentro y fuera de la universidad que abarcaron desde discusiones serias hasta charlas frívolas, pero siempre teniendo algo de que conversar y experiencias que compartir.

De igual manera quiero realizar una dedicación a **Elizabeth**, **Carolina** (“Acapulco”), **Carolina** (“Rasta”), **Diego** (“Changungo”), **David**, **Carmen**, **Michelle**, **Luis** (“Chaniz”), por mencionar algunos de los que fueron integrantes del grupo **05** que sin duda en conjunto fueron, y en algunos casos siguen siendo una parte inolvidable de mi vida.

A mis amigos **Adán** y **Alex** por su amistad, así como sus consejos y entrenamientos en las barras del gimnasio al aire libre, también al resto de del grupo de Barras FES Iztacala.

A **Brian** (“Brayan”), **Marco**, **Mario** (“Nortex”), **Edson** y **Roberto** (“Tabasco”) por formar parte de mi vida diaria y compartir distintos momentos cómicos durante mi estancia en Ciudad Universitaria.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quisiera agradecer a la **UNAM** por brindarme la oportunidad de una educación gratuita y de calidad al estudiar en sus instalaciones desde el bachillerato en el Colegio de Ciencias y Humanidades (**CCH**) Naucalpan hasta la presente licenciatura en la **FESI**, así como el haberme permitido conocer tantas personas maravillosas y vivir experiencias inolvidables.

Igualmente quisiera agradecer a los ejidos de **San Francisco Xochiltepec** y **San José Tilapa** por abrirnos las puertas y proporcionarnos una cálida bienvenida, particularmente quisiera agradecer a la brigada de monitoreo ambiental de ambos ejidos por las diversas caminatas en las que fueron nuestros guías, así como por el conocimiento y saberes que compartimos.

A la **Dra. Martha Salcedo** por aconsejarme en diversas situaciones y ser mi ‘asesora no oficial’, al igual que el **Dr. Raymundo Montoya**.

A mis compañeros tanto del laboratorio de recursos naturales como de edafología (**Yury, Victor, Gerardo, Chucho, Carlos, Aline, Alby, Susana, Fernanda, Zuleyma**, así como el resto de los alumnos que nos acompañaron de forma temporal) por hacer siempre entretenido el trabajo.

Al **Mtro. Humberto Macías** y la **Mtra. Mayra Hernández** por los diversos conocimientos, apoyos, experiencias y nuevas perspectivas brindadas, así como la facilitación en la adquisición de nuevas habilidades a lo largo de mi estancia en el laboratorio de recursos naturales.

A la **Dra. Patricia Dávila** por recibirme y aceptarme como su alumno cuando la etapa final de la carrera parecía incierta, así como sus meticulosas revisiones.

INDICE

RESUMEN	1
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- Objetivo general	5
2.2.- Objetivos particulares	5
2.2.1.-Medio biofísico/ecológico	5
2.2.2.-Medio Social/Histórico	5
2.2.3.-Medio Económico	5
3.- DESCRIPCIÓN DEL GÉNERO	6
4.- AREA DE TRABAJO	7
4.1.- Puebla	7
4.2- San Francisco Xochiltepec	9
4.3.- San José Tilapa	10
5.- MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1.- IDENTIFICACION DEL MEDIO BIOFISICO	11
5.1.1.- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA	11
5.1.2.- CAMPO	11
5.1.3.- GABINETE	12
5.2.- IDENTIFICACION DEL SISTEMA SOCIAL	14
5.2.1.1.- MARCO SOCIOCULTURAL DE LA COMUNIDAD	14
5.4.- IDENTIFICACION Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO ECONOMICO	15
5.4.1.- MERCADOS	15
5.4.2.- ACTIVIDADES Y PRODUCTOS DERIVADOS	16
5.4.3.- INFRAESTRUCTURA	16
6.- RESULTADOS	16
6.1.- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO	16
6.1.1.- <i>CARACTERIZACIÓN BIOFISICA DE LOS EJIDOS</i>	16

6.1.2.- Compilación de base de datos de presencia para especies de Bursera	20
6.1.3.- DIAGNOSIS DE ESPECIES DEL GÉNERO BURSERA	25
6.1.3.- <i>DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA</i>	25
	36
6.1.4.- Tipo de vegetación y suelo donde se presenta Bursera	37
6.1.4.1.- <i>Tipos de vegetación:</i>	37
6.1.5.- Modelos de distribución potencial	40
6.2.- IDENTIFICACION DEL SISTEMA SOCIAL	49
6.2.1.- MARCO SOCIOCULTURAL DE LA COMUNIDAD	49
6.4.- IDENTIFICACION Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO ECONOMICO	56
6.4.1.- MERCADOS	56
6.4.2.- ACTIVIDADES Y PRODUCTOS DERIVADOS	57
6.4.3.- INFRAESTRUCTURA	59
7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
7.1.- <i>Ámbito biofísico:</i>	66
7.2 De lo social/histórico	71
7.3 De lo económico	75
8.- CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	89
INDICE DE FIGURAS	117
INDICE DE CUADROS	118
INDICE DE ANEXOS	118

RESUMEN

Los recursos silvestres son aquellos que crecen de forma natural en el ambiente representan un bastión para el desarrollo de los seres vivos, incluidos los humanos y nuestra sociedad. A pesar de esto, en las últimas décadas el mal manejo de los recursos y la falta de planeación han generado un grave deterioro ambiental, por ello ha surgido la necesidad de realizar trabajos inter y multidisciplinarios que aborden una visión panorámica de los problemas complejos, con la finalidad de encontrar vías óptimas y sustentables para la explotación de los recursos naturales.

Existen diversos trabajos que denotan la diversidad cultural y biológica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, entre ellos el macroproyecto “Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano” que dio pie al surgimiento de la Red de Proyectos Comunitarios para el manejo de Socio ecosistemas, a través de la cual se señaló al género *Bursera* como un recurso forestal no maderable de interés. La falta de información sobre este taxón y los altos costos de muestreo en campo a escalas regionales, hacen necesario utilizar modelos de distribución potencial como una vía exploratoria. Teniendo esto en mente, se buscó analizar el potencial del género *Bursera* como recurso sustentable, colectando información sobre su biología y usos a nivel local y caracterizando información a nivel regional para los ámbitos biofísico, histórico/cultural y económicos.

Durante los recorridos en campo en la región de estudio, se identificaron cuatro especies de *Bursera* distintas, distribuidas en los ejidos San Francisco Xochiltepec (*B. biflora* y *B. aptera*) y en San José Tilapa (*B. aptera*, *B. morelensis* y *B. schlechtendalii*). Una vez identificadas las especies se compiló una base de datos a partir de información obtenida de herbarios oficiales y se generó la información necesaria para construir los modelos de distribución para cada especie. Se utilizó el programa Maxent 3.4.1, teniendo como resultado en Xochiltepec una superficie predicha ($P > 0.8$) de 165.78 km² (30.89% de su territorio) para *B. biflora*; mientras que en Tilapa fue de 387.09 km² (74.23%) para *B. morelensis*, 302.31 km² (57.97%) para *B. schlechtendalii* y 400.77 km² (76.86%) para *B. aptera*.

La caracterización social/histórica mostró que a pesar de que Xochiltepec y Tilapa tienen el mismo sistema de organización, sus condiciones de demografía y rezago son distintas, siendo Xochiltepec más pobre y rezagada por su bajo nivel poblacional (200-300 habitantes).

Los productos derivados de los copales son varios y se agruparon mayormente en aquellos provenientes de la resina, los cuales podrían ser una opción sustentable gracias a que no requieren el sacrificio del organismo del cual son extraídos, permitiendo la regeneración del individuo, siempre y cuando las técnicas de extracción sean realizadas con el cuidado necesario.

Se encontraron indicios de que existe una posibilidad de poder vender los productos con un mayor valor agregado en los mercados europeos, permitiendo obtener ingresos por kilogramo, mayores a los obtenidos en el mercado de Estado Unidos o el de México. También se encontró un posible interés en la industria farmacéutica debido a las propiedades antibacterianas encontradas en trabajos previos de diversas especies de *Bursera*.

Se concluyó que los productos derivados de la resina pueden ser utilizados como recurso sustentable en la región. Sin embargo, hace falta realizar estudios sobre la ecología poblacional de las especies a manejar y del impacto en el ecosistema por su utilización, así como comparar los productos derivados de las especies presentadas, a los que tienen mayor reconocimiento en el mercado.

1.- INTRODUCCIÓN

Los recursos silvestres son aquellos que crecen de forma natural en el ambiente y son un elemento fundamental para el desarrollo no solo de los seres vivos desde un enfoque biológico, sino también de la sociedad humana, por ello el 25% de la población mundial depende directamente de algún tipo de recurso forestal (Duraiappah et al., 2005; FAO, 2011). Estos recursos pueden reconocerse como componentes de una especie, y pueden ser clasificados en distintas categorías. Entre ellas resalta la que diferencia a aquellas especies que son utilizados para la extracción de madera (maderables), tales como los pinos, los encinos, etc. y los que están relacionados a un cuerpo forestal, cuyo manejo no depende de la extracción de madera (no maderables), sino de otras especies vegetales, musgos, hongos, resinas, suelo, etc. (Escalante, Osorio, Morales, & Irabién, 2004; SEMARNAT, 2006). Este trabajo versa sobre los segundos, en particular la resina provista por diversas especies.

En las últimas décadas, se ha presenciado un incremento del deterioro ambiental de magnitudes sin precedentes, siendo el mal manejo de los recursos naturales un factor influyente en este fenómeno. La falta de información sobre la biología y usos de diversos recursos naturales favorece esta problemática. Además las formas ineficientes de llevar a cabo investigaciones en campo han obstaculizado la generación y divulgación de información crucial para el desarrollo de los planes de manejo de los recursos naturales, desde la perspectiva sustentable (Duraiappah et al., 2005; Peña, Lucila, & González, 1998).

Bajo este escenario, ha surgido la necesidad de desarrollar estrategias para el manejo sustentable de los recursos naturales, incorporando diversos métodos interdisciplinarios que permitan una mayor integración de información y un enfoque más amplio al momento de generar propuestas (Velázquez, 2014). Bajo este marco, el análisis de los fenómenos desde una perspectiva multi escala, permite una comprensión integral de los sistemas que conforman dichos fenómenos.

En el Valle de Tehuacán, particularmente en la cuenca de Zapotitlán Salinas se han desarrollado trabajos que denotan la gran diversidad biológica y cultural presente

en la región (Ayala, 2015; Paredes-Flores, Lira-Saade, & Dávila-Aranda, 2007; Toledo, Valdés, & Santiago, 2000; Valiente-Banuet et al., 2009), características que han atraído a distintas instituciones para la realización de diversas investigaciones. Ejemplo de ello es el macroproyecto “Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano” que dio inicio en el 2004 (UNAM, 2005), utilizando una visión compleja y de participación social con el fin de aplicar e integrar el conocimiento junto con los habitantes de las comunidades y de esta manera proponer posibles soluciones a las problemáticas relacionadas con el deterioro ambiental, la pérdida de biodiversidad, y el impacto social en cuatro regiones de México, paralelamente a buscar el bienestar de las personas.

Dicho proyecto cesó en 2008, pero dio pie a otros en la región que retomaron el marco conceptual y metodológico ahí propuesto. Esto con la idea de generar una Red de Proyectos Comunitarios para el manejo de Socio-ecosistemas, bajo el esquema de la Investigación Acción Participativa (Dávila-Aranda et al., 2014; Macías-Cuellar, Téllez-Valdés, Dávila-Aranda, & Casas-Fernández, 2006; UNAM, 2005).

Dentro del marco de acción de la Red de Proyectos Comunitarios, se han identificado varios recursos forestales no maderables. Entre ellos destaca el género *Bursera* que ha sido identificado como un recurso de importancia a nivel local y regional en los núcleos agrarios de la mixteca poblana que forman parte de la red.

La falta de información sobre la distribución y utilización a nivel local de los recursos, en particular de *Bursera* en la región, provoca que sea crucial la generación de datos sobre la disponibilidad de los recursos forestales no maderables, como un paso necesario para el desarrollo de planes de manejo formalizados. Sin embargo, los altos costos que conlleva el muestreo en campo hacen necesario realizar un análisis de distribución potencial como complemento para generar las propuestas de manejo, utilizando un sistema de información geográfica.

Es por ello que el presente trabajo se enfocó a estudiar cuatro especies de *Bursera* bajo un esquema multiescalar y una perspectiva comunitaria.

2.- Objetivo general

Analizar el potencial uso de cuatro especies del género *Bursera* en los núcleos agrarios de la mixteca poblana, desde una perspectiva multiescalar en el marco del manejo comunitario.

2.2.- Objetivos particulares

2.2.1.-Medio biofísico/ecológico

- Caracterizar el medio biofísico de los ejidos en estudio y zonas aledañas
- Compilar una base de datos en la cual se registre la presencia de las especies de *Bursera*.
- Realizar una diagnosis del género *Bursera* en la zona de estudio, con respecto a su diversidad y distribución.
- Identificar los tipos de vegetación y suelo en las que se encuentran las poblaciones de las especies del género *Bursera*.
- Generar un modelo de distribución potencial de las especies encontradas de *Bursera*, para los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa.

2.2.2.-Medio Social/Histórico

- Caracterizar el medio social de los núcleos agrarios bajo estudio.
- Identificar los usos y costumbres de la gente en torno al género *Bursera*, así como identificar su importancia para los ejidos donde se desarrolla el proyecto.
- Identificar las formas de aprovechamiento del género *Bursera* en la región y sus métodos de manejo.

2.2.3.-Medio Económico

- Identificar los productos derivados extraíbles de *Bursera* y su uso potencial.
- Identificar el mercado potencial de los productos derivados de *Bursera*, así como su valor dentro del mismo.

3.- DESCRIPCIÓN DEL GÉNERO

El género *Bursera*, perteneciente a la familia Burseraceae, está conformado aproximadamente por 100 especies que restringen su distribución al continente americano, siendo México, su centro de diversidad con 84 especies, de las cuales 80 son endémicas al país. Ellas forman parte del estrato arbóreo y habitan entre los 0 y los 1800 msnm en los bosques tropicales caducifolios, y en algunas ocasiones en el matorral xerófilo, en forma de arbustos. Una de las principales características de este grupo es la presencia de una resina aromática. Generalmente estos árboles son llamados Copales cuando la corteza externa es lisa y Cuajjotes cuando es exfoliante (Montaño-Arias & Espinosa, 2008; Rzedowski, Lemus, & Rzedowski, 2004)

La palabra Copal proviene de la época prehispánica, del náhuatl “copalli”, para referirse a las resinas aromáticas extraídas de las plantas que se utilizaban como incienso. Por su parte, le llamaban “copalquahuitl” a los arboles de las regiones cálidas y secas de donde se extraía resina. Estos árboles tenían gran importancia social, económica y ceremonial. Actualmente siguen utilizándose para la elaboración de artesanías, rituales religiosos y como esencia aromática (Linares & Bye, 2008). Su ubicación taxonómica es la siguiente:

Cuadro 1 Taxonomía del género *Bursera*.

Reino *Plantae*

Subreino *Tracheophyta*

División *Magnoliophyta*

Clase *Magnoliopsida*

Orden *Sapindales*

Familia *Burseraceae*

Género *Bursera*

(CONABIO, 2018a)

4.- AREA DE TRABAJO

El abordaje multiescalar del trabajo implicó la colecta de información bibliográfica y procesamiento de datos a escala estatal (en Puebla) y local (en los ejidos). Así como la realización de trabajo de campo a nivel local para la obtención de datos de presencia de *Bursera* y diálogo con la gente (entrevistas abiertas).

4.1.- Puebla

El estado de Puebla está conformado por 217 municipios con aproximadamente 6,168,883 habitantes, distribuidos en las zonas urbanas (72%) y en rurales (28%). Según los datos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI), en el 2016 el aporte al producto interno bruto estatal se distribuyó en actividades primarias (4.1%), secundarias (35.2%) y terciarias (60.8%), siendo el comercio la actividad económica más fuerte (INEGI, 2016, 2017).

Los climas que presenta el estado de Puebla principalmente son: (i) Templado subhúmedo con un 35% de superficie, (ii) cálido subhúmedo con 25%, (iii) seco y semiseco con 19%, (iv) cálido húmedo con 14% y (v) templado húmedo con 7%. La temperatura media anual es de 17.5°C y la precipitación media anual es de 1,270 mm (INEGI, 2016).

Los principales tipos de vegetación que presenta el estado de Puebla principalmente son: (i) Agricultura, con una superficie estatal del 46.9%, (ii) selva con 19.4%, (iii) bosque con 17.5%, (iv) matorral, con 8.3% y (v) pastizal, con 7.9% (INEGI, 2017).

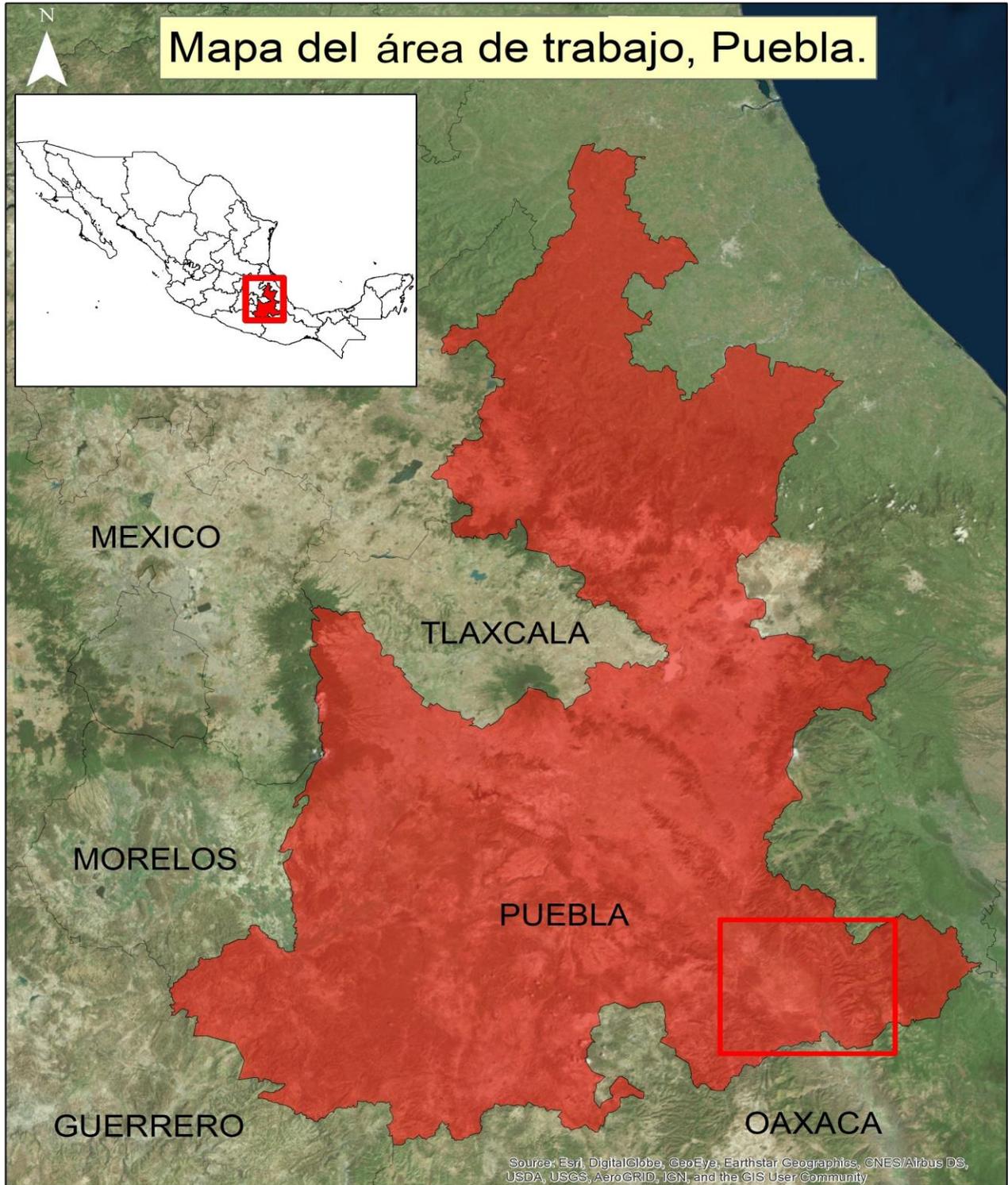


Figura 1 Mapa con límites políticos del estado de Puebla. Se señala con un rectángulo rojo la región de trabajo, lugar donde se encuentran las localidades donde se realizó el trabajo en campo.

4.2- San Francisco Xochiltepec

San Francisco Xochiltepec es un ejido perteneciente al municipio de Zapotitlán Salinas, ubicado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla. Cuenta con una población total de 210 habitantes, de los cuales 10 viven en hogares indígenas. Este ejido se ubica a 2020 metros sobre el nivel del mar (msnm), en las siguientes coordenadas; longitud: -97.446389 , latitud: 18.246944 (Nuestro México, 2018b).

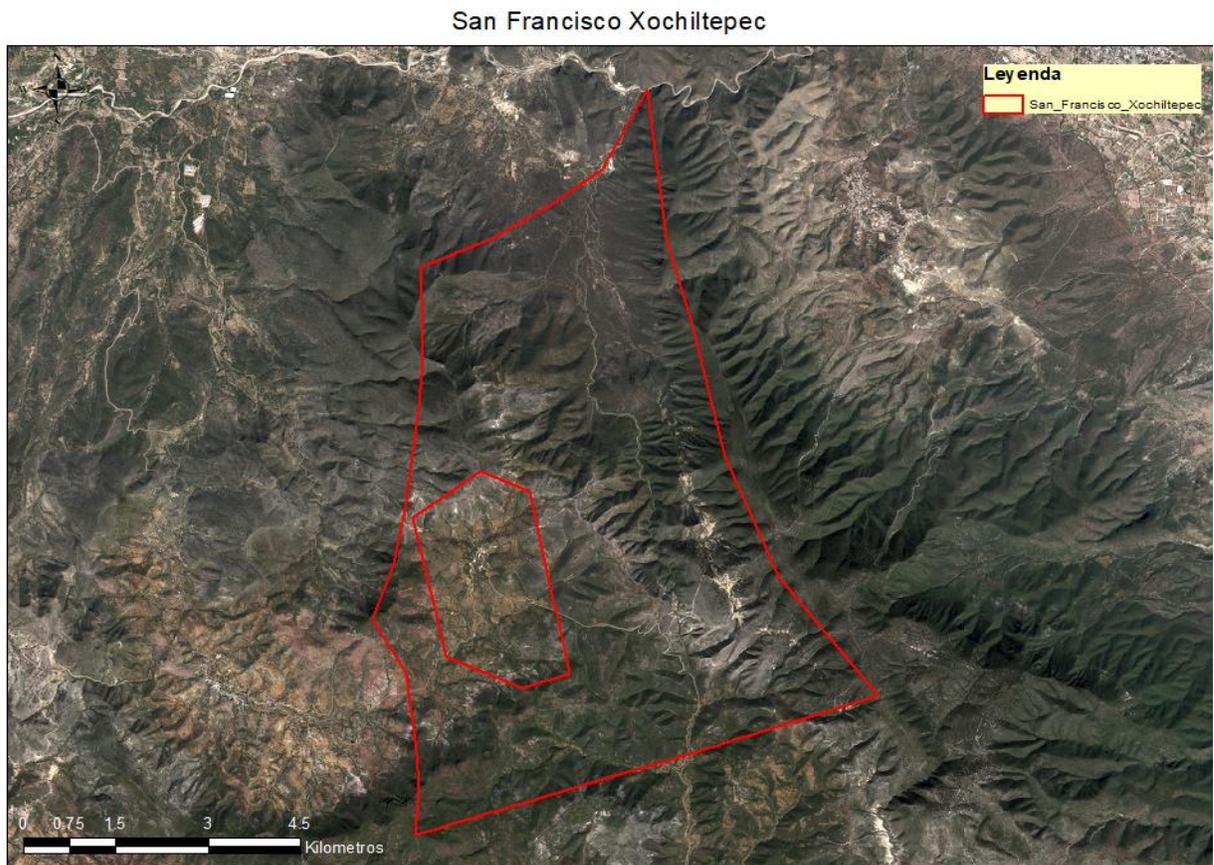


Figura 2 Vista desde el satélite SENTINEL 2 de Xochiltepec, polígono extraído del Registro Agrario Nacional (RAN), escala 1: 35,000.

4.3.- San José Tilapa

San José Tilapa es un ejido perteneciente al municipio de Coxcatlán Salinas, ubicado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla. Cuenta con una población de 1977 personas, de las cuales 388 viven en hogares indígenas. Este ejido se ubica a 910 msnm, en las siguientes coordenadas: longitud -97.102778 latitud 18.161667 (Nuestro México, 2018a).

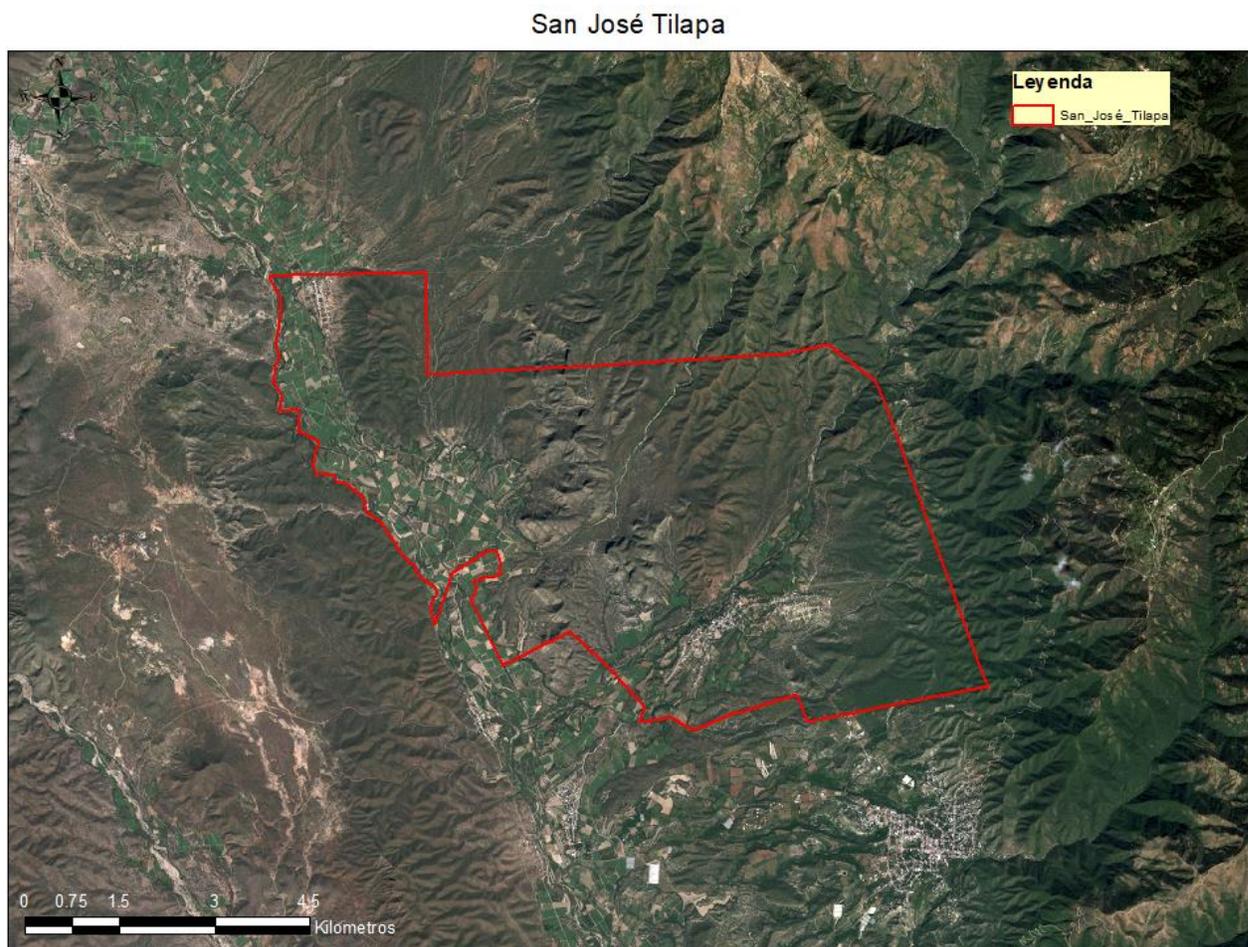


Figura 3 Vista desde el satélite SENTINEL 2 de Tilapa, polígono extraído del Registro Agrario Nacional (RAN), escala 1: 35,000.

5.- MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo en campo se realizó en colaboración con las autoridades de los núcleos agrarios, así como de la brigada de vigilancia forestal, bajo un esquema de Investigación Acción Participativa (IAP) (Durstón, John. Miranda, 2002; Villasante et al., 2000).

El abordaje de cada objetivo requirió un trabajo de vinculación con la comunidad, la obtención de información en campo y el análisis de los datos en gabinete. Al finalizar, se entregó y presentó el trabajo ante las autoridades ejidales y si hay la disposición para hacerlo, se presentara ante la Asamblea ejidal.

5.1.- IDENTIFICACION DEL MEDIO BIOFISICO

5.1.1.- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

Se identificaron y caracterizaron el clima, el relieve, la hidrología, la vegetación y el uso del suelo dentro de la región de estudio, en el estado de Puebla, con los recursos bibliográficos y cartográficos disponibles de INEGI y RAN (INEGI, 2016; RAN, 2018). También se identificaron las especies vegetales presentes en la región utilizando trabajos previos como guías de vegetación, ordenamientos territoriales y trabajos publicados (Dávila Aranda, 2003; Guízar-Nolazco, Granados-Sánchez, & Castañeda-Mendoza, 2010; Paredes-Flores et al., 2007; Toledo et al., 2000; Valiente-Banuet et al., 2009).

5.1.2.- CAMPO

Durante los años 2017 y 2018 se acudió a los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa. Se realizaron reuniones con las autoridades ejidales para presentar y elaborar mapas de cada localidad respectivamente, con la finalidad de trazar las rutas de trabajo a seguir. Posteriormente, siguiendo las rutas marcadas se llevaron a cabo recorridos participativos en los ejidos de trabajo como parte del monitoreo ambiental comunitario realizado en dichos lugares (Macías et al., 2017). En el marco del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Este programa consiste en el otorgamiento de un estímulo económico a los dueños de los terrenos

forestales con el objetivo de mantener condiciones ecosistémicas favorables para la conservación de la biodiversidad y el uso de suelo (CONAFOR, 2011).

Durante los recorridos, se realizó la identificación de los recursos, se reconocieron sus características y nombres comunes. Una vez identificados los recursos de interés, se registraron los tipos de vegetación en los que habitan y se georreferenciaron los sitios de distribución de las especies de *Bursera*. La identificación de las especies se realizó en campo y utilizando el registro fotográfico, basado en la guía de identificación botánica que fue elaborada por Medina-Lemos (2008).

5.1.3.- GABINETE

Una vez colectados los datos de campo, se elaboró el sistema de información geográfica de las especies identificadas y registradas.

A partir de las bases de localidades georreferenciadas de las especies, se modeló su distribución potencial con el programa Maxent 3.4.1 (S. J. Phillips, Dudík, & Schapire, 2006), utilizando la información bioclimática correspondiente al estado de Puebla que se obtuvo a partir de las 19 variables bioclimáticas en resolución de 30 s (~900 m) de WorldClim 2.0 (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005). Además se usó el mapa de pendientes y orientación, que fue generado a partir del modelo de elevación digital (MDE) SRTM de 90 m (Jarvis, Reuter, Nelson, & E., 2008). Asimismo se llevó a cabo un análisis diferencial de la vegetación, utilizando el índice de vegetación normalizado (NDVI) promedio del 2018, generado a partir de las imágenes compuestas de la NASA (Allen, Stockli, & NASA, 2017). De igual manera se obtuvo información del uso del suelo y de la vegetación, a partir de la serie 5 (INEGI, 2013a) y el continuo edafológico de la serie 2 (INEGI, 2014). Ambos fueron rasterizados y acotados al territorio de Puebla.

Todas las capas de información fueron reescaladas a la resolución del MDE (90 m) utilizando el método de interpolación bicúbica y fueron reproyectadas a sus coordenadas geográficas correspondientes, utilizando el datum WGS84, cuando el formato no fuera el nativo. El ajuste, conversión y creación de las capas de información se llevó a cabo utilizando los programas ArcGIS 10.5 (ESRI, 2017) y QGIS 3.4.3 (OSGeo, 2018).

Los datos de presencia de las especies fueron adquiridos de dos formas: (i) con la georreferencia de los individuos observados en campo mediante un navegador GPS y (ii) con la obtención de bases de datos de presencia descargadas de plataformas virtuales (Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM), & Herbario Nacional de México (MEXU), 2019; GBIF.org, 2018; Tropicos.org, 2019).

Cuadro 2 25 Variables ambientales procesadas y utilizadas para la generación de los modelos de distribución potencial, en azul se muestran las 19 variables bioclimáticas obtenidas de worldclim 2.0 y reescaladas a la resolución del MDE, en amarillo las capas de uso de suelo y vegetación (usv) y el continuo edafológico descargadas de INEGI, en verde el NDVI promedio del 2018, en gris el MDE (DEM), mapa de pendientes y orientación derivados del MDE.

