



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Análisis de la distribución de *Bursera linanoe* (Llave) Rzed, Calderón & Medina (Burseraceae) en el sureste del Estado de Puebla como base para su manejo.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

(Biología Ambiental)

P R E S E N T A

LUIS FERNANDO JUÁREZ CABALLERO

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

MÉXICO, D.F.

Mayo, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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


Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 14 de Abril de 2008, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del alumno **LUIS FERNANDO JUÁREZ CABALLERO** con número de cuenta **89295614** con la tesis titulada "**Análisis de la distribución de *Bursera linanoe* (Llave) Rzed, Calderón & Medina (Burseraceae) en el sureste del Estado de Puebla como base para su manejo**", realizada bajo la dirección del **DR. ISAIÁS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**.

Presidente: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA
Vocal: M. EN C. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA
Secretario: DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
Suplente: M. EN C. JUAN MANUEL RODRÍGUEZ CHÁVEZ
Suplente: DRA. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. el 7 de Mayo de 2008.


Dr. Juan Nájera Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al apoyo del Posgrado de Ciencias Biológicas, UNAM. Agradezco al Programa de Apoyos a Estudiantes de Posgrado (PAEP - UNAM) su apoyo para la realización de trabajo de campo y la asistencia a eventos académicos como el XVII Congreso Mexicano de Botánica. El CONACYT me otorgó una beca para la realización de los estudios de Posgrado. Este trabajo de investigación se realizó con el apoyo del Proyecto de Investigación DGAPA-PAPIIT (IN221204), el Proyecto de Investigación PAPIME (EN221403) y también agradezco el apoyo de CONABIO por medio del Proyecto de Investigación (BS001) **“Taxonomía y prospección del hábitat de las poblaciones de *Bursera* sect. *Bullockia* con especial énfasis en las especies afines al “linaloe”, *B. aloexilon* (Schiede ex Schlecht.) Engl”** y por la asesoría de su personal en la parte del análisis de información geográfica.

El comité tutorial está conformado por:

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte (Tutor Principal) FES-Zaragoza

Dra. María del Consuelo Bonfil Sanders Facultad de Ciencias

Dra. Mercedes Isolda Luna Vega Facultad de Ciencias

Agradezco a cada uno de miembros del comité tutorial y jurado sus comentarios y sugerencias en el desarrollo de la tesis.

Agradezco al grupo académico involucrado en la asesoría y revisión de este trabajo de tesis: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, Dra. María del Consuelo Bonfil Sanders, Dra. Mercedes Isolda Luna Vega, M. en C. David Nahum Espinosa Organista y al M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez.

Índice

Resumen -----	6
Abstract -----	7
Introducción -----	8
Objetivo General -----	12
Objetivos Particulares -----	12
Métodos -----	13
Zona de Estudio -----	13
Localización	
Orografía -----	14
Hidrografía	
Geología y Suelos	
Clima	
Vegetación y uso del suelo -----	15
Descripción de la Especie -----	17
Modelos -----	21
Información Cartográfica y de Herbario -----	23
Diseño de Muestreo -----	24
Fase de Análisis -----	27
<i>Análisis Exploratorio</i> -----	27
<i>Métodos Estadísticos</i> -----	29
<i>Modelos Predictivos de la Distribución</i> -----	31
<i>Métodos de Análisis Geográfico</i> -----	34
Resultados -----	38
A1. Caracterización del Suelo -----	38
A2. Variables Físicas y Ecológicas -----	43
A3. Mapas Predictivos de la Distribución -----	54
Discusión y Conclusiones -----	64
<i>Modelos de Distribución</i> -----	68
<i>Evaluación de mapas</i> -----	69
Literatura citada -----	72
Anexos (Apéndices) -----	77

Resumen

El género *Bursera* Jacq. ex L. es representativo de la cuenca del río Balsas. En esta región se asientan comunidades que han utilizado tradicionalmente tanto la madera como la resina aromática (“copal”) de diferentes especies de *Bursera*. Por ello, es importante hacer estudios básicos que permitan generar información relevante para programas de manejo de las especies útiles. Este trabajo analiza algunos factores ecológicos que determinan la distribución de *Bursera linanoe*. Se elaboró un modelo de distribución local de la especie en las serranías del suroeste del Estado de Puebla. Su generación implicó la investigación de información correspondiente a variables climáticas, edáficas y del medio físico. El modelo propone áreas para su cultivo en Puebla en los municipios de Huehuetlán el Chico y Chiautla principalmente; además del noreste de Jolalpan, la parte central de Teotlalco, así como el sur de Tepalcingo, Axochiapan y Tlaquiltenango, en Morelos. El estudio muestra la preferencia de la especie por suelos de tipo Feozem Háptico y Regosol Eútrico, neutros a ligeramente básicos, libres de sal o álcali, con menos de 10% de materia orgánica, por terrenos pedregosos en sitios con pendientes mayores a 15° de inclinación con exposiciones suroeste y altitudes entre 900 y 1000 m.s.n.m. En terrenos con estas características se puede tener un uso combinado del cultivo de linaloe con otros cultivos tradicionales para laderas de suelos someros o con ganadería extensiva.

Abstract

Species of *Bursera* Jack. ex L. are typical of the Balsas basin river. In this region several human communities have traditionally used this species wood, as well as the aromatic resin (named “copal”) obtained from several species of *Bursera*. Therefore, it is important to undertake basic ecological surveys addressed to obtain information to develop management strategies. In this survey some ecological conditions, which may determine the distribution of *Bursera linanoe*, were analyzed in order to obtain a model of its local distribution in the hills of southwestern Puebla (Mexico). The model involves some climatic, soil, and landscape variables (particularly slope and aspect), whose analysis allowed us to propose some areas of the Chiautla, Huehuetlán, Jolalpan and Teotlalco (Puebla), and Axochiapan and Tepalcingo (Morelos), municipalities where the populations of *Bursera linanoe* could grow optimally. Populations of linaloe are locally found in areas with Haplic Feozems and Eutric Regosols, pH neuter to slightly basic, salt and alkali free, with less than 10% of organic matter, on pebbly hill slopes with shallow soils over 15°, southwest exposition, and 900 - 1000 m of elevation. In terrains with these characteristics it would be possible to grow linaloe with traditional crops over hill slopes or extensive livestock.

Introducción

Las especies del género *Bursera* Jacq. ex L. son representativas de la región intertropical americana. El género está constituido por poco más de 100 especies, de las cuales 82 se han reportado en el territorio mexicano (Rzedowski *et al.*, 2005). Su mayor diversidad se presenta en la vertiente del Pacífico mexicano, particularmente en la cuenca del río Balsas, donde alcanza una riqueza de cerca de 50 especies. En esta región se asientan comunidades rurales que han utilizado tradicionalmente tanto la madera como la resina aromática (“copal”) y de los frutos de diferentes especies de *Bursera* en la perfumería, aromaterapia, como barniz, adhesivo, en la elaboración de artesanías, muebles, en la medicina tradicional y en el establecimiento de cercas vivas (Rzedowski y Kruse, 1979). Las especies del género *Bursera* han sido usadas incluso desde tiempos prehispánicos. También fueron una fuente importante de recursos en la zona mixteca de Puebla y Guerrero a mediados del siglo XX. En particular, el término “linaloe” se refiere a la esencia que se extrae tanto de *Bursera linanoe*, que se distribuye principalmente en la cuenca oriental del Balsas y la cuenca alta del Papaloapan, como de *B. citronella*, que se distribuye en la cuenca del río Coahuayana (entre los estados de Jalisco, Colima y Michoacán). Este producto se obtiene a partir de la resina que se extrae de la corteza del tronco o también del fruto (Rzedowski y Kruse, 1979).

Las diversas especies del género *Bursera* se establecen desde zonas áridas hasta zonas húmedas, pero frecuentemente son un componente dominante de las selvas bajas caducifolias de diversas regiones del país, que se establecen donde predominan climas cálidos o semicálidos, ya sean subhúmedos o semiáridos. Debido a su abundancia local, su manejo puede significar una alternativa de desarrollo para diferentes comunidades rurales. Sin embargo, existe poca información disponible al respecto, aunque se han reportado experiencias de reforestación en zonas degradadas de selva húmeda usando *Bursera simaruba* (Rzedowski y Kruse, 1979).

El linaloe tiene diversas aplicaciones y ha sido utilizado principalmente por su agradable aroma. Debido a esto fue muy explotado; durante años fueron derribados gran cantidad de árboles para la extracción de su “esencia” o aceite, disminuyendo los bosques de linaloe que existían. El linaloe es un tipo de copal que era conocido como “xochicopal” y “copalquahuitl” entre los habitantes del centro de México. Los copales son una familia de árboles casi todos aromáticos y muchos de ellos productores de resina. El nombre de linaloe viene del latín “lignum aloes”, un término traído por los europeos, usado para designar diversas plantas, algunas aromáticas y otras de la familia de los “aloes” (como la sábila). Los españoles pensaron que el copalquahuitl de México, por su agradable aroma, podía sustituir al linaloe que se llevaba a Europa desde Asia; por lo que lo bautizaron como “linaloe” y así quedo nombrado por ellos (Hersch *et al.*, 2004).

Como se mencionó el aroma del linaloe ha sido muy apreciado desde años. El árbol de linaloe tiene en su interior un aceite que no es grasoso sino volátil, es decir, que se difunde en el aire. Este aceite tiene un olor agradable similar al de la lavanda. Entre los diversos usos que tiene el “aceite esencial de linaloe” es la elaboración de jabones y en la industria de la perfumería. En algunas comunidades rurales se utilizan las ramas de linaloe para ser guardadas en los roperos y entre las sabanas, para dejar un aroma agradable a la ropa y a las habitaciones. También se ha utilizado para aliviar dolores de cabeza al restregar sus hojas como sahumerio. El uso de algunas gotas del aceite de linaloe se utiliza para tratar picaduras de alacrán y hongos de los pies (Hersch *et al.*, 2004).

Un uso importante del linaloe es la elaboración de las cajitas de artesanía provenientes de Olinalá, Guerrero. Por su aroma y textura la madera de linaloe es apreciada para hacer estas artesanías, siendo la madera calada la más apreciada para este uso; debido a que en esta es donde se acumula más aceite aromático. Actualmente la madera, sobre todo la “calada” es difícil de conseguir. Los artesanos se ven en la necesidad de elaborar las cajas con medras de copales similares o la del pino, resultando en una baja de la calidad del producto. Los artesanos en la actualidad utilizan el aceite de linaloe para resaltar el agradable aroma de sus cajas y baúles; pero ese aceite se obtiene mediante

procedimientos muy rudimentarios y sin suficiente control para proteger los árboles (Hersch *et al.*, 2004).

Sobre la obtención de este aceite existen antecedentes de su extracción en la cuenca del río Balsas y en regiones colindantes. En diversas comunidades del norte de Guerrero, del sur de Puebla y Morelos también en algunas comunidades de Michoacán y Oaxaca e incluso de Colima, se obtuvo el aceite de linaloe durante años. Sin embargo como el aceite se sacaba de la madera y ésta se obtenía derribando los árboles, con el paso del tiempo disminuyeron las poblaciones de linaloe, debido a que no se sembraron ni plantaron suficientes árboles para reponer los que se cortaban y destilaban (Hersch *et al.*, 2004).

Hace unos cincuenta años, la demanda y la oferta del aceite disminuyó mucho. Esto se debió a diversas razones: una de ellas fue la competencia para el aceite mexicano por parte de industrias inglesas que realizaron plantaciones de linaloe en la India; además utilizaron el método de obtener el aceite a partir de los frutos del árbol y no de su madera. También ocurrió que la industria química logró sintetizar una sustancia similar al linaloe llamado “linalol”. Estos acontecimientos junto con la práctica de derribe de árboles adultos de linaloe y la adulteración del aceite debido a la escasez de árboles significó una caída de la industria mexicana de la extracción de linaloe (Hersch *et al.*, 2004).

Parte de problemática actual del linaloe radica en que las regiones donde habita, hay actividades como el ramoneo por parte cabras y otros animales que diezman las plantas jóvenes y las plántulas. Por otra parte los árboles sobrevivientes son derribados con apenas el tamaño suficiente para ser piezas de carpintería. La explotación actual del linaloe responde a situación social y económica extrema de las comunidades campesinas. Un uso sustentable del linaloe ha de considerar la obtención de los productos de linaloe sin sacrificar la sobrevivencia de los árboles y el medio en que viven. Es imprescindible generar áreas protegidas donde se lleven planes de manejo forestal y agroforestal que asegure la preservación de la especie (Hersch *et al.*, 2004).

Por ello, es importante hacer estudios básicos que permitan generar información relevante para programas de manejo de las especies útiles. El presente trabajo analiza algunos factores ecológicos que se relacionan con la distribución de *Bursera linanoe*, con el objetivo de elaborar un modelo de distribución local de dicha especie en las serranías de suroeste de Puebla, que pueda servir de base para elaborar una propuesta de manejo.

En este proyecto se desarrolla un análisis de distribución local para identificar algunas variables que determinan la distribución de *B. linanoe*. Con base en dicha información, se modelaron las áreas en donde es altamente probable que dicha especie se presente, información que se corroboró en el campo. Cuando el modelo indica que las condiciones ecológicas son adecuadas, pero no se registra su presencia en el área, pueden proponerse áreas para establecer plantaciones.

Objetivos

Objetivo general

- Generar modelos de distribución a escala local de *Bursera linanoe*, con base en algunas variables climáticas y edáficas en el sureste del estado de Puebla.

Objetivos particulares

- Describir la distribución ecológica de la especie en función de algunas variables del medio físico: altitud, pendiente, orientación y tipo de suelo.
- Con base en esta información, generar un modelo de distribución regional de *Bursera linanoe*, usando modelos de predicción como GARP y Bioclim, para después corroborar con datos de campo las predicciones obtenidas en cada uno, para validar el mejor modelo.
- Con base en lo anterior, proponer áreas de distribución en el sureste de la Cuenca del Balsas, que puedan usarse en posibles programas de manejo y recuperación de poblaciones de *Bursera linanoe*.

Métodos

Antecedentes

En un trabajo anterior (Montaño-Arias, 2008) se calcularon los mapas del nicho ecológico de *B. linanoe*, mediante modelos genéticos de predicción (Genetic Algorithm for Rule Set Prediction; GARP; Stockwell y Noble; 1991), y por el cálculo del dominio climático extenso (Bioclim; Nix, 1986). En ambos casos el suroeste de Puebla aparece como una de las áreas con mayor probabilidad de encontrar la especie. Con base en lo anterior, se seleccionó el municipio de Huehuetlán el Chico como área de estudio, una vez que la presencia de poblaciones de *Bursera linanoe* fue confirmada.

Con base en trabajo de campo realizado en el municipio de Huehuetlan se establecieron algunas de las condiciones ambientales en que crece *B.linanoe* y el modelo busco extrapolar el modelo de su distribución potencial su posible presencia en el área comprendida dentro de la carta E14B71 (INEGI, 1998) correspondiente a Huehuetlan el Chico en el suroeste de Puebla (Fig. 1).

Zona de estudio

Localización

La zona de estudio se encuentra en el municipio de Huehuetlán el Chico, al suroeste de estado de Puebla, cerca de su límite con los estados de Guerrero y Morelos. El municipio cuenta con un área de 275,5 Km². El área forma parte de la cuenca oriental del río Balsas, particularmente de sus afluentes Nexapa y Atoyac. Sus coordenadas extremas son 18°25' 50'' latitud N y 98°67'99'' longitud O; su altitud varía entre los 600 a 1200 m.s.n.m. Este municipio colinda con los municipios de Jolalpan, Teotlalco, Chiautla y de Chietla en Puebla (Conabio, 1995 ; 1998).

Orografía

La altitud promedio es de 960 m sobre el nivel del mar. Al noroeste se encuentra la Mesa Apazapa, formación que morfológicamente pertenece al contrafuerte meridional del sistema volcánico transversal; el resto pertenece al Valle de Chiautla. Al noreste presenta un extenso valle con una altura menor a 1000 m. s. n. m., y el terreno se torna accidentado hacia el suroeste, llegando a más de 1,400 m s. n. m., en esta zona destaca el Cerro Chicobaica (Conabio, 1998).

Hidrografía

El municipio queda comprendido en la subcuenca del río Nexapa, afluente del Atoyac. Uno de sus tributarios, el Tepalcingo, baña el noroeste del municipio, en tanto que el Nexapa lo corta por el centro. Ambas corrientes son permanentes (SEGOB, 1999).

Suelos

El municipio presenta cinco grupos de suelos diferentes: i) los Feozems háplicos, que se localizan en una gran área al centro, así como al suroeste del municipio, ii) los regosoles eútricos y calcáricos que se encuentran al norte, iii) las rendzinas, que se encuentran en el extremo suroeste y iv) los litosoles, que se presentan en el centro-oeste del municipio (CONABIO, 1998).

Clima

Los climas predominantes son los Aw_0 , cálidos subhúmedos con régimen de lluvias de verano. Hacia las partes montañosas el clima se vuelve menos seco y menos cálido, variando hacia los semicálidos subhúmedos con lluvias en verano $A(C)w_1$; mientras hacia las partes más bajas, los climas se hacen más secos y calientes, $BS_1(h)w$, secos semiáridos, cálidos con lluvias en verano (CONABIO, 1998). La temperatura promedio anual es de 23.8 °C, la precipitación total anual es 802.2 mm y la precipitación media mensual es 66.85 mm, el cociente P/T es 33.6, el porcentaje de precipitación invernal (%PI) 2.7 y la oscilación térmica (OSC) es 5.8 (García, 2004).

Cuadro1. Estaciones climáticas de los municipios presentes en la zona de estudio (García, 2004).

Estación	Temperatura Anual (°C)	Precipitación Anual (mm)	P/T	% PI (Precipitación invernal)	OSC (Oscilación termica)	Clima
Chiautla 1025 m	25,4	735,7	28,9	1,5	6,8	BS1(h')w(w)(i)gw"
Chietla 1222 m	24,0	818,8	34,1	1,5	6,3	Awo(w)(i)gw"
Jolalpan 820 m	25,6	854,2	33,4	1,5	6,6	Awo(w)(i)g
Huehuetlán el Grande 1300 m	23,8	802,2	33,6	2,7	5,8	Awo(w)(i)gw"

*Datos meteorológicos del lapso 1921-1995.

Vegetación y uso del suelo

En la parte oeste del municipio predomina la selva baja caducifolia, en tanto que al norte y este se han abierto grandes extensiones a la agricultura de temporal. Existen además cuatro zonas abiertas al riego, al norte y noreste. En el extremo sudeste existen pequeñas zonas de matorrales de encinos. La selva baja aparece asociada con vegetación secundaria arbustiva y arbórea (SEGOB, 1999).

Se encuentra en la Región Terrestre Prioritaria 130, que se ubica en la Sierra de Taxco-Huautla, en la eco-región de Selvas Bajas Caducifolias Secundarias de la Cuenca del Balsas (CONABIO, 1998).

Zona de Estudio.

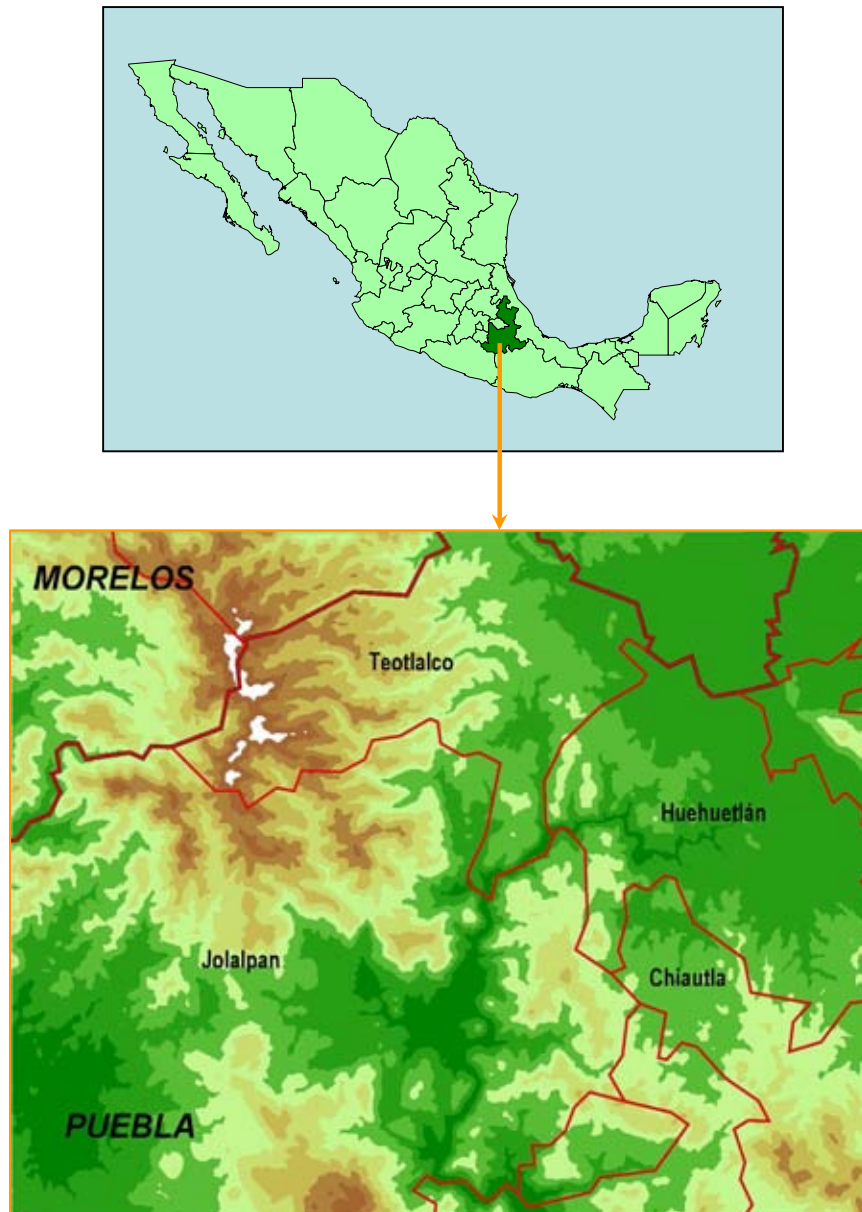


Fig. 1 La zona de estudio se encuentra en el municipio de Huehuetlán el Chico, al suroeste de estado de Puebla, cerca de su límite con los estados de Guerrero y Morelos. (Tomado de Modelo Digital de Elevación generado a partir de la Carta E14B71 (Huehuetlán Pue.) de conjuntos de vectoriales correspondiente a curvas de nivel 1: 50 000; INEGI 1998).

Descripción de la Especie

Árbol dioico o a veces polígamo-dioico, hasta de 8(10) m de alto, muy resinoso, con aroma agradable y penetrante al estrujarse; tronco hasta de 60 cm de diámetro, con corteza gris-rojiza, no exfoliante, ramillas lignificadas francamente rojizas oscuras, glabras o las más jóvenes a veces densamente pubérulas o esparcidamente vilosas. Hojas con frecuencia aglomeradas en los ápices de ramillas cortas, otras veces alternas en ramillas de crecimiento nuevo, precedidas en su aparición por un conjunto de catáfilos lanceolados a angostamente ovados, de 6 a 10 mm de largo, agudos a redondeados en el ápice, densa y muy finamente glanduloso-pubérulos en ambas caras, con frecuencia ciliados en el margen, precozmente caducos, hojas por lo general imparipinnadas, de 6 a 12(15) cm de largo y 3 a 8(10) cm de ancho, pecíolo de 1 a 3 cm de largo, viloso o esparcidamente glanduloso-pubérulo, folíolos (3) 5 – 7) rara vez 11), raquis con alas de margen entero, hasta de 2(2.5) mm de ancho de cada lado, notablemente más anchas hacia el extremo distal del entrenudo, peciólulos de 0.3 a 1 mm de largo, folíolos ovados a elípticos, lanceolados u oblongos, el terminal a menudo subróbico, de 1.2 a 3(4) cm de largo, de 0.8 a 1.8(2) cm de ancho, agudos a redondeados en el ápice, cuneados a redondeados en la base, toscamente serrados a crenados en el margen y a veces con tendencia a doblemente serrados (con escotadura en el ápice de los dientes), de textura membranácea, algo brillantes en el haz, con venación prominente en el envés, con pelos de ca. 0.6 mm de largo y a menudo también acompañados de diminutos pelos glandulosos espaciados. Inflorescencias racimoso-paniculadas, hasta de 6(8) cm de largo y hasta con 35 flores, aunque por lo general mucho más modestas, vilosas y glanduloso-pubérulas, bracteolas linear-subuladas, de ca. 2 mm de largo, pedicelos de 3 a 8 mm de largo. Flores masculinas tetrámeras, lóbulos del cáliz triangulares, de 0.6 a 0.8 mm de largo, glanduloso-pubérulos y esparcidamente vilosos, pétalos blanquecinos, oblongos a oblanceolados, de 3 a 4 mm de largo, glanduloso-pubérulos y vilosos por fuera, estambres 8, filamentos de 1.5 a 2 mm de largo, anteras oblongas, de 0.9 a 1.2 mm de largo, gineceo vestigial. Flores femeninas semejantes a las masculinas, pero con los pétalos de ca 2 mm de largo, estaminodios con anteras de 0.7 a 0.8 mm de largo, ovario bilocular, estilo evidente, a veces con dos ramas libres casi hasta la base, estigmas 2. Pedúnculos fructíferos hasta de 4 cm de largo, pedicelos ligeramente engrosados, hasta de 9(12) mm de largo, frutos hasta 8 por infrutescencia, pero no pocas veces solitarios, bivalvados, obovoides y a menudo atenuados en el ápice, pero algo comprimidos, de 9 a 11 mm de largo, de ca. 8 mm de ancho,

glabros, rojizos en la madurez, hueso sublenticular o plano-convexo, de 5 a 6 mm de diámetro, a menudo más ancho que largo, cubierto en la mitad o en los 2/3 inferiores por un pseudoarilo anaranjado, la porción expuesta negra. Habitante relativamente frecuente del bosque tropical caducifolio y de algunos matorrales xerófilos, sobre diversos sustratos geológicos, en altitudes de 650 a 1500 m. Florece de mayo a principios de julio. Se encuentra desprovisto de follaje de noviembre a mayo. Especie endémica del sur de México, conocida de Morelos, Puebla, Guerrero y Oaxaca (Rzedowski *et al.*, 2004).