Variables ambientales

Puebla_res90m_bio01	Temperatura media anual
Puebla_res90m_bio02	Rango diurno promedio
Puebla_res90m_bio03	Isotermalidad
Puebla_res90m_bio04	Estacionalidad de la temperatura
Puebla_res90m_bio05	Temperatura máxima del mes más cálido
Puebla_res90m_bio06	Temperatura mínima del mes más frío
Puebla_res90m_bio07	Rango de temperatura anual
Puebla_res90m_bio08	Temperatura promedio del trimestre más húmedo
Puebla_res90m_bio09	Temperatura promedio del trimestre más seco
Puebla_res90m_bio10	Temperatura promedio del trimestre más cálido
Puebla_res90m_bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío
Puebla_res90m_bio12	Precipitación anual
Puebla_res90m_bio13	Precipitación del mes más húmedo
Puebla_res90m_bio14	Precipitación del mes más seco
Puebla_res90m_bio15	Estacionalidad de la precipitación
Puebla_res90m_bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
Puebla_res90m_bio17	Precipitación del trimestre más seco
Puebla_res90m_bio18	Precipitación del trimestre más cálido
Puebla_res90m_bio19	Precipitación del trimestre más frío
Puebla_edafos2_w84	Continuo edafológico serie dos 1:250 000

Puebla_usv5_w84	Uso de suelo y vegetación 1:250 000
Ndvi_puebla_prom2018_res90m_w84	NDVI promedio del año 2018
Dem_srtm_puebla_w84	Modelo digital de elevación
Slope_puebla_w84	Mapa de pendiente expresada en grados
Aspect_puebla_w84	Mapa de orientación expresada en grados

Para la modelación de la distribución potencial de las especies, utilizando el programa Maxent 3.4.1, se estableció un 75% de los datos de presencia para entrenamiento (training data) y un 25% de prueba (test data). Por su parte, para el formato de salida se seleccionó “cloglog” el cual asigna un valor a cada píxel entre 0 y 1 para representar la probabilidad de ocurrencia de la especie que es modelada en cada píxel. Se llevo a cabo un análisis de Jackknife con el propósito de averiguar las variables más relevantes para explicar el modelo. Asimismo, el programa genera información que es útil para identificar el porcentaje de contribución de cada variable.

Una vez que se obtuvieron los modelos de distribución potencial de cada especie en formato ráster, se reclasificaron en 5 categorías en función de su valor: (i) 0-0.2, (ii) 0.2-0.4, (iii) 0.4-0.6, (iv) 0.6-0.8 y (v) 0.8-1. Posteriormente, el número de pixeles en cada categoría fue cuantificado y se multiplico por su resolución espacial (90 m) para determinar la superficie cubierta para cada categoría de acuerdo con la probabilidad de su presencia. Finalmente se descartaron las categorías iguales o menores al umbral de corte, tomando en cuenta la especificidad y sensibilidad mostrada para cada especie en el modelo.

5.2.- IDENTIFICACION DEL SISTEMA SOCIAL

5.2.1.1.- MARCO SOCIOCULTURAL DE LA COMUNIDAD

5.2.1.2.- DEMOGRAFÍA

Los datos demográficos a nivel estatal y municipal fueron tomados de las plataformas en línea de INEGI (INEGI, 2016) y SEDESOL (CONEVAL, 2015; SEDESOL, 2010). De igual manera, los locales fueron obtenidos de las plataformas en línea y de las entrevistas

abiertas realizadas durante la estancia en los Ejidos visitados (Nuestro México, 2018b, 2018a).

5.2.1.3.- ORGANIZACIÓN

Se exploró la estructura organizacional a nivel comunidad, de San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa, mediante la consulta bibliográfica.

5.2.1.4.- INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

Se realizó la investigación bibliográfica de los núcleos agrarios y se identificaron los servicios básicos con los que cuentan o carecen las comunidades estudiadas.

5.3.2.1.- MARCO SOCIOCULTURAL DE BURSERIA

5.3.2.2.- ASPECTOS CULTURALES

Se documentó la relación existente entre las especies encontradas de *Bursera* y su relación con las tradiciones, las costumbres o los simbolismos de la comunidad, mediante la investigación documental y las entrevistas abiertas con miembros de las brigadas de monitoreo realizadas durante los recorridos participativos en los ejidos visitados.

5.3.2.3.- NORMATIVIDAD

Se consultaron los datos referentes al marco legal correspondiente a las normas oficiales mexicanas relacionadas con el manejo de las especies identificadas de *Bursera* (Gortari, 2018; Hurtado, 2012; SEMARNAT, 2014).

5.4.- IDENTIFICACION Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO ECONOMICO

5.4.1.- MERCADOS

Se determinaron, mediante entrevistas abiertas e investigaciones locales y bibliográficas, los argumentos que sustentan los posibles vínculos

mercantiles de los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa con otras localidades.

5.4.2.- ACTIVIDADES Y PRODUCTOS DERIVADOS

Se identificaron los productos y actividades derivadas del manejo de *Bursera* que tienen una buena relación “costo/beneficio” para la comunidad, utilizando como parámetro los productos extraídos y fabricados a partir de diferentes especies del género *Bursera*, en otras localidades de México.

5.4.3.- INFRAESTRUCTURA

Una vez obtenida la información correspondiente a los productos derivados de las especies de *Bursera*, los precios posibles, las poblaciones encontradas y el análisis de distribución potencial, se analizó la infraestructura necesaria para llevar a cabo las actividades de manejo de *Bursera* según el o los productos y actividades a desarrollar. Además, se calculó el costo, tiempo y distancia requeridos para llegar a los mercados existentes, considerando la suma de los valores de ida y vuelta, un precio de gasolina magna de 19.20 MXN/lit y un rendimiento para automóvil de 17 km/lit, utilizando la herramienta de ruteo del servicio de mapa digital de INEGI (INEGI 2019).

6.- RESULTADOS

6.1.- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

6.1.1.- CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LOS EJIDOS

6.1.1.1.- San Francisco Xochiltepec

Clima

En el ejido se encuentran los climas BS1hw (semiárido, semicálido); BSohw (árido, semicálido); BSo(h')w (árido, cálido); BS1kw (semiárido, templado); BSokw (árido, templado), con una temperatura media anual que oscila entre los 18 a 22°C. La precipitación media anual es de 424 mm (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012).

Fisiografía

San Francisco Xochiltepec pertenece a la provincia fisiográfica de la Mixteca Oaxaqueña y está conformado por dos topoformas: (i) valle de laderas y lomeríos y (ii) sierra volcánica de laderas escarpadas. (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012).

Hidrología

El ejido forma parte del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, y es parte del corredor de abastecimiento acuífero de galerías filtrantes y pozos. Los arroyos presentes son de carácter temporal y forman la subcuenca del Río Salado, mismo que forma parte de la cuenca 28A Río Papaloapan y de la región RH28 Papaloapan (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012).

Geología

Las formaciones geológicas de esta región se originaron en el periodo Cretácico; con presencia de rocas sedimentarias. Las Lutitas-areniscas son las dominantes pues cubren el 63% del territorio. Por su parte el 15% está formado de roca caliza, el 6% de conglomerados, el 4% de arenisca-conglomerados y el 1% de lutita-yesos (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012).

Tipo de suelo

De acuerdo con la serie II del continuo edafológico mexicano (INEGI, 2014), Xochiltepec presenta siete asociaciones de suelo ([Anexo 23 y 24](#)), siguiendo la clasificación WRB 2000. Los Leptosoles calcáricos, réndzicos y éutricos de textura media son los suelos dominantes. Los dos primeros se caracterizan por presentar altos niveles de carbonato

de calcio, mientras que el tercero tiene una alta saturación de bases (acetato de amonio) de hasta un 50% (FAO, 2008).

Tipo de vegetación

El mapa de uso de suelo y vegetación (USV), serie V del INEGI (2013a) muestra la presencia de siete clases: (i) Matorral crasicaule, (ii) Matorral desértico rosetófilo, (iii) Bosque de mezquite, (iv) Chaparral, (v) Pastizal inducido, (vi) Vegetación secundaria arbustiva de chaparral y (vii) Agricultura de temporal anual.

6.1.1.2.- San José Tilapa

Clima

Los climas que se encuentran en el ejido de San José Tilapa son: BSo(h')w(w) (seco muy cálido), C(w2)(w) (templado-subhúmedo), y BS1hw(w) (semiseco-semicálido). La temperatura media anual oscila entre los 18°C a 22°C; el rango de precipitación media anual oscila entre los 400 mm a 700 mm (PAIR Occidente A.C., 2010).

Fisiografía

El ejido se encuentra en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, en la subprovincia de Sierras Orientales y presenta 5 topoformas que delinean el relieve: (i) dolinas, (ii) cumbres tendidas, (iii) sierras bajas y altas, (iv) lomeríos solos y asociados con cañadas, (v) llanos y llanuras (PAIR Occidente A.C., 2010).

Hidrología

San José Tilapa se encuentra en la región hidrológica 28 Río Papaloapan, en la cuenca 28A Río Papaloapan, abarcando el Valle del Río Salado, el cual constituye un afluente mayor del río

Papaloapan, en la porción del territorio poblano (PAIR Occidente A.C., 2010).

Geología

El ejido comparte las características geológicas del Valle de Tehuacán y presenta los siguientes tipos de sedimentos; (i) materiales incrustados ricos en sílice, carbonatos, nitratos, cloruros y sulfatos claros; y (ii) arcillas, arenas y gravas aluviales cubiertas por piedra caliza. En el ejido se encuentran tres tipos de roca; (i) conglomerado poligénico-arenisca; (ii) aluvial; y (iii) complejo metamórfico ([Anexo 24](#)) (SGM, 2005).

Tipo de suelo

De acuerdo con la serie II del continuo edafológico mexicano (INEGI, 2014), Tlapa presenta seis asociaciones de suelo ([Anexo 23 y 26](#)), de acuerdo con la clasificación WRB 2000, siendo los dominantes los Cambisoles arídicos de textura media (tierra café con grava o piedra, comúnmente con arcilla), seguidos de los Regosoles éutricos y calcáricos (arenosos con grava, saturación de acetato de amonio y carbonato de calcio) y en algunas zonas son también importantes los Leptosoles éutricos (FAO, 2008).

Tipo de vegetación

Con respecto a la clasificación de uso de suelo y vegetación serie V (INEGI, 2013a), podemos observar la presencia de seis tipos: (i) Agricultura de riego semipermanente, (ii) Asentamientos humanos, (iii) Matorral crasicauale, (iv) Selva baja caducifolia (SBC), (v) Vegetación secundaria arbórea de SBC y (vi) Zona urbana.

En cuanto a las especies del género *Bursera* reportadas para la zona, PAIR Occidente A.C. (2010) reporta en la SBC a; (i) *B. arida*, (ii) *B. galeottiana* y (iii) *B. hindsiana*.

6.1.2.- Compilación de base de datos de presencia para especies de *Bursera*

En trabajos previos realizados en el Valle de Tehuacán existen hasta 34 especies distintas del género *Bursera* que han sido reportadas, siendo el trabajo de Medina-Lemos (2008) el que indica mayor número. En el Cuadro 3 se observa que los ordenamientos territoriales realizados en Xochiltepec y Tilapa reportan especies distintas a las identificadas en campo, coincidiendo únicamente en Tilapa con *B. aptera* y *B. morelensis*.

Durante los recorridos realizados en campo entre 2017 y 2018, se identificaron cuatro especies del género *Bursera*. Asimismo, se registraron un total de 194 puntos de presencia, de los cuales 76 son de *B. aptera*, 4 de *B. biflora*, 92 de *B. morelensis* y, 22 de *B. schlechtendalii* (Figuras 4-6).

La base de datos compilada a partir de la consulta de herbarios en línea mostro un total de 273 puntos de presencia, de los cuales 90 son de *B. áptera*, 61 de *B. biflora*, 62 de *B. morelensis* y 60 de *B. schlechtendalii*. La representación espacial de la base de datos se presenta en la figura 4, en la que se observa una mayor densidad de puntos de presencia de las especies en la región sur de Puebla, dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Cuadro 3 Tabla comparativa de especies de *Bursera* presentes en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán encontradas por trabajos previos realizados en la región. La abreviación OTC hace referencia a “Ordenamiento Territorial Comunitario”

(Medina-Lemos 2008)	(Dávila 2003)	(Dávila et al 2000)	(Toledo et al 2000)	(Valiente 2009)	OTC Xochiltepec	OTC Tilapa	Trabajo en campo
<i>B. altijuga</i>	X	X		X	X	X	
<i>B. aptera</i>	X		X	X		X	X
<i>B. arida</i>	X			X		X	
<i>B. ariensis</i>	X	X		X	X	X	
<i>B. aspleniifolia</i>	X			X			
<i>B. biflora</i>	X			X			X
<i>B. bipinnata</i>							
<i>B. bonetii</i>							
<i>B. cinerea</i>							
<i>B. copalifera</i>				X	X		
<i>B. dulcis</i>					X		
<i>B. esparzae</i>							
<i>B. fagaroides</i>							
<i>B. fragrantissima</i>							
<i>B. galeottiana</i>			X				
<i>B. glabrifolia</i>							
<i>B. gracilis</i>				X			
<i>B. graveolens</i>							
<i>B. heliae</i>			X	X	X	X	
<i>B. heteresthes</i>							
<i>B. hindsiana</i>			X				
<i>B. hintonii</i>							
<i>B. longipedunculata</i>							
<i>B. mirandae</i>					X		
<i>B. morelensis</i>						X	X
<i>B. odorata</i>							
<i>B. palmeri</i>							
<i>B. penicillata</i>							
<i>B. pontiveteris</i>				X			
<i>B. schlechtendalii</i>							X
<i>B. simaruba</i>							
<i>B. submoniliformis</i>							
<i>B. suntui</i>							
<i>B. vejar-vazquezii</i>							
Especies=34							4

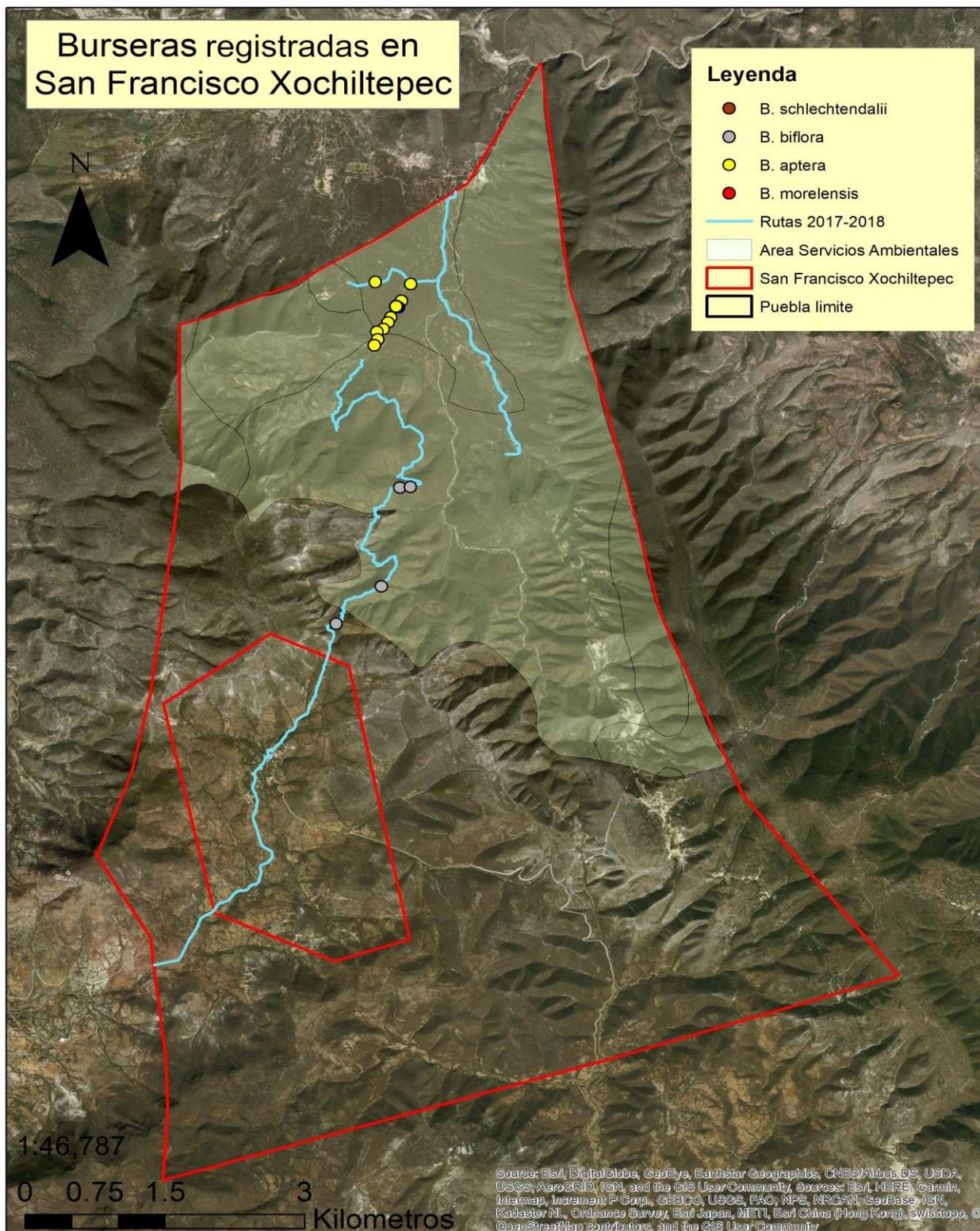


Figura 5 Mapa de sitios de distribución de especies de *Bursera* dentro del ejido San Francisco Xochiltepec tomados con GPS a una distancia mínima de 10m entre cada uno.

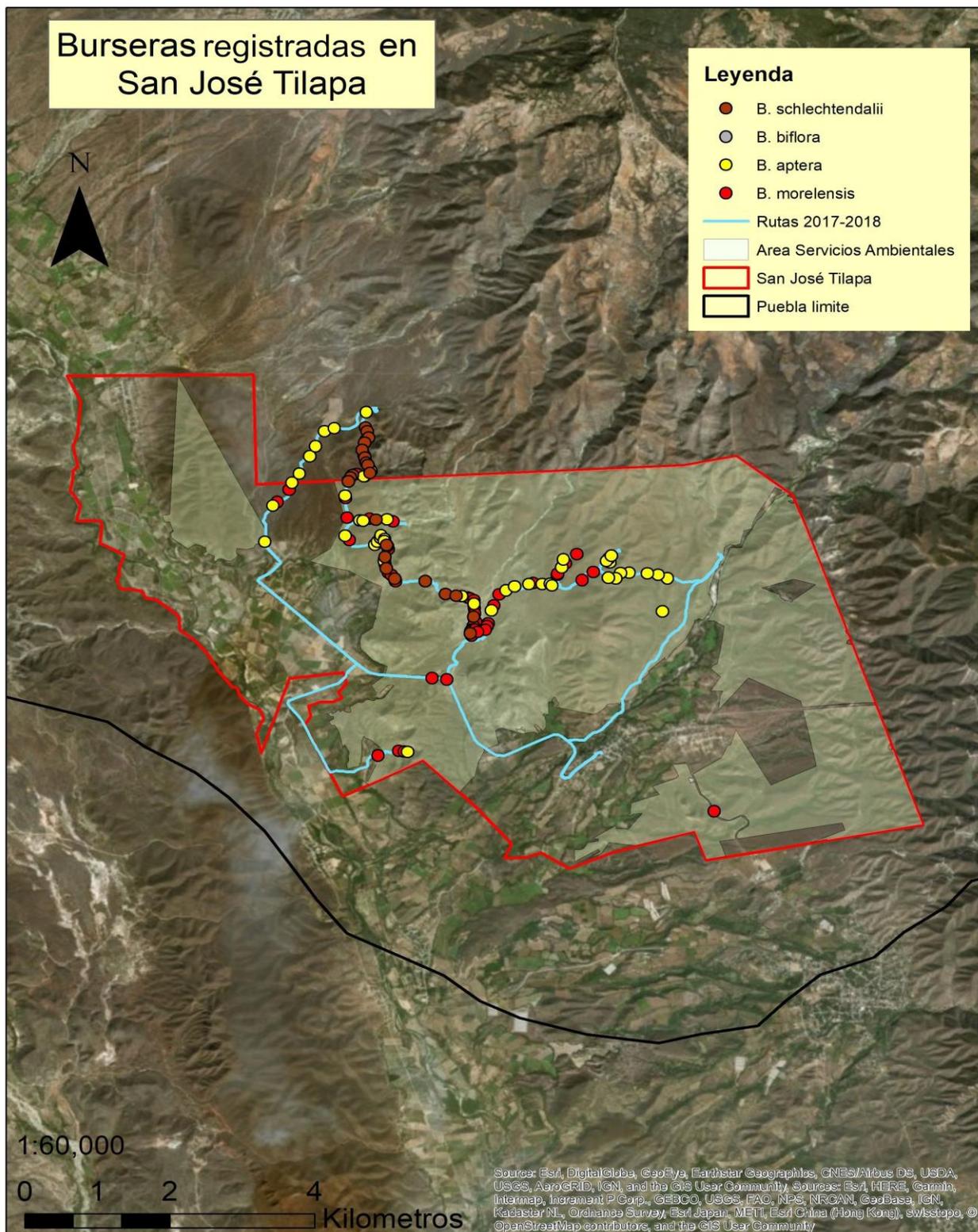


Figura 6 Mapa de sitios de distribución de especies de *Bursera* dentro del ejido San José Tilapa tomados con GPS a una distancia mínima de 10m entre cada uno.

6.1.3.- DIAGNOSIS DE ESPECIES DEL GÉNERO BURSERIA

6.1.3.- DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

La descripción taxonómica de *Bursera* fue basada en el trabajo de Medina-Lemos (2008). Las figuras 7 a 10 presentan las fotografiadas de los ejemplares revisados en el Herbario Nacional (MEXU).

***Bursera aptera* Ramírez 1894:**

Son **árboles** de 2.5 a 4.0 m de alto, dioicos, con **tronco** de 15.0 a 20.0 cm de diámetro, **corteza** externa exfoliante amarilla, descarpela en laminas papiráceas, la interna verde opaco o lustroso, con resina aromática abundante, ramas jóvenes glabras. **Hojas** imparipinadas, pecíolos de 5.0 mm de largo, glabros; láminas de 1.0 a 8.5 cm de largo. 0.6 a 3.0 de ancho, ovaladas, raquis sin alas, sin peciolulos, con 7 a 19 foliolos de 0.4 a 1.5 cm de largo, 2.0 a 6.0 de ancho, elípticos a ovalados, haz con nervadura principal oscura y poco evidente, envés con nervadura principal amarillenta y prominente. **Inflorescencias** reducidas a flores solitarias o en grupos de 2 a 3, glabras; bractéolas 1.0 a 1.2 mm largo, triangular-acuminadas. **Flores** amarillas, rojizas o blanquecinas, las **masculinas** 3-4 mera, hasta 8.0 mm largo, cáliz con lóbulos 1.5 a 3.0 mm largo, de 1.5 a 3.0 mm de largo, triangulares, desiguales, glabros, borde al secar con escasos tricomas cortos, corola con pétalos ca. 5.0 mm largo, 1.0 a 1.5 mm ancho, elíptico-oblongos, ápice recurvado, cuculados, coriáceos, glabros, estambres con 6 filamentos ca. 1.5 mm de largo, anteras ca. 2.0 mm de largo, oblongas, gineceo vestigial. Las flores **femeninas** 3-meras, hasta 6.0 mm de largo, cáliz con lóbulos 1.2 a 1.6 mm de largo, iguales, cuculado deltoide, corola con pétalos 4.0 a 5.0 mm de largo, cuculado-aquillados, estaminodios con enteras ca. 1.0 mm largo, estaminodios con anteras ca. 1.0 mm, con ovario 3-locular, glabro, estilo menor de 1.0 mm de largo, con 3 estigmas. **Frutos** con 1 ovario, agrupados en el ápice de los braquiblastos, con 3 valvados, de 6.0 a 7.0 mm largos, 5.0 a 6.0 mm de ancho, globosos u ovoides, ápice apiculado,

ligeramente trígonos, rojizos obovados, completamente cubiertos del pseudorilo, amarillo o blanquecino (Figura 7).

Habitualmente se encuentra en el bosque tropical caducifolio y en el matorral xerófilo, en suelos de origen calizo. Presente en elevaciones desde 550 hasta 1950 m. Con floración desde abril hasta julio y fructificación de junio a noviembre (Figura 11 y 12). Comúnmente llamado Copalillo, Cuajote, Cuajote amarillo o Cuajote verde.

Esta especie puede ser confundida con *Bursera fagaroides* cuando las hojas son jóvenes, ya que ambas presentan una corteza exfoliante amarillenta. Una vez que las hojas maduran pueden distinguirse con facilidad ya que *B. fagaroides* tiene raquis alado y *B. áptera* carece de él. Generalmente comparte hábitat con *B. fagaroides*, *B. morelensis*, *B. arida*, *B. schlechtendalii*.

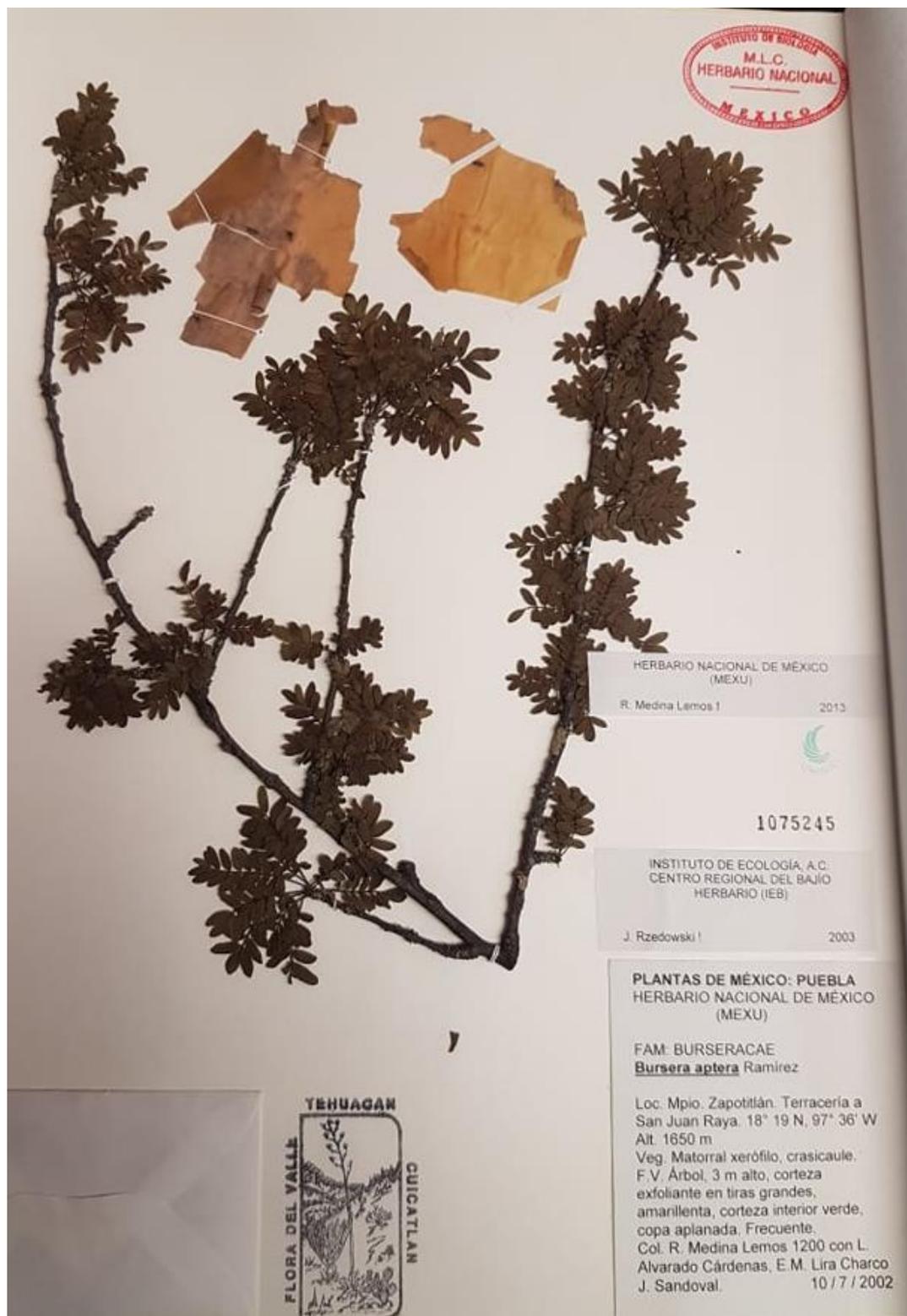


Figura 7 Ejemplar de *B. aptera* preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).

***Bursera morelensis* Ramírez 1896:**

Son **árboles** de 3.0 a 10.0 m de alto, dioicos. Con **troncos** hasta 40.0 cm diámetro, corteza externa exfoliante, rojiza descarpada en láminas delgadas, con ramas jóvenes y maduras glabras, con resina aromática aceitosa, abundante; catafilos inconspicuos, pronto deciduos. Con **hojas** imparipinadas de 5.0 a 11.0 cm de largo, 1.5 a 4.5 cm de ancho, oblongo-elípticas en contorno; los pecíolos son acanalados de 1.0 a 2.0 cm de largo; con 15 a 45 folíolos, raquis inconspicuamente alado, folíolos sésiles o subsésiles de 0.7 a 2.2 cm de largo, 1.4 a 2.5 mm de ancho y lineares oblongas a linear lanceolados, con base aguda a cuneada, ápice agudo, margen entero, nervadura central conspicua, secundarias inconspicuas. **Inflorescencia** racimosa o paniculada, hasta con 5.0 cm de largo, con bractéolas filiformes o subuladas. Con **flores** amarillentas, verdosas o blanquecinas; las flores **masculinas** 5-meras o 3-4 meras, cáliz con lóbulos de 0.7 a 2.3 mm largo, angostamente triangulares, ápice agudo, glabros; corola con pétalos de 3.0 a 6.0 mm largo, oblongos a lanceolados, cuculados; con 6 a 10 estambres, filamentos ca. 1.0 mm de largo, anteras oblongas de 1.5 a 2.0 mm de largo. Las flores **femeninas** 3-meras, menos frecuentemente 4-5 meras, usualmente solitarias, rara vez pares o panículas cortas, similares a las masculinas, estaminodios con pedúnculos de 1.3 a 2.2 cm de largo, fuertemente engrosados y recurvados, glabros, con 3-valvas de 5.0 a 10.0 mm de largo, 4.0 a 6.0 mm ancho, oblicuamente ovoides, ligeramente apiculados, glabros, los huesos están completamente por un pseudoarilo amarillento ([Figura 8](#)).

Comúnmente se encuentra en el bosque tropical caducifolio, sobre distintos tipos de sustrato. Se presenta en elevaciones desde los 500 hasta los 1500 m. La floración se presenta de mayo hasta principios de junio y fructifica de julio a octubre ([Figura 11](#) y [12](#)). Usualmente se le llama Copalillo o Cuajijote rojo.

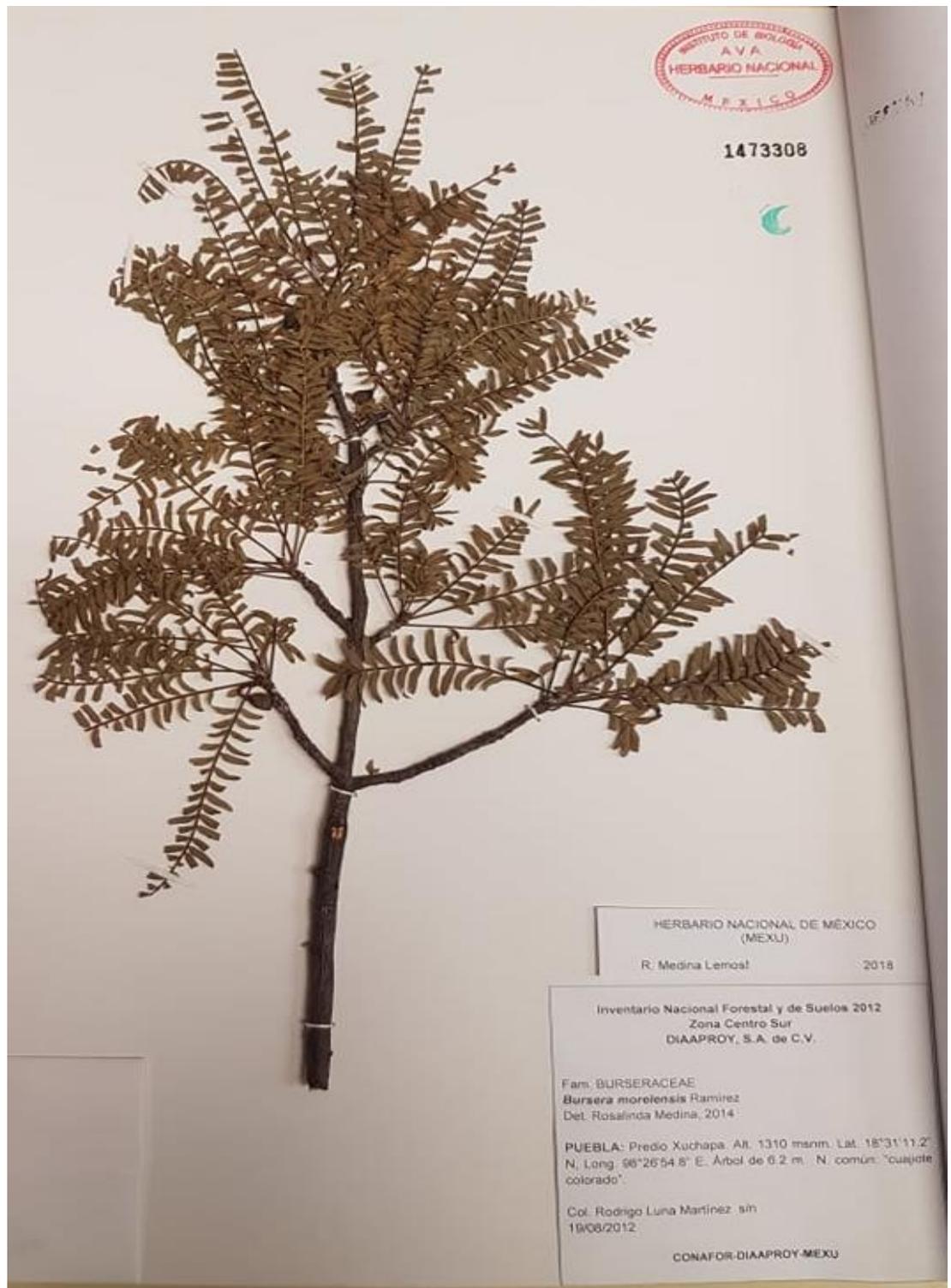


Figura 8 Ejemplar de B. morelensis preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).

***Bursera schlechtendalii* Engl. 1883**

Pueden encontrarse en forma de **arbustos** o **árboles** desde 0.5 a 10.0 m de alto, dioicos. Con **troncos** hasta de 20.0 a 30.0 cm de diámetro, con corteza externa exfoliante roja, en láminas grandes blanquecinas diminutas, con resina aceitosa abundante de aroma fuerte. Con **hojas** simples unifoliadas, con pecíolos de 0.3 a 1.4 cm de largo, láminas de 1.0 a 15.0 cm de largo y 0.5 a 5.0 cm de ancho, elípticas, oblanceoladas u obovadas, margen entero, cartáceas, envés con nervaduras prominentes mientras que las secundarias con pares desde los 2 a los 11 bifurcadas. La **inflorescencia** con flores solitarias o en racimos cortos, encontrándose sobre pedúnculos de hasta 5.0 mm de largo. Las **flores** son amarillentas o rojizas, con flor **masculina** 3 o 5-meras, cáliz con lóbulos de 0.4 a 1.0 mm de largo, triangulares o triangu-oblongos, corola con pétalos de 2.0 a 3.5 mm de largo, triangular-lanceolados, con ápice encorvado, y de 8 a 10 estambres, filamentos menores a 1.0 mm de largo y anteras de 1.2 a 1.5 mm de largo. Las flores **femeninas** son 3-meras, semejantes a las masculinas, con estaminodios ca. 1.0 mm de largo, ovario 3-locular, glabro, con un estilo corto y 3 estigmas. Los **frutos** se encuentran sobre pedúnculos de hasta 5.0 mm de largo y muy engrosados, 3-valvados, de 4.0 a 8.0 mm de largo, oblicuamente ovoidales, frecuentemente apiculados, glabros ([Figura 9](#)).

Comúnmente se encuentra en el matorral xerófilo y el bosque tropical caducifolio, en elevaciones desde 600 hasta 1600 m. Su floración se presenta de marzo hasta junio y fructifica de junio a octubre. Usualmente se le llama Aceitillo ([Figura 11 y 12](#)).



Figura 9 Ejemplar de *B. schlechtendalii* preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).

***Bursera biflora* (Rose) Standl. 1897**

Son **árboles** de hasta 8.0 m de altura, dioicos. Con **troncos** hasta de 40.0 cm de diámetro, con corteza externa no exfoliante lisa y gris, ocasionalmente con corteza exfoliante, con resina aromática, ramas juveniles rojizas a negruzcas, pubérulas, luego glabrescentes. Presenta catafilos desde 3.0 hasta 5.0 mm de largo, lieneares a angostamente triangulares, densamente pubérulos por la parte externa y glabros por la interna. Con **hojas** en roseta sobre los ápices de los baquióblastos o alternas en las ramas juveniles de 1.0 hasta 7.0 cm de largo y 0.8 hasta 6.0 cm de ancho; pecíolos de 0.3 hasta 2.0 cm de largo, pubérulos o vilosos, el peciólulo del folíolo terminal es de hasta 3.0 mm de largo, y de hasta 1.5 mm de largo en los laterales; de 1 a 5 folíolos, cuando presenta 5, el raquis lleva alas angostas y enteras, hasta 0.5 mm de ancho, de 0.9 a 5.0 cm de largo y de 0.7 a 2.0 cm de ancho, ovados a elípticos, con base cuneada a truncada, ápice agudo u obusto con margen remarcadamente serrado, cartáceos a coriáceos en la madurez, envés con venación prominente y haz pubérula frecuentemente glabrescente, el envés es densamente viloso pudiendo estar ausente en la madurez. La **inflorescencia** esta reducida a una cima 3-flora, hasta de 3.0 cm de largo, ocasionalmente los individuos masculinos presentan panículas con hasta 15 flores, bractéolas lineares subuladas hasta de 1.5 mm de largo, pedicelos filiformes de 0.1 a 1.0 cm de largo. Las **flores** son blanquecinas. Las flores **masculinas** son 4-meras, con cáliz lobulado, lóbulos de 0.5 a 0.8 mm de largo, triangulares, por fuera pubérulos o vilosos, con 8 estambres, filamentos de 0.6 a 1.3 mm de largo, anteras oblongas de 0.6 a 0.9 de largo, con gineceo vestigial. Las flores **femeninas** son similares a las masculinas, con estaminodios con anteras de 0.4 mm de largo y ovario 2-ocular, glabro y con 2 estigmas. Los **frutos** de 1 a 3 presentes, con pedúnculos hasta de 5.0 cm de largo, filiformes, 2-valvados de 7.0 a 9.0 mm de largo y de 5.0 a 6.0 mm de ancho, elipsoides u ovoides, rojizos en la madurez, glabros, cubiertos por un pseudoarilo anaranjado ([Figura 10](#))

Comúnmente habita en el bosque tropical caducifolio y en la transición de con el bosque de *Quercus* y el matorral xerófilo. Se ha registrado en elevaciones desde 550 hasta 2200 m. Su floración se presenta desde mayo hasta principios de julio y fructifica de junio a septiembre (Figura 11 y 12). Usualmente se le llama Copal, Copali, Mulatillo y Amarillo.

B. biflora es una de las especies del género *Bursera* más variables en su morfología. En su mayoría, las poblaciones de esta especie presentan hojas 3-foliadas, sin embargo, hay poblaciones con hojas 1-foliadas, e incluso se encuentran ejemplares con 3-5 folíolos. Igualmente hay gran variación en la presencia de pubescencia del follaje, también en el largo del pecíolo y de los folíolos (que incluso pudieran parecer especies distintas). Asimismo, la corteza del tronco presenta variaciones, lisa, gris y no exfoliante. A pesar de estas diferencias, no hay pruebas que indiquen que se trata de especies distintas, por lo cual a todas se les reconoce como pertenecientes a esta especie.

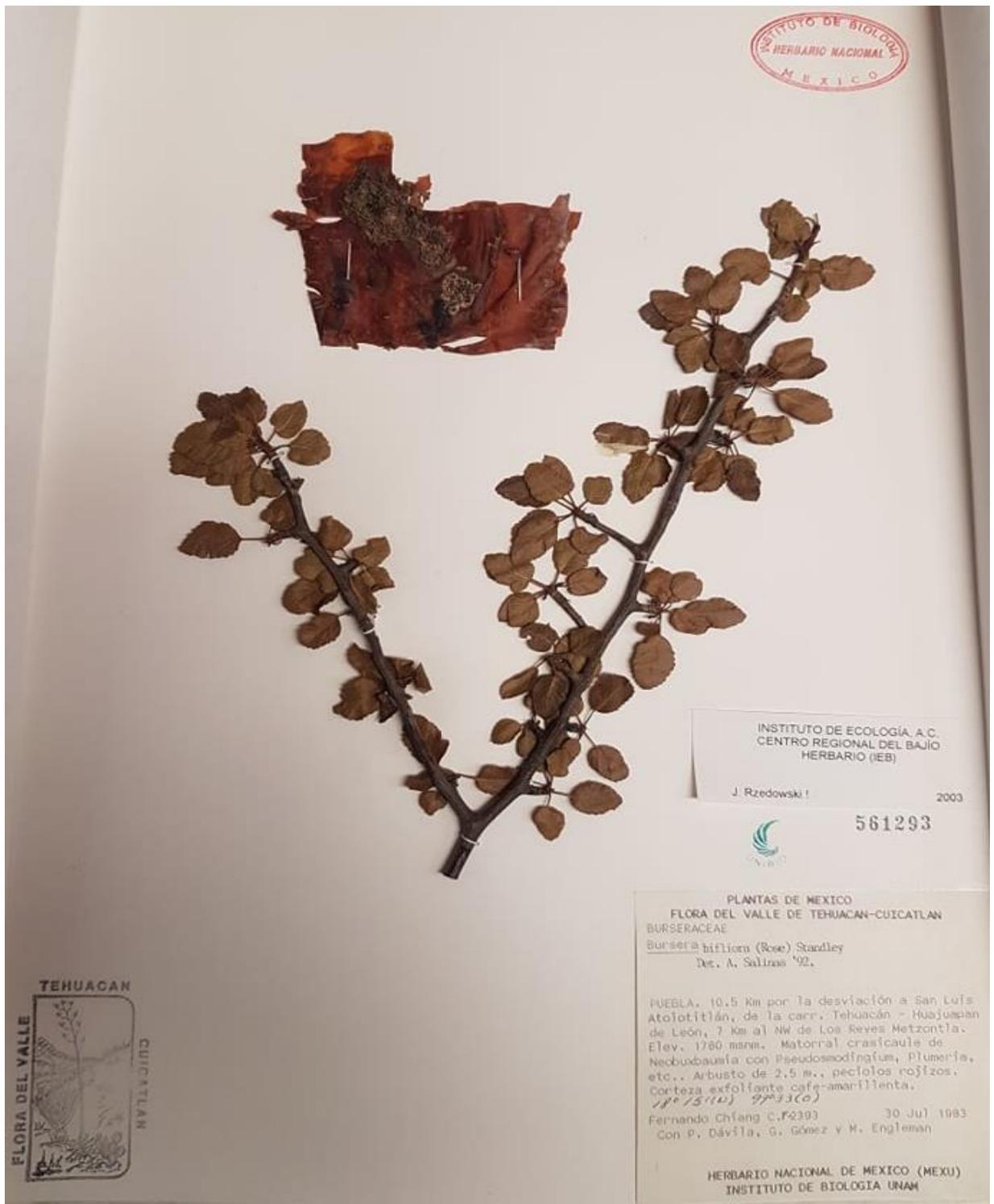


Figura 10 Ejemplar de *B. biflora* preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).

La floración y la fructificación de las cuatro especies identificadas coinciden con la temporada de lluvias, teniendo una floración simultánea de mayo a junio. La especie *B. morelensis* es la que presenta un periodo de floración más corto (Figura 11). La fructificación se presenta de manera simultánea de julio a octubre en las 4 especies. En la figura se observa que el periodo más largo de fructificación lo presenta la especie *B. áptera* (junio a noviembre) (Figura 12).

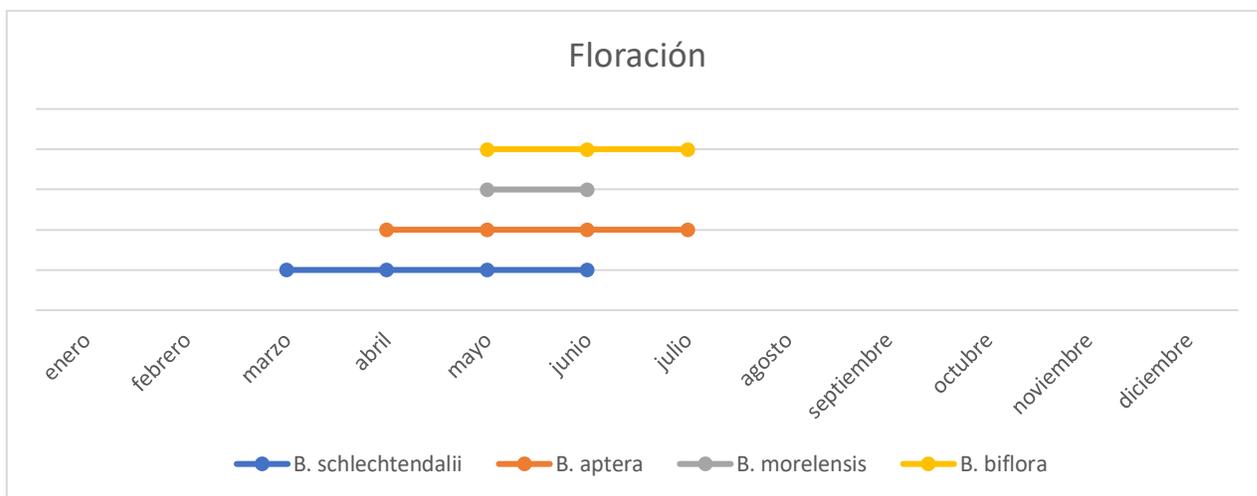


Figura 11 Gráfica de temporadas de floración presente en las especies de *Bursera* identificadas en campo.

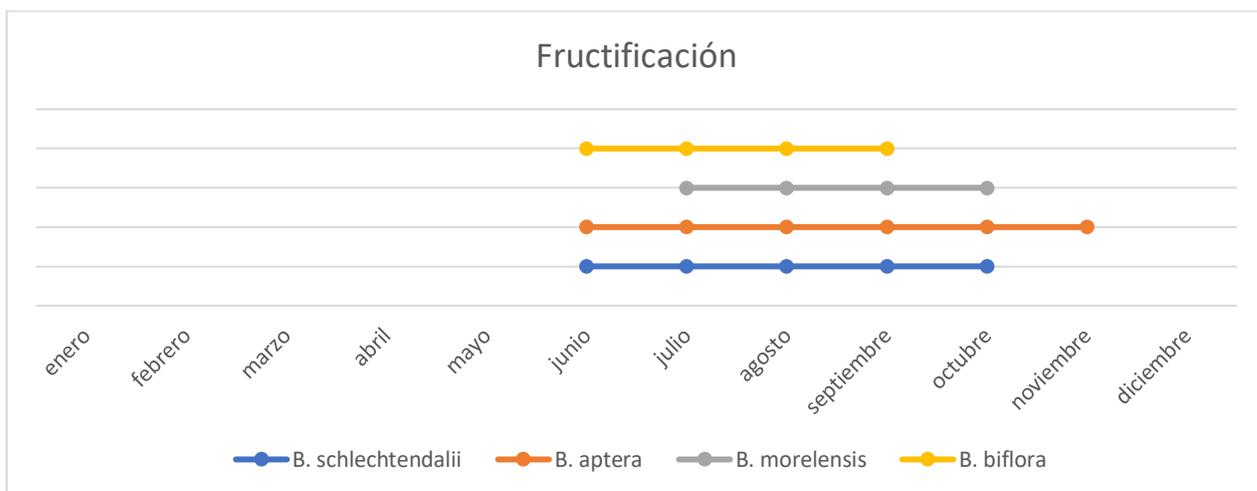


Figura 12 Gráfica de temporadas de fructificación presente en las especies de *Bursera* identificadas en campo.



Figura 13 Toma de puntos de presencia en campo, en la fotografía se aprecia un individuo de *B. aptera* en San Francisco Xochiltepec, zona colindante con Zapotitlán.

6.1.4.- Tipo de vegetación y suelo donde se presenta *Bursera*

En este apartado se presenta el registro espacial de las especies de *Bursera*, a partir de la base de datos elaborada, en los diferentes tipos de vegetación. (INEGI, 2014), y el continuo edafológico (INEGI, 2013a) ([Anexo 1-9](#)).

6.1.4.1.- Tipos de vegetación:

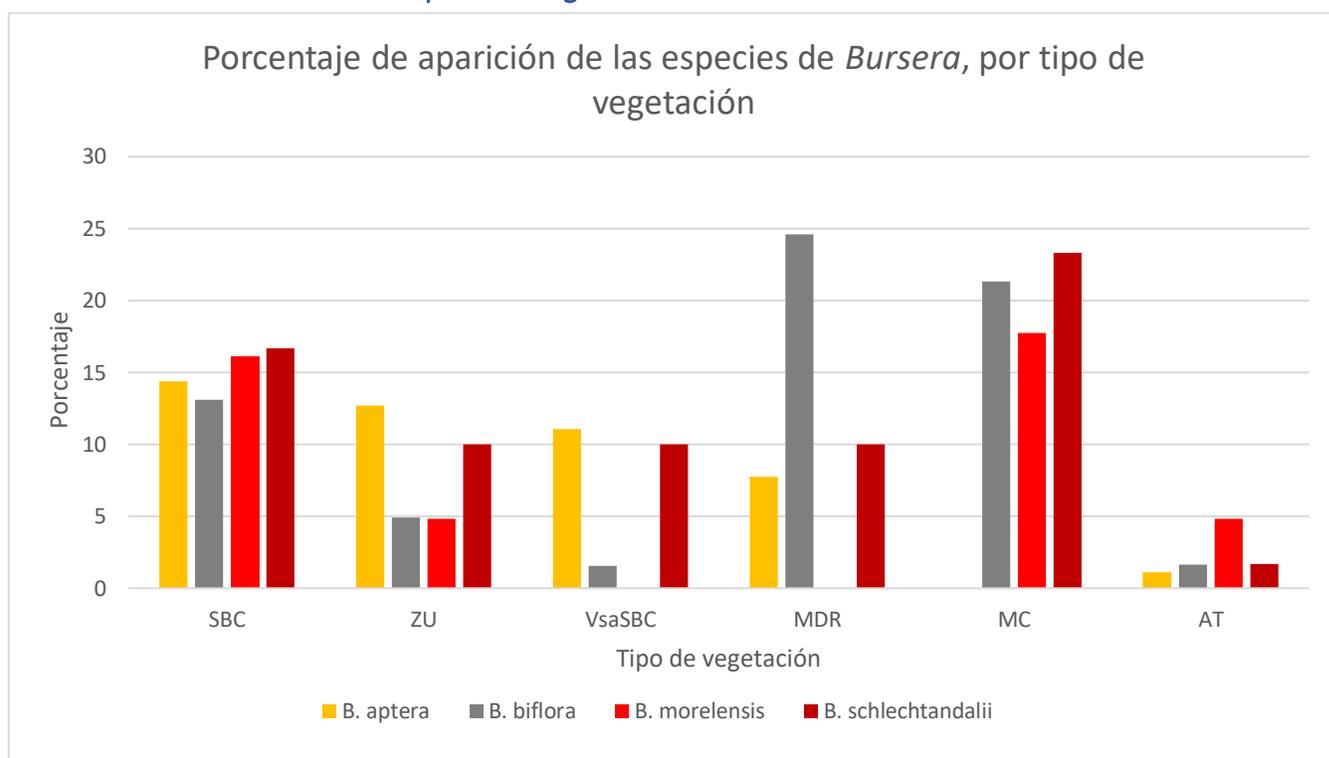


Figura 14 En la gráfica se presentan las categorías SBC (Selva Baja Caducifolia), ZU (Zona Urbana), VsaSBC (Vegetación secundaria arbustiva de Selva Baja Caducifolia), MDR (Matorral Desértico Rosetófilo), MC (Matorral Cracicaule) y AT (Agricultura Temporal).

Se observa en la [figura 14](#) que existe una coincidencia en las cuatro especies con respecto a su distribución en los diferentes tipos de vegetación que ellas habitan. Solamente en el caso de la Vegetación secundario de SBC, no hubo registros de *B. morelensis*. Asimismo, en el Matorral desértico rosetófilo se concentraron los registros de *B. biflora*, y no hubo registros de *B. morelensis*.

6.1.4.2.- Tipos de Suelo:

En cuanto a la relación espacial entre los tipos de suelo y la información de la base de datos compilada, los resultados indican que las cuatro especies de *Bursera* se encuentran principalmente en seis tipos de suelo dominantes (Figura 15) (Anexo 9): (i) **Leptosoles**, que se caracterizan por ser suelos someros, rocosos y poco útiles para la agricultura ya que son altamente susceptibles a la erosión. Ellos corresponden a cuatro tipos, el calcárico y el réndzico, siendo ambos ricos en carbonato de calcio y, cuya diferencia es el contenido de materia orgánica. También se encontró el éútrico que se caracteriza por tener una gran saturación ($\geq 50\%$), de acetato de amoni. Finalmente, en menor porcentaje, se encontró el tipo húmico, que se distingue por tener carbono orgánico; (ii) **Regosoles**, los cuales son suelos minerales débilmente desarrollados, formados por materiales no consolidados, recientemente formados, generalmente presentes en áreas con fuerte erosión. Ellos no tienen gran valor agrícola en las zonas áridas, por lo que son utilizados como zonas de pastoreo. Se encontraron en dos tipos de este suelo, el éútrico y el calcárico; (iii) **Cambisoles**, los cuales son suelos combinados que contienen de manera evidente material parental, y alto porcentaje de arcilla y de carbonatos. Son usualmente de alto valor agrícola para cultivos intensivos. Se encontró el de tipo arídico, característico de zonas áridas con poca precipitación; (iv) **Zona Urbana**, tipo de suelo correspondiente a zonas con notable desarrollo urbano y construcción; (v) **Umbrisoles**, suelos con alta acumulación de materia orgánica en la superficie mineral y con baja saturación de bases. Se utilizan generalmente para el pastoreo extensivo, presentan riesgo de erosión. Se encontró específicamente el de tipo húmico; (vi) **Phaeozem**, suelos de pastizal, que están altamente lixiviados, que son ricos en humus y saturados de bases. Ellos son de alto valor agrícola por su alta

fertilidad y porosidad. Específicamente se encontró el de tipo calcárico (FAO, 2008; UNEX, 2019).

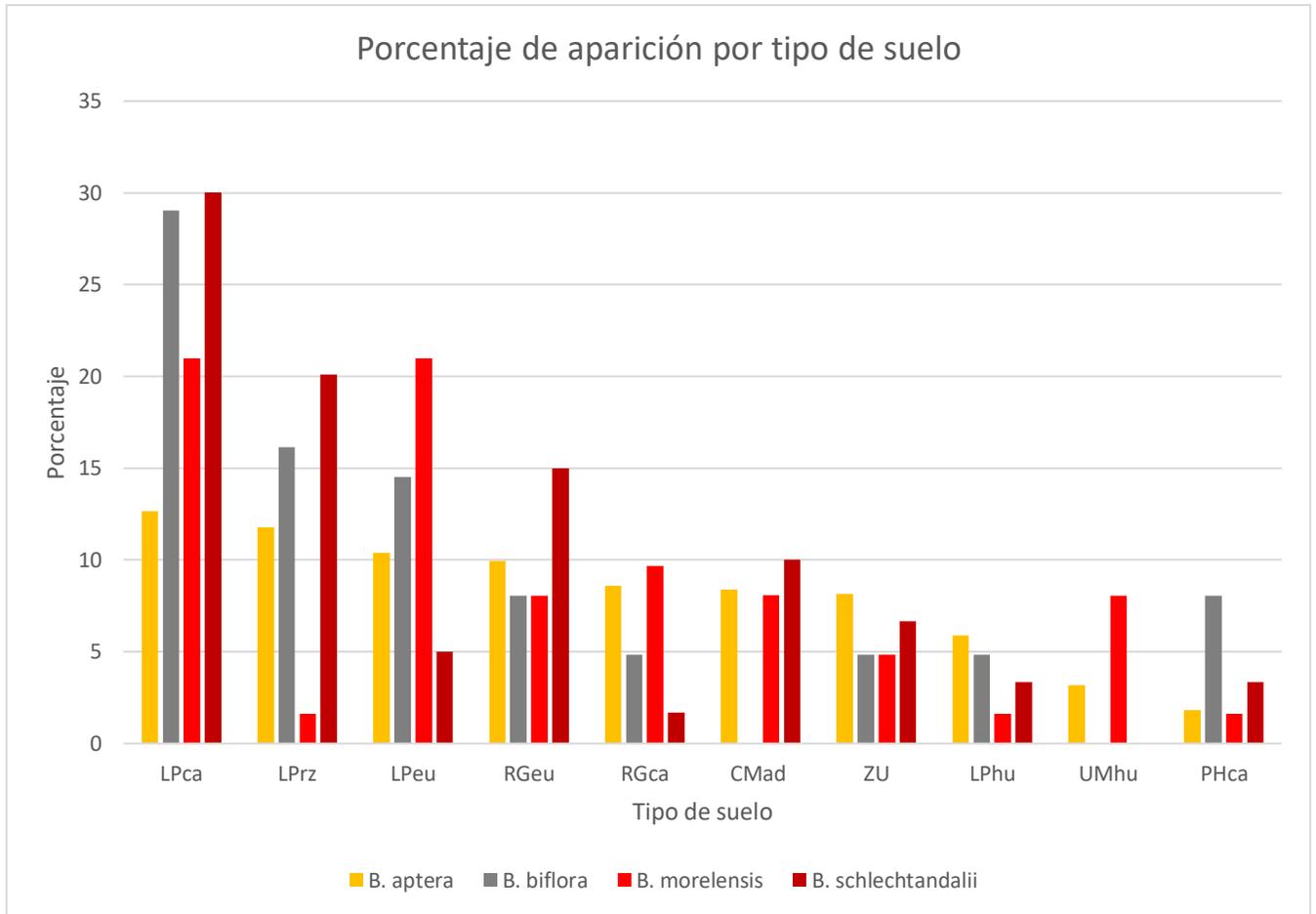


Figura 15 En la gráfica se presentan las categorías CMad (Cambisol árido), LPca (Leptosol calcárico), LPeu (Leptosol éútrico), LPrz (Leptosol réndzico), PHca (Phaeozem calcárico), RGca (Regosol calcárico), RGeu (Regosol éútrico), UMhu (Umbrisol húmico) y ZN (Zona Urbana).

6.1.5.- Modelos de distribución potencial

Los resultados del análisis de distribución potencial muestran que los modelos generados tuvieron un valor de área bajo la curva (**AUC**) para los datos de prueba de **0.952** en el caso de *B. aptera*, **0.962** para *B. biflora*, **0.927** para *B. morelensis* y **0.96** para *B. schlechtendalii* (Anexo 10-13).

Las superficies de distribución de las cuatro especies trabajadas se presentan en los Anexos 14 y 15. En el cuadro 4 se presenta únicamente las superficies de distribución de las especies, con una probabilidad de ocurrencia entre 0.8 y 1. En ellas se puede observar que, para todo el estado de Puebla, la especie con mayor superficie predicha es *B. morelensis*, mientras que la menor fue *B. biflora*. En el caso de Xochiltepec la especie con mayor superficie predicha fue *B. biflora*, y la menor fue *B. aptera*. En el caso de Tilapa la mayor superficie fue de *B. morelensis* y la menor fue *B. biflora*. Cabe resaltar que Xochiltepec y Tilapa mostraron resultados notablemente distintos, ya que en el primero existe, para *B. biflora* una superficie de probabilidad de presencia ($p > 0.8$) predicha del 30.89% del territorio total, mientras que en Tilapa dicha especie tuvo una superficie predicha de 0% del territorio ejidal. Igualmente el resto de las especies varió considerablemente. (Cuadro 4).

Cuadro 4 Superficie modelada para cada especie con un valor superior a 0.8 de probabilidad de ocurrencia.

Especies	Puebla		Xochiltepec		Tilapa	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
B. aptera	4642.29	1.24%	32.31	6.02%	400.77	76.86%
B. biflora	3502.71	0.93%	165.78	30.89%	0	0.00%
B. morelensis	4148.01	1.11%	54.36	10.13%	387.09	74.23%
B. schlechtendalii	3681.18	0.98%	55.71	10.38%	302.31	57.97%

la información se presenta para el Estado de Puebla y para los núcleos agrarios San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa; en la primera columna la superficie se expresa en kilómetros cuadrados (km²) y en la segunda como porcentaje de la superficie total del territorio (%).

Las [figuras 16-19](#) muestran que la distribución potencial modelada varía para cada especie, así como su posible distribución en comunidades cercanas como San Antonio Texcala, Zapotitlán Salinas, Colonia San Martín (San Martín del Valle) y Teotitlán de las Flores Magón. En el [cuadro 4](#) se distingue claramente la limitada distribución potencial modelada de *B. biflora* en Tilapa y sus alrededores. Asimismo, se distingue el fenómeno contrario en la distribución potencial de las otras tres especies ([Figura 16-19](#)).

Para todos los modelos el valor umbral de corte (S. J. Phillips et al., 2006), se encontró en las categorías 0-0.2 y 0.2-0.4, por lo que en los mapas se muestran las celdas con un valor mayor al 40% de probabilidad de presencia de la especie ($p < 0.4$).

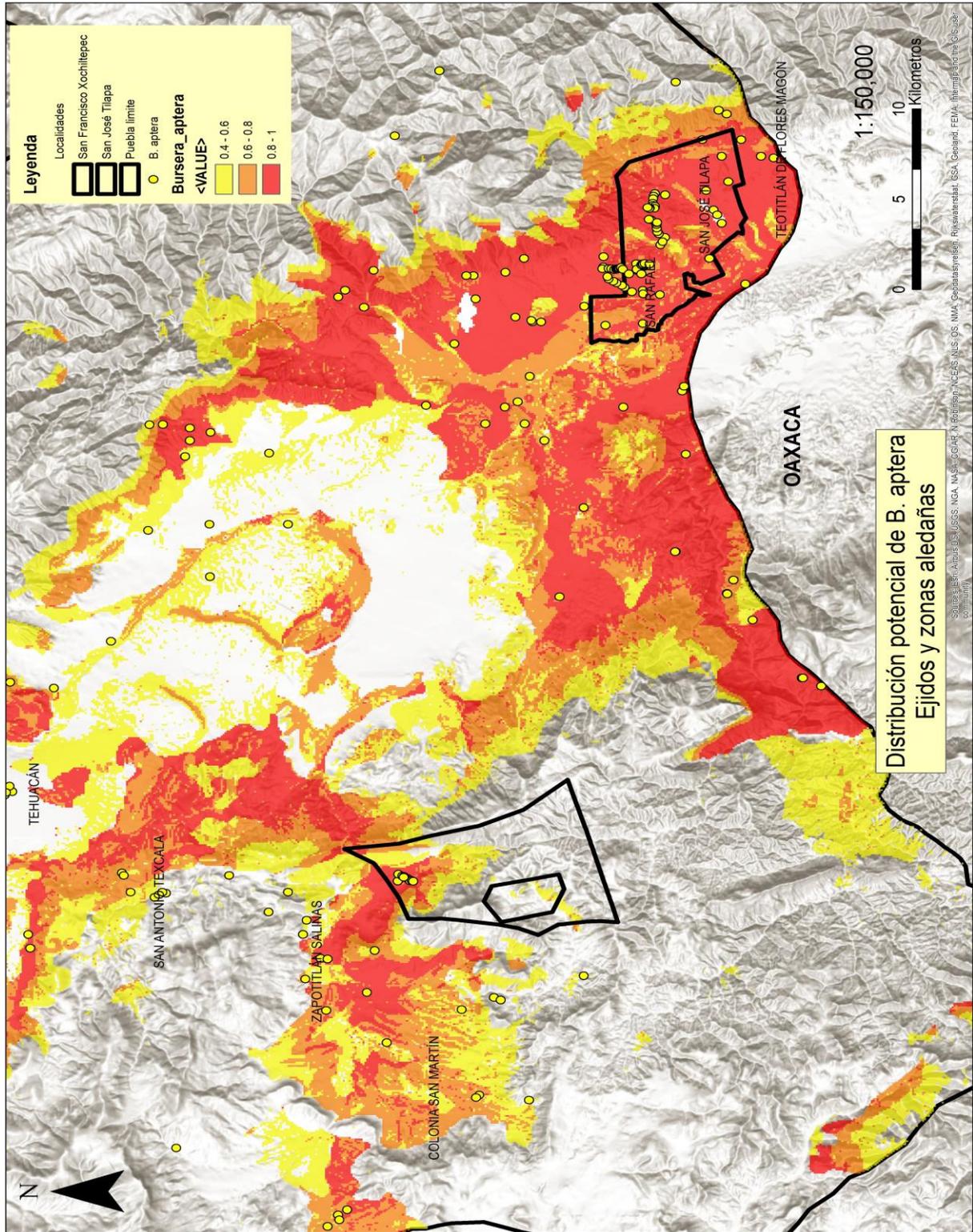


Figura 16 Modelo de distribución potencial de *B. aptera* (Anexo 17) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos amarillos los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.