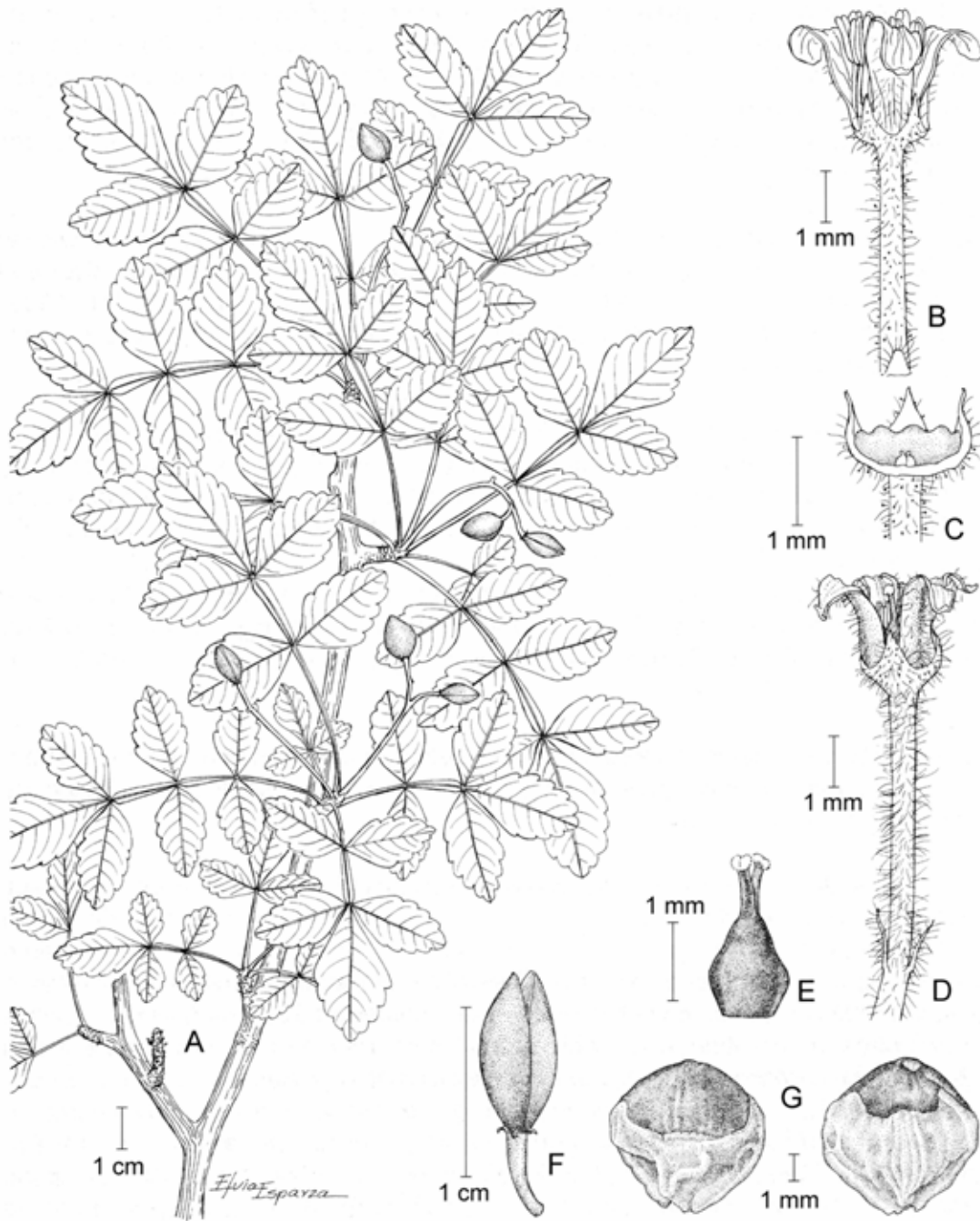


Fig. 2 *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina. A. rama con hojas y frutos; B. flor masculina; C. flor masculina desprovista de un segmento del cáliz, de los 4 pétalos y del androceo; D. flor femenina; E. pistilo; F. fruto; G. hueso visto por ambas caras. Ilustración de Elvira Esparza, tomada de (Rzedowski *et al.*, 2004).

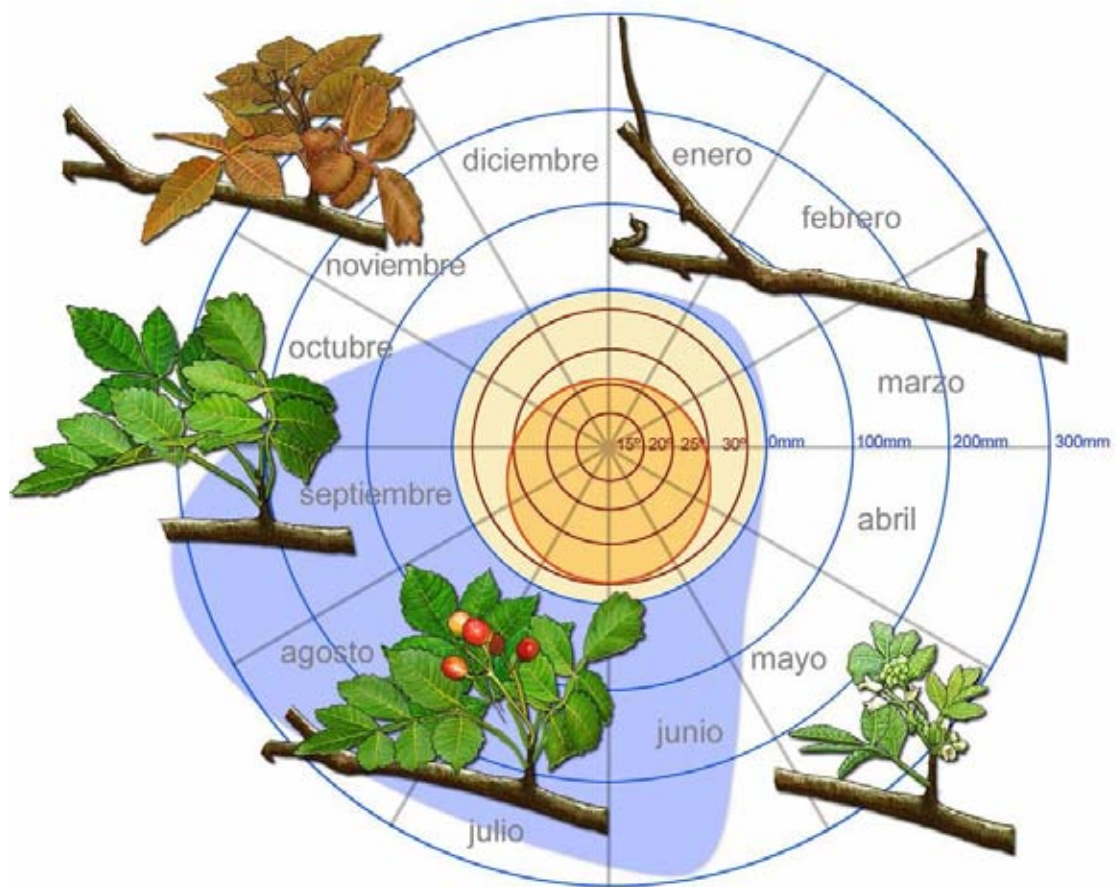


Fig. 3 Ciclo fenológico de *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina. Ilustración de Rafael Ruiz para el Programa de Recursos Biológicos Comunitarios, CONABIO. Los valores de temperatura y precipitación se basaron en el promedio de varias estaciones de la cuenca oriental del río Balsas.

Modelos

A continuación se describe el conjunto de métodos analíticos empleados en este trabajo: Modelos de distribución potencial usados (BIOCLIM), técnicas del análisis de información geográfica, métodos de muestreo, técnicas estadísticas como el análisis exploratorio de datos para la obtención de histogramas (EDK), obtención de componentes gaussianos por el método de Battacharya, construcción de diagramas de violín y técnicas de la estadística circular.

Se construyó una base de datos de especímenes de *B. linanoe* de los herbarios MEXU, FEZA UNAM y ENCB. Se depuró y actualizó la información de localidades de recolecta con base en el nomenclátor de INEGI.

A partir de la carta topográfica digital E14B71 de escala 1: 50, 000 de nivel a una equidistancia de 20 m, se construyó el modelo de elevación de terreno (exposición, pendiente y elevación) con un tamaño de píxel de 45 x 45 m, que comprende cerca de 1 km².

Se usaron los modelos de predicción de la distribución de la especie mediante el modelo BIOCLIM (Nix, 1986), en función de 19 variables climáticas:

- 1.- Temperatura promedio anual (°C).
- 2.- Oscilación diurna de la temperatura (°C).
- 3.- Isotermalidad (°C, cociente entre parámetros 2 y 7).
- 4.- Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de la variación, en %).
- 5.- Temperatura máxima promedio del periodo más calido (°C).
- 6.- Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C).
- 7.- Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetro 5 y 6).
- 8.- Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C).
- 9.- Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C).
- 10.- Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C).
- 11.- Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C).
- 12.- Precipitación anual (mm).

- 13.- Precipitación del periodo más lluvioso (mm).
- 14.- Precipitación del periodo más seco (mm).
- 15.- Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %).
- 16.- Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm).
- 17.- Precipitación del cuatrimestre más seco (mm).
- 18.- Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm).
- 19.- Precipitación del cuatrimestre más frío (mm).

Se obtuvieron las áreas (conjuntos de píxeles) que señalan una alta probabilidad de presencia de la especie. Con base en esta información, se seleccionaron las localidades de muestreo, dentro de un área que se encuentra en el municipio de Huehuetlán el Chico. Se eligió esta área porque los modelos de predicción obtenidos la señalaron como una área con alta probabilidad de encontrar a la especie, aún cuando no existen suficientes sitios de recolecta en ella. Además hay fuentes históricas (Doelker, 1949) que señalan en esta zona varias poblaciones donde se destilaba aceite de linaloe: Jolalpan, Teotlalco, Chiautla y Linderos. La información recabada en campo con pobladores de esta zona señala que hacia el centro geográfico de estas localidades existen manchones relativamente extensos de linaloe donde aun se practica la destilación del aceite.

Breve descripción de aspectos físicos de los municipios presentes en el área de estudio

- Están cubiertos principalmente por selvas bajas caducifolias muy perturbadas.
- Los suelos de preferencia expresados en la mayoría de los municipios son: Feozem Háplico, Regosol Calcárico y Regosol Eútrico.
- El clima cálido subhúmedo (Awo) predomina en el área de predicción. Este tipo de clima es el mas más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano y cociente P/T T menor que 43.2 (P = Precipitación anual en mm, y T = temperatura media anual en °C). El porcentaje de lluvia invernal está comprendido entre 5 y 10.2 respecto de la total anual. La temperatura media anual es mayor a 22 °C. La temperatura promedio anual es de 23.8 °C, la precipitación

total anual es 802.2 mm y la promedio es 66.85 mm, el P/T es 33.6, el % PI 2.7 y el OSC 5.8 (García, 2004).