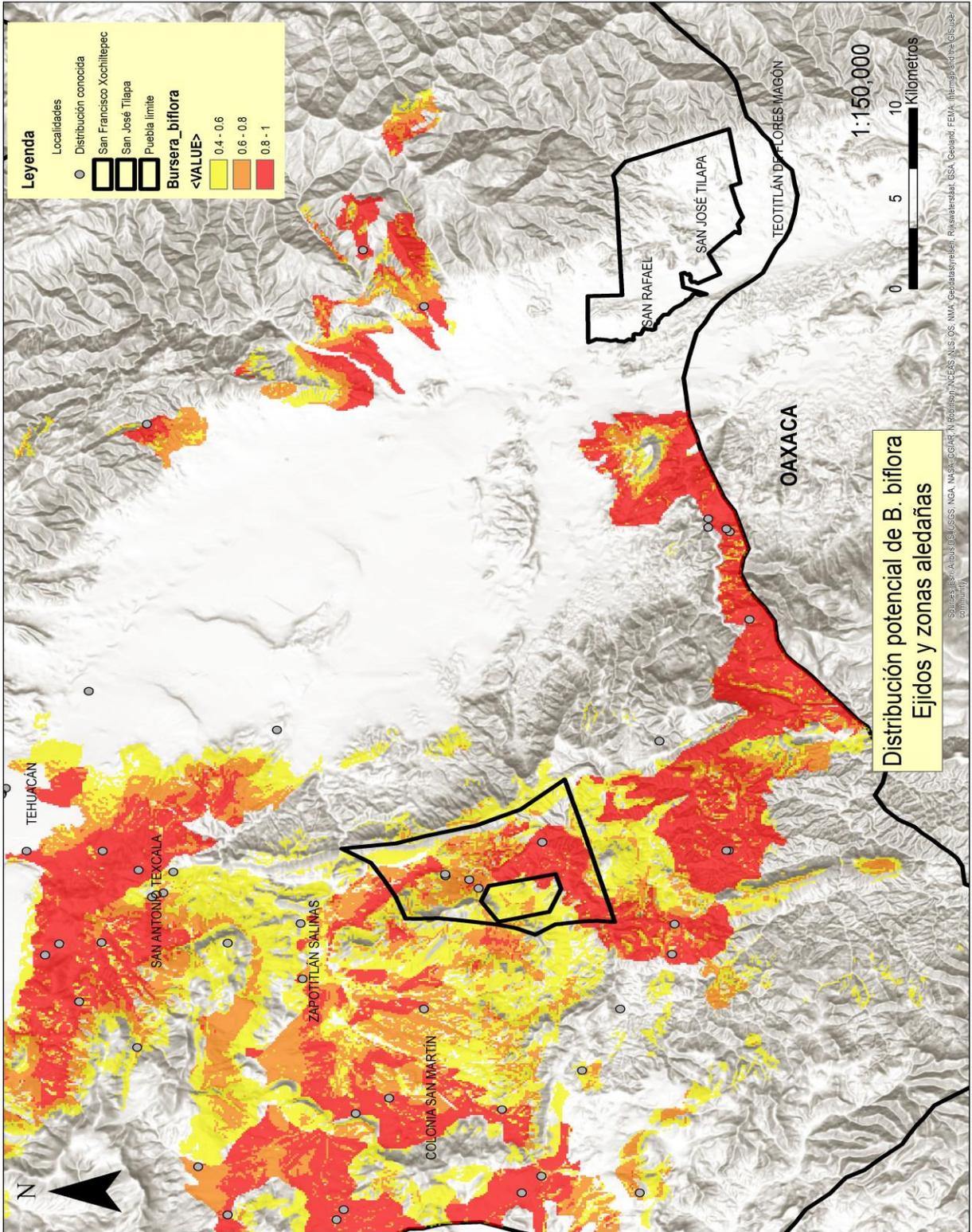


Figura 17 Modelo de distribución potencial de *B. biflora* (Anexo 18) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos grises los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.

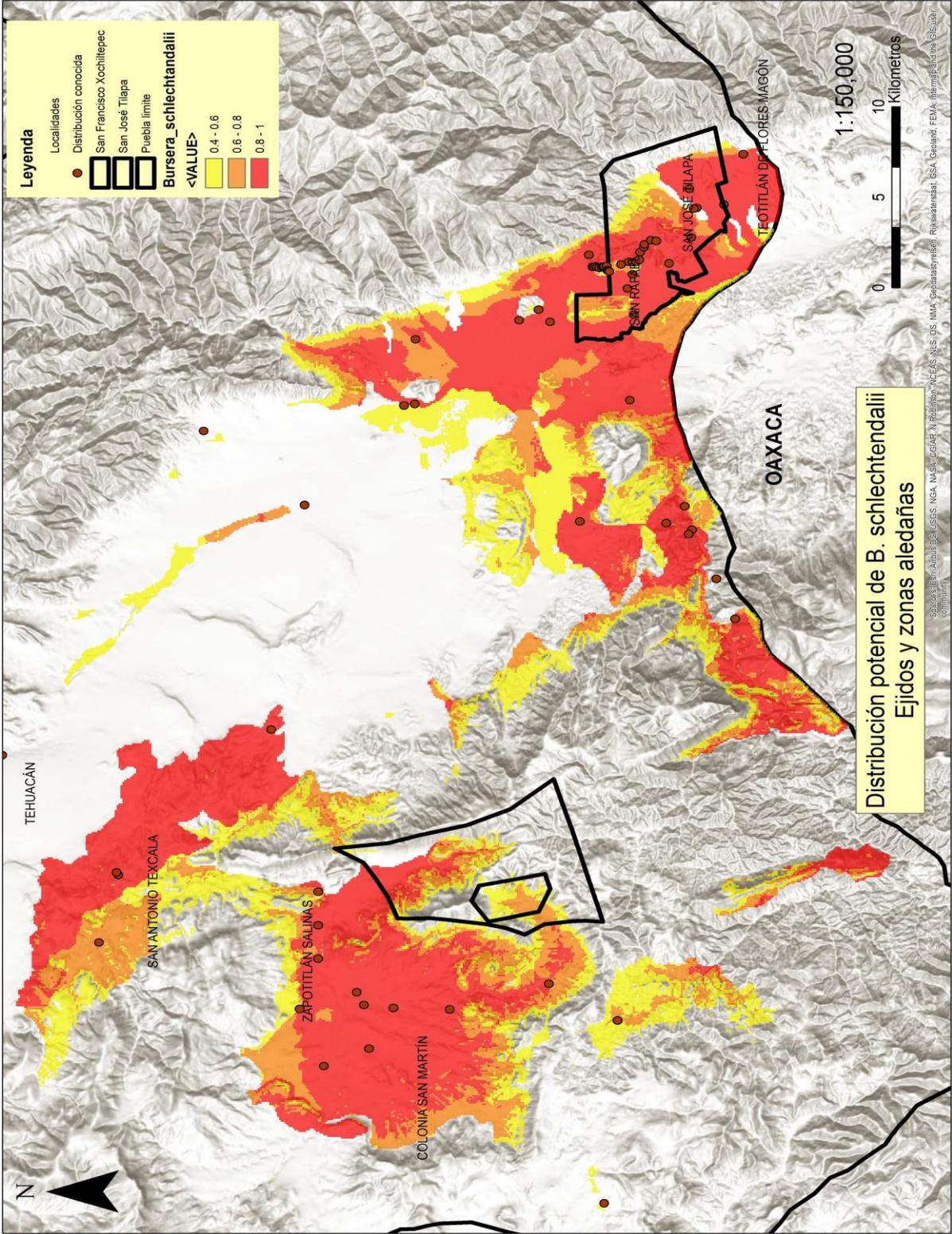


Figura 19 Modelo de distribución potencial de *B. schlechtendalii* (Anexo 20) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos marrón los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.

Con respecto a los análisis Jackknife ([Anexo 28-31](#)) ([Figura 20](#)), la variable que obtuvo un mayor valor de AUC para *B. aptera* fue la temperatura mínima del mes más frío (AUC=0.81). En el caso de *B. biflora* el resultado fue similar (AUC=0.87). Sin embargo, con respecto a *B. morelensis*, la variable con mayor valor fue el tipo de vegetación (AUC=0.90) y para *B. schlechtendalii*, resultó ser la precipitación del trimestre más cálido (AUC=0.84). Se puede observar que *B. biflora* presenta el valor más alto de AUC, en 11 de las 25 variables ([Anexo 22](#)).

En contraste, las variables que obtuvieron un valor de $AUC < 0.5$ fueron, para *B. aptera*, *B. biflora* y *B. schlechtendalii* la orientación de laderas, para *B. biflora*, la pendiente y para *B. morelensis*, la precipitación del trimestre más frío. En el caso de *B. schlechtendalii* todas las variables tuvieron un valor de $AUC > 0.5$, sin embargo, la variable de menor desempeño fue la pendiente (AUC=0.54).

Otro acercamiento que permite entender la importancia de cada variable es su porcentaje de contribución al modelo generado. En la [figura 21](#) podemos observar las variables que en conjunto contribuyeron el 90% o más al modelo, las cuales son el tipo de suelo (EDAFO), el tipo de uso de suelo y vegetación (USV), la temperatura máxima del mes más cálido (Bio5), la precipitación del trimestre más húmedo (Bio16), la precipitación anual (Bio12), la temperatura mínima del mes más frío (Bio6), el índice NDVI promedio anual del 2018 (NDVI), la precipitación del mes más seco (Bio14), el mapa de pendientes (SLOPE) y el rango diurno promedio (Bio2) ([Anexo 32](#)).

Se puede observar que, aunque en general el tipo de suelo tuvo la mayor contribución a los modelos de las cuatro especies de *Bursera*, existen variaciones específicas, tales como con la temperatura máxima del mes más cálido (Bio5) que tuvo una contribución nula para *B. biflora*, pero relevante para el resto de las especies, o la precipitación del trimestre más húmedo (Bio16), que es el caso contrario, es decir, que el modelo para dicha especie muestra su preferencia por sitios más húmedos y fríos, en contraste a las otras tres especies.

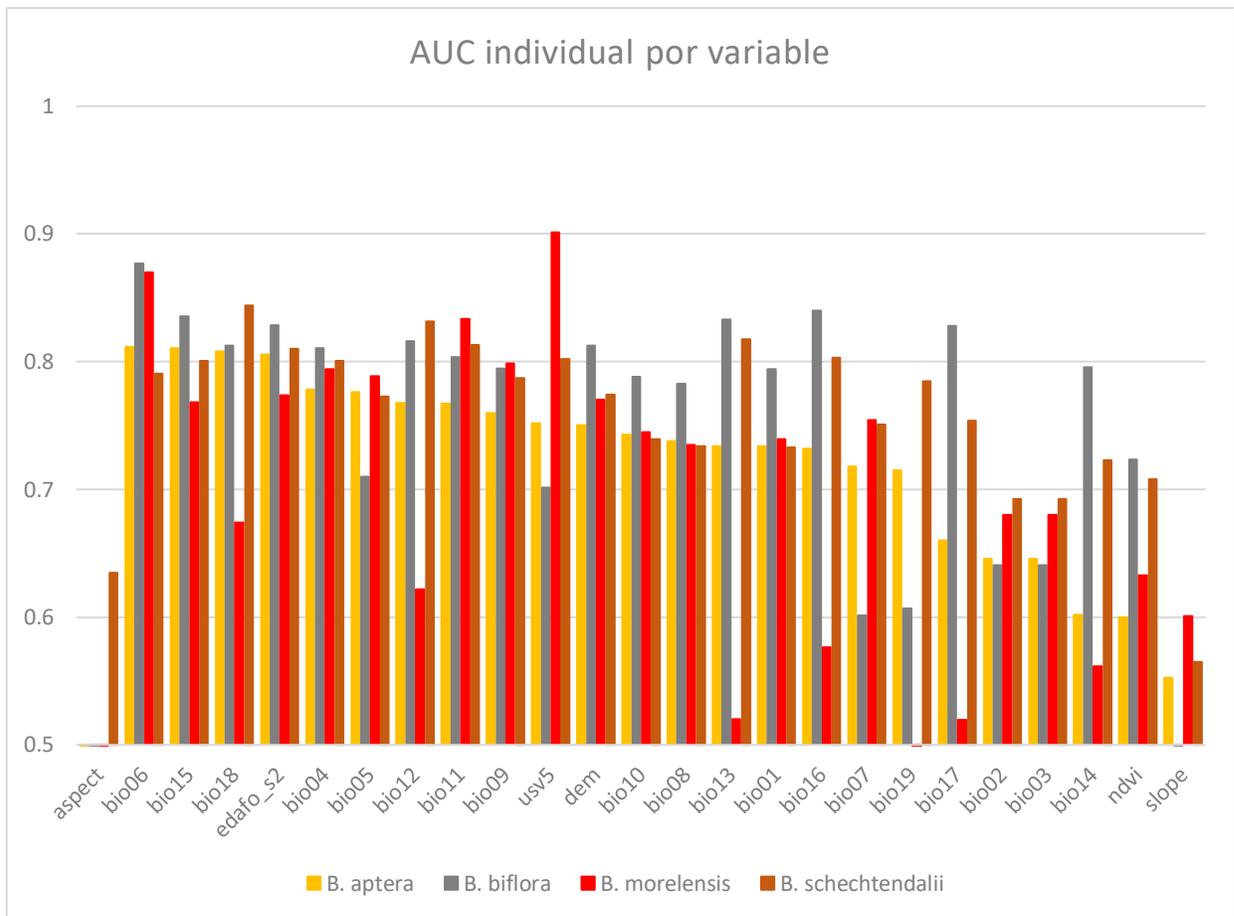


Figura 20 Comparación gráfica del AUC de cada especie de *Bursera* cuando el modelo utiliza únicamente cada variable

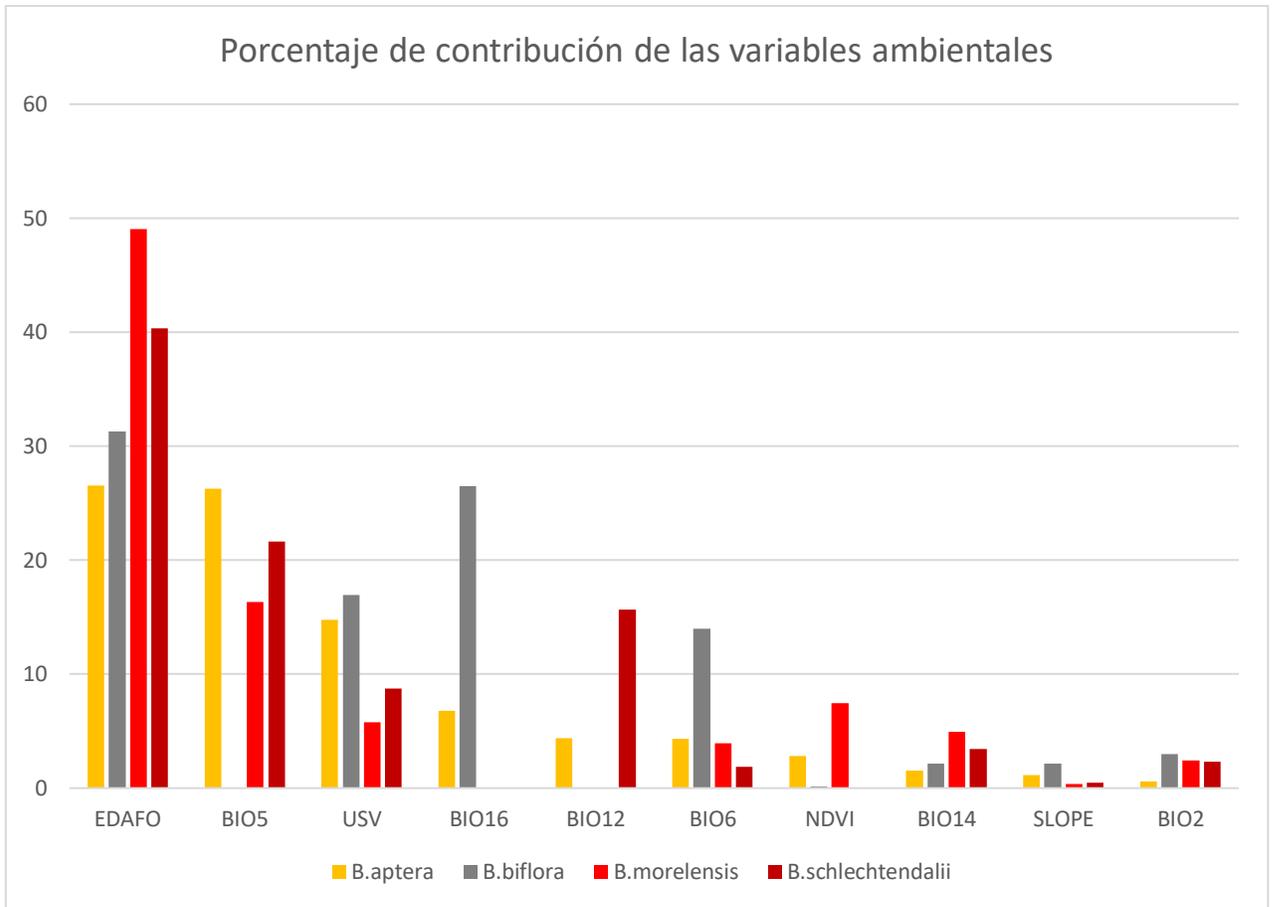


Figura 21 Contribución porcentual de las variables ambientales más relevantes (valor acumulado =< 90%) para la modelación de la distribución potencial de las cuatro especies de *Bursera*.

6.2.- IDENTIFICACION DEL SISTEMA SOCIAL

6.2.1.- MARCO SOCIOCULTURAL DE LA COMUNIDAD

6.2.1.2.- DEMOGRAFÍA

Municipio de Zapotitlán:

En el municipio de Zapotitlán habitan alrededor de 8,495 personas. De ellas, 3,933 son mujeres (46%) y 4,563 son hombres (54%)(INEGI, 2013b). Según CONEVAL (2015), el 72.7% de la población se encuentra en algún estado de pobreza, de este último grupo, el 18.1% se encuentra en pobreza extrema. Solamente el 2.1% de la población no presenta ningún nivel de rezago.

Ejido San Francisco Xochiltepec:

Dentro del municipio de Zapotitlán. Se localiza el núcleo agrario de San Francisco Xochiltepec, el cual cuenta con aproximadamente 210 personas, de las cuales 109 (52%) son mujeres y 101 (48%) hombres. Existen 60 hogares, incluyendo 10 personas que viven en un hogar indígena y 3 que hablan un idioma diferente al español.

En el 2010 se reportó una población aproximada de 200 habitantes (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012). Durante los recorridos realizados en 2017-2018, se encontró mediante las entrevistas abiertas, que en el pueblo habitan menos de 300 personas, que en menor proporción son adultos jóvenes, y en mayor medida son habitantes de más de 60 años, principalmente debido a la migración.

Municipio de Coxcatlán:

En el municipio de Coxcatlán habitan alrededor de 20,459 personas. De ellas, 9,587 son mujeres (47%) y 10,872 son hombres (53%)(INEGI, 2013b). Según CONEVAL (2015), el 67% de la población se encuentra en algún estado de pobreza, de este último grupo, el 22.4% se encuentra en pobreza extrema. Solamente el 7.7% de la población no presenta ningún nivel de rezago.

San José Tilapa:

Dentro del municipio de Coxcatlán, se localiza el núcleo agrario de San José Tilapa, el cual cuenta con aproximadamente 1977 personas, de los cuales 1073 (54%) son mujeres y 904 (46%) hombres. Existen 497 hogares, donde 388 personas viven en hogares indígenas, de los cuales por lo menos 161 hablan un idioma diferente al español (Nuestro México, 2018a).

En el año 2000 se realizó un censo donde se contaron 2604 habitantes, posteriormente en el 2005 el censo registró 2675 personas, calculando una tasa de crecimiento de 0.5%. Se encontró un déficit en la población masculina de entre 15 y 24 años de edad, ocasionado por su migración fuera del ejido hacia otros lugares, en busca de trabajo (PAIR Occidente A.C., 2010).

6.2.1.3.- ORGANIZACIÓN

De acuerdo con la CONANP (2010), y el Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C. (2012), ambos núcleos agrarios cuentan con una estructura de organización similar, con dos grupos de poder, con distintas funciones; (i) Comisariado ejidal y (ii) Consejo de vigilancia. Ambos compuestos de tres niveles de organización y sus funcionarios tienen una duración de tres años sin posibilidad de reelección

inmediata. El Cuadro 5 muestra la configuración de los niveles de organización y cuerpos de autoridad.

Cuadro 5 Niveles de organización y cuerpos de autoridad para los núcleos agrarios.

Nivel de autoridad	Autoridad	Responsable	
Administrativo	Junta auxiliar	Presidente auxiliar municipal	
		Regidor de gobernación y policía auxiliar	
		Regidor de educación	
		Regidor de salud	
		Auxiliar de salud	
	Ministerio público	Agente subalterno	
	Juez de Paz	Juez de Paz	
Ejidal	Comités	Comités	
		Comisariado Ejidal	Presidente
			Secretario
	Tesorero		
	Consejo de vigilancia	Presidente	
		1° Secretario	
		2° Secretario	
	Guardatierras	Guardatierras	
Comité de vigilancia	Comité de vigilancia		

Adicional a la estructura organizativa antes mencionada, ambas comunidades cuentan con la brigada de vigilancia forestal, que como se mencionó antes, es la encargada de realizar el monitoreo ambiental comunitario del programa de Pago por Servicios Ambientales (CONAFOR, 2011)

6.2.1.4.- INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

Municipio de Zapotitlán:

El municipio de Zapotitlán, existen aproximadamente 2,204 viviendas, de las cuales el 13% tiene piso de tierra, el 71% de cemento firme y 16% de mosaico/madera. Ellos tienen acceso a agua, de ella, el 40% viene de pipas, el 15% de pozos, el 23% de arroyos/ríos y el 1% de

recolección de lluvia. Un 88% de los habitantes dispone de energía eléctrica y un 97% de drenaje (57% de red pública, 41% de fosa séptica y 2% desagua a la barranca) (INEGI, 2017).

San Francisco Xochiltepec:

En el núcleo agrario de Xochiltepec, 21 viviendas cuentan con piso de tierra, 32 no disponen del agua entubada de la red pública y otras 5 no disponen de energía eléctrica y otras 5 no disponen de sanitarios. Dentro de la población, 122 personas mayores de 15 años no completaron educación básica, y 88 no son derechohabientes de servicios de salud pública (SEDESOL, 2010)

Xochiltepec cuenta con una escuela preescolar, una primaria, un centro de salud, una tienda comunitaria, 7 tiendas particulares de abarrotes, así como con una caseta de servicio telefónico satelital. Debido a que algunas familias no cuentan con acceso a agua potable, estas acarrear agua desde las fuentes, “El Palomo” y “La Cañada Grande” utilizando animales de carga (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012).

Municipio de Coxcatlán:

El municipio de Coxcatlán consta aproximadamente de 4,802 viviendas. De ellas, el 17% tiene piso de tierra, el 72% cemento firme y el 11% de mosaico/madera. El 32% de los habitantes tienen acceso a agua por pipa, el 14% por pozo y el 40% de arroyos/ríos. El 99% dispone de energía eléctrica y el 97% dispone de drenaje (47% de red pública, 53% de fosa séptica y 1% desaguan a la barranca) (INEGI, 2017).

San José Tilapa:

En el núcleo agrario de Tilapa existen 616 viviendas, de las cuales 123 cuentan con piso de tierra y todas ellas cuentan con acceso a agua potable. Solo 19 no cuentan con energía eléctrica. La comunidad de Tilapa cuenta con drenaje que vierte hacia el río Salado. Dentro de la población, hay 176 personas mayores de 15 años que no completaron educación básica y 178 personas son analfabetas (Nuestro México, 2018a; PAIR Occidente A.C., 2010)

Tilapa cuenta con una escuela preescolar, una primaria, una secundaria, un bachillerato, 3 curanderas tradicionales, una clínica, y un parque central (PAIR Occidente A.C., 2010). No cuenta con el registro del número de tiendas particulares o comunitarias, sin embargo, en los alrededores del parque se encuentra una tienda de abarrotes y una frutería.

6.3.2.1.- MARCO SOCIOCULTURAL DE BURSERIA ASPECTOS CULTURALES

Las especies del género *Bursera* se han utilizado en México desde la era prehispánica, ya que eran parte de los tributos que las provincias del actual estado de Guerrero entregaban a Tenochtitlan, principalmente para su uso durante los temazcales. Posteriormente en las iglesias comenzó a utilizarse el humo de copal como una forma de purificación espiritual. Actualmente en la porción alta de la Cuenca del Balsas se utilizan alrededor de 15 especies distintas de *Bursera*, y las principales zonas productoras de copal coinciden con aquellas registradas en la era prehispánica. Además de esto, en la Mixteca Poblana y Oaxaqueña, diversas familias complementan sus ingresos con la recolección y venta de copal (Linares & Bye, 2008).

Las formas de aprovechamiento tradicional existentes en la región consisten en la colecta directa de resina por picaduras de insectos, o la realización de incisiones en los troncos para la colecta de barras de copal, así como la creación de artesanías a partir de la madera aromática del árbol. Además, el trabajo de Martínez (2009) menciona la utilización de un sistema de zonificación de copales que no son aprovechados, para permitir su regeneración; con esto, se pueden localizar aquellos que han regenerado lo suficiente para volver a ser aprovechados (Martínez, 2009; Velarde, 2008).

Xochiltepec:

Las entrevistas abiertas realizadas en Xochiltepec revelaron que las especies locales de *Bursera* se utilizan principalmente en ceremonias religiosas, ya que su resina se quema durante funerales e iglesias; sin embargo, su uso no está muy extendido. El método de colecta consiste en tomar únicamente los brotes de resina provocados por picaduras de insectos en la corteza, también utilizan la goma como “veneno para perro”; esto sugiere la presencia de *B. fagaroides*, especie a la que comúnmente se le atribuye esta característica.

Dado que, la colecta de resina es muy sencilla y poco común, la comercialización es muy escasa. Debido a ello, son pocos los ejidatarios que realizan la colecta y es principalmente para autoconsumo. Los sobrantes ocasionalmente son vendidos en el mercado de Tehuacán.

Tilapa:

Durante los recorridos en campo y mediante las entrevistas abiertas con los miembros de la brigada de vigilancia forestal, se encontró que el uso principal de las especies de *Bursera*, es religioso, siendo la quema de madera su uso más habitual. De manera similar al caso de Xochiltepec, no hay una tradición de colecta y preparación de resina

arraigada en el pueblo. Sin embargo, la corteza del cuajote rojo (*B. morelensis*) es utilizada con fines medicinales para aliviar quemaduras cutáneas.

6.3.2.2.- NORMATIVIDAD

Si bien ninguna de las especies estudiadas se encuentra en alguna norma oficial mexicana o categoría de protección (CONABIO, 2019; SEMARNAT, 2014), es importante considerar el marco legal y la reglamentación que hay entorno al aprovechamiento de dichas especies como recurso natural.

En el caso de San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa, así como del resto de la estructura ejidal, los miembros de dichos núcleos agrarios, es decir los ejidatarios, tienen derecho a hacer uso de sus tierras según sus usos y costumbres bajo el consentimiento del comisariado ejidal. De hecho, la explotación colectiva de las tierras se puede adoptar, siempre y cuando la asamblea ejidal así lo decida, cumpliendo las disposiciones del reparto equitativo del beneficio, capital de reserva, previsión social y fondos comunes, según lo estipulado en el artículo 9º, 10º y 11º de la Ley Agraria (Gortari, 2018).

El apoyo y facilitación de los recursos económicos para llevar a cabo actividades de aprovechamiento sustentable dentro de las áreas naturales protegidas, debe ser otorgado por la Federación a través de la secretaría de Hacienda y Crédito Público, así como por los gobiernos municipales, una vez que los estudios necesarios sean llevados a cabo. Lo anterior se estipula en los artículos 64 BIS, 79, 80 y 81 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) (Hurtado, 2012).

Debido a que los ejidos Xochiltepec y Tilapa se encuentran en la Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán, los ejidatarios tendrían

que solicitar los permisos necesarios ante SEMARNAT en el marco de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), para realizar el aprovechamiento de los recursos naturales trabajados en este estudio (Blanco, 2013).

6.4.- IDENTIFICACION Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO ECONOMICO

6.4.1.- MERCADOS

A nivel local, en los núcleos agrarios de San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa, el copal como materia prima o como producto derivado, puede ser trasladado y vendido al mercado de la ciudad de Tehuacán, o al de Teotitlán de Flores Magón. Para la venta al mayoreo existen dos mercados en el estado de Puebla, el de Tzicatlán y Jolalpan. Sin embargo, estos dos están retirados ya que se encuentran en la zona suroeste, cerca de la frontera con el estado de Morelos (Linares & Bye, 2008).

A nivel nacional, la quema de copal como parte de ceremonias religiosas, principalmente católicas, genera un nicho comercial idóneo para surtir a ciudades de Puebla, Ciudad de México, Morelia y Guadalajara, ya que son las que tienen mayor infraestructura católica del país y además, son centros del turismo religioso nacional (Haroche, 2014). En internet se pueden encontrar a distintos vendedores que ofrecen el kilogramo de copal desde 550 MXN, o también se venden las varas de incienso en las distintas páginas tales como Mercado Libre México.

En 2013, solamente el estado de Puebla exportó 1034 kg de goma de copal, de los cuales 100 kg fueron exportados a Alemania y 934 kg a los Estados Unidos, por un valor de 5,899 USD y 1,115 USD respectivamente (INEGI, 2013b); esto equivale a 58.99 USD/Kg (1,128 MXN valor actual) y 1.19 USD/Kg (22.77 MXN valor actual).

6.4.2.- ACTIVIDADES Y PRODUCTOS DERIVADOS

Los productos derivados de los copales y los cuajotes pueden agruparse por su origen, de acuerdo con las partes del árbol. Estas son (i) resina, (ii) madera y (iii) frutos, (iv) árbol completo (**Cuadro 6**) (Linares & Bye, 2008; Martínez, 2009; Velarde, 2008).

A continuación, se describen los diferentes productos derivados de los copales y los cuajotes que se pueden comercializar.

Resina:

- **Copal puro:** Se obtiene haciendo incisiones en la corteza del árbol y colectando la resina en forma de barras. Se caracteriza por la baja presencia de impurezas y basuras. Estas incisiones son superficiales y no dañan al árbol, si se hacen con precaución.
- **Copal de segunda/impuro:** Su extracción es similar a la del copal puro, sin embargo, es colectada con menor cuidado, por lo que su presentación es en barras de menor tamaño y con impurezas, tales como hojas, basuras o insectos muertos en su interior.
- **Goma de copal/copal negro:** Este se refiere a los cúmulos de resina generados por raspaduras o picaduras de insectos u otros animales, sin que implique la intervención de un colector. Estos cúmulos se colectan únicamente cuando se presentan de manera natural. Es la colecta de menor impacto biológico.
- **Copal lagrimita:** Son los escurrimientos de resina que aumentan gradualmente de tamaño, en forma de gota. Son parte de los residuos de la colecta por incisiones en el árbol.
- **Copal piedra/tecopal:** Son fragmentos de copal recolectados por avispa que, junto con arena, forman la estructura de sus panales.
- **Varas de copal/incienso:** Son pequeñas varas delgadas embebidas en resina.

- **Mirra:** La mirra de copal está formada por fragmentos de corteza del árbol embebidos en su resina. Es extraída al final de las temporadas de colecta, dado que es la madera que rodea las incisiones de los árboles.

Madera:

- **Artesanías:** A partir de la madera, por su propiedad aromática y sus colores, se elaboran distintas artesanías que van desde tablas talladas con figuras, cajas de joyero o alebrijes.
- **Trozos de madera:** Los fragmentos de madera son cortados en forma de lámina para su quema en funerales o celebraciones religiosas.

Frutos:

- **Aceite esencial:** De los frutos se obtienen principalmente aceites esenciales, los cuales se utilizan para la industria de la perfumería y medicinal.

Árbol completo:

- **Ornamental:** Los árboles jóvenes del género *Bursera* son vendidos como planta ornamental de tipo bonsái.
- **Cercos:** Los árboles son también usados comúnmente como cercos vivos para la delimitación del territorio, o simplemente como decoración.

Es importante mencionar que para los productos derivados de la resina, si su colecta no es cuidadosa, se puede terminar dañando al árbol hasta el punto de secarlo, es por ello que cada árbol trabajado se debe dejar reposar por al menos dos años (Linares & Bye, 2008; Martínez, 2009).

Cuadro 6 Productos derivados y costos de cada uno, los precios fueron obtenidos de diversas tiendas virtuales.

Producto	Presentación	Precio Promedio (MXN)
Resina	Copal puro (1Kg)	586
	Copal impuro (1Kg)	No determinado
	Goma de copal (1Kg)	699
	Copal lagrimita (1Kg)	569.25
	Copal piedra (1Kg)	No determinado
	Varas de incienso (200g)	180
	Mirra (1Kg)	547
Madera	Artesanías (alebrije)	2300
	Artesanías (otros)	404.75
	Trozos de madera	1377
Frutos	Aceite esencial 15 mL	950
Árbol completo	Planta de ornato (Bonsái)	3700

Información disponible en tiendas virtuales

6.4.3.- INFRAESTRUCTURA

La infraestructura necesaria para el manejo de las especies de *Bursera* depende de los productos que se vayan a extraer de los árboles. Además, puede variar en función de los volúmenes a trabajar. Por lo tanto, en el siguiente listado se describe de forma general los elementos involucrados para la generación de los productos derivados, y en algunos casos los precios que estos pueden alcanzar.

Resinas:

Para la extracción de resina, los elementos necesarios son simples, ya que la colecta suele hacerse en las poblaciones silvestres de *Bursera*. Se utilizan bolsas plásticas o tejidas para el almacenaje de los trozos endurecidos de resina (0-100 MXN), machete o cuchilla (45-95 MXN) y una penca de maguey o recipiente.

Para la preparación de aproximadamente 100 varillas de incienso, se requieren paquetes de varillas de madera delgada, resina de copal (25 gr), un molino o mortero (150-250 MXN), 6 gr de nitrato de potasio para impregnar las varillas (48 MXN/Kg), 6 gr de carbón vegetal molido (67 MXN/50 gr), 150 ml de alcohol para la dilución del copal (120 MXN/Lt) y al menos un tubo de vidrio para sumergir las varillas en la mezcla.

Artesanías:

Para la elaboración de artesanías, dependiendo de la pieza a elaborar, es necesario el acceso a un taller que cuente con talladores para madera, pintura acrílica, pinceles, pegamento. Dependiendo de las figuras y del trabajo que se requiera, se recomienda, en algunos casos, la utilización de un torno para madera.

Aceites esenciales:

Para la extracción de los aceites esenciales se necesita una infraestructura mayor, ya que el proceso requiere varios pasos (Velarde, 2008), que son los siguientes:

Cernido: Una vez colectados los frutos, estos requieren colocarse en un cernidor de 1 cm aproximadamente para separar las semillas de su cáscara (200-500 MXN).

Molienda: Para moler las cáscaras del fruto es recomendable usar un molino motorizado (4900-8500 MXN), de los utilizados para la nixtamalización, o, de no ser posible, un molino manual (300-2500 MXN).

Destilación: Es necesario un equipo de destilación de vidrio, de acero inoxidable, o cobre para evitar el efecto corrosivo del aceite esencial (2500-6000 MXN).

Enfrascado: Se requiere enfrascar el aceite esencial resultante en frascos de vidrio ámbar par su almacenamiento (15-45 MXN c/u).

Árbol completo:

En lo que a cercos vivos se refiere, no hace falta una infraestructura mayor, dado que estos pueden ser plantados a partir de la semilla (propagación sexual), o de una estaca (propagación vegetativa). Para la preparación de la estaca se necesita acceso a una población de la especie a propagar, machete (45-95 MXN) o pinzas de jardinería (150-250 MXN), y enraizador, de preferencia Peat Moss (695MXN/25 Kg) (López et al., 2013).

Para la producción de plantas de ornato, hace falta una infraestructura más compleja, incluyendo espacio dedicado a la propagación de la especie. Dependiendo de la zona, este puede ser al aire libre, o dentro de un vivero o un invernadero. Más concretamente se requieren semillas o estacas, enraizador, bolsas plásticas para trasplantar y macetas, además se requiere de un transporte especial para no dañar las plantas para su comercialización.

Los precios reportados están sujetos a cambio constante, pero permiten proporcionar una idea general de los costos de los elementos necesarios para realizar las distintas formas y procesos de aprovechamiento.



Figura 22 Fotografía de un cúmulo de resina (Goma de copal) generada por la incisión de algún insecto en una rama de *B. biflora* en San Francisco Xochiltepec, el cúmulo de resina se señala con un círculo rojo.

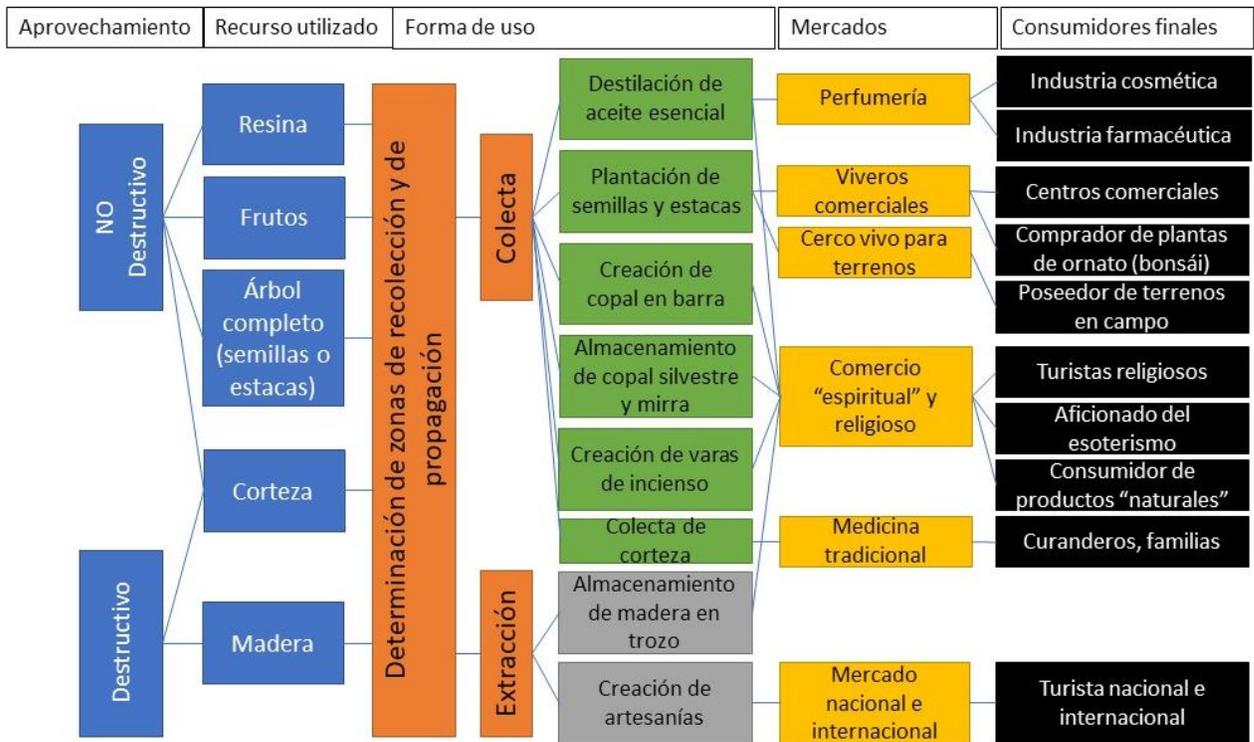


Figura 23 Esquema ilustrativo de la cadena de producción teórica para las especies y productos de *Bursera*, la agrupación “No destructivo” se refiere al tipo de extracción o aprovechamiento que no requiere el sacrificio del individuo para la obtención de los productos, la agrupación “Destructivo” se refiere a aquellos productos que requieren el sacrificio del individuo.

En la [figura 23](#) se representa la propuesta del sistema de aprovechamiento de los recursos y productos derivados de las especies *B. aptera*, *B. biflora*, *B. morelensis* y *B. schlechtendalii*.

Podemos observar dos principales formas de aprovechamiento, el no destructivo y el destructivo. Esto quiere decir que la colecta de la resina, los frutos, el árbol y la corteza pueden ser extraídos sin el sacrificio del organismo. Respecto a la resina y los frutos, estos pueden ser extraídos de manera repetida tras un periodo de recuperación en el árbol. Se señalan igualmente los productos derivados de los recursos mencionados, así como sus mercados correspondientes y los posibles consumidores finales.

Las rutas de transporte óptimas mostradas en la [figura 24](#) desde Xochiltepec hacia los mercados, indican que la opción más viable en costo, tiempo y distancia de ida y vuelta (168 MXN, 2.66 horas y 164.2 km respectivamente) es hacia Tehuacán, mientras que la ruta más larga y costosa es la que conecta con Jolalpan (631 MXN, 6.96 horas y 550.2 km). Partiendo desde Tilapa, la ruta óptima es la que conecta con Teotitlán (16.1 MXN, 0.14 horas y 14.4 km), mientras que la ruta más costosa es la que conecta con Jolalpan (802.9 MXN, 9.16 horas y 629 km) ([Anexo 27](#)).

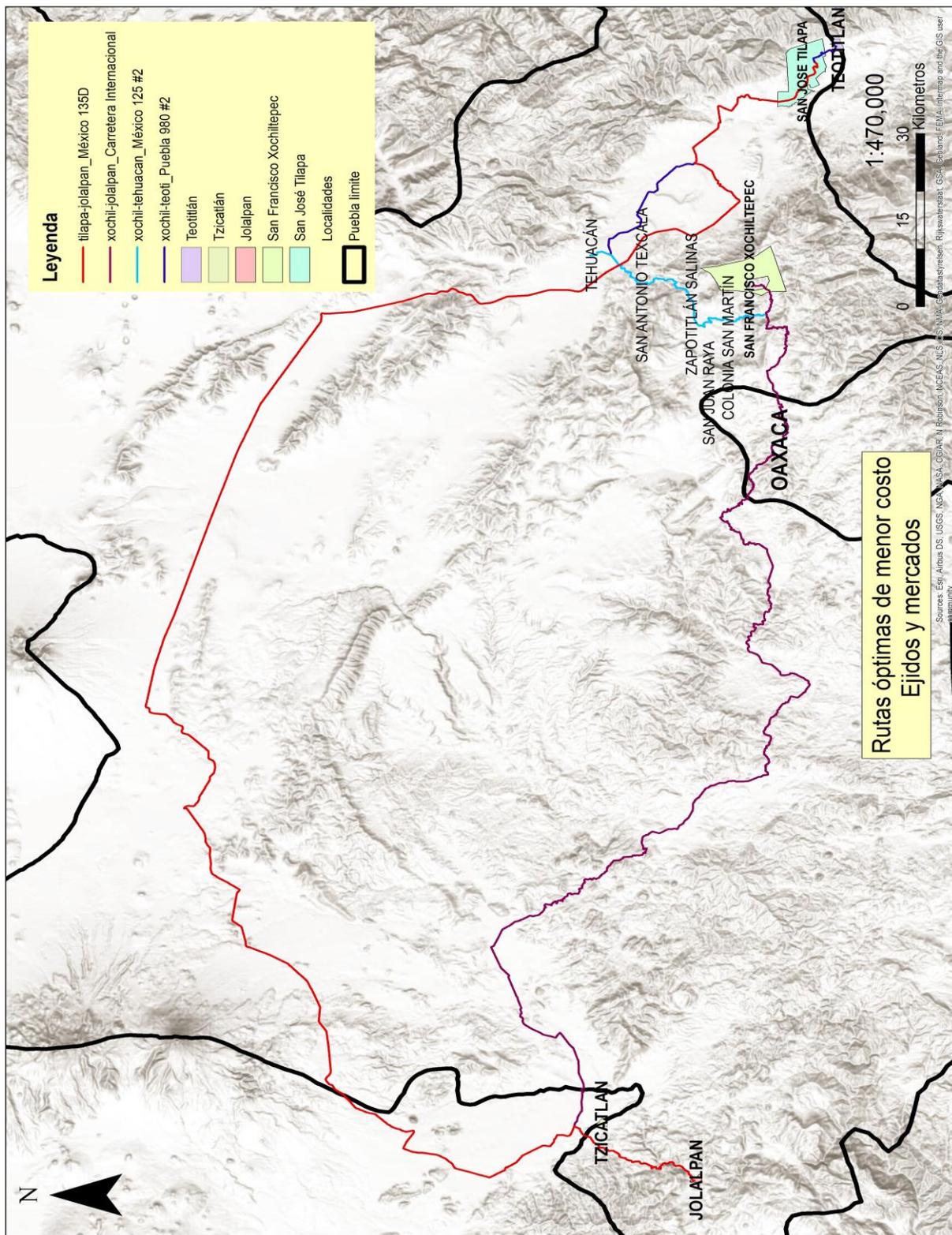


Figura 24 Rutas óptimas desde los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa hacia los posibles mercados para la venta de copal, en la leyenda se muestran las rutas en formato de punto A-B más el nombre de la carretera correspondiente.

7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1.- Ámbito biofísico:

Especies identificadas

Para los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa el registro de las especies identificadas fue menor, en comparación con lo reportado en los Ordenamientos Territoriales Comunitarios previamente realizados en cada uno (PAIR Occidente A.C., 2010; Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012). Esto quizá sea el resultado de tres factores; (i) Las rutas de trabajo/muestreo fueron distintas a las tomadas en los OTC; (ii) Las especies reportadas en los OTC, no encontradas en el presente trabajo cuentan con una distribución y abundancia reducidas y/o (iii) No fueron registrados durante los recorridos en campo.

Bajo este contexto y con base en el análisis de la distribución espacial de las especies registradas en la base de datos, se encontró que la presencia de *B. aptera* es muy clara en la zona norte de Xochiltepec, colindante con Zapotitlán (Figura 4 y 5); a pesar de esto, ella no fue reportada en el OTC.

Un caso similar es el de *B. schlechednalii*, la cual fue identificada en Tilapa con una clara presencia sobre la ruta de trabajo (Figura 6), pero no está reportada en el OTC. Sin embargo, las cuatro especies identificadas coinciden con lo reportado por las bases de datos GBIF y Trópicos (Figura 4).

Es importante mencionar que existen por lo menos dos especies que no fueron registradas durante los recorridos, pero que fueron mencionadas por los habitantes de Xochiltepec. La primera es *B. fagaroides*, la cual podría encontrarse en el ejido, pues se mencionó la utilización de un cuajote como veneno para perros (un uso reportado por otros autores para dicha especie). Sin embargo, esta característica la comparte también con *B. aptera* (Santelises & García, 2004). La segunda especie es *B. schlechednalii*, que

no fue identificada en el ejido de Xochiltepec, sin embargo, se registró la presencia de “Aceitillo”, mediante las entrevistas abiertas, nombre comúnmente otorgado a dicha especie, en la zona norte del ejido.

En cuanto a la fenología de las especies identificadas, los periodos de floración y fructificación coinciden con lo observado en campo, así como con lo reportado por los habitantes y por la literatura. Asimismo, el patrón de fenología reportado es similar al encontrado. Aun así, si se encontraron pequeñas diferencias en las temporadas de floración y fructificación de cada especie (Medina-Lemos, 2008; Rzedowski & Guevara-Féfer, 1992).

Vegetación

En cuanto a la relación espacial entre los tipos de vegetación y la base de datos compilada, que registra la presencia las especies de *Bursera identificadas*, los resultados son similares a lo reportado en las descripciones de las especies (Medina-Lemos, 2008), siendo la selva baja caducifolia y el matorral crasicaule, según la clasificación de INEGI (2015), sus entornos más frecuentes. En otros trabajos como el de Valiente-Banuet et al. (2009) se encontró que a nivel de asociación vegetal, en el Valle de Tehuacán, *B. aptera*, *B. biflora*, *B. morelensis* y *B. schlechtendalii* se encuentran registradas principalmente en el cardonal de *Pachycereus weberi*, el Jiotillal de *Escontria chiotilla*, la Selva Baja Caducifolia, el matorral espinoso y el cuajiotal, usualmente compartiendo territorio entre sí, lo que concuerda con las observaciones realizadas en campo, pues *B. aptera*, *B. morelensis* y *B. schlechtendalii* se encontraron mayormente en las asociaciones vegetales antes referidas y con notable abundancia (Figura 4 y 6). Por el contrario, *B. biflora* no fue observada junto a las otras especies y fue identificada únicamente en Xochiltepec con la presencia de pocos individuos (Figura 5) (Anexo 25).

Tipo de suelo

Podemos observar que, si bien el tipo de suelo en el cual se distribuyen las especies según la base de datos es variable, los suelos dominantes son los Leptosoles, especialmente los de tipo calcárico y réndzico. Esto indica una preferencia de estas especies por suelos ricos en carbonato de calcio, lo cual concuerda con lo mencionado por Medina-Lemos (2008) para *B. aptera*, que reporta su crecimiento en zonas con piedra caliza, que se caracteriza por presentar altos contenidos en carbonato de calcio. Sin embargo, es importante señalar las variaciones en las preferencias edáficas del resto de especies. Por ejemplo, *B. biflora* no tuvo ningún registro sobre los Cambisoles arídicos ni en Umbrisoles húmicos (suelos que son registrados en Tilapa), mientras que fueron muy comunes en suelo de tipo Phaeozem calcárico (8.06% de los registros). Sumado a esto, la baja presencia de Leptosoles en Tilapa, puede explicar la ausencia de registros de *B. biflora*, así como su nulo potencial de distribución mostrado por el modelo en Tilapa y sus alrededores.

En el caso de las zonas urbanas, no hay información edafológica. Sin embargo, ellas siguen el mismo patrón edáfico que las zonas aledañas que sí fueron clasificadas. Así se reporta en el apartado de resultados.

Algoritmo de modelación

En cuanto a los modelos de distribución potencial de las especies de *Bursera* estudiadas, se seleccionó el algoritmo Maxent por su capacidad de operar con datos de entrada únicamente de “presencia”, así como un set de variables ambientales tanto nominales como categóricas. Además, su tolerancia a posibles fallos en la precisión de los puntos de presencia (características importantes a considerar cuando se trabaja con bases de datos de terceros) lo hizo una opción más viable que BIOCLIM o DOMAIN (ITE, 2018; Valrela, Mateo, García-Valdés, & Fernández-González, 2014).

Modelos de distribución potencial

Los resultados de los modelos generados para las cuatro especies de *Bursera* muestran que el valor del área bajo la curva (AUC), que representa la confiabilidad o desempeño predictivo de los modelos, fue mayor que el desempeño esperado en una distribución aleatoria (0.5); y mejor aún, dado que el valor de los datos de prueba fue superior a 0.75. Se pueden considerar como modelos con un buen desempeño, ya que mientras más cercano a 1,0 sea su valor, el modelo tiene mejor capacidad predictiva (CONABIO, 2018b; ITE, 2018; B. S. Phillips, 2011; S. J. Phillips et al., 2006). En los mapas que muestran la distribución potencial de las especies (Figuras 16-19), se representaron únicamente las categorías que estuvieron por encima del umbral de corte para cada especie que, en todos los casos, fue menor a 0.4. Sin embargo, el cálculo de superficie solamente se llevó a cabo con la categoría de 0.8-1, por considerarse como la de mayor confiabilidad para la predicción de distribución de las especies (Cuadro 4).

La extensión territorial calculada con un valor de AUC igual o mayor a 0.8 (Cuadro 4) (1.11% de la superficie total de Puebla) fue *B. morelensis*, coincidiendo con lo reportado por Medina-Lemos (2008), quien menciona que es la especie de distribución más amplia y que presenta afinidad por distintos tipos de sustratos. Las demás especies mostraron una superficie predicha más pequeña (<1%), respecto a la superficie total del estado de Puebla. Tomando en cuenta estos datos, se distingue que la distribución potencial de las cuatro especies está relativamente restringida a la zona de la Mixteca Poblana.

A nivel ejidal, la superficie predicha para cada especie varió entre Xochiltepec y Tilapa, siendo *B. biflora* la especie con mejores valores de predicción para Xochiltepec (30.89% de la superficie total del ejido), mientras que el resto de las especies obtuvo una superficie predicha menor (0-11%). En contraste, la superficie predicha para *B. biflora* en Tilapa fue 0% del territorio, mientras que el resto de las especies tuvieron valores alrededor y por encima de 50%,

de la superficie total del ejido. Dichas zonas corresponden con los datos de presencia levantados en campo. Dado que, estos no fueron utilizados para la realización de los modelos predictivos, podemos considerarlos como muestras independientes y útiles para la validación de los modelos.

Es importante resaltar que los resultados de los modelos de distribución potencial pueden ser interpretados de dos formas; (i) Como el área predicha que muestra el **área ocupada** (Go) pero no conocida de la especie, ayudando a encontrar poblaciones aún no avistadas, o (ii) como el **área invadible** (Gi), o sea, zonas que presentan el conjunto de variables ambientales idóneas para el desarrollo de la especie, pero que aún no han sido ocupadas por la misma. Generalmente, este último caso se da cuando dichas zonas no son accesibles para la especie por barreras geográficas (CONABIO, 2018b).

Variables más relevantes

Las pruebas de contribución porcentual (Figura 21) mostraron, en todos los casos, que el tipo de suelo fue la variable más importante para la predicción de los modelos realizados. El resto de las variables fueron tipos relacionados con la temperatura y la precipitación que variaron entre cada especie, sugiriendo que *B. biflora* se distribuye en sitios más fríos y húmedos, mientras que el resto de las especies vive en sitios más cálidos y secos.

Los análisis de Jackknife (Figura 20) (Anexos 28-31) mostraron similitudes con los datos de la contribución porcentual. Sin embargo, hubo algunos resultados distintos, por ejemplo, la relevancia del tipo de vegetación mostrado en el análisis Jackknife fue mayor que el mostrado en la contribución porcentual. No obstante, es usual encontrar diferencias ya que se trata de dos métodos distintos para evaluar la importancia del set de variables ambientales introducido.

Las variables de orientación y pendiente contribuyeron poco a la predicción, lo que concuerda con lo observado en campo, ya que los diversos individuos de las especies encontradas (principalmente las observadas en Tilapa) no mostraron un patrón relacionado con la pendiente. La inclusión de otras variables bioclimáticas, no incluidas en WorldClim 2.0, no contribuyeron a la modelación, pero permiten obtener información adicional acerca de las variables limitantes y no limitantes de la distribución de las especies.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de las variables ambientales utilizadas fueron producto de las interpolaciones que se realizaron, con el fin de crear nuevos datos útiles para el trabajo y ajustar la resolución de los datos a un estándar de 90 metros. Dado que se utilizó la interpolación cubica, se considera que los datos nuevos son confiables, ya que solo se utilizó en las variables ambientales continuas, las cuales suelen simular un comportamiento natural dada la “suavidad” de las curvas (spline) que se generan para el cálculo y asignación de los nuevos valores (Amaro, 2018; Nohmi, Rezende, Magela, & Lopes, 2004; UniOvi, 2018).

Otro aspecto por considerar es que, si bien, en un escenario ideal podríamos modelar el nicho realizado de una especie, el cual seguramente dista mucho de la realidad. Dado que muy rara vez se cuenta con información que represente las interacciones bióticas presentes en un espacio, de manera que las variables que se incluyen suelen ser únicamente de carácter abiótico (variables scenopoéticas), representando una fracción del nicho fundamental existente de la especie, en vez del nicho realizado (CONABIO, 2018b).

7.2 De lo social/histórico

Caracterización

La caracterización en Xochiltepec y Tilapa mostró que, dado que son ejidos, ambos mantienen una estructura administrativa y de poder similar, sin

embargo, pese a sus similitudes fundamentales, su situación difiere en su economía y demografía. En Xochiltepec, existe una alta migración del estrato juvenil, lo cual provoca un abandono del campo y poco reemplazo generacional. Por su parte, en Tilapa a pesar de haber una población considerablemente mayor, se observan en menor medida los fenómenos de migración y déficit de población juvenil, porque hay mejor oferta de empleo y menor necesidad de buscar otros sitios.

La situación de rezago económico no solo se presenta en Xochiltepec, sino a nivel municipal, pues para Zapotitlán tan solo el 2.1% de la población no se encuentra en algún tipo de pobreza ni presenta alguna vulnerabilidad, según los datos de CONEVAL (2015). Es decir, el 88.9% de la población de Zapotitlán sufre de pobreza.

La falta de mejores condiciones socioeconómicas se relaciona con un gran número de factores que van desde la gestión política local y estatal, hasta los fenómenos climatológicos (FAO, 2011). Un ejemplo de ello es el retraso en la temporada de lluvias, ya que esto provoca un vacío productivo y económico en los poblados que dependen principalmente de la agricultura de temporal, como es el caso de Xochiltepec que depende principalmente de la producción de maíz.

El menor rezago económico del ejido de Tilapa frente a Xochiltepec puede deberse a que el primero basa su economía en el cultivo de caña, y representa el 52% de los cultivos de los ejidatarios. Esto gracias a sus condiciones climatológicas, de terreno y por el cruce de los ríos “Salado” y “Tilapa” (PAIR Occidente A.C., 2010).

Aprovechamiento de *Bursera*

El Bajo registro de actividades de aprovechamiento de las especies de *Bursera* encontrado en Xochiltepec y Tilapa puede atribuirse a diversas razones; (i) Falta de expansión de zonas de explotación de copal desde la época prehispánica; (ii) Ausencia de las especies más comúnmente utilizadas (*B. bipinnata*, *B. copalifera* y *B. linaloe*) en ambos ejidos y; (iii) Omisión de información durante el estudio en campo.

Si bien no se encontró a *B. bipinnata*, *B. copalifera* y *B. linaloe* en los sitios de estudio, la similitud en características y composición química de su resina, dada su cercanía filogenética con las especies aquí estudiadas, implica que estas podrían ser aprovechadas similarmente (Gigliarelli, Becerra, Curini, Marcotullio, & Forti, 2015).

La recolección ocasional de resina por los pobladores concuerda con lo mencionado por Linares & Bye (2008), quienes mencionan que en la Mixteca Poblana y Oaxaqueña existen familias que realizan la recolección de resina para complementar sus ingresos, sin que esto signifique que sea la actividad más importante para las familias.

Es importante tener en cuenta que, según los suelos en donde se encuentran las cuatro especies de *Bursera* tienen poco valor agrícola, por lo que la introducción de formas de aprovechamiento en torno a estas especies podría ampliar el territorio efectivo a partir del cual los habitantes pudieran obtener ingresos; y, si se aplican formas correctas de manejo, al no dañar los árboles y sus poblaciones, estos pueden convertirse en recursos sustentables de bajo impacto a los servicios ecosistémicos y a la biodiversidad local. Esta idea se refuerza a partir de los resultados de los modelos de distribución potencial, que mostraron en Xochiltepec un 30.89% del territorio ejidal con altas probabilidades de distribución potencial (≥ 0.8) para *B. biflora*, y más

aún en Tilapa donde hubo para *B. aptera*, *B. morelensis* y *B. schlechtendalii*, con un porcentaje territorial de 76.86%, 74.23% y 57.97% respectivamente.

Cabe recordar que los modelos de distribución potencial pueden ser interpretados como la modelación del espacio geográfico idóneo para el crecimiento de las especies, por lo que los porcentajes presentados representan la alta factibilidad que tienen los ejidos mencionados para el manejo de las especies trabajadas.

Otro punto importante para definir son las cifras de desempleo en los dos ejidos. En Xochiltepec, en el 2012, el 64% de la población no contaba con ningún ingreso (Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C., 2012). Por otra parte, en Tilapa en el 2010, el 49% de la población en edad productiva se encontraba desocupada (PAIR Occidente A.C., 2010). Considerando la tasa de desempleo y falta de ingresos, la propuesta de desarrollar actividades de producción y venta de copal podría ayudar a ocupar a las personas en edad productiva, que como menciona Linares & Bye (2008), son los hombres, padres de familia en edad productiva.

Con respecto a la propuesta del sistema de aprovechamiento de *Bursera* (figura 23), es importante notar que los diversos productos derivados representan diferentes usos que puede tener cada especie de *Bursera*, ya que, si bien todas la especies del género contienen resina aromática, podría haber diferencias especie-específicas que favorecieran un recurso o producto en particular.

Normatividad

En cuanto al ámbito normativo, como se mencionó anteriormente, ninguna de las cuatro especies aquí estudiadas se encontró en alguna categoría de protección, al igual que la gran mayoría de especies del género. Únicamente

B. biflora está catalogada por la IUCN como especie cerca de estar amenazada, pero con poblaciones estables (IUCN, 2019). Sin embargo, considerando los escasos trabajos e información acerca de las diversas especies de *Bursera*, más allá del ámbito taxonómico, este trabajo presenta un referente al respecto. Esto podría cobrar más sentido si consideramos que el género *Bursera* es un grupo común en sitios conservados o clímax, muy sensible a la perturbación de origen antrópico, la cual genera con facilidad su desaparición (Montaño-Arias & Espinosa, 2008).

La importancia de estas especies en la región es mayor si consideramos su posible uso como bioindicadores para la conservación, especialmente en Xochiltepec y Tilapa, ejidos que forman parte de la RBTC y que cuentan con el apoyo del programa de Pago por Servicios Ambientales de la CONAFOR.

7.3 De lo económico

Productos derivados

Se pueden extraer diversos productos del árbol, utilizándose la mayoría de sus partes, sin embargo, hay una gran diferencia en los procesos que requiere cada uno, así como en el impacto que esto le causaría a los árboles aprovechados y su entorno, ya que en algunos casos solo se requiere la colecta directa de los brotes naturales de resina, mientras en otros, es necesario todo un proceso de extracción de madera. Por tanto, el aprovechamiento implica procesos destructivos y no destructivos (Figura 24), por lo que es importante considerar cual será el tipo de manejo que se le otorgará a cada especie de *Bursera*.

Respecto a los procesos no destructivos y bajo una perspectiva de conservación, considerando su lento crecimiento y sensibilidad a la perturbación, la actividad más adecuada sería el aprovechamiento que no sacrifique a los individuos. En este modo se incluyen la colecta y extracción de la resina, ya que todos los productos derivados a partir de ella, con un

manejo adecuado, pueden extraerse de un mismo árbol en repetidas ocasiones y de manera indefinida (bajo la correcta praxis). Según lo reportado por Velarde (2008), los copaleros suelen dejar pasar de 2 a 3 años antes de volver a extraer resina del mismo árbol.

En contraste, la producción de aceite esencial requiere una mayor infraestructura, aunque igualmente puede contener un valor agregado más alto. Sin embargo, la inversión inicial tendría que ser considerable, debido a que se requeriría la compra de equipo especializado para la molienda y la destilación de las flores. En lo que respecta a la venta de plantas jóvenes para ornato, se requiere de un vivero y, además, el tiempo de espera para obtener las plantas es mayor.

Es recomendable que las prácticas de manejo de las especies encontradas de *Bursera* estén acompañados de talleres de capacitación de copaleros y artesanos de regiones donde exista una tradición en torno al manejo de *Bursera*, ya que esto permitirá; (i) Acelerar el proceso de incorporación del manejo de *Bursera* en las comunidades objetivo; (ii) Prevenir o disminuir las malas prácticas que puedan provocar una degradación ambiental y pérdida de la biodiversidad; y (iii) Facilitar la integración de los nuevos productores de copal en mercados y ferias relacionadas con la venta de sus productos.

Aunado a lo anterior, sería recomendable integrar un monitoreo de las poblaciones de las especies manejadas de forma silvestre, ya que, incluso si el manejo no involucra realizar cortes o sacrificios del organismo puede generar un impacto en su población. Por ejemplo, la utilización de las flores para obtener aceite esencial, a corto y mediano plazo puede afectar el reclutamiento de la especie al interrumpir su ciclo de reproducción (Velarde, 2008).

Si se lleva a cabo un buen manejo de las especies presentes en la zona, se pueden extraer en la misma cadena de producción-recolección los siguientes productos; (i) Goma de copal; (ii) Copal puro; (iii) Copal impuro; (iv) Copal

lagrimita y (v) mirra, sin tener que sacrificar a los organismos. A la vez, sería recomendable dividir las zonas de recolección en secciones desfasadas, con una delimitación clara entre ellas con árboles en regeneración y árboles listos para extracción de resina (Martínez, 2009; Velarde, 2008).

Mercados

Los productos obtenidos de *Bursera* son muy amplios. Los más frecuentemente encontrados en ellos son los derivados de la resina, siendo el mercado religioso y esotérico el más prominente. Es importante tener en cuenta este hecho ya que como se mencionó anteriormente, la alta presencia de prácticas religiosas en el país genera un nicho económico de constante demanda sobre estos productos.

A nivel local, tanto en Xochiltepec como en Tilapa, sería más conveniente la venta de los productos en el mercado de Tehuacán, considerando que, dada su cercanía, los gastos y el tiempo de desplazamiento serían menores, comparados con los necesarios para llegar a los mercados de Tzicatlán y Jolalpan, que se encuentran al suroeste del estado de Puebla, en el límite con Morelos (Figura 24).

No se encontró un precio promedio para el copal impuro, dado que no se encontraron vendedores en línea que explícitamente catalogaran a su producto como tal. Sin embargo, es muy probable que varias de las ofertas encontradas, no marcadas particularmente como “copal puro”, fueran dicho producto. Además, considerando que no se encontraron ofertas con un precio marcadamente menor al del copal puro, se considera que su precio medio tendría que ser cercano al del copal puro.

Para el copal piedra tampoco se encontró un precio medio, porque no se localizó oferta alguna de dicho producto. Su ausencia puede deberse a su menor frecuencia de aparición en el campo, así como por su alto contenido simbólico por su uso en ceremonias y rituales, ya que a diferencia de los otros

tipos de copal, este es producido enteramente por un fenómeno de interacción biológica entre Himenópteros y Burseras (Linares & Bye, 2008).

A nivel internacional, la exportación de “Goma de copal” en Puebla, mostró que el precio pagado por kilogramo fue considerablemente mayor en Alemania que en los Estados Unidos. Este hecho es importante, ya que, a pesar de que esta información fue registrada seis años atrás, nos da indicios de que dichos productos pueden alcanzar un valor agregado mucho mayor en el mercado europeo. Por tanto, la cantidad de producto colectado no necesita tener volúmenes muy grandes (Toneladas o cientos de Kilogramos) para representar un beneficio notable, a la vez que, al no extraer grandes volúmenes, el estrés e impacto generado en las poblaciones silvestres de *Bursera* es menor. Sin embargo, habría que tener en cuenta el incremento de costos de envío intercontinental frente al internacional intracontinental, además de encontrar y establecer los vínculos necesarios con los posibles compradores extranjeros.

Otro punto importante de tomar en cuenta es el potencial que puedan tener las Burseras en la industria farmacéutica, dado que algunas especies son utilizadas en la medicina tradicional, ejemplo de ello es el de *B. fagaroides*, que presenta un efecto citotóxico dependiente de la concentración contra adenocarcinoma rectal. Dadas las semejanzas entre *B. fagaroides* y *B. aptera*, es posible que esta última pueda tener efectos similares (Gigliarelli et al., 2015). De hecho el trabajo de Jolad, Wiedhopf, & Cole (1977) encontró que el extracto etanólico de exudados secos de *B. morelensis* presentó actividad biológica contra carcinoma nasofaríngeo.

Aunado a estos trabajos, están los realizados previamente por la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la FES Iztacala, donde T. Hernández y colaboradores (2015), encontraron un efecto antibacteriano del extracto de *B. morelensis*, además de propiedades altamente antioxidantes. También, en el caso de *B. aptera* y *B. schlechtendalii*, de las cuales se encontraron propiedades anti-bacteriales (Flores et al., 2015; Nieto-Yanez et al., 2017).