Para la descripción del área potencial obtenida por BIOCLIM y GARP se utilizaron las cartas temáticas digitales que se enlistan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Cartografía utilizada en la descripción de las áreas potenciales.

Tema	Escala	Estructura del dato	Tipo de dato	Proyección	Fuente
Nivel o Topografía	1:250 000	Vector	Arcos	Cónica conforme de Lambert	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). "Topografía de México". Este mapa presenta las curvas de nivel del país cada 200 metros, extraído del Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
Climas	1:250 000	Vector	Polígonos	Cónica conforme de Lambert	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
Edafología	1:250 000	Vector	Polígonos	Cónica conforme de Lambert	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
Hidrología	1:250 000	Vector	Polígonos	Cónica conforme de Lambert	Comisión Nacional del Agua (CNA), (1998). "Cuencas Hidrológicas".

En esta localidad se hizo un reconocimiento de campo para ubicar los sitios en que se presentaban poblaciones de linaloe y realizando en ellos un muestreo que permitiese analizar la distribución y abundancia de esta especie, en función de algunas variables ambientales: altitud, exposición de la ladera, pendiente, pedregosidad del suelo y algunas características físicas y químicas de los suelos (pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, entre otras). Información como la profundidad y pedregosidad que es variable por las características del terreno, su obtención se apoyó en la consulta de cartas edáficas de INEGI (1998).

Se tomaron los datos en 25 sitios georreferenciados (Fig. 4 y Cuadro. 4), que fueron seleccionados con base en la orientación de la ladera y su pendiente. Se seleccionó la orientación y pendiente porque en observaciones de campo, estas variables físicas parecen estar relacionadas con la distribución de la especie.

En cada sitio se trazaron líneas de donde partían transectos tipo Gentry (1988) ubicados al azar. La muestra está compuesta por transectos de 25 x 2 m² que representan las unidades muestrales. De un universo de 30 transectos posibles en cada sitio de muestreo se seleccionaron 20 al azar para obtener una muestra de 1000 m² en total por sitio (Fig. 4 y 5).

En cada transecto se registraron las siguientes variables de los árboles presentes: CAP (circunferencia a la altura del pecho, 1.30 m en adultos) y CB (circunferencia basal); en el caso de individuos juveniles, su altura máxima a partir del suelo y el radio de su copa (Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974). Variables como el área basal o la densidad tienen un mayor interés ecológico, debido a que nos dan una idea del vigor y capacidad de regeneración (Matteucci *et al.*, 1982).

El muestreo de suelo consistió en seleccionar 10 de los 25 sitios georreferenciados (Fig. 4); estas muestras resultaron de un conjunto aleatorio de transectos seleccionados al azar. De tal manera que se obtuvieron muestras compuestas extraídas de la combinación de 3 a 5 transectos. En total se obtuvieron de 15 a 20 muestras provenientes de 10 de los sitios georreferenciados. Además se tomaron de 3 a 5 muestras de sitios donde no se ha registrado la presencia de la especie; que fue el caso del municipio de Tlancualpican. Cada muestra fue extraída de una profundidad de 10 a 15 cm. Se depositaron en bolsas y etiquetadas por sitio para su posterior análisis químico.

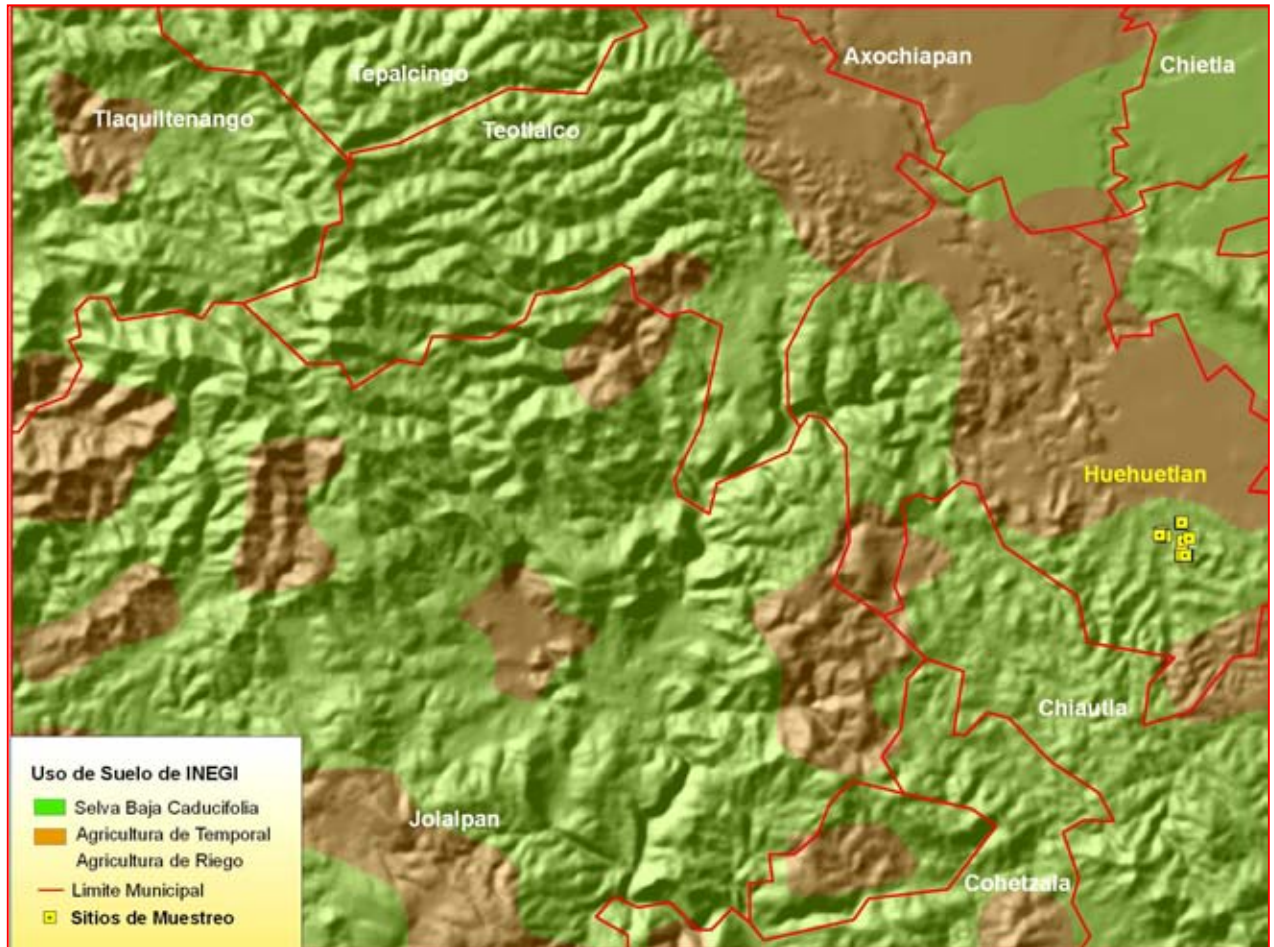


Fig. 4 Mapa que muestra los sitios de colecta en el municipio de Huehuetlán el Chico; además del tipo de vegetación y uso del suelo (CONABIO, 1998).

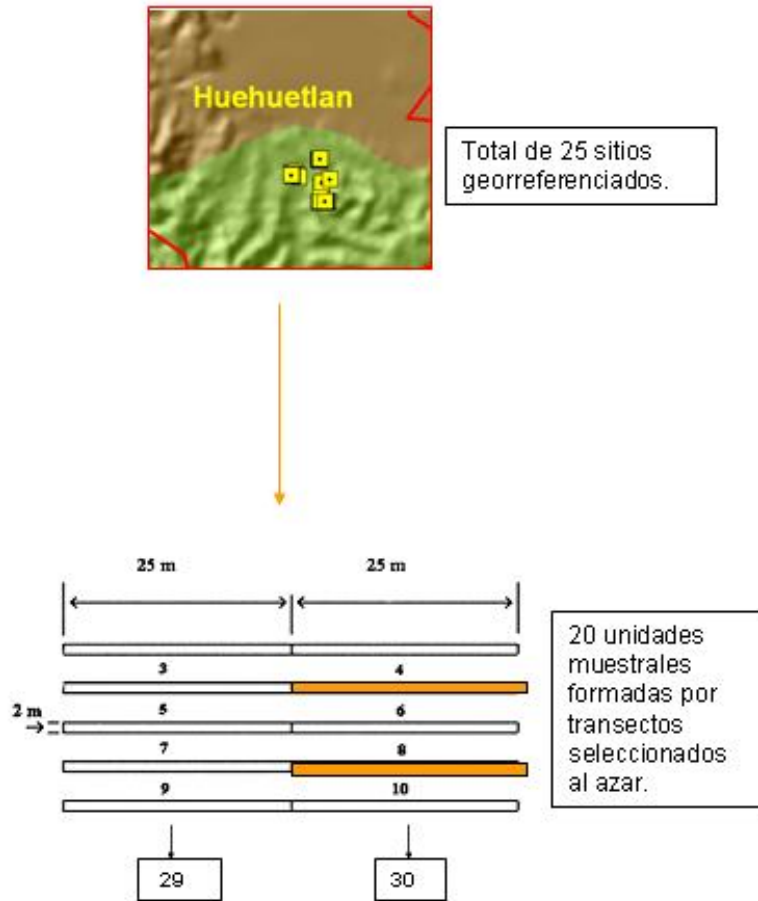


Fig. 5 Esquema de la estructura y disposición de transectos tipo Gentry modificados, sugeridos para realizar un muestreo aleatorio.

Fase de Análisis

En el análisis de datos y construcción del modelo se utilizaron datos de frecuencia, densidad y cobertura vegetal, así como información del medio físico, como la exposición, pendiente, elevación y propiedades del suelo.

Análisis Exploratorio

Se realizó el análisis exploratorio de datos para identificar grupos de datos con distintas propiedades, así como sus características importantes, por medio de resúmenes numéricos y elaboración de gráficos que permiten observar la tendencia y los valores inesperados de los datos. Como parte del análisis exploratorio se utilizó la distribución gráfica de los datos conocida como diagramas de caja y bigotes; éstos nos permiten identificar la dispersión y distribución de los datos y la presencia de valores extraordinarios (Salgado-Ugarte, 1992).

De forma complementaria se utilizó el diagrama de violín, que combina el resumen básico estadístico que proporciona un gráfico de caja y bigotes (valores dentro del primer y tercer cuartil, la mediana, los valores adyacentes e indirectamente los valores máximos y mínimos) con la información visual de un estimador de densidad, que muestra la forma en que se distribuyen los datos mostrando la existencia de cúmulos, picos y salientes, de manera que describe la estructura de distribución de los datos de una variable (Hintze y Nelson, 1998).

Por otra parte los EDK (Estimadores de Densidad) son un procedimiento alternativo al uso de histogramas de frecuencia, que permite hacer un análisis detallado de una distribución de datos. Este método se basa en la utilización de funciones ponderales de variación gradual (como por ejemplo una curva gaussiana) para emplear una figura en forma de campana centrada en cada valor de los datos y sumar estas curvas individuales para obtener un resultado final. La eficiencia de los estimadores de densidad radica en reducir los datos de un conjunto de observaciones a un conjunto de frecuencias e índices. Actualmente existen programas que nos permiten desplegar gráficamente la densidad de los datos y obtener resultados numéricos (Salgado-Ugarte, 2002).

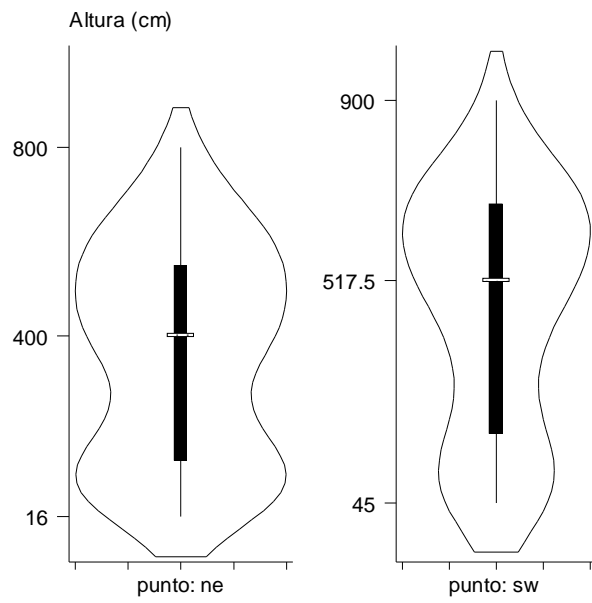


Fig. 6 Ejemplo de representación de datos de pendiente por medio de diagramas de violín (EDK, Caja y Bigotes).

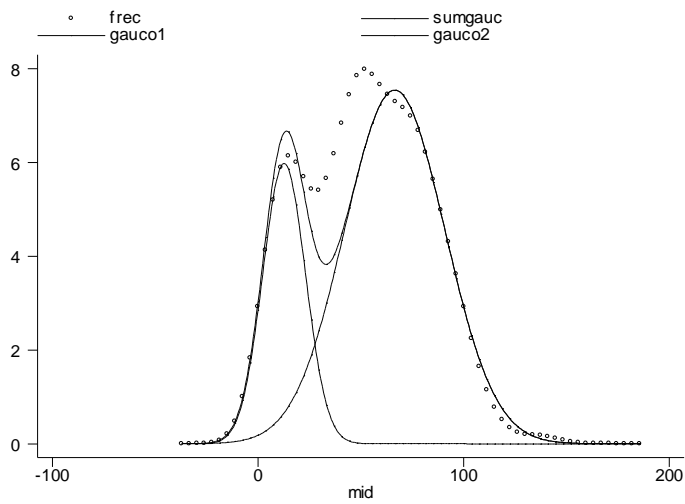


Fig. 7 Ejemplo de Análisis de componente gaussianos por el método de Battacharya. En el eje horizontal se representa los valores de una variable (Altura) (mid: puntos medios) mientras que en el eje vertical se representan la frecuencia.

Las distribuciones mezcladas (mezclas de distribuciones Gaussianas por ejemplo) surgen frecuentemente en datos biológicos y ecológicos. Se han propuesto una variedad de métodos, tanto gráficos como analíticos para el análisis de distribuciones mezcladas de frecuencia y su separación en componentes individuales. Un procedimiento que permite este análisis es el método de Bhattacharya, el cual está diseñado para estimar componentes Gaussianos en distribuciones mezcladas (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Datos como la altura, circunferencia, diámetro y copa de los árboles de linaloe son susceptibles de ser analizados por estos métodos.

Existen cuatro pasos en el método de Bhattacharya: a) se calculan los logaritmos de valores sucesivos de frecuencia; b) estas diferencias se grafican y los componentes se determinan visualmente; este paso es la parte gráfica del método; c) el segmento lineal correspondiente a cada segmento se estima a través de regresión lineal simple por mínimos cuadrados. Bhattacharya propone una serie de fórmulas para estimar los parámetros de cada componente (media, desviación estándar y frecuencia o proporción) a partir de los ángulos e interceptos descritos por los segmentos lineales de pendiente negativa. El método se puede aplicar repetidamente a los residuales para detectar componentes Gaussianos oscurecidos por los componentes dominantes (Bhattacharya, 1967). Existen programas actualizados que realizan los pasos descritos (Salgado-Ugarte *et al.*, 2000, 2005).

Métodos Estadísticos

Los datos que están expresados en ángulos, como la pendiente y exposición en que se localiza una especie de planta pueden ser analizados por medio de la estadística circular. La estadística circular es una herramienta para el análisis de datos de tipo angular o de tiempo, los cuales se distribuyen en una superficie circular dispuestos por orientaciones. Estos datos pueden estar expresados en esta superficie circular en ángulos de 0° a 360° o su equivalente en radianes que van de 0 a 2π radianes. Sus métodos también se utilizan para analizar datos de tiempo, trayectorias y orientaciones (Batschelet, 1981). La estadística circular ha permitido la resolución de problemas biológicos, tales como la navegación de aves, orientaciones generales seleccionadas por organismos y la respuesta a la variación experimental del hábitat natural o de parte de ellos mismos (Fisher, 1993). En adición a sus aplicaciones en biología otros datos

expresados en ángulos también son susceptibles de estudiarse en la geografía, geología, medicina, meteorología, astronomía, física, etc. (Batschelet, 1981).

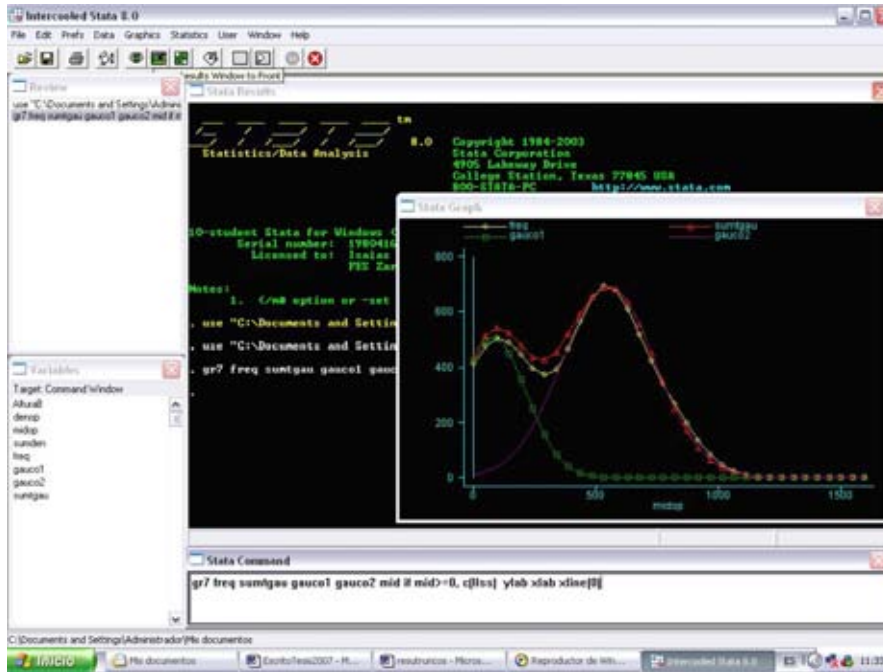
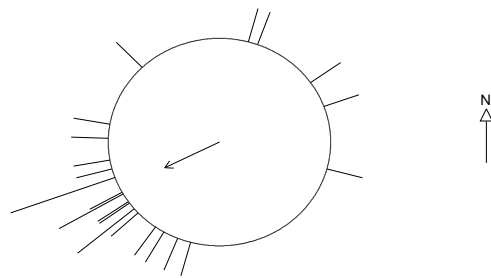


Fig. 8 Aspecto del Programa Estadístico Stata 8.

Los datos circulares pueden estar representados por marcas en forma de puntos o líneas dibujados a través de la circunferencia o dentro de un círculo, donde muestran la orientación de los datos desde el origen o centro del círculo. Dentro de las aplicaciones gráficas de la estadística circular se pueden hacer representar las frecuencias de un grupo de datos dentro de un círculo, llamado *histograma circular* (Batschelet, 1981).



mean direction 243.4°: vector strength 0.551

Fig. 9 Ejemplo de Histograma Circular para datos de Exposición.

La estadística circular permite hacer análisis de correlación. En la correlación se busca probar el grado de correlación o dependencia entre dos variables por medio de una inferencia estadística de una muestra de la población de datos, se busca definir qué tan independiente es una variable de la otra (Batschelet, 1981). Ejemplos en que se pueden observar pares de variables circulares o una circular y otra lineal son: la dirección del vuelo y viento en una especie de ave, la orientación de un crustáceo en relación con la dirección de la pendiente del fondo marino, la dirección de la pendiente en que crece una especie de planta y su altura o densidad, entre otros. Se han desarrollado actualmente programas estadísticos que permiten realizar varias aplicaciones de la estadística circular, como es el caso de Stata 8 (Cox, 2001) y Oriana.

Modelos Predictivos de Distribución

Con el propósito de conocer la distribución geográfica de los organismos, se han propuesto diversos modelos predictivos que ayudan a estimar su distribución potencial (Nix, 1986; Carpenter *et al.*, 1993; Butterfield *et al.*, 1994; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 2003). Se han propuesto métodos formales y rigurosos para predecir áreas donde puede existir un taxón. Los modelos ayudan a determinar dónde se encuentran las condiciones ambientales

más adecuadas para que la especie prospere, en función de parámetros obtenidos de colectas previas. Dichos modelos han demostrado su utilidad en estudios que evalúan patrones de distribución de organismos, como son algunos análisis biogeográficos, ecológicos o de conservación (Anderson *et al.*, 2003). Esta modelación de la distribución geográfica de especies y taxones supraespecíficos permite identificar patrones generales de biodiversidad, lo que facilita decidir acerca de las prioridades de conservación a gran escala (Chapman y Busby, 1994).

Algunos modelos utilizan métodos estadísticos, siendo los más comunes el de regresión múltiple o los multivariados (por ejemplo, Austin, 1998 o Guisan *et al.*, 1999). Otros hacen uso de los Sistemas de Información Geográfica, como son los análisis de discrepancias (*gap analysis*, Scott y Csuti, 1997) y otros utilizan los registros de presencia de las especies y la información ambiental para generar perfiles bioclimáticos, como es el caso de BIOCLIM (Nix, 1986; Lindenmayer *et al.*, 1991; Fischer *et al.*, 2001) o GARP (Anderson *et al.*, 2003).

El modelo GARP (genetic algorithm for rule set prediction), modela el nicho ecológico fundamental de la especie, con base en la información ambiental de las localidades (topografía, precipitación, temperatura y tipo de vegetación), usando cartografía en escalas de 1:1,000,000 a 1:250,000 o menor. Este método se ha empleado para predecir distribuciones de especies en estudios con diversos enfoques (Peterson *et al.*, 2002).

Por medio del análisis de perfiles bioclimáticos, BIOCLIM determina teóricamente los límites probables de la distribución de una especie (Lindenmayer *et al.*, 1991). Una vez definidas las localidades con condiciones climáticas similares (homoclimas), es posible generar mapas que muestren la distribución potencial de los taxones. BIOCLIM requiere de un modelo digital de elevación del área de estudio (MDE) y de un conjunto de puntos georreferenciados que representen sitios donde la especie crece. Con ellos genera un perfil bioclimático que sintetiza las condiciones climáticas de los sitios analizados y los compara con los atributos climáticos de un conjunto de celdas generados por el MDE (Fischer *et al.*, 2001). Tal comparación permite determinar aquellos sitios con clima adecuado (dominio), en los cuales pudiera encontrarse la especie bajo estudio.