Al final, serán las propias comunidades quienes decidan la posibilidad de incursionar formalmente en el mercado de la resina, aunque habrá que conocer antes la situación poblacional de las especies, así como la disposición de comunidades copaleras de compartir sus conocimientos sobre el tema.

8.- CONCLUSIONES

Existen grandes superficies con alta probabilidad de distribución ($P > 0.8$) de *B. aptera*, *B. morelensis* y *B. schlechtendalii* (400.77 km², 387.09 km² y 302.3 km² respectivamente) en el ejido de San José Tilapa y zonas circundantes. Sin embargo, los modelos mostraron cero probabilidades de distribución para *B. biflora* en el mismo ejido. En San Francisco Xochiltepec, se encontró mayor probabilidad de aparición para *B. biflora* (165.78 km²), pero menor para el resto de las especies (<60km²).

Las cuatro especies encontradas comparten el carácter aromático de la resina y la madera, por lo que es viable su aprovechamiento. Sin embargo, previo a esto, es recomendable realizar pruebas de los productos finales para valorar si mantienen el aroma como lo hacen los productos extraídos de las especies más comerciales (*B. bipinnata*, *B. copalifera* y *B. linaloe*) y que tanto se afecta a su dinámica poblacional así como a su entorno.

Por su carácter regenerativo y las superficies que abarca el copal y los cuajotes en la región de la Mixteca Poblana, es muy probable que la resina de copal sea un producto que puede ser extraído de manera sustentable, siempre y cuando esté acompañado de una correcta praxis en torno a su extracción; principalmente a través de métodos no destructivos.

Si este es el caso, en los ejidos de San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa, es necesario organizar talleres de capacitación e intercambio de información del manejo de copales por parte de copaleros experimentados, preferentemente

utilizando el protocolo de seminarios de comunidad a comunidad establecido por CONAFOR, o alguna herramienta similar.

El mercado existente para los productos derivados de las cuatro especies encontradas de *Bursera*, derivados principalmente de la resina, es muy amplio en el sector religioso, esotérico y naturista. Existe también un potencial de producción para la industria farmacéutica y cosmética.

Se sugiere que se realicen estudios de ecología poblacional, de seguimiento más profundos, económicos y de viabilidad antes de establecer planes de manejo para las cualquiera de las cuatro especies encontradas.

Por último, es necesario que una vez realizados los estudios poblacionales y las propuestas de manejo, los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa, a través de un previo acuerdo interno con la asamblea ejidal y/o el comisariado, soliciten los permisos necesarios ante SEMARNAT para el manejo de copales y cuajotes silvestres, dado que se encuentran en un área natural protegida.

BIBLIOGRAFÍA

Allen, J., Stockli, R., & NASA. (2017). Vegetation Index (1 month - Terra/MODIS).

Retrieved October 15, 2018, from

https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD_NDVI_M&year=2017

Amaro, D. A. V. (2018). Procesamiento Digital de Imágenes LCC-594. Puebla:

BUAP.

Ayala, M. A. M. (2015). *La comunidad de Zapotitlán Salinas, Puebla: Actividades económicas y formas de subsistencia*. Universidad De Las Américas Puebla.

<https://doi.org/10.1080/01402390.2011.569130>

Blanco, M. (2013). *Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán Zonificación (1°)*.

México: SEMARNAT, CONANP,.

CONABIO. (2018a). Copales. Retrieved December 10, 2018, from

<https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/copales/copales.html>

CONABIO. (2018b). Nichos y Areas de distribución. Retrieved June 6, 2019, from <http://nicho.conabio.gob.mx/la-calibracion-del-modelo/maxent>

CONABIO. (2019). EncicloVida. Retrieved May 15, 2019, from http://enciclovida.mx/busquedas/resultados?utf8=√&nombre=&busqueda=avanzada&id=2&nivel=%253E%253D&cat=7000&por_pagina=50&edo_cons%255B%255D=17&edo_cons%255B%255D=15&edo_cons%255B%255D=14&edo_cons%255B%255D=16&edo_cons%255B%255D=32&edo_cons%255B%255D=31&ed

CONAFOR. (2011). Servicios Ambientales y Cambio Climático La riqueza forestal de México Mosaico de ecosistemas y culturas.

CONANP. (2010). *Evolución del Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación*. (H. M. A. Guerra & R. J. C. Sánchez, Eds.). México: emepunto impresoras S.A de C.V.

CONEVAL. (2015). Estadísticas de pobreza en Puebla 2015. Retrieved June 10, 2018, from <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Puebla/Paginas/principal.aspx>

Dávila-Aranda, P., Macías-Cuéllar, H., Puente, M. M. D. la, Hernández, M. M., Sanchez, L. P., Pickering-López, J. M., & Benítez, E. M. (2014). Manejo de ecosistemas y desarrollo humano : construcción de una red de proyectos comunitarios para el manejo regional sustentable de ecosistemas en México. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública*, 6, 139–150.

Dávila Aranda, P. (2003). *La Flora Util de Dos Comunidades Indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán : Zapotitlán Salinas y San Rafael Coxcatlán , Puebla*. México. Retrieved from <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=Q&Numero=014>

- Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM), & Herbario Nacional de México (MEXU). (2019). Portal de Datos Abiertos UNAM colecciones Universitarias (en línea). *Plantas Vasculares*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:1169196>
- Duraiappah, A. K., Naeem, S., Agardy, T., Ash, N. J., Cooper, H. D., Díaz, S., ... Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being. Ecosystems* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Durston, John. Miranda, F. (2002). *Experiencias y metodología de la investigación participativa*. (CEPAL, Ed.), *Division de Desarrollo Social CEPAL* (Políticas). Santiago de Chile: Naciones Unidas. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6023/S023191_es.pdf?se
- Escalante, P. M., Osorio, J. J., Morales, R. R., & Irabién, L. M. C. (2004). Aprovechamientos forestales maderables y no maderables. In *Usos de la Biodiversidad* (pp. 360–361). Retrieved from <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/095/sup095.pdf>
- ESRI. (2017). ArcGIS Desktop. California: ESRI.
- FAO. (2008). *Base Referencial Mundial del recurso Suelo* (Vol. 03). Roma: FAO.
- FAO. (2011). *Unasylva*. (M. L. W. P. Csoka, L. Flejzor, T. Hofer, F. Kafeero, W. Kollert, A. Perlis, E. Rametsteiner, S. Rose, J. Tissari, P. van Lierop, P. Vantomme, Ed.), *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales* (1st ed., Vol. 62). Food and Agriculture Organization.
- Flores, E. J. G., Portilla, L. B. H., Ortiz, C. M. F., Estrada, M. J., Espinosa, L. E., Barrón, M. J. R., ... Martínez, M. M. C. (2015). Actividades biológicas relacionadas con la medicina tradicional del extracto metanólico de *Bursera schlechtendalii*. *Acta Fitogenética*, 2(2395–8502), 12.
- GBIF.org. (2018). GBIF Occurrence download.

<https://doi.org/https://doi.org/10.15468/dl.61adky>

- Gigliarelli, G., Becerra, J. X., Curini, M., Marcotullio, M. C., & Forti, L. (2015). Chemical composition and biological activities of fragrant mexican copal (*Bursera* spp.). *Molecules*, *20*(12), 22383–22394.
<https://doi.org/10.3390/molecules201219849>
- Gortari, C. S. de. Ley Agraria (2018). México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Retrieved from
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13_250618.pdf
- Guízar-Nolazco, E., Granados-Sánchez, D., & Castañeda-Mendoza, A. (2010). Flora Y Vegetación En La Porción Sur De La Mixteca Poblana. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, *XVII*(2), 95–118.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.04.019>
- Haroche, E. (2014, April 17). Puebla, una de las ciudades con más iglesias. *El Financiero*. Retrieved from <https://www.elfinanciero.com.mx/sociedad/puebla-una-de-las-ciudades-con-mas-iglesias>
- Hernández, T., García-Bores, A. M., Serrano, R., Ávila, G., Dávila, P., Cervantes, H., ... Lira, R. (2015). Fitoquímica y actividades biológicas de plantas de importancia en la medicina tradicional del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *18*(2), 116–121.
<https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.003>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, *25*(15), 1965–1978.
<https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hurtado, M. de la M. Ley General Del Equilibrio Ecologico y La Proteccion al Ambiente (2012). México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Retrieved from
<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>

f

- INEGI. (2013a). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, serie V (capa union). Aguascalientes: CONABIO.
- INEGI. (2013b). *INEGI Informa*. México.
- INEGI. (2014). Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250 000 Serie I. (Continuo Nacional). Aguascalientes: CONABIO.
- INEGI. (2016). Puebla. Retrieved December 8, 2018, from <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/default.aspx?tema=me&e=21>
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Puebla 2017* (Vol. 52). Aguascalientes: INEGI/Gobierno del Estado de Puebla. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03468.x>
- ITE. (2018). Modelos de distribución potencial de especies. Retrieved October 15, 2018, from https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes05/Tema_5.pdf
- IUCN. (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Retrieved from <https://www.iucnredlist.org>
- Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A., & E., G. (2008). Hole-filled seamless SRTM data V4. Retrieved December 8, 2018, from <http://srtm.csi.cgiar.org/>
- Jolad, S. D., Wiedhopf, R. M., & Cole, J. R. (1977). Cytotoxic Agents from *Bursera morelensis* (Burseraceae): Deoxypodophyllotoxin and a New Lignan , 5 ' - Desmethoxydeoxypodophyllotoxin. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 66(6), 893.
- Linares, E., & Bye, R. (2008). El copal en México. *Biodiversitas*. México: CONABIO.
- López, E. D., Corte, J. M. L., Hernández, I. B., Hernández, C. S., Pastelín, J. M. C., Delgado, C. H. B., & Guerrero, I. J. O. (2013). Manual técnico para la

propagación asexual de Burseraceae en la Cañada oaxaqueña. Teotitlán de Flores Magón: Universidad de la Cañada. Retrieved from http://www.unca.edu.mx/investigacion/publicaciones/MANUAL_TECNICO_DE_BURSERACEAE.pdf

Macías-Cuellar, H., Téllez-Valdés, O., Dávila-Aranda, P., & Casas-Fernández, A. (2006). Los estudios de sustentabilidad. *Ciencias*, *81*, 20–31. [https://doi.org/10.1016/S1130-8621\(06\)71241-4](https://doi.org/10.1016/S1130-8621(06)71241-4)

Macías, H. C., Moreno, M. M. H., Cortés, A. A., Sánchez, C. A. F., Saldaña, L. A. I., Muñoz, J. de J. Q., & Ramírez, G. T. (2017). *Ejido San Francisco Xochiltepec, Puebla. Monitoreo Ambiental Comunitario 2016 – 2017*. México.

Martínez, P. H. (2009). Perspectivas de la producción de linaloe. In *Estado del desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de Guerrero* (pp. 1–7). México: SIPIG-UNAM.

Medina-Lemos, R. (2008). *Fascículo 66. BURSERACEAE. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán* (1st ed.). México: UNAM.

Montaño-Arias, G., & Espinosa, D. (2008). Patrones de endemismo en el género *Bursera* (Burseraceae). México: CONABIO.

Nieto-Yanez, O. ., Resendiz-Albor, A. A., Ruiz-Hurtado, P. A., Rivera-Yanez, N., Rodriguez-canales, M., Rodriguez-Sosa, M., ... Rodriguez-Monroy, M. . (2017). In Vivo and in Vitro Antileishmanial Effects of Methanolic Extract From Bark of *Bursera Aptera*. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, *14*(2), 188–197. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i2.20>

Nohmi, N., Rezende, P. N., Magela, G., & Lopes, J. (2004). Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst. Retrieved September 15, 2018, from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5997408>

Nuestro México. (2018a). San José Tilapa - Puebla. Retrieved February 21, 2018,

- from <http://www.nuestro-mexico.com/Puebla/Coxcatlan/San-Jose-Tilapa/>
- Nuestro México. (2018b). Xochiltepec (San Francisco) - Puebla. Retrieved February 21, 2018, from <http://www.nuestro-mexico.com/Puebla/Zapotitlan/Areas-de-menos-de-500-habitantes/Xochiltepec-San-Francisco/>
- OSGeo. (2018). QGIS Desktop 3.4.3 with GRASS 7.4.2. QGIS project.
- PAIR Occidente A.C. (2010). Ordenamiento Territorial Comunitario del ejido San José Tilapa, Municipio Coxcatlán, Estado de Puebla. Pátzcuaro: CONAFOR/PROCYMAF.
- Paredes-Flores, M., Lira-Saade, R., & Dávila-Aranda, P. (2007). Estudio etnobotánico de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Acta Botánica Mexicana*, 79(0187–7151), 13–61. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57407902>
- Peña, A., Lucila, J., & González, N. (1998). Amenazas a la biodiversidad. In *La diversidad biológica de México. Estudio de País, 1998*. (1st ed., pp. 158–180). México: CONABIO.
- Phillips, B. S. (2011). A Brief Tutorial on Maxent.
- Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2006). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Retrieved December 8, 2018, from http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- RAN. (2018). Sistemas de Información Geográfica del catastro Rural. Retrieved December 8, 2018, from <https://www.gob.mx/ran>
- Rzedowski, J., & Guevara-Féfer, F. (1992). Burseraceae. In *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* (Vol. 3, p. 46). Retrieved from <http://www1.ecologia.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOBA/Flora 78.pdf>
- Rzedowski, J., Lemus, R. M., & Rzedowski, G. C. de. (2004). Las especies de

- Bursera (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana*, 66, 23–151.
- Santelises, R. A., & García, R. (2004). *Catálogo de palantas reportadas como parte de la dieta de la guacamaya verde (Ara militaris) en regiones de la cañada Oaxaqueña*.
- SEDESOL. (2010). *Informe Anual Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social. zapotitlán, Puebla*. México.
- SEMARNAT. (2006). Aprovechamiento de los recursos forestales , pesqueros y de la vida silvestre. In M. C. Hernández, A. D. Zepeda, R. G. Matamoros, M. de J. G. L. de Guevara, J. D. R. Vázquez, C. E. R. Ortega, & V. E. S. Rojas (Eds.), *El medio ambiente en México 2005* (pp. 46–58). México: SEMARNAT/SNIARN.
- SEMARNAT. (2014). Especies de plantas con flor prioritarias para la conservación. Retrieved May 21, 2019, from http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_BIODI V02_16D&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- Servicio Forestal Sierra Oaxaca S.C. (2012). Ordenamiento Territorial Comunitario. San Francisco Xochiltepec, Zapotitlán, Pue. Oaxaca de Juárez.
- SGM. (2005). Continuo Nacional de Geología de la República Mexicana escala 1:250 000. Retrieved August 10, 2019, from <https://datos.gob.mx/busca/dataset/cartografia-geologica-de-la-republica-mexicana-escala-1-250000/resource/38c0798e-c801-4d46-95d1-793b720c14af>
- Toledo, A. A. A., Valdés, M. T. V., & Santiago, J. R. (2000). *Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla* (1st ed.). México: Instituto Nacional de Ecología.
- Tropicos.org. (2019). Nomenclatural, bibliographic and specimen data accumulated

in MBG's electronic databases. Missouri Botanical Garden. Retrieved from <http://www.tropicos.org/>

- UNAM. (2005). Macroproyect. Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano. Informe de Actividades 2005 -2008. México: UNAM.
- UNEX. (2019). Catalogo de suelos de Extremadura. Retrieved June 4, 2019, from <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/IndWRB.html>
- UniOvi. (2018). Interpolación de Imágenes Contenidos. Retrieved December 1, 2018, from https://www.unioviado.es/compnum/expositiva/Presentaciones_web/T3C_Interpolacion_imagen.pdf
- Valiente-Banuet, A., Solís, L., Dávila, P., Arizmendi, M. del C., Pereyra, C. S., Ortea-Ramírez, J., ... Casas, A. (2009). *Guía de la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán* (1st ed.). México.
- Valrela, S., Mateo, R. G., García-Valdés, R., & Fernández-González, F. (2014). Macroecología y ecoinformática: sesgos, errores y predicciones en el modelado de distribuciones. *Ecosistemas*, 23(1), 87–96. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-1.07>
- Velarde, S. E. P. (2008). *Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites. Colección Manejo Campesino de Recursos Naturales*. México: CONABIO/RAISES.
- Velázquez, L. V. (2014). El reduccionismo científico y el control de las conciencias. Parte 1. *Boletín Médico Del Hospital Infantil de México*, 71(4), 252–257.
- Villasante, T., Montañés, M., Alberich, T., Martí, J., Basogoiti, M., Bru, P., ... Guerra, C. (2000). *La investigación social participativa*. (RED CIMS, Ed.), *Journal of Experimental Psychology: General*. España: El Viejo Topo.

ANEXOS

Anexo 1 Tabla presencia de *B. aptera* en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. aptera

Tipo de vegetación	Frecuencia	Porcentaje
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	26	14.36
ZONA URBANA	23	12.71
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	20	11.05
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	18	9.94
AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	16	8.84
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	15	8.29
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	14	7.73
PASTIZAL INDUCIDO	14	7.73
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL	9	4.97
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	9	4.97
ASENTAMIENTOS HUMANOS	4	2.21
BOSQUE DE MEZQUITE	4	2.21
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	3	1.66
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE	2	1.10
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE CHAPARRAL	2	1.10
BOSQUE DE ENCINO	1	0.55
BOSQUE DE ENCINO-PINO	1	0.55
	17	181
		100.00

Anexo 2 Tabla presencia de *B. biflora* en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. biflora

Tipo de vegetación	Frecuencia	Porcentaje
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	15	24.59
MATORRAL CRASICAULE	13	21.31
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	12	19.67
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	8	13.11
ZONA URBANA	3	4.92
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL	1	1.64
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	1	1.64
AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	1	1.64
BOSQUE DE ENCINO-PINO	1	1.64
CHAPARRAL	1	1.64
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE MEZQUITE	1	1.64
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	1	1.64
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	1	1.64
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE TÁSCATE	1	1.64
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE CHAPARRAL	1	1.64
	15	61
		100

Anexo 3 Tabla presencia de *B. morelensis* en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. morelensis		
Vegetación	Frecuencia	Porcentaje
MATORRAL CRASICAULE	11	17.74
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	10	16.13
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	10	16.13
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	9	14.52
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	6	9.68
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	3	4.84
ZONA URBANA	3	4.84
AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	2	3.23
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	2	3.23
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL	1	1.61
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	1	1.61
CHAPARRAL	1	1.61
PALMAR INDUCIDO	1	1.61
PASTIZAL INDUCIDO	1	1.61
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE TÁSCATE	1	1.61
	15	62
		100

Anexo 4 Tabla presencia de *B. schlechtendalii* en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. schlechtendalii		
Vegetación	Frecuencia	Porcentaje
MATORRAL CRASICAULE	14	23.33
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	10	16.67
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	6	10.00
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	6	10.00
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	6	10.00
ZONA URBANA	6	10.00
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	3	5.00
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	3	5.00
AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	2	3.33
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE	1	1.67
BOSQUE DE MEZQUITE	1	1.67
BOSQUE DE PINO-ENCINO	1	1.67
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	1	1.67
	13	60
		100.00

Anexo 5 Tabla presencia de *B. aptera* en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. aptera

Suelo	Frecuencia	Porcentaje
NO DATA	18	8.14
LPrz+VRpepcp+RGcalep/2	13	5.88
RGcalep+LPcali+PHha/1R	13	5.88
LPhuli+RGeulep/2	12	5.43
RGeulep+RGcalep/1	12	5.43
CMad+LVad/2R	11	4.98
LPcali+RGcalep/1	8	3.62
LPrz+VRpepcp+LPcali/2	7	3.17
RGeulep+RGcalep+LPeuli/1	7	3.17
UMhulep+RGdy+CMcrdy/2	7	3.17
CMadca+LVad/2R	6	2.71
LPcahum/3	6	2.71
LPeu+RGeulep/2	6	2.71
LPmosk+RGeulep/2	5	2.26
GYha/2	4	1.81
LPcali+LPrz/2	4	1.81
LPeuli+RGeu/2	4	1.81
LPeuli+RGeulep/1	4	1.81
LPmo+LPeuli/2	4	1.81
LPrz+RGcalep+LPcali/2	4	1.81
LVcr+CMcrlen/3	4	1.81
PHcalep+LPcali/2	4	1.81
RGcalep+LPcali+LPrz/2	4	1.81
CLhuptn+VRhucc/2	3	1.36
LPca+RGcalep/1	3	1.36
LPeu+RGeulep+PHlep/2	3	1.36
LPeuli+PHlep+RGeulep/2	3	1.36
LVdylen+CMcrdy+RGdy/2	3	1.36
PHlep+RGeu+LPeuli/2	3	1.36
VRmz+SCha/3	3	1.36
VRmzpe+LPeu/3R	3	1.36
CMeulen+PHha+LVlen/2	2	0.90
LPcali+LPrz/3	2	0.90
LPcali+RGcalep/2	2	0.90
LPcali+RGcalep+PHcalep/3	2	0.90
LVcavr+RGeu+VRpehu/3	2	0.90
RGeulep+GYha+LPeuli/1	2	0.90
VRcahu+PHcalv/3	2	0.90
VRmzpe+PHlv+PHha/3	2	0.90
CMadca+LVad/2	1	0.45
FLca/1R	1	0.45

FLca+CLar/1r	1	0.45
LPcali+PHcalep+LPrz/2	1	0.45
LPeuli+LPmo/2	1	0.45
LPeuli+LPrz/2	1	0.45
LPeuli+RGeulep+CMeulep/1R	1	0.45
LPhurz+PHcalep+LPcali/3	1	0.45
LPrz/2	1	0.45
LPrz+PHcalep+LPcali/2	1	0.45
PHlep+RGca/2	1	0.45
RGcalep+LPcali/1	1	0.45
RGcalep+RGeulep/1	1	0.45
RGeu+LPeuli/2	1	0.45
	52	221
		100.00

Anexo 6 Tabla presencia de *B. biflora* en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. biflora

Suelo	Frecuencia	Porcentaje
LPrz+RGcalep+LPcali/2	6	9.68
LPcahum/3	5	8.06
RGeulep+GYha+LPeuli/1	5	8.06
LPeuli+RGeulep+PHha/2	4	6.45
LPrz+VRpepcp+RGcalep/2	4	6.45
PHcalep+LPcali/2	4	6.45
LPcali+LPrz/2	3	4.84
LPcali+LPrz+RGcalep/2	3	4.84
LPcali+RGcalep/2	3	4.84
LPeu+RGeulep/2	3	4.84
RGcalep+LPcali+PHha/1R	3	4.84
NO DATA	3	4.84
CLhuptn+VRhucc/2	2	3.23
LPcali+RGcalep/1	2	3.23
LPcamo+VRmzpe+PHha/2	2	3.23
LPeuli+RGeulep/2	2	3.23
LPhurz+PHcalep+LPcali/3	2	3.23
CHph+PHcaph+RGca/2	1	1.61
LPhurz+PHhupcp/2	1	1.61
LVcr+CMcrlen/3	1	1.61
LVdylen+CMcrdy+RGdy/2	1	1.61
PHcalep+LPrz/2	1	1.61
VRcahu+PHcalv/3	1	1.61
	23	62
		100.00

Anexo 7 Tabla presencia de *B. morelensis* en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

B. morelensis			
Suelo	Frecuencia	Porcentaje	
RGcalep+LPcali+PHha/1R	6	9.68	
LPcali+LPrz/2	5	8.06	
UMhulep+RGdy+CMcrdy/2	5	8.06	
LPcali+RGcalep/1	3	4.84	
LPeu+RGeulep/2	3	4.84	
NO DATA	3	4.84	
CMad+LVad/2R	2	3.23	
CMadca+LVad/2R	2	3.23	
LPca+RGcalep/1	2	3.23	
LPcali+LPrz+RGcalep/2	2	3.23	
LPeuli/1	2	3.23	
LPeuli+LPrz/2	2	3.23	
LPeuli+PHha/2	2	3.23	
RGeulep+RGcalep+LPeuli/1	2	3.23	
AReu+FLeu/1r	1	1.61	
CMadca+LVad/2	1	1.61	
CMeu+LVha/2	1	1.61	
LPcahum/3	1	1.61	
LPeu+RGeulep+PHlep/2	1	1.61	
LPeuli+PHlep+RGeulep/2	1	1.61	
LPeuli+RGca+LVha/2	1	1.61	
LPeuli+RGeulep/1	1	1.61	
LPhuli+RGdylep/2	1	1.61	
LPrz+VRpepcp+RGcalep/2	1	1.61	
LVcr+CMcrlen/3	1	1.61	
LVdylen+CMcrdy+RGdy/2	1	1.61	
PHcalep+LPeuli/2	1	1.61	
PHpdp+DUptn+VRmzpe/2	1	1.61	
RGeu+LPeuli/2	1	1.61	
RGeulep+GYha+LPeuli/1R	1	1.61	
RGeulep+RGcalep/1	1	1.61	
VRmz+SCha/3	1	1.61	
VRmzpe+LPeu/3R	1	1.61	
VRmzpe+PHlv+PHha/3	1	1.61	
VRpeca+LPhurz/3R	1	1.61	
	34	62	100

Anexo 8 Tabla presencia de *B. schlechtendalii* en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.

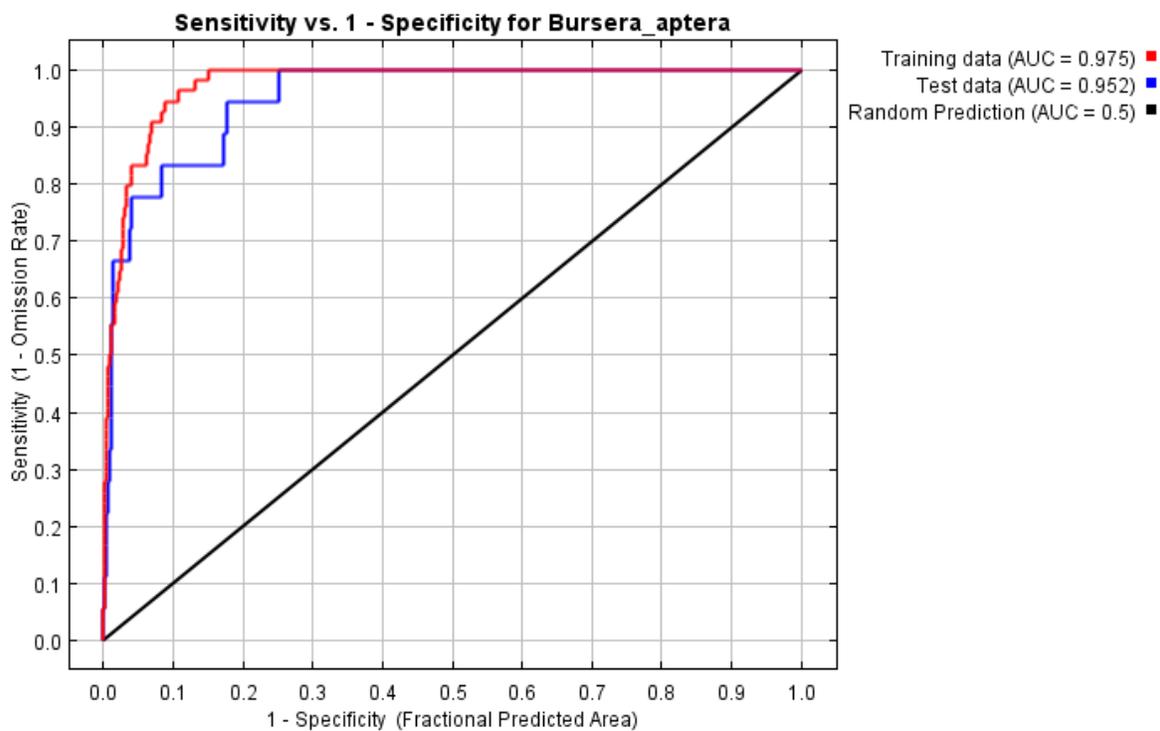
B. schlechtendalii

Suelo	Frecuencia	Porcentaje
LPrz+VRpepcp+RGcalep/2	9	15.00
LPcali+LPrz/2	7	11.67
LPcali+LPrz+RGcalep/2	4	6.67
LPcali+RGcalep/2	4	6.67
NO DATA	4	6.67
CMadca+LVad/2R	3	5.00
RGeulep+GYha+LPeuli/1	3	5.00
RGeulep+RGcalep/1	3	5.00
CMad+LVad/2R	2	3.33
LPcali+RGcalep/1	2	3.33
LPhuli+RGeulep/2	2	3.33
PHcalep+LPcali/2	2	3.33
RGeulep+GYha+LPeuli/1R	2	3.33
CMadca+LVad/2	1	1.67
FLca/1R	1	1.67
LPca+RGcalep/1	1	1.67
LPeu+RGeulep+PHlep/2	1	1.67
LPeuli/1	1	1.67
LPeuli+PHlep+RGeulep/2	1	1.67
LPrz+LPcali/2	1	1.67
LPrz+RGca+LPcali/2	1	1.67
LPrz+RGcalep+LPcali/2	1	1.67
LVcr+ANeu/3	1	1.67
LVcr+CMcrlen/3	1	1.67
RGcalep+LPcali+PHha/1R	1	1.67
RGeulep+RGcalep+LPeuli/1	1	1.67
	25	60
		100.00

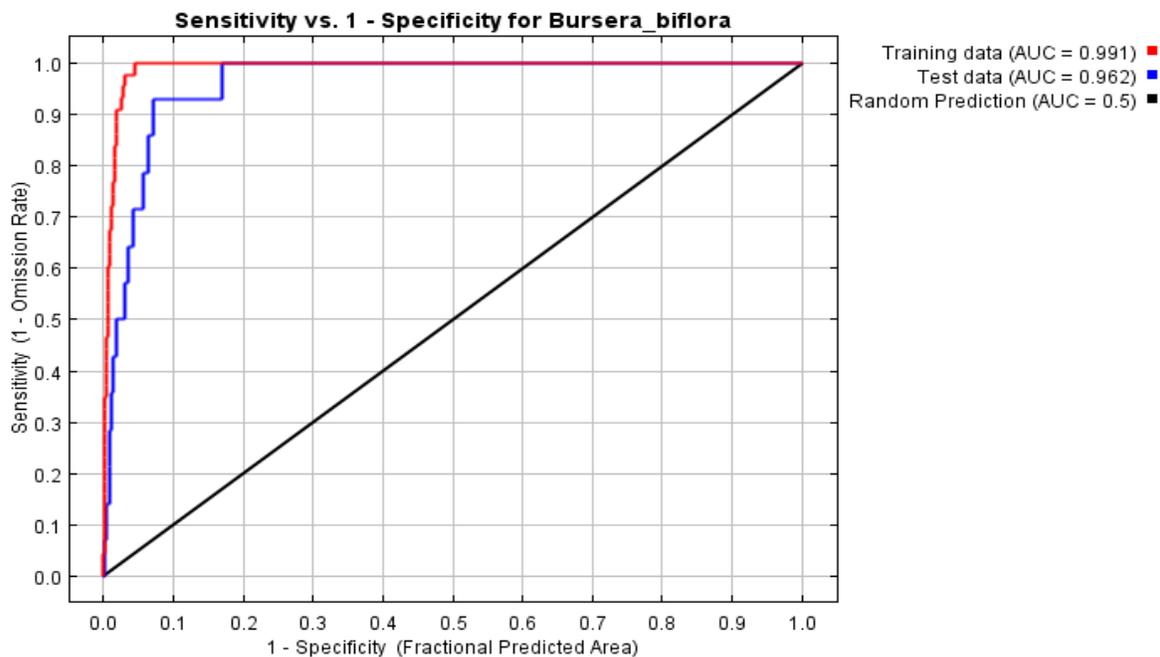
Anexo 9 Significado de los códigos WRB para tipo de suelo, la información corresponde a los puntos de presencia de la base de datos compilada para las especies de *Bursera* identificadas durante el trabajo en campo, la información del suelo fue extraída del continuo edafológico nacional escala 1:250 000 de INEGI.

	WRb	Nombre
B. aptera	LPrz+VRpepcp+RGcalep/ 2	Leptosol Rendzico+Vertisol Pélico Orto Petrocalcico+Regosol
	RGcalep+LPcali+PHha/1R	Regosol Calcárico Orto Léptico+Leptosol Calcárico Lítico+Phaeozem Háplico
B. biflora	LPrz+RGcalep+LPcali/2	Leptosol Rendzico+Regosol Calcárico Lítico+Leptosol Calcárico Lítico
	LPcahum/3	Leptosol Calcárico Hiper Úmbrico
	RGeulep+GYha+LPeuli/1	Regosol Étrico Epi Léptico+Gipsisol Háplico+Leptosol Étrico Lítico
B. morelensis	RGcalep+LPcali+PHha/1R	Regosol Calcárico Epi Léptico+Leptosol Calcárico Lítico+Phaeozem Háplico
	LPcali+LPrz/2	Leptosol Calcárico+Leptosol Rénzico
	UMhulep+RGdy+CMcrdy/ 2	Umbrisol Húmico Epi Léptico+Regosol Dístrico+Cambisol Cumuli Dístrico
B. schlechtendalii	LPrz+VRpepcp+RGcalep/ 2	Leptosol Réndzico+Vertisol Pélico Epi Petrocálcico+Regosol Calcárico Epi Léptico
	LPcali+LPrz/2	Leptosol Calcárico Lítico+Leptosol Réndzico
	LPcali+LPrz+RGcalep/2	Leptosol Calcárico Lítico+Leptosol Réndzico+Regosol Calcárico Epi Léptico

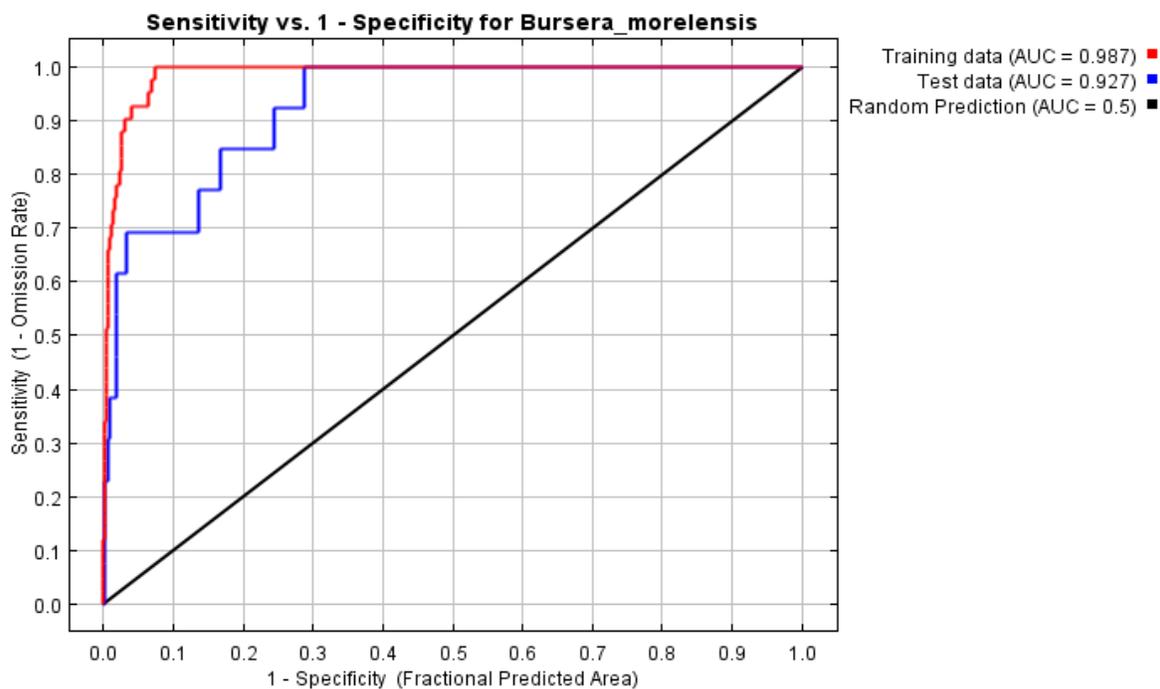
Anexo 10 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para *B. aptera*.



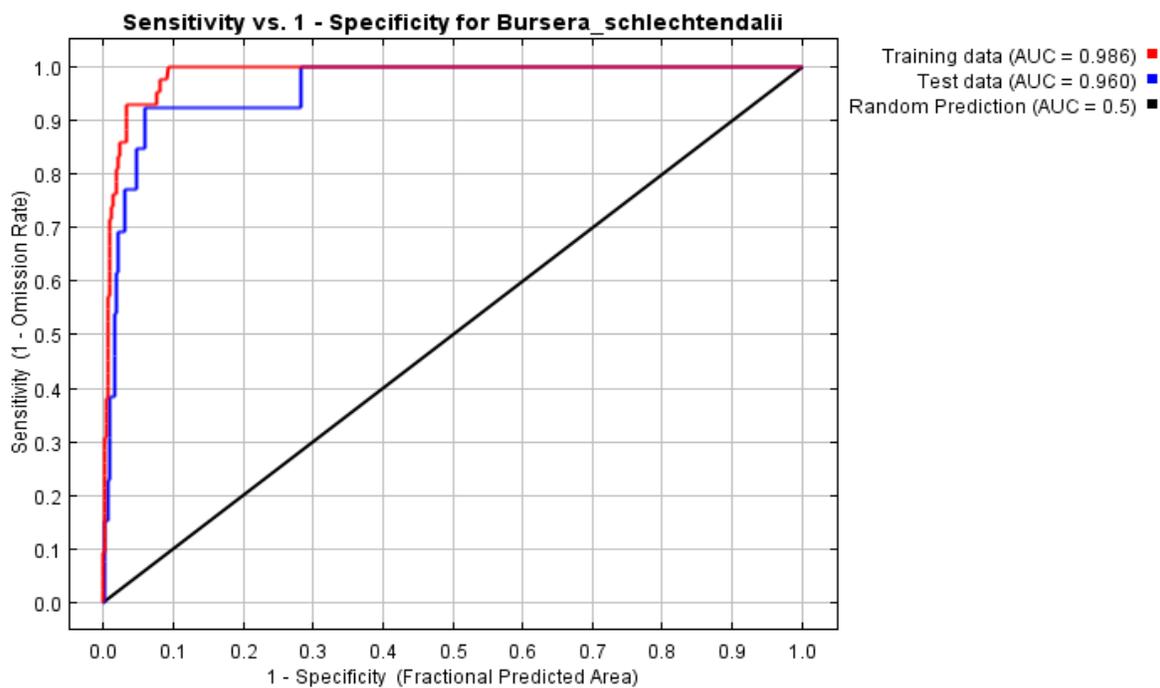
Anexo 11 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para *B. biflora*.



Anexo 12 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para *B. morelensis*.



Anexo 13 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para *B. schlechtendalii*.



Anexo 14 Tabla de la extensión geográfica de las cuatro especies de *Bursera* expresada en número de píxeles, kilómetros cuadrados y porcentaje del territorio cubierto dentro del estado de Puebla.

PUEBLA

Extensión (conteo de píxeles)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	3835663	3982298	3953399	3986282
0.2-0.4	160020	73269	102795	90296
0.4-0.6	68845	43046	34863	28950
0.6-0.8	50653	29231	29617	20333
0.8-1	51581	38919	46089	40902
	4166762	4166763	4166763	4166763
Extensión (kilómetros cuadrados)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	345209.7	358406.8	355805.91	358765.38
0.2-0.4	14401.8	6594.21	9251.55	8126.64
0.4-0.6	6196.05	3874.14	3137.67	2605.5
0.6-0.8	4558.77	2630.79	2665.53	1829.97
0.8-1	4642.29	3502.71	4148.01	3681.18
Extensión (Porcentaje territorial)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	92.05%	95.57%	94.88%	95.67%
0.2-0.4	3.84%	1.76%	2.47%	2.17%
0.4-0.6	1.65%	1.03%	0.84%	0.69%
0.6-0.8	1.22%	0.70%	0.71%	0.49%
0.8-1	1.24%	0.93%	1.11%	0.98%
	100	100	100	100

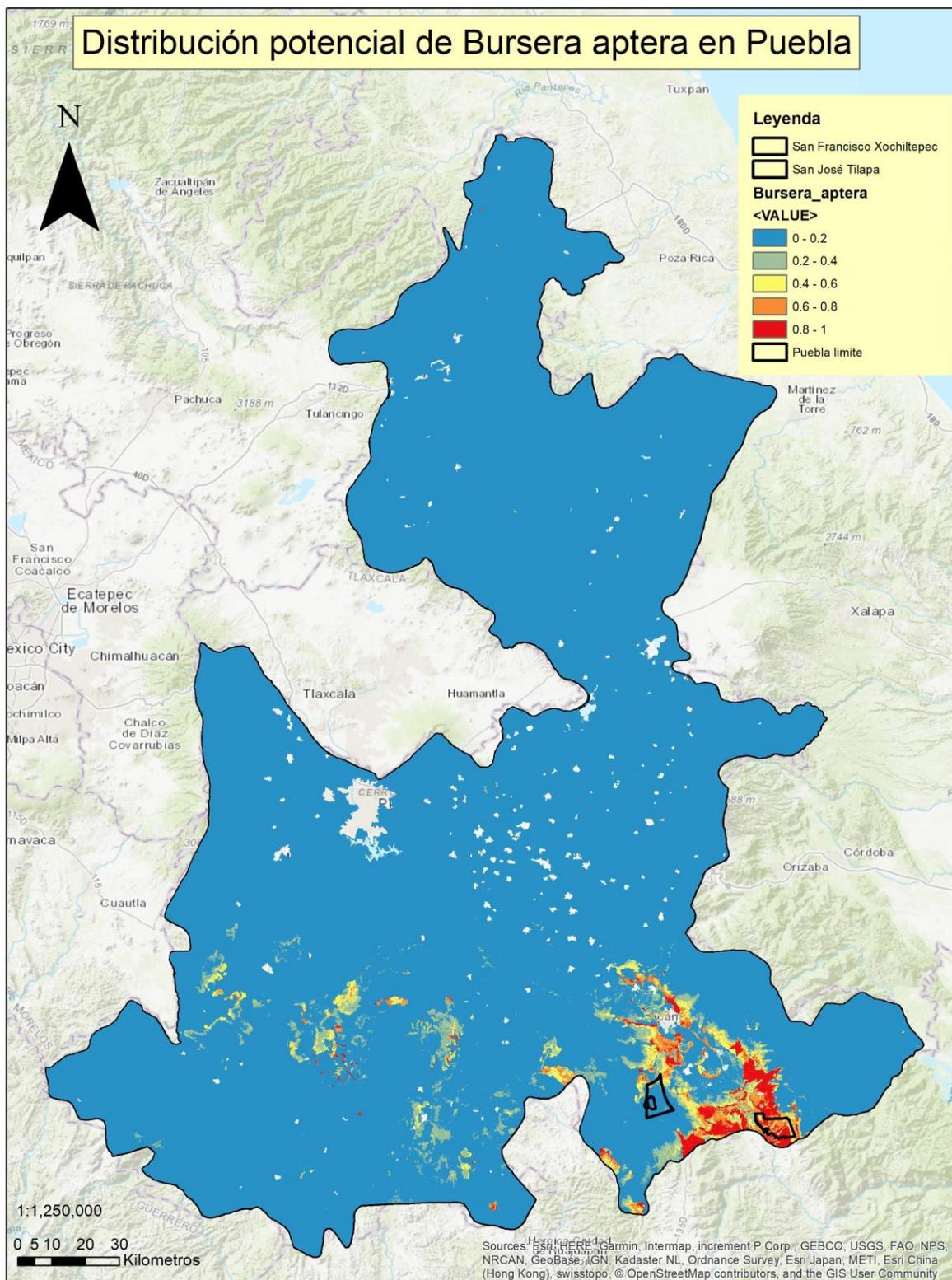
Anexo 15 Tabla de la extensión geográfica de las cuatro especies de *Bursera* expresada en número de píxeles, kilómetros cuadrados y porcentaje del territorio cubierto dentro de San Francisco Xochiltepec.

Xochiltepec				
Extensión (conteo de píxeles)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	3334	343	3080	3150
0.2-0.4	848	917	588	821
0.4-0.6	946	1623	736	695
0.6-0.8	477	1239	956	679
0.8-1	359	1842	604	619
	5964	5964	5964	5964
Extensión (kilómetros cuadrados)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	300.06	30.87	277.2	283.5
0.2-0.4	76.32	82.53	52.92	73.89
0.4-0.6	85.14	146.07	66.24	62.55
0.6-0.8	42.93	111.51	86.04	61.11
0.8-1	32.31	165.78	54.36	55.71
Extensión (Porcentaje territorial)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	55.90%	5.75%	51.64%	52.82%
0.2-0.4	14.22%	15.38%	9.86%	13.77%
0.4-0.6	15.86%	27.21%	12.34%	11.65%
0.6-0.8	8.00%	20.77%	16.03%	11.38%
0.8-1	6.02%	30.89%	10.13%	10.38%
	100	100	100	100

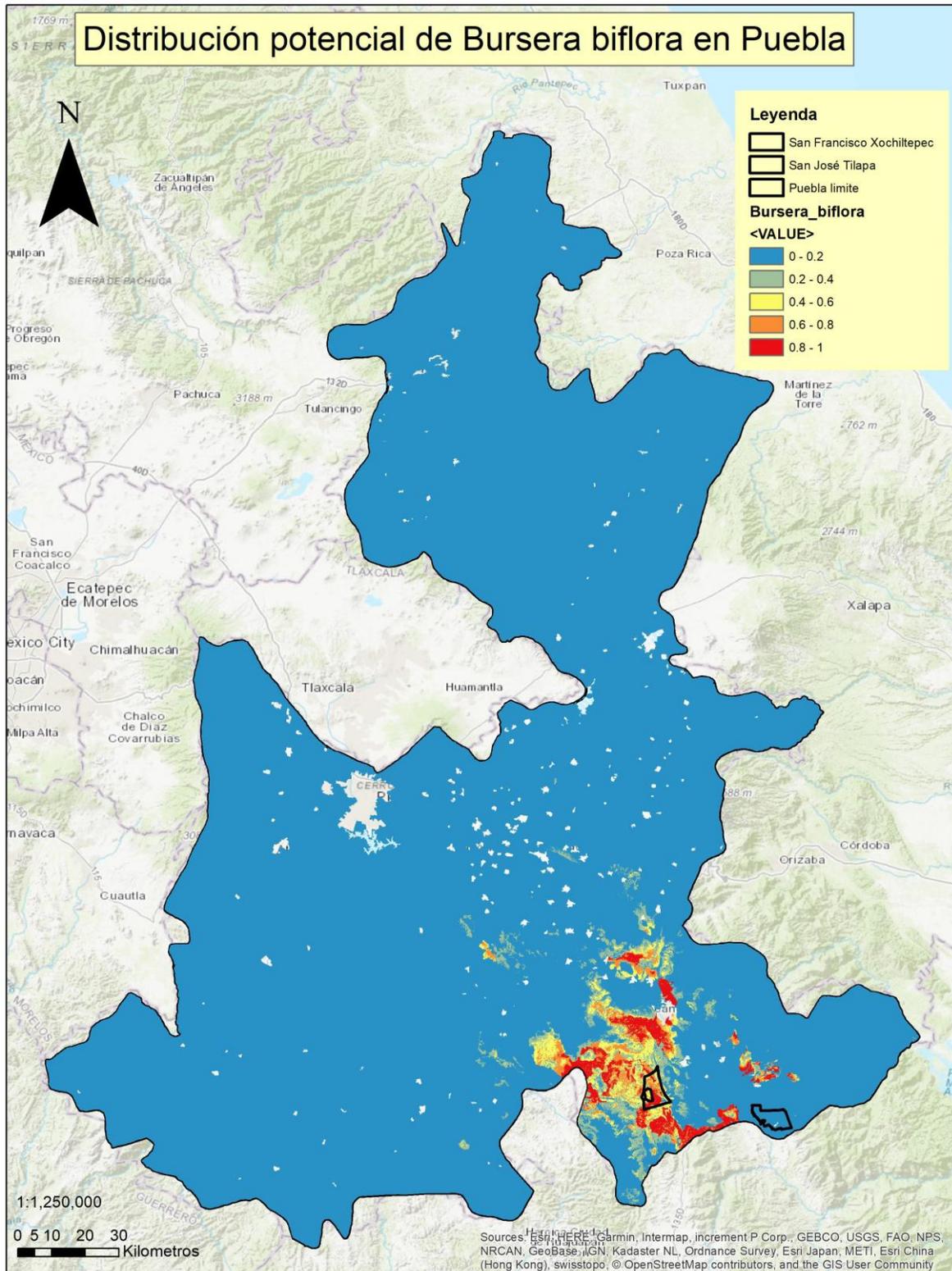
Anexo 16 Tabla de la extensión geográfica de las cuatro especies de *Bursera* expresada en número de pixeles, kilómetros cuadrados y porcentaje del territorio cubierto dentro de San José Tilapa.

Tilapa				
Extensión (conteo de pixeles)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	0	5794	348	659
0.2-0.4	3	0	187	382
0.4-0.6	168	0	191	498
0.6-0.8	1170	0	767	896
0.8-1	4453	0	4301	3359
	5794	5794	5794	5794
Extensión (kilómetros cuadrados)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	0	521.46	31.32	59.31
0.2-0.4	0.27	0	16.83	34.38
0.4-0.6	15.12	0	17.19	44.82
0.6-0.8	105.3	0	69.03	80.64
0.8-1	400.77	0	387.09	302.31
Extensión (Porcentaje territorial)				
	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schlechtendalii
0-0.2	0%	100.00%	6.01%	11.37%
0.2-0.4	0.05%	0.00%	3.23%	6.59%
0.4-0.6	2.90%	0.00%	3.30%	8.60%
0.6-0.8	20.19%	0.00%	13.24%	15.46%
0.8-1	76.86%	0.00%	74.23%	57.97%
	100	100	100	100

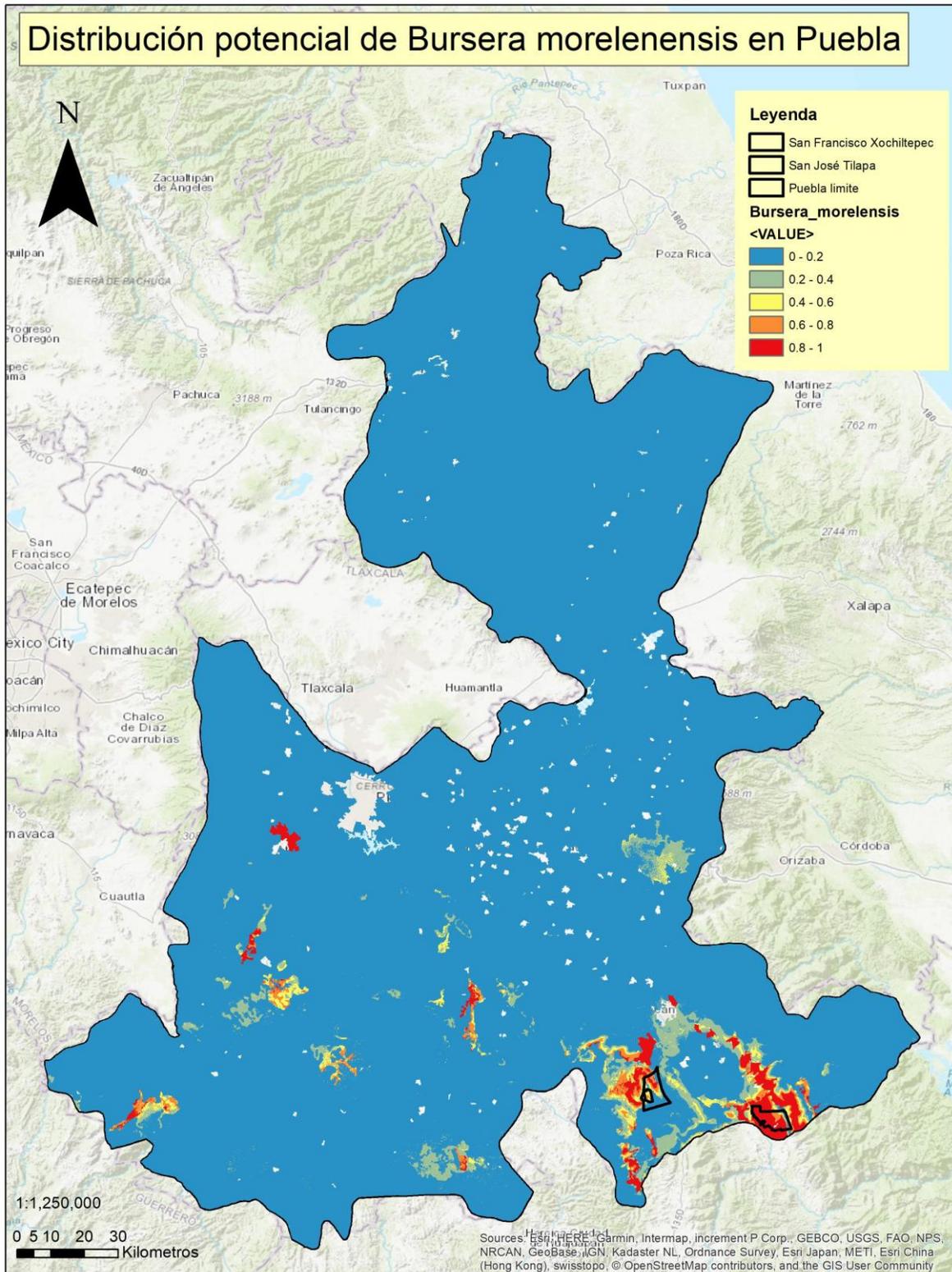
Anexo 17 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de *B. aptera*, se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.



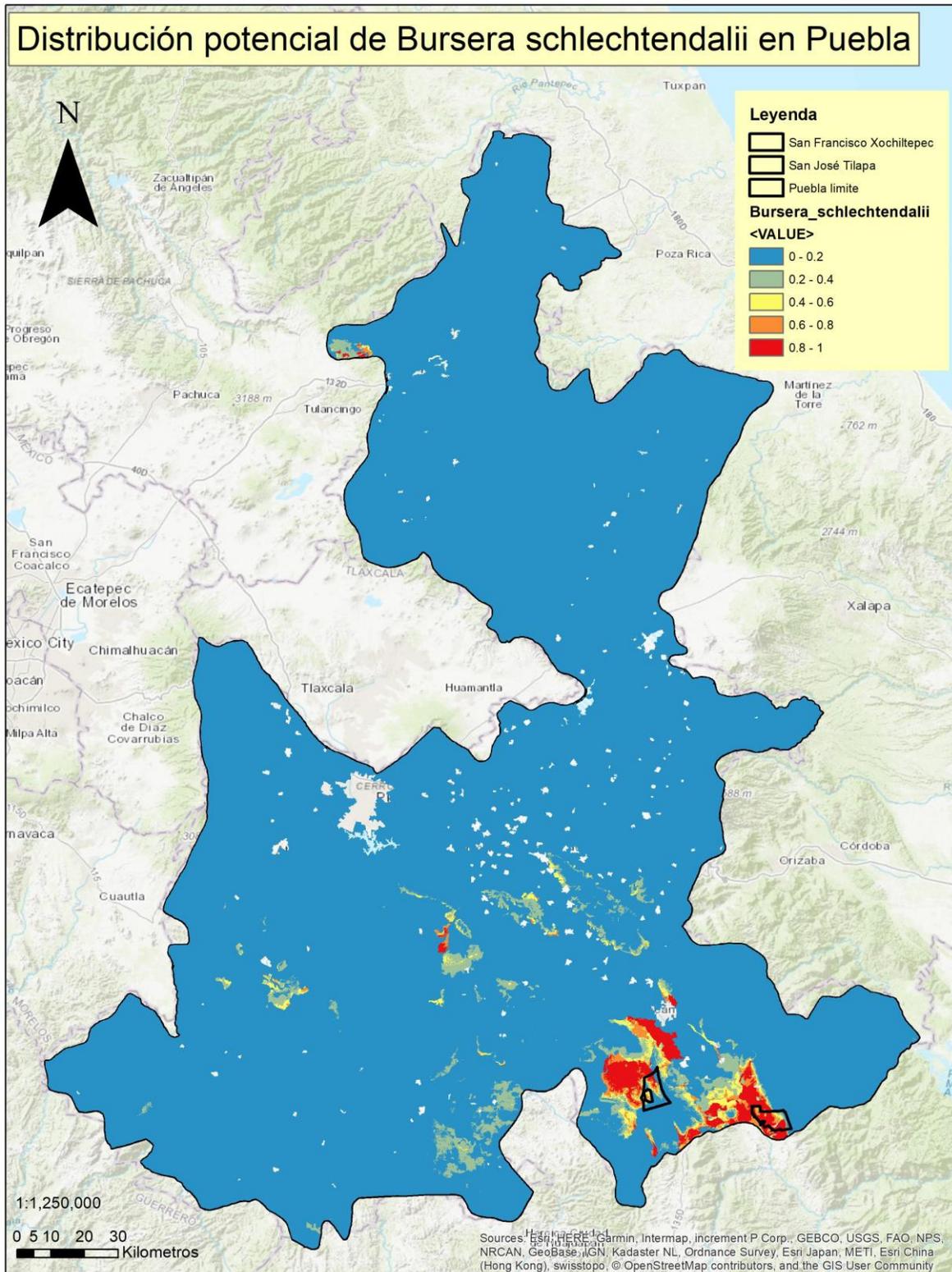
Anexo 18 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de *B. biflora*, se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.



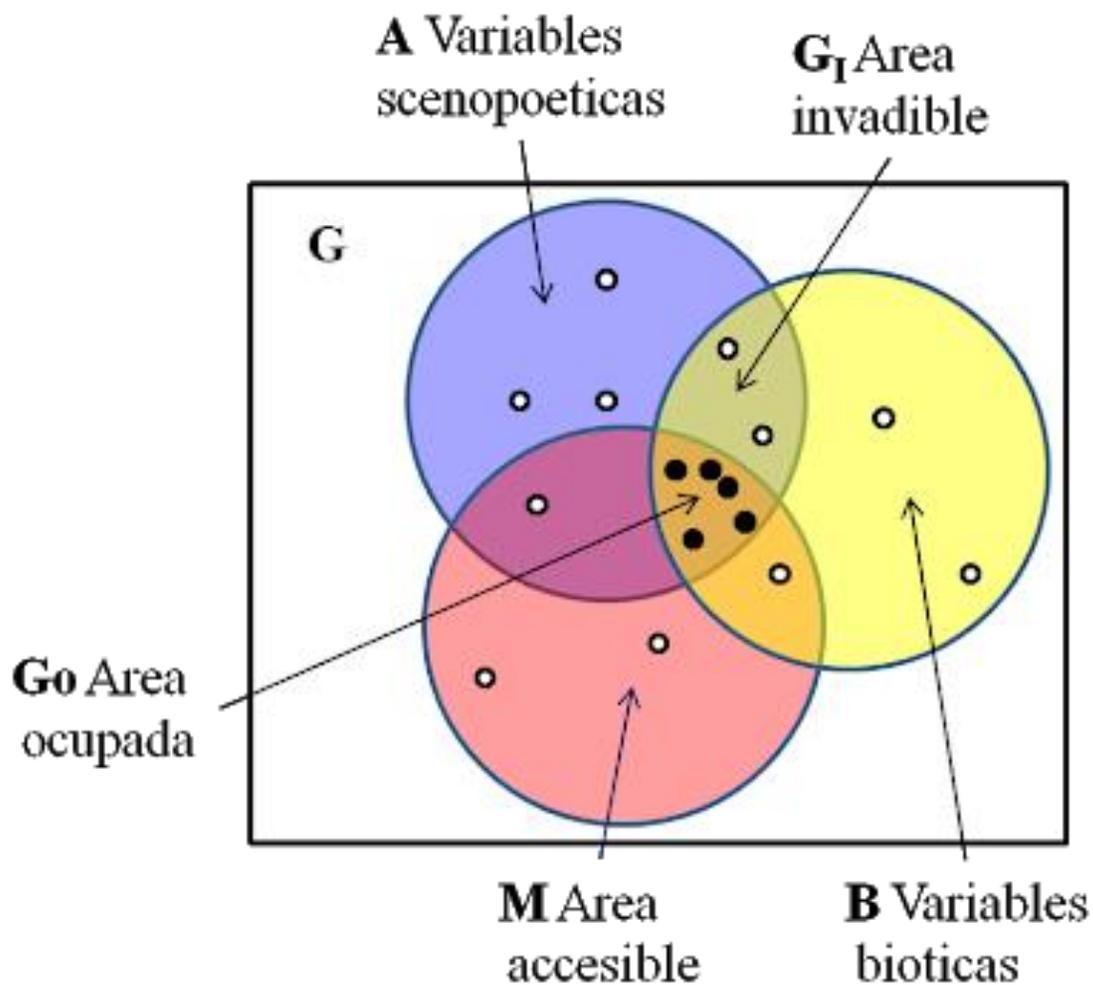
Anexo 19 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de *B. morelensis*, se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.



Anexo 20 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de *B. schlechtendalii*, se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.



Anexo 21 Diagrama de BAM, el diagrama muestra los factores determinantes para explicar la distribución de una especie en un tiempo x. El diagrama fue extraído de CONABIO (2018b).

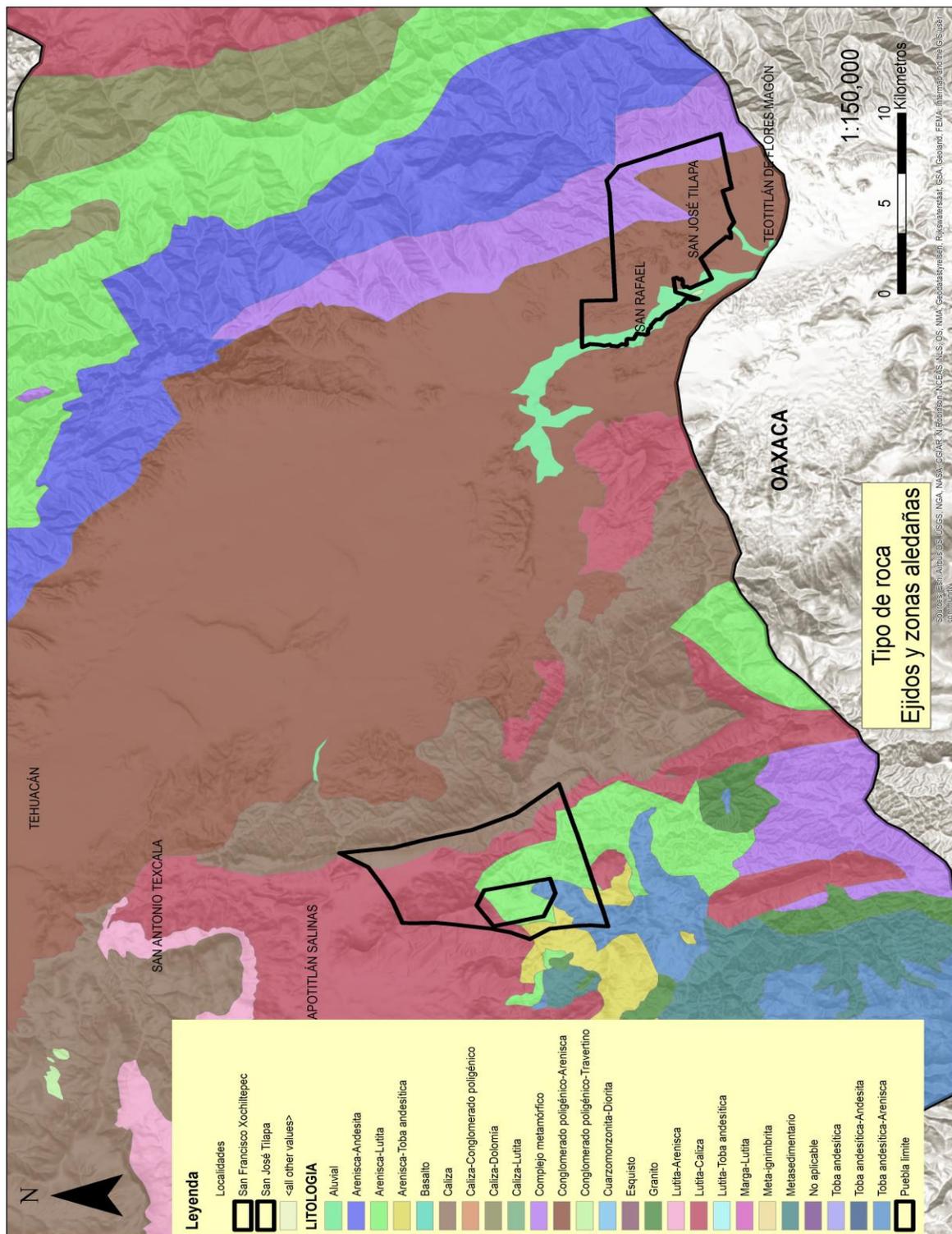


Anexo 22 Comparación del AUC de cada especie de *Bursera* cuando el modelo utiliza únicamente cada variable

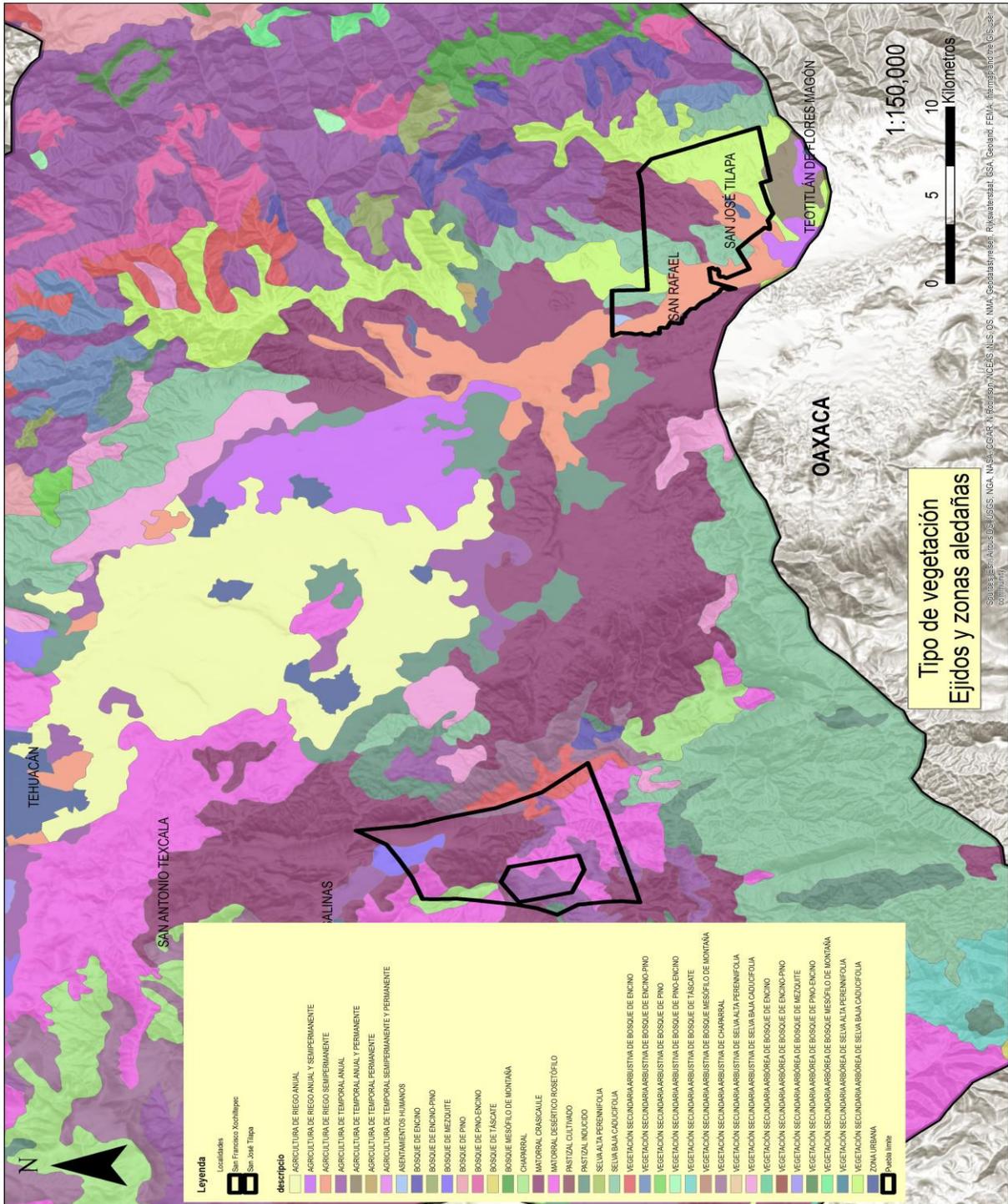
AUC CUANDO SOLO SE UTILIZA CADA VARIABLE

	B. aptera	B. biflora	B. morelensis	B. schechtandalii
ASPECT	0.4355	0.4687	0.4375	0.6349
DEM	0.7504	0.8127	0.7701	0.774
NDVI	0.5999	0.7235	0.6329	0.7079
EDAFO_S2	0.8057	0.8284	0.7737	0.8099
BIO01	0.7336	0.7941	0.7392	0.7329
BIO02	0.6455	0.6406	0.6802	0.6926
BIO03	0.6455	0.6406	0.6802	0.6926
BIO04	0.778	0.8108	0.7943	0.8007
BIO05	0.776	0.7098	0.7886	0.7728
BIO06	0.8116	0.8769	0.8699	0.7906
BIO07	0.7177	0.6011	0.7542	0.7508
BIO08	0.7376	0.7829	0.735	0.7336
BIO09	0.7599	0.7945	0.7986	0.787
BIO10	0.7426	0.7879	0.7449	0.7392
BIO11	0.7673	0.8035	0.8336	0.8131
BIO12	0.7679	0.8158	0.6219	0.8315
BIO13	0.7339	0.833	0.5199	0.8175
BIO14	0.602	0.7956	0.5615	0.7227
BIO15	0.8105	0.8354	0.7682	0.8006
BIO16	0.7316	0.8402	0.5766	0.803
BIO17	0.6601	0.8279	0.5196	0.7537
BIO18	0.808	0.8128	0.6739	0.8438
BIO19	0.7151	0.6068	0.474	0.7846
USV_5	0.752	0.7017	0.901	0.8022
SLOPE	0.5523	0.4577	0.6007	0.5648

Anexo 24 Tipos de roca en los ejidos y zonas aledañas, se observa la presencia de arenisca-lutita, toba andesítica-arenisca, lutita-caliza, caliza y arenisca toba-andesítica en Xochiltepec y sus alrededores, mientras que en Tilapa se observa conglomerado poligénico-arenisca, aluvial y complejo metamórfico.