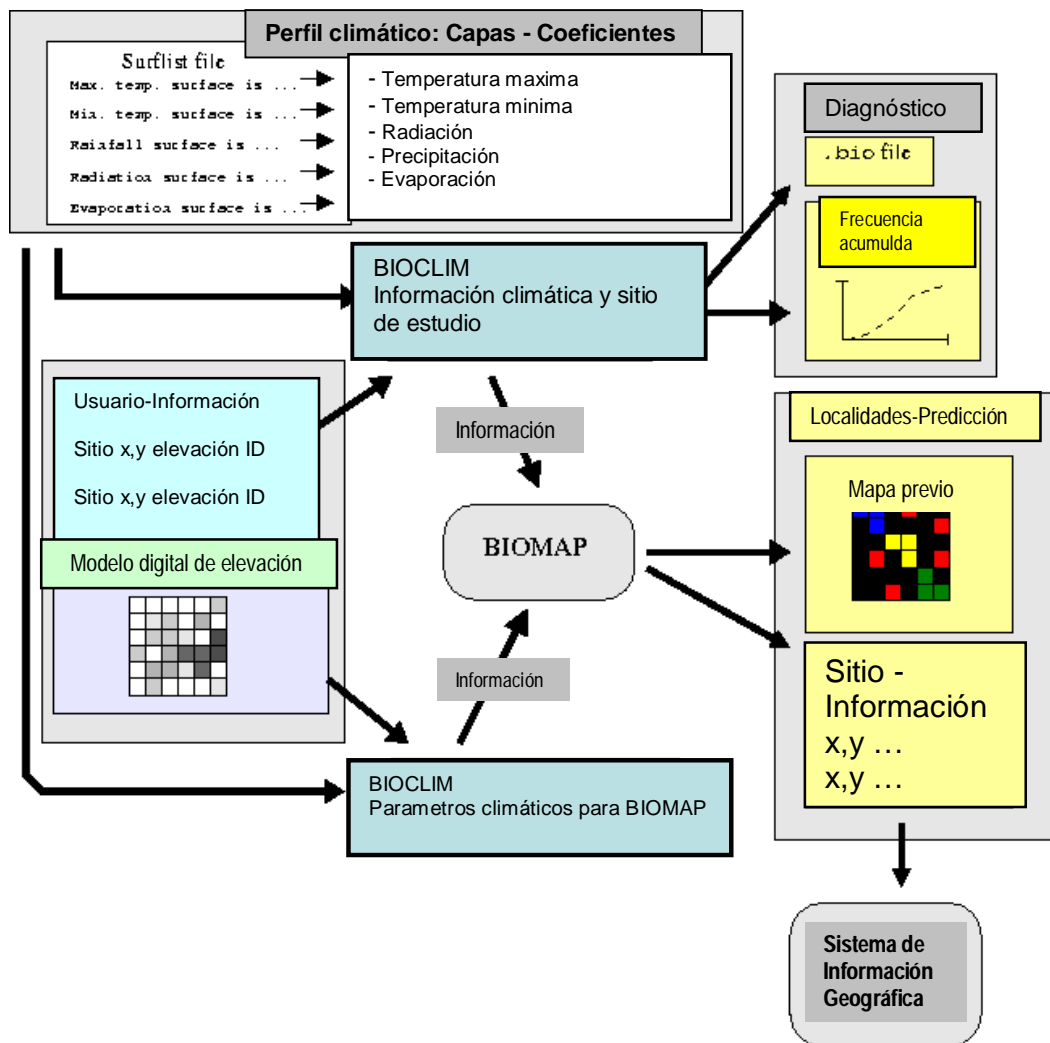


Fig. 10 Ejemplo de la aplicación de BIOCLIM como un modelo para la predicción de la distribución de especies (Fuente: <http://cres.anu.edu.au/outputs/anuclim/doc/bioclim.html>).

Los modelos predictivos de distribución en conjunto con programas como ArcInfo, ArcGIS ArcView permiten expresar visualmente los resultados de estas predicciones. Estos programas constituyen un sistema que permite almacenar, modificar, analizar y desplegar información sobre un espacio geográfico determinado. Están compuestos por una interfase intuitiva que permite manejar datos y visualizarlos. También es posible mediante estos programas manipular información, manejar bases de datos, construir mapas, sobreponer mapas y hacer análisis espacial (Clarke, 1997).

Métodos de Análisis Geográfico

Los SIG (sistemas de información geográfica) permiten hacer aproximaciones a soluciones de problemas en campos como la agricultura, protección ambiental y planeación, entre otros. Los SIG tienen funciones para el análisis de datos; permiten seleccionar la información por localización geográfica y contenido temático. La información seleccionada puede ser entonces sometida a distintos tipos de operaciones como:

- Operaciones lógicas ($=$, $>$, $<$, \geq , \leq , $< >$) permiten identificar valores extremos, valores mínimos o máximos dentro de varios polígonos, permitiendo definir una nueva capa temática y seleccionar un grupo particular de valores para incorporarse en una nueva capa temática.
- Operadores AND, OR, NOR y NOT, que permiten el análisis de datos geográficos. Por ejemplo permiten definir entre áreas potenciales para la actividad forestal y el pastoreo.
- Operaciones aritméticas ($+$, $-$, \times , $/$, \exp , $\sqrt{\quad}$, sen , cos , tan), en donde un área determinada tiene asignado un atributo. Estas operaciones pueden tener aplicaciones como la reclasificación, calcular distancias, áreas y direcciones. Las aplicaciones como la reclasificación comprenden cambios en los valores de los atributos de los temas, como puede ser la reclasificación de tipos de suelo. Los polígonos pueden reclasificarse y combinarse. Los valores asignados a las celdas de una capa determinada se pueden reclasificar, sumar, restar, multiplicar, dividir, etc. originando una nueva capa (Bernhardsen, 1999).

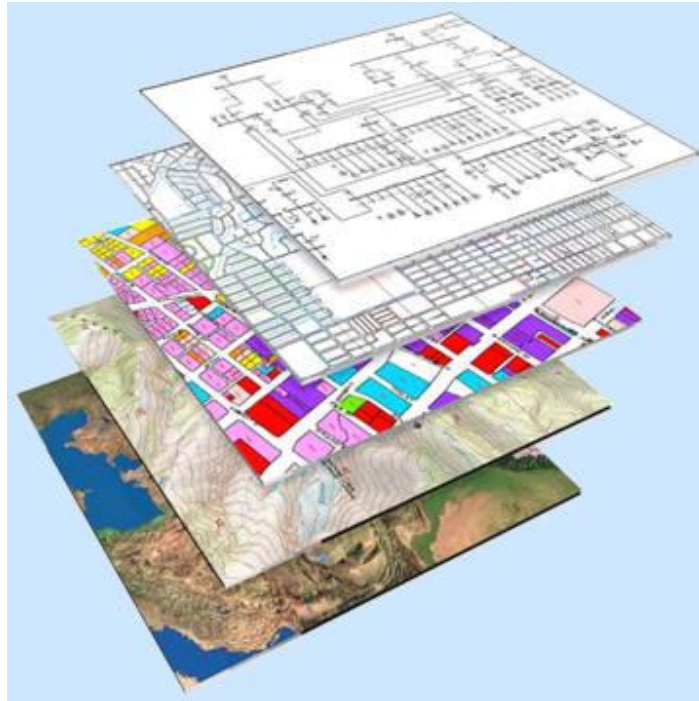


Fig. 11 Algunas de las aplicaciones de análisis espacial que permiten los SIG, como es la suma de temas como son el relieve, uso del suelo, red hidrográfica, asentamientos urbanos etc.

Estas *técnicas* o conjunto de procedimientos que sirven para observar y monitorear los recursos naturales, así como almacenar y analizar el resultado de estas observaciones en la actualidad se implementan en sistemas computarizados, que globalmente se conocen como *sistemas de información geográfica* (SIG) (Bocco *et al*; 1991).

En resumen, los SIG son sistemas que permiten la captura, ingreso, almacenamiento y análisis de datos geográficos así como la presentación de la información resultante. El objetivo central de un SIG es generar información válida que en conjunto con otros criterios como un sólido análisis estadístico y verificación del modelo de predicción en campo nos permiten tomar decisiones (Rosete y Bocco, 2003).



Fig. 12 Aspecto de las aplicaciones que permite realizar ArcView y Arc GIS en un análisis espacial de información geográfica, como son la suma de mapas temáticos con diversos atributos.

Se aplicaron los métodos estadísticos comentados y se usó el modelo de predicción de distribución (BIOCLIM y GARP); de los cuales GARP fue descartado en el análisis posterior debido a que presenta un error de comisión grande, y lo que buscamos es reducir este tipo de error. BIOCLIM permite dibujar áreas que sobreestiman menos el modelo y por tanto reducen el error de comisión. En conjunto con el modelo elegido se utilizaron mapas temáticos de climas, suelos, vegetación e hidrografía, entre otros, en formato de celdas (píxeles) construidos a partir de un modelo de elevación de terreno (elaborado a partir de una carta 1:50 000 de curvas de nivel cada 20 m), que junto con la información de campo de los atributos ecológicos (frecuencia, densidad y cobertura) de la especie, permite construir el modelo predictivo de distribución local.

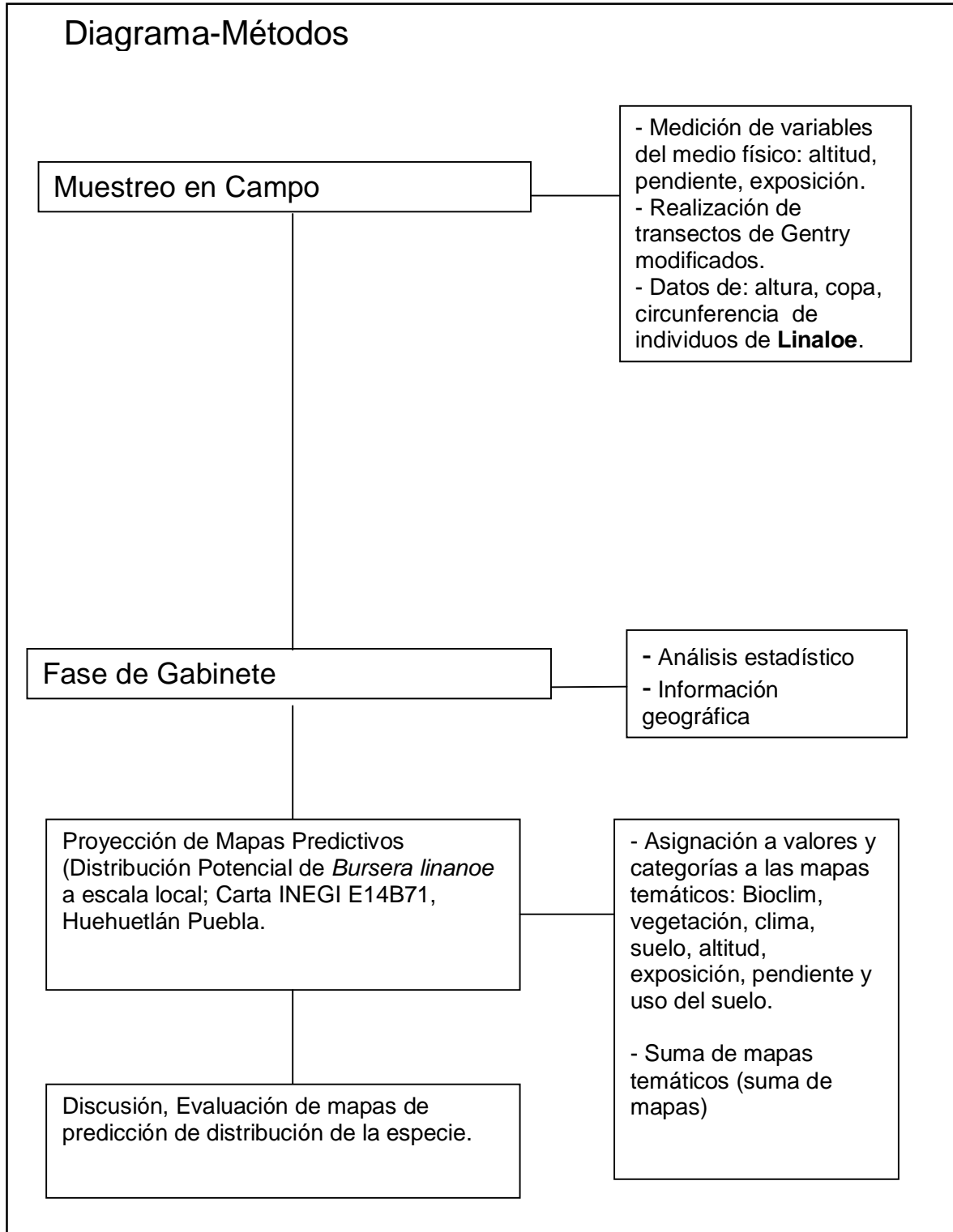


Fig. 13 Resumen de métodos utilizados.

Resultados

Se presentan enseguida las características del suelo analizadas, el análisis estadístico realizado a las medidas tomadas a individuos de linaloe, un conjunto de mapas que describen un modelo de distribución de la especie a escala local.

Caracterización del Suelo

A1. La pedregosidad se describió en función de la cantidad o abundancia de piedras, realizando una estimación visual sobre la superficie del suelo, clasificando al suelo como Pedregoso (7-30 % de piedras pequeñas y medianas (>2mm)) según el sistema de clasificación de Taylor y Pohlen (1962).

Las pendientes de las laderas con poblaciones de *B. linanoe* van de 14 a 35 grados; los sitios en el intervalo de 12-15 grados se clasifican como sitios con pendiente moderadamente fuerte, sitios con pendiente fuerte de 16 a 25° y sitios de pendientes muy fuertes, de 26 a 35° (Hodgson, 1976). Por lo tanto puede decirse que, las poblaciones de *B.linanoe* crecen en pendientes moderadamente fuertes a fuertes.

Respecto a los valores de pH obtenidos entre los sitios muestreados donde *B.linanoe* estuvo presente variaron de 6 a 8, por lo que puede considerarse al suelo neutro y básico, por presentar valores superiores a 7, pero no inferiores a 5.