Anexo 25 Tipos de vegetación en los ejidos y zonas aledañas, se observa la presencia de Matorral Desértico Rosetofilo, Agricultura de temporal anual, Matorral Crasicaule, Pastizal Inducido, Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino, Bosque de Mezquite, Chaparral y Vegetación Secundaria Arbustiva de Chaparral en Xochiltepec y sus alrededores, mientras que en Tilapa se observa Agricultura de riego permanente, Selva Baja Caducifolia, Zona Urbana, Vegetación Secundaria Arborea de Selva Baja, Matorral Crasicaule.



Anexo 26 Traducción del formato WRB reportado en los OTC correspondientes a los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa.

XOCHILTEPEC

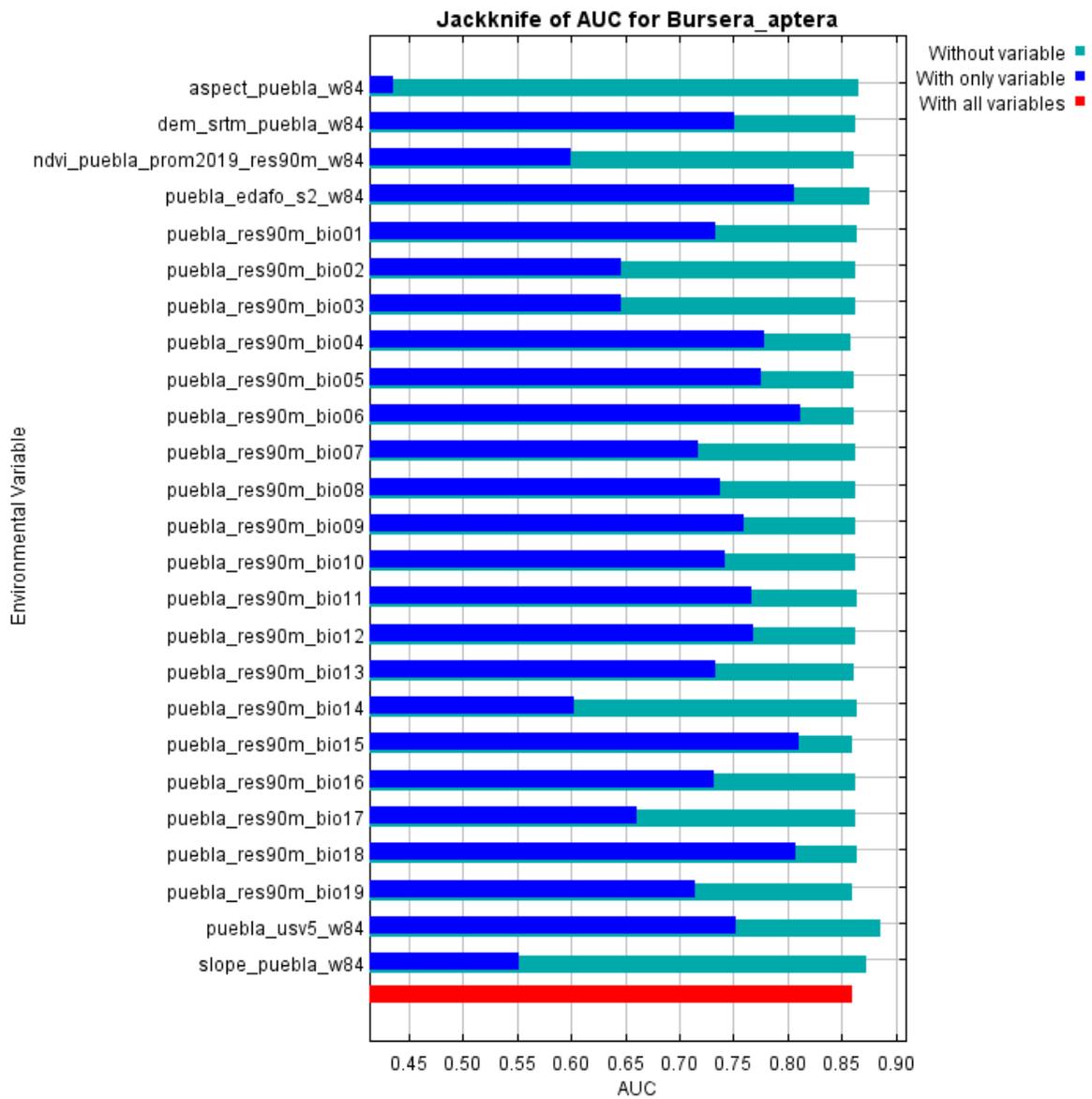
TRADUCCIÓN DEL FORMATO WRB

LPCALI+LPRZ+RGCALEP/2	Leptosol calcarico lítico + Leptosol réndzico + Regosol calcarico epiléptico
LPEULI+RGEULEP/2	Leptosol éutrico lítico + Regosol éutrico epiléptico
LPEULI+RGEULEP+PHHA/2	Leptosol éutrico lítico + Regosol éutrico epiléptico + Phaeozem háplico
LPEU+RGEULEP/2	Leptosol éutrico + Regosol éutrico epiléptico
LPCALI+LPRZ/2	Leptosol calcarico lítico + Leptosol réndzico
LPRZ+VRPEPCP+RGCALEP/2	Leptosol réndzico + Vertisol pélico epipetrocálcico + Regosol calcarico epiléptico
LPCALI+LPRZ+PHCALEP/2	Leptosol calcarico lítico + Leptosol réndzico + Phaeozem calcarico epiléptico
TILAPA	
CMAD+LVAD/2R	Cambisol arídico + Luvisol arídico
CMADCA+LVAD/2R	Cambisol arídico calcarico + Luvisol arídico
RGEULEP+RGCALEP+LPEULI/1	Regosol éutrico epiléptico + Regosol calcarico epiléptico + Leptosol éutrico lítico
LPEULI/1	Leptosol éutrico lítico
RGEULEP+RGCALEP/1	Regosol éutrico epiléptico + Regosol calcarico epiléptico
RGEULEP+GYHA+LPEULI/1R	Regosol éutrico epiléptico + Glipsisol háplico + Leptosol éutrico lítico

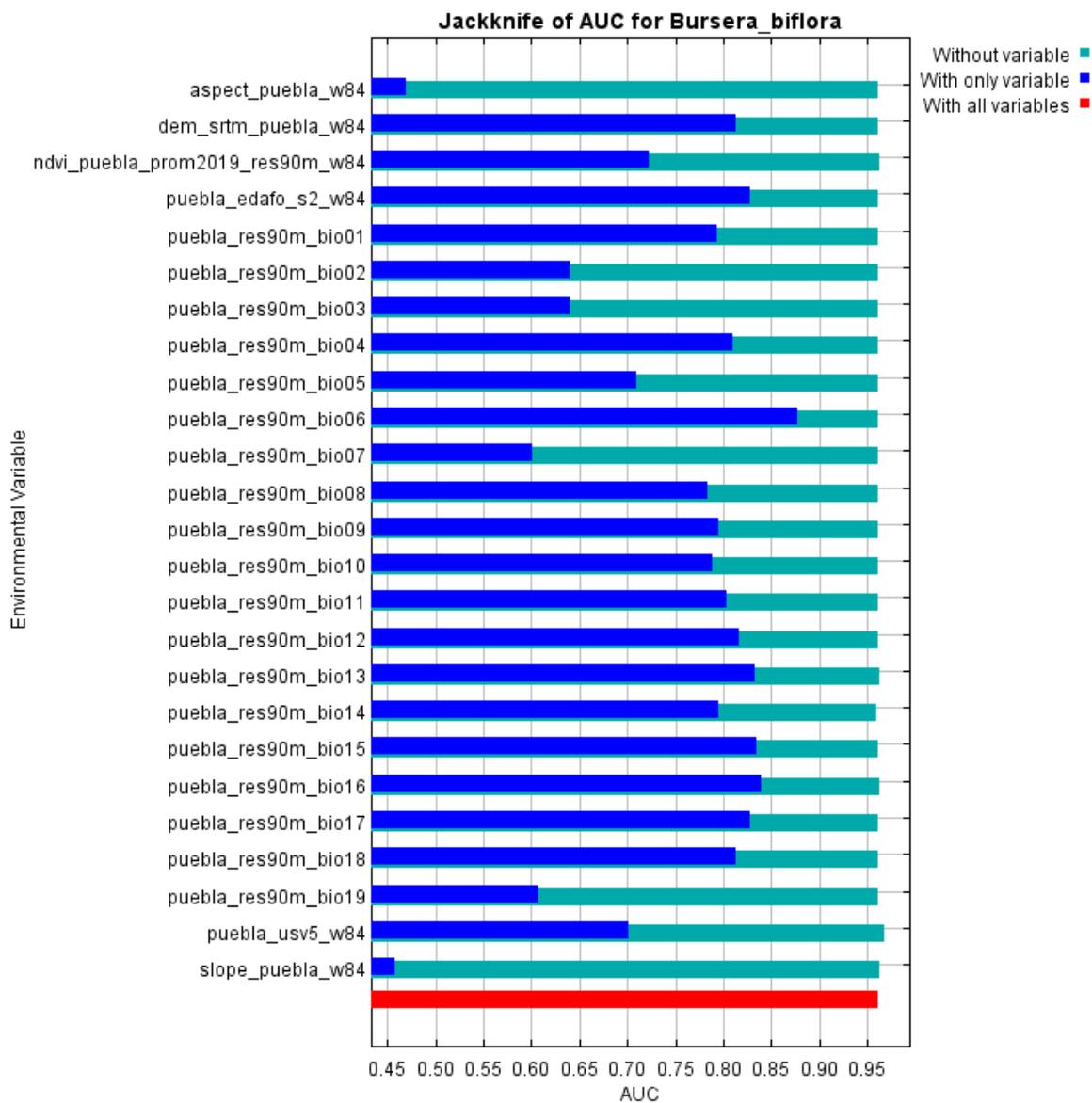
Anexo 27 Información de costo expresado en MXN (\$), tiempo expresado en horas (hr) y distancia expresada en kilómetros (km) de las rutas optimas desde Xochiltepec y Tilapa a diversos destinos.

	XOCHILTEPEC			TILAPA		
	Costo (\$)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Costo (\$)	Tiempo (hr)	Distancia (km)
XOCHILTEPEC	0	0	0	299.2	490	236.2
TILAPA	274.7	4.42	276.6	0	0	0
TEHUACÁN	168	2.66	164.2	135.1	1	117.2
TEOTITLÁN	314.2	4.58	291	16.9	0.14	14.4
TZICATLÁN	575.5	6.42	497.4	752.9	8.36	585.8
JOLALPAN	631	6.96	550.2	802.9	8.76	629

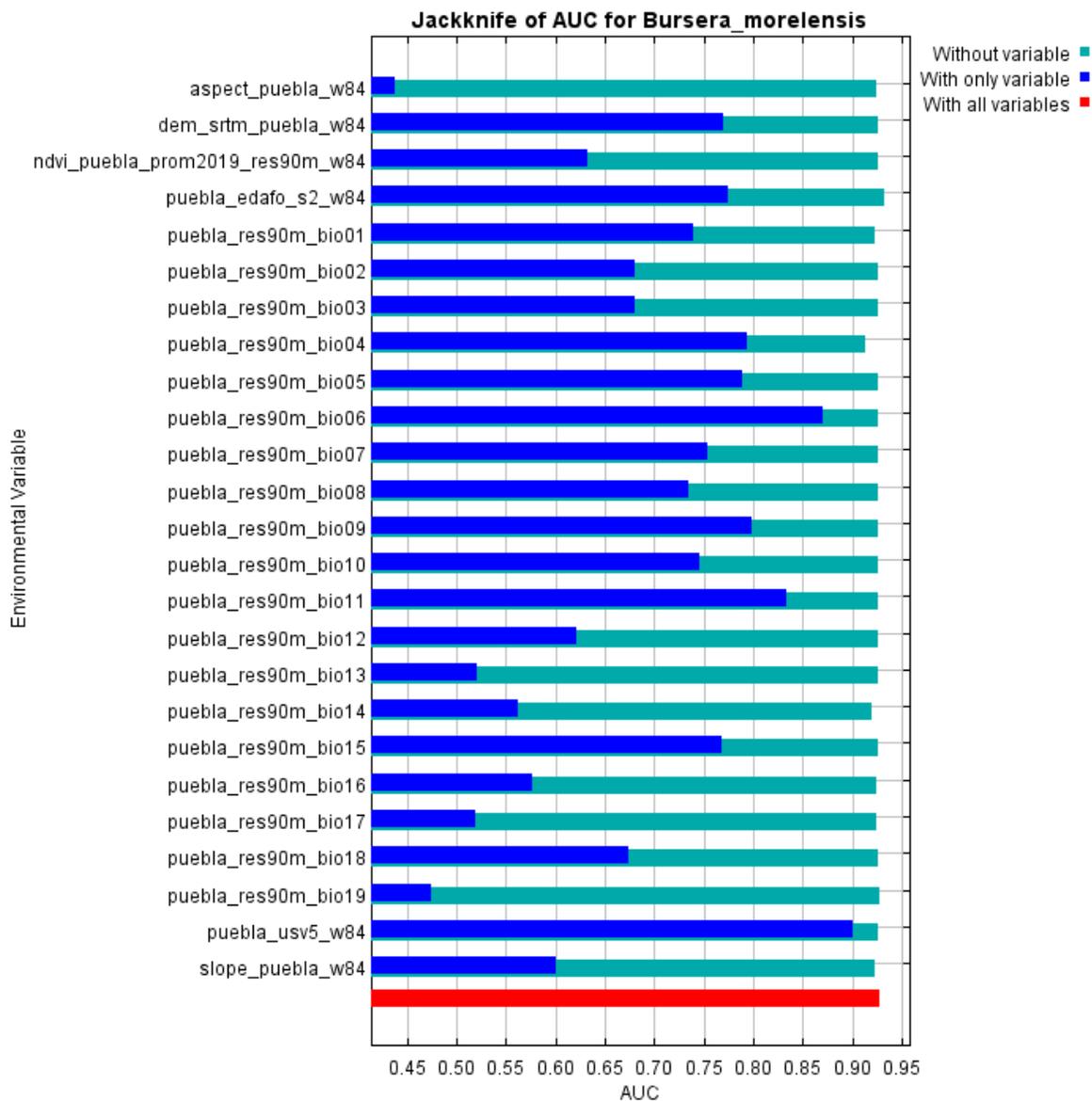
Anexo 28 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de *B. áptera*. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.



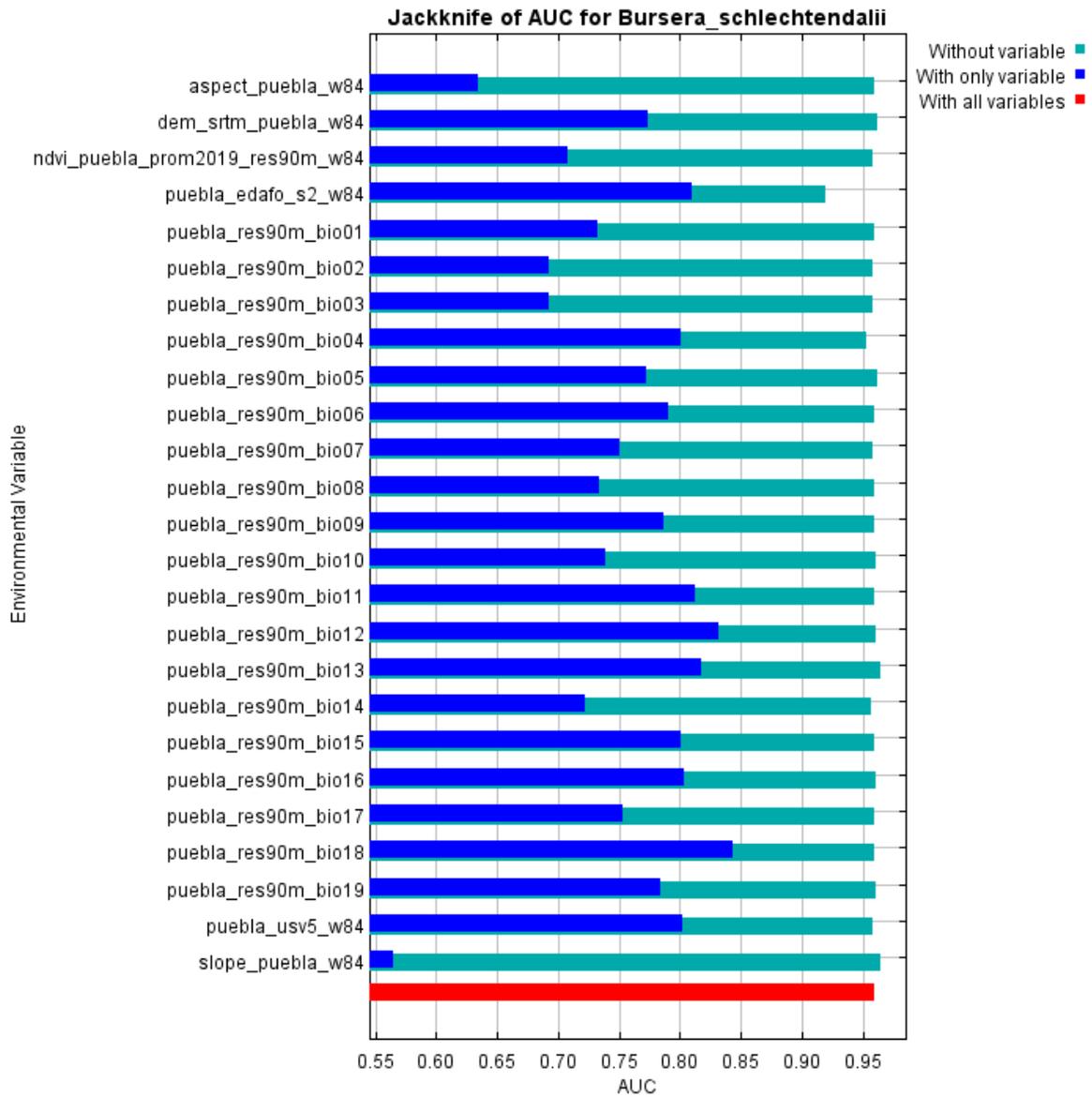
Anexo 29 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de *B. biflora*. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.



Anexo 30 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de *B. morelensis*. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.



Anexo 31 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de *B. schlechtendalii*. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.



Anexo 32 Contribución porcentual de las variables bioclimáticas más relevantes (valor acumulado =<90%) en la modelación de distribución potencial con Maxent para las cuatro especies de *Bursera*.

	B. APTERA	B. BIFLORA	B. MORELANSIS	B. SCHLECHTANDALII
EDAFO	26.5606	31.2648	49.0583	40.3377
BIO5	26.2531	0	16.3419	21.6417
USV	14.7498	16.9215	5.785	8.763
BIO16	6.7662	26.4815	0	0
BIO12	4.3702	0	0	15.6363
BIO6	4.301	13.9867	3.9624	1.8463
NDVI	2.7954	0.1316	7.4766	0.0152
BIO14	1.562	2.1442	4.9324	3.4231
SLOPE	1.1688	2.1376	0.3744	0.4778
BIO2	0.6073	2.9654	2.4349	2.2893

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Mapa con límites políticos del estado de Puebla. Se señala con un rectángulo rojo la región de trabajo, lugar donde se encuentran las localidades donde se realizó el trabajo en campo.	8
Figura 2 Vista desde el satélite SENTINEL 2 de Xochiltepec, polígono extraído del Registro Agrario Nacional (RAN), escala 1: 35,000.....	9
<i>Figura 3</i> Vista desde el satélite SENTINEL 2 de Tilapa, polígono extraído del Registro Agrario Nacional (RAN), escala 1: 35,000.....	10
<i>Figura 4</i> Mapa de la base de datos compilada para las cuatro especies de <i>Bursera</i> identificadas, información obtenida de fuentes digitales oficiales.....	22
<i>Figura 5</i> Mapa de sitios de distribución de especies de <i>Bursera</i> dentro del ejido San Francisco Xochiltepec tomados con GPS a una distancia mínima de 10m entre cada uno.....	23
<i>Figura 6</i> Mapa de sitios de distribución de especies de <i>Bursera</i> dentro del ejido San José Tilapa tomados con GPS a una distancia mínima de 10m entre cada uno.	24
<i>Figura 7</i> Ejemplar de <i>B. aptera</i> preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).....	27
<i>Figura 8</i> Ejemplar de <i>B. morelensis</i> preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).....	29
<i>Figura 9</i> Ejemplar de <i>B. schlechtendalii</i> preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).	31
<i>Figura 10</i> Ejemplar de <i>B. biflora</i> preservado en Herbario Nacional (IB-UNAM).	34
<i>Figura 11</i> Gráfica de temporadas de floración presente en las especies de <i>Bursera</i> identificadas en campo..	35
<i>Figura 12</i> Gráfica de temporadas de fructificación presente en las especies de <i>Bursera</i> identificadas en campo.	35
<i>Figura 13</i> Toma de puntos de presencia en campo, en la fotografía se aprecia un individuo de <i>B. aptera</i> en San Francisco Xochiltepec, zona colindante con Zapotitlán.	36
<i>Figura 14</i> En la gráfica se presentan las categorías SBC (Selva Baja Caducifolia), ZU (Zona Urbana), VsaSBC (Vegetación secundaria arbustiva de Selva Baja Caducifolia), MDR (Matorral Desértico Rosetófilo), MC (Matorral Cracicaule) y AT (Agricultura Temporal).	37
<i>Figura 15</i> En la gráfica se presentan las categorías CMad (Cambisol arídico), LPca (Leptosol calcarico), LPeu (Leptosol éutrico), LPrz (Leptosol réndzico), PHca (Phaeozem calcarico), RGca (Regosol calcarico), RGeu (Regosol éutrico), UMhu (Umbrisol húmico) y ZN (Zona Urbana).	39
<i>Figura 16</i> Modelo de distribución potencial de <i>B. aptera</i> (Anexo 17) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos amarillos los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.	42
<i>Figura 17</i> Modelo de distribución potencial de <i>B. biflora</i> (Anexo 18) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos grises los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.....	43
<i>Figura 18</i> Modelo de distribución potencial de <i>B. morelensis</i> (Anexo 19) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos rojos los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.	44
<i>Figura 19</i> Modelo de distribución potencial de <i>B. schlechtendalii</i> (Anexo 20) con acercamiento a la región trabajada, se muestran en puntos marrón los datos de presencia de la especie obtenidos en campo durante los recorridos realizados.	45
<i>Figura 20</i> Comparación gráfica del AUC de cada especie de <i>Bursera</i> cuando el modelo utiliza únicamente cada variable.....	47
<i>Figura 21</i> Contribución porcentual de las variables ambientales más relevantes (valor acumulado =< 90%) para la modelación de la distribución potencial de las cuatro especies de <i>Bursera</i>	48

<i>Figura 23 Fotografía de un cúmulo de resina (Goma de copal) generada por la incisión de algún insecto en una rama de B. biflora en San Francisco Xochiltepec.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 24 Esquema ilustrativo de la cadena de producción teórica para las especies y productos de Bursera, la agrupación “No destructivo” se refiere al tipo de extracción o aprovechamiento que no requiere el sacrificio del individuo para la obtención de los productos, la agrupación “Destructivo” se refiere a aquellos productos que requieren el sacrificio del individuo.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 25 Rutas óptimas desde los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa hacia los posibles mercados para la venta de copal, en la leyenda se muestran las rutas en formato de punto A-B más el nombre de la carretera correspondiente.</i>	<i>65</i>

INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1 Taxonomía del género Bursera.</i>	<i>6</i>
<i>Cuadro 2 25 Variables ambientales procesadas y utilizadas para la generación de los modelos de distribución potencial, en azul se muestran las 19 variables bioclimáticas obtenidas de worldclim 2.0 y reescaladas a la resolución del MDE, en amarillo las capas de uso de suelo y vegetación (usv) y el continuo edafológico descargadas de INEGI, en verde el NDVI promedio del 2018, en gris el MDE (DEM), mapa de pendientes y orientación derivados del MDE.</i>	<i>13</i>
<i>Cuadro 3 Tabla comparativa de especies de Bursera presentes en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán encontradas por trabajos previos realizados en la región. La abreviación OTC hace referencia a “Ordenamiento Territorial Comunitario”.....</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro 4 Superficie modelada para cada especie con un valor superior a 0.8 de probabilidad de ocurrencia. la información se presenta para el Estado de Puebla y para los núcleos agrarios San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa; en la primera columna la superficie se expresa en kilómetros cuadrados (km²) y en la segunda como porcentaje de la superficie total del territorio (%).</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 5 Niveles de organización y cuerpos de autoridad para los núcleos agrarios.</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro 6 Productos derivados y costos de cada uno, los precios fueron obtenidos de diversas tiendas virtuales.</i>	<i>59</i>

INDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Tabla presencia de B. aptera en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 2 Tabla presencia de B. biflora en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 3 Tabla presencia de B. morelensis en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 4 Tabla presencia de B. schlechtendalii en distintos tipos de vegetación, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 5 Tabla presencia de B. aptera en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.</i>	<i>91</i>

Anexo 6 Tabla presencia de <i>B. biflora</i> en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.	92
Anexo 7 Tabla presencia de <i>B. morelensis</i> en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.	93
Anexo 8 Tabla presencia de <i>B. schlechtendalii</i> en distintos tipos de suelo en código WRB, se muestra el número de categorías en las que se registró la especie, frecuencia de aparición por categoría y distribución porcentual.	94
Anexo 9 Significado de los códigos WRB para tipo de suelo, la información corresponde a los puntos de presencia de la base de datos compilada para las especies de <i>Bursera</i> identificadas durante el trabajo en campo, la información del suelo fue extraída del continuo edafológico nacional escala 1:250 000 de INEGI.	95
Anexo 10 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para <i>B. aptera</i> .	96
Anexo 11 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para <i>B. bliflora</i> .	96
Anexo 12 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para <i>B. morelensis</i> .	97
Anexo 13 Ganancia de sensibilidad del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento y de prueba para <i>B. schlechtendalii</i> .	97
Anexo 14 Tabla de la extensión geográfica de las cuatro especies de <i>Bursera</i> expresada en número de píxeles, kilómetros cuadrados y porcentaje del territorio cubierto dentro del estado de Puebla.	98
Anexo 15 Tabla de la extensión geográfica de las cuatro especies de <i>Bursera</i> expresada en número de píxeles, kilómetros cuadrados y porcentaje del territorio cubierto dentro de San Francisco Xochiltepec.	99
Anexo 16 Tabla de la extensión geográfica de las cuatro especies de <i>Bursera</i> expresada en número de píxeles, kilómetros cuadrados y porcentaje del territorio cubierto dentro de San José Tilapa.	100
Anexo 17 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de <i>B. aptera</i> , se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.	101
Anexo 18 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de <i>B. biflora</i> , se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.	102
Anexo 19 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de <i>B. morelensis</i> , se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.	103
Anexo 20 Mapa de calor del modelo de distribución potencial de <i>B. schlechtendalii</i> , se muestran las cinco categorías de probabilidad de ocurrencia.	104
Anexo 21 Diagrama de BAM, el diagrama muestra los factores determinantes para explicar la distribución de una especie en un tiempo <i>x</i> . El diagrama fue extraído de CONABIO (2018b).	105
Anexo 22 Comparación del AUC de cada especie de <i>Bursera</i> cuando el modelo utiliza únicamente cada variable	106
Anexo 23 Tipos de suelos dominantes en los ejidos y zonas aledañas, se observa la dominancia única de Leptosoles en Xochiltepec y sus alrededores, mientras que en Tilapa se observan Leptosoles, Cambisoles y en mayor medida Regosoles.	107
Anexo 24 Tipos de roca en los ejidos y zonas aledañas, se observa la presencia de arenisca-lutita, toba andesítica-arenisca, lutita-caliza, caliza y arenisca toba-andesítica en Xochiltepec y sus alrededores, mientras que en Tilapa se observa conglomerado poligénico-arenisca, aluvial y complejo metamórfico.	108
Anexo 25 Tipos de vegetación en los ejidos y zonas aledañas, se observa la presencia de Matorral Desértico Rosetofilo, Agricultura de temporal anual, Matorral Crasicaule, Pastizal Inducido, Vegetación Secundaria	

<i>Arbustiva de Bosque de Encino, Bosque de Mezquite, Chaparral y Vegetación Secundaria Arbustiva de Chaparral en Xochiltepec y sus alrededores, mientras que en Tilapa se observa Agricultura de riego permanente, Selva Baja Caducifolia, Zona Urbana, Vegetación Secundaria Arborea de Selva Baja, Matorral Crasicaule.</i>	109
<i>Anexo 26 Traducción del formato WRB reportado en los OTC correspondientes a los ejidos San Francisco Xochiltepec y San José Tilapa.</i>	110
<i>Anexo 27 Información de costo expresado en MXN (\$), tiempo expresado en horas (hr) y distancia expresada en kilómetros (km) de las rutas optimas desde Xochiltepec y Tilapa a diversos destinos.</i>	111
<i>Anexo 28 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de B. áptera. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.</i>	112
<i>Anexo 29 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de B. biflora. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.</i>	113
<i>Anexo 30 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de B. morelensis. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.</i>	114
<i>Anexo 31 Gráfica del análisis Jackknife de las variables utilizadas en el modelo de distribución potencial de B. schlechtendalii. El nombre completo de las variables se encuentra en el Cuadro 2.</i>	115
<i>Anexo 32 Contribución porcentual de las variables bioclimáticas más relevantes (valor acumulado =<90%) en la modelación de distribución potencial con Maxent para las cuatro especies de Bursera.</i>	116