En relación con la presencia de sales solubles, el suelo muestreado en los sitios con poblaciones de *B.linanoe* puede clasificarse como suelo libre de sal o álcali, por presentar valores de C E. (conductividad eléctrica) del extracto saturado de 0 a 4 mmhos cm¹.

Los valores de materia orgánica indican que es un suelo mineral debido a su contenido menor de 10% de materia orgánica según U.S.D.A. (1999) y se codifica como rico en humus por tener entre 4 – 10 % de materia orgánica.

Se realizaron además muestreos en la localidad de Tlancualpican Pue, localidad en donde no se ha registrado *Bursera linaloe*. El objetivo de realizar un muestreo en el municipio de Tlancualpican fue explicar por qué no hay presencia de esta especie y sí de otras; en literatura se comenta la tendencia a encontrar el *Linaloe* en suelos no alcalinos (Toledo, 1982); mientras que las muestras de Tlancualpican presentan un suelo muy alcalino. Se presentaron valores inferiores de materia orgánica 0.13 %, valores elevados de conductividad eléctrica con 1.76 mmhos cm¹ y un pH mayor de 10.

Cuadro 3. Resultados de parámetros básicos de suelo analizados.

Sitio	pH	CE	MO
19	7,6	0.79	8,2
20	6,79	0.41	6,72
21	6,87	0.36	6,32
22	7,82	0.63	5,78
23	6,21	0.41	8,47
24	6,82	0.38	7,8
25	6,91	0.22	2,29
20b	7,85	0.67	10,35
22b	8,13	0.62	7,8
Tlancualpican	10,72	1.76	0,13

Cuadro 4. Las coordenadas geográficas están expresadas en grados y décimas de grado. Lista de sitios realizados en campo.

Cuadrante	Coordenadas	Altitud m.n.s.m.	Exposición	Pendiente	Densidad por sitio de muestreo (No de individuos / 10000m ²)
1	N 18.35459 W -98.69124	998.6	Suroeste 240°	15°	13,33
2	N 18.35466 W -98.69166	984.1	Noroeste 80°	26°	26,66
3	N 18.35548 W -98.69138	976.5	Noreste 350°	23°	266,66
4	N 18.35464 W -98.69176	1008.7	Noroeste	30°	293,33
5	N 18.35484 W -98.69166	1014.3	Suroeste 210°	15°	146,66
6	N 18.35467 W -98.68993	981.6	Suroeste 230°	16°	26,66

7	N 18.35455 W -98.69033	978.8	Suroeste 202°	15°	26,66
8	N 18.35464 W -98.69051	981.5	Suroeste 195°	15°	26,66
9	N 18.35475 W -98.69067	973.7	Suroeste 215°	16°	40
10	N 18.36065 W -98.69737	1002.6	Noreste 20°	20°	133,33
11	N 18.36070 W -98.69672	988.9	Noreste 15°	35°	133,33
12	N 18.36016 W -98.69691	1013.1	Sureste 105°	10°	40
13	N 18.36002 W -98.69624	996.5	Noreste 70°	10°	40
14	N 18.36334 W -98.69163	1016.5	Suroeste 260°	19°	53,33
15	N 18.36336 W -98.69187	1008.2	Suroeste 272°	20°	22,5
16	N 18.36331 W -98.69205	1004.3	Suroeste 227°	17°	66,66
17	N 18.36310 W -98.69208	995.3	Suroeste 235°	24°	93,33
18	N 18.36308 W -98.69189	1003.2	Suroeste 230°	22°	173,33
19	N 18.35782 W -98.69162	990	Suroeste 250°	15°	26,66
20	N 18.35852 W -98.69132	1000.5	Suroeste 280°	16°	13,33
21	N 18.35919 W -98.68969	999.2	Suroeste 255°	24°	26,66
22	N 18.35980 W -98.69605	985	Noreste 55°	15°	53,33
23	N 18.35991 W -98.69724	989.1	Noreste 250°	15°	26,66
24	N 18.36031 W -98.69753	999.3	Noroeste 316°	14°	93,33
25	N 18.36003 W -98.69744	1001.7	Suroeste 340°	14°	40
					Media = 76.09 indiv/10000 m²

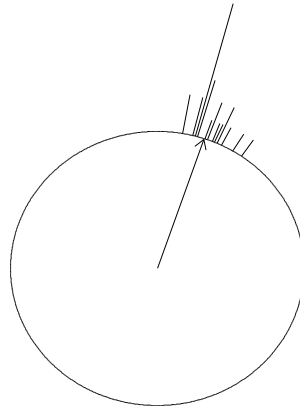
Cuadro 5. Resumen de datos de sitios de muestreo y medidas de árboles de *Linaloe* (valores promedio expresados en centímetros).

Orientación	Exposición	Pendiente	Circunferencia a la altura del pecho o basal (CAP)	Altura	Radio de copa	Altura de la primera ramificación
suroeste	240	15	50	600	210	50
suroeste	210	15	105	850	400	146,5
noreste	250	23	15,73	180	70,46	13,2
noreste	16	31	27,64	242,06	153,28	30,78
noreste	8	26	29,27	276,38	181,88	14,33
suroeste	230	16	9,25	57	34	11,25
suroeste	202	15	9,25	110,5	53	6,5
suroeste	195	15	12	79	28,5	17,5
suroeste	215	16	39,33	295,66	135,33	58,16
noreste	20	20	61,5	414,09	305	92,9
noreste	15	35	72,31	540,9	386,45	116,45
noreste	70	10	70,66	550	330,55	77
noreste	105	10	123	683,33	541,11	142,66
suroeste	260	19	55,75	440,5	278,75	95
suroeste	272	20	53,04	433,33	333,33	151
suroeste	227	17	73,24	656	410,4	111,2
suroeste	235	24	65,82	553,57	415,71	109,28
suroeste	230	22	67,61	513,15	367,07	103,07
suroeste	250	15	78,25	675	550	142,5
suroeste	280	16	67	600	500	53
suroeste	255	24	30,5	322,5	158,5	85
noreste	55	15	67,625	371,5	261,5	80,75
noreste	250	15	75,6	575	405	117,5
noreste	316	14	80	443,75	404,375	59,375
suroeste	240	14	10,6	181,66	128,33	10

Cuadro 6. Diámetro promedio de los individuos de *B. linanoe* y cobertura total de cada uno de los 25 sitios de muestreo.

Sitios DAP ó DAB Total (cm)		Cobertura ó Area por sitio (en funcion del radio) m ²
1	15.91	13.85
2	33.42	50.26
2	5	1.55
4	8.80	7.38
5	9.31	10.39
6	2.94	.3631
7	2.94	.8824
8	3.82	.2551
9	12.52	5.75
10	19.57	29.22
11	23.01	46.91
12	22.50	34.32
13	39.15	91.98
14	17.74	24.41
15	16.87	34.90
16	23.31	52.91
17	20.95	54.29
18	21.52	42.33
19	24.90	95.03
20	21.32	78.54
21	9.70	7.89
22	21.52	21.48
23	24.06	51.53
24	25.46	51.36
25	3.37	5.17
Media = 17.18 cm.		Media = 24.93 m ² .

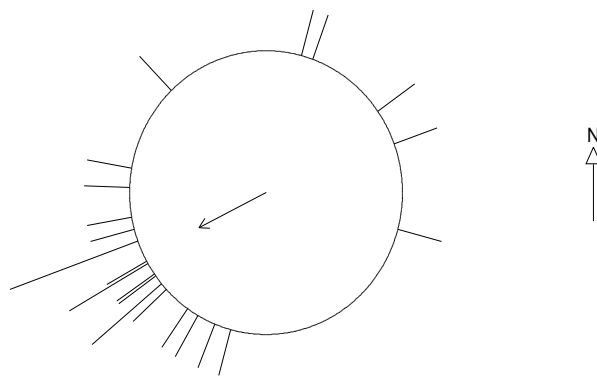
A 2. Variables del medio físico y ecológicas medidas en campo.



mean direction 18.5°: vector strength 0.994

Dirección media de datos de Pendiente 18.5° (grados de inclinación) ± .95

Fig. 14 Gráfico circular de rosa para datos de pendiente de la totalidad de sitios muestreados.



mean direction 243.4°: vector strength 0.551

Dirección media de datos de Exposición 243.4° (dirección SO y SE) ± .55

Fig. 15 Gráfico circular de rosa para datos de pendiente de la totalidad de sitios muestreados.

Variables medidas en campo a individuos de *Bursera linanoe*.

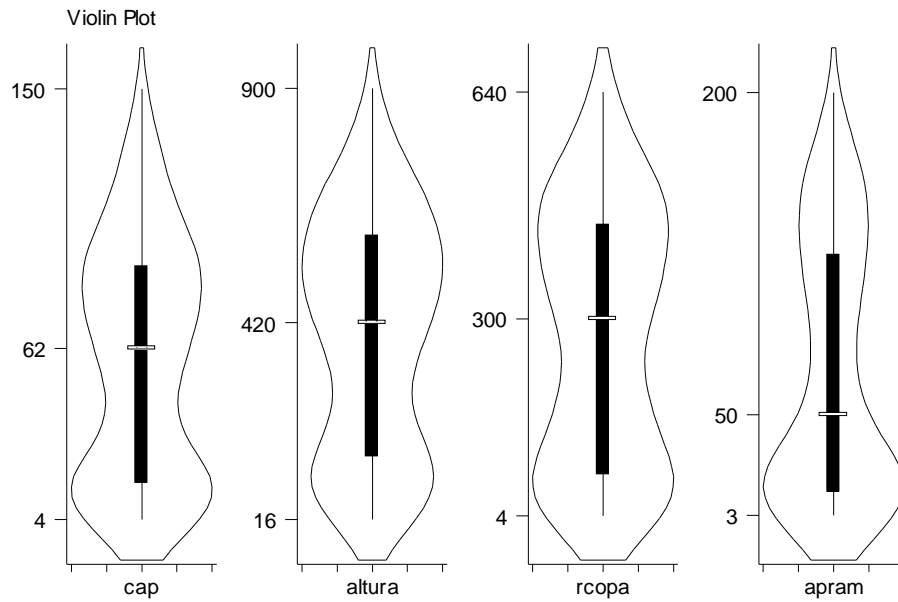


Fig. 16 Gráficos de violín (EDKy Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de cada una de las variables medidas a los individuos de *Linaloe*. En el eje vertical los valores se representan en centímetros.

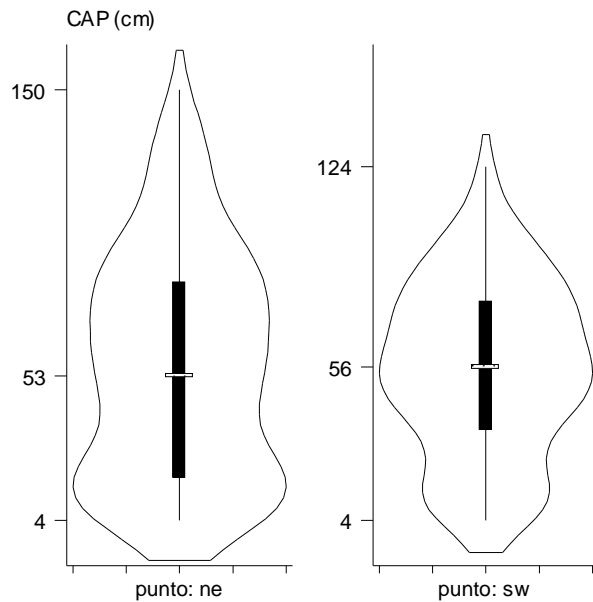


Fig. 17 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Circunferencia a la altura del pecho CAP (en centímetros) para sitios con orientación norte y sur.

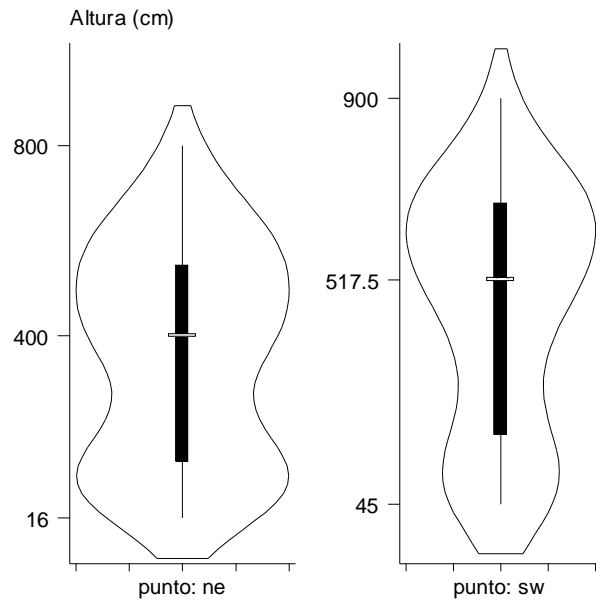


Fig. 18 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Altura (en centímetros) para sitios con orientación norte y sur.

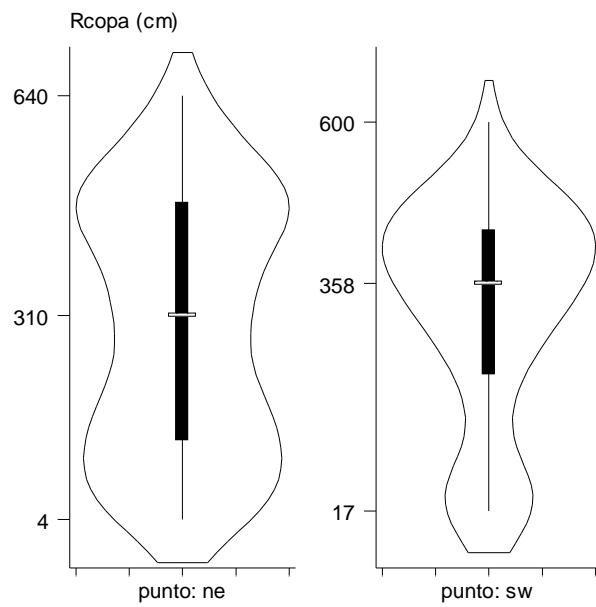


Fig. 19 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Radio de copa (en centímetros) para sitios con orientación norte y sur.

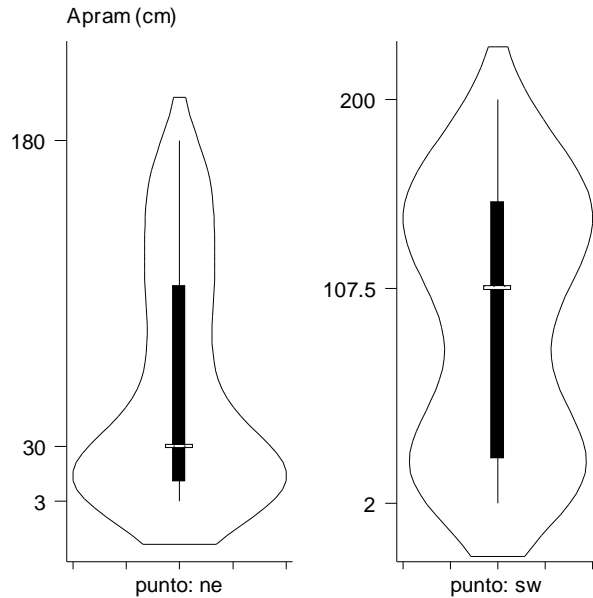


Fig. 20 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Altura de la primera ramificación (en centímetros) para sitios con orientación norte y sur.

Variables del Medio Físico

Los diagramas de violín expresan el agrupamiento de los datos de las medidas registradas a los individuos de linaloe. En general las clases de individuos adultos de la población están mejor representados, mientras que la proporción de individuos juveniles es menor en la mayoría de los sitios de muestreo, lo que indica un reemplazo pobre de individuos “viejos” por “jóvenes”.

En cuanto a la orientación, encontramos que hay individuos más altos en sitios con orientación sur; mientras que en sitios con orientación norte los individuos tienen una mayor circunferencia y radio de copa. La altura de la primera ramificación es mayor en los individuos con orientación sur. Los sitios con orientación sur tienen una mayor exposición solar durante el día y el año; por tanto, son sitios mas secos y calientes, lo que explica preliminarmente una mayor presencia de individuos adultos y maduros en laderas sur que en sitios con orientación norte, que son sitios con menor exposición solar y mayor humedad. En los sitios con este tipo de orientación las frecuencias representadas en los diagramas de violín de las alturas y radios de copa presentan valores menores.

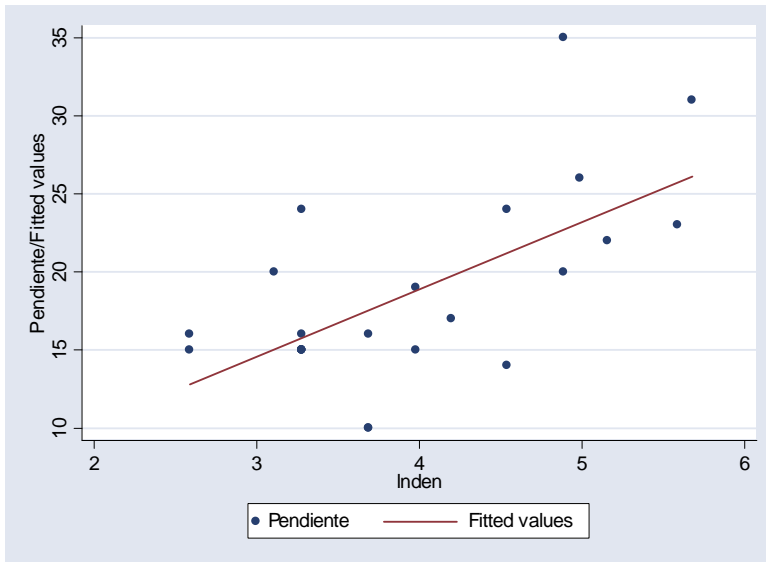


Fig. 21 Correlación entre pendiente y densidad de individuos.

r (raíz positiva) = 0.690.
 p (valor) = 0.008

El comportamiento de los datos de pendiente y densidad de individuos en los sitios muestreados, el análisis de correlación para una variable lineal y circular expresa una relación directa entre pendiente y densidad. Hasta el momento podemos decir que hay una tendencia a localizar el *linaloe* en sitios con valores entre 15 y 25° de pendiente, es decir que la densidad tiende a aumentar con el incremento de la pendiente.

Variables medidas en campo a individuos de *Bursera linanoe* por tipo de pendiente.

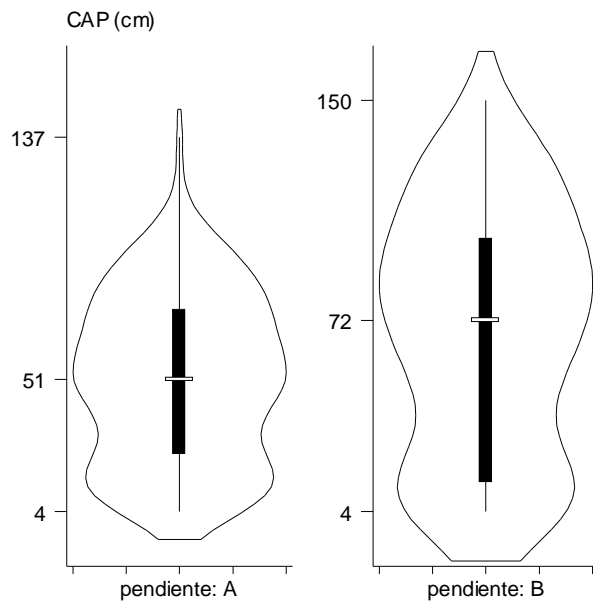


Fig. 22 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Circunferencia a la altura del pecho (en centímetros) para sitios con pendiente alta (>15 grados A) y baja (<15grados B).

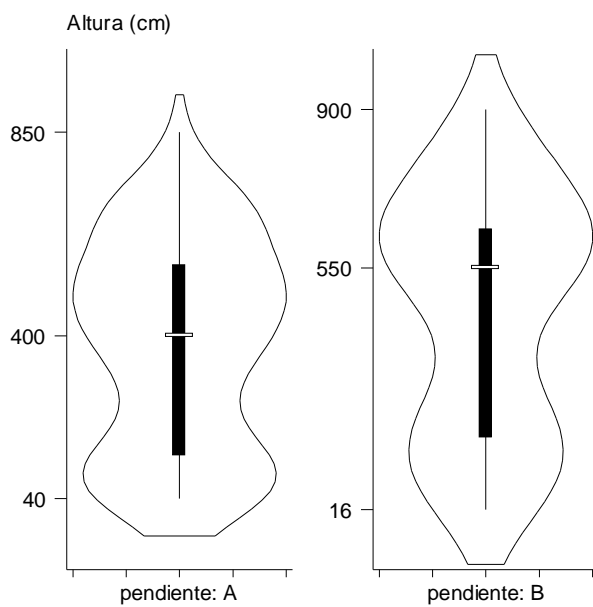


Fig. 23 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Altura (en centímetros) para sitios con pendiente alta (>15 grados A) y baja (<15grados B).

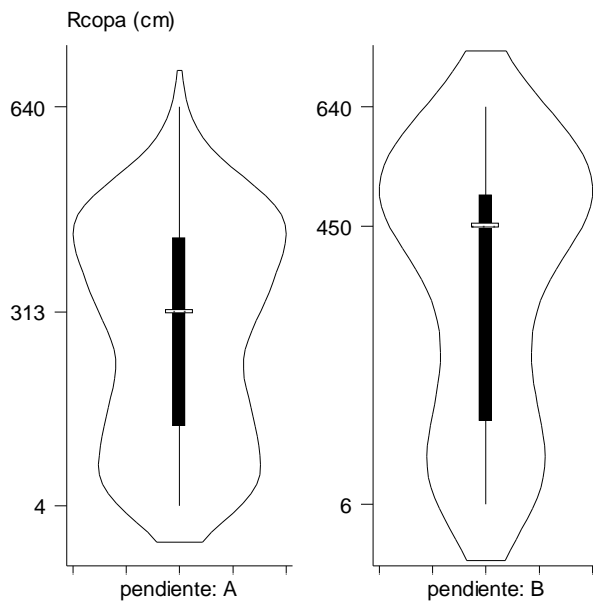


Fig. 24 Gráficos de violín (EDK y Diagrama de Caja y Bigotes) que muestran la distribución de la variable Radio de copa (en centímetros) para sitios con pendiente alta (>15 grados A) y baja (<15grados B).

Los diagramas de violín expresan una tendencia ligera a encontrar individuos con una mayor circunferencia y altura en pendientes menores de 15 grados, mientras que en los sitios con pendientes más pronunciadas, es decir, mayor de 15 grados, encontramos una proporción mayor de individuos altos y anchos, pero donde los individuos de alturas y circunferencias menores están menos representados.

Determinación de componentes gaussianos por el método de Bhattacharya a los estimadores de densidad por Kernel (EDK) para datos de CAP, altura y radio de copa por tipo de pendiente.

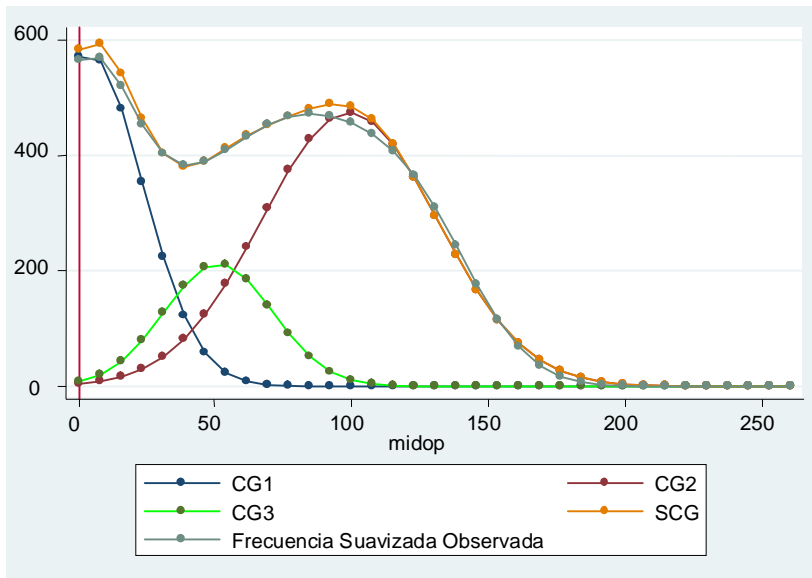


Fig. 25 Gráfico de frecuencias observadas y componentes gaussianos estimados para CAP en pendientes bajas. En el eje horizontal se representan los valores de la variable CAP (midop: puntos medios), mientras que en el eje vertical se representa la frecuencia.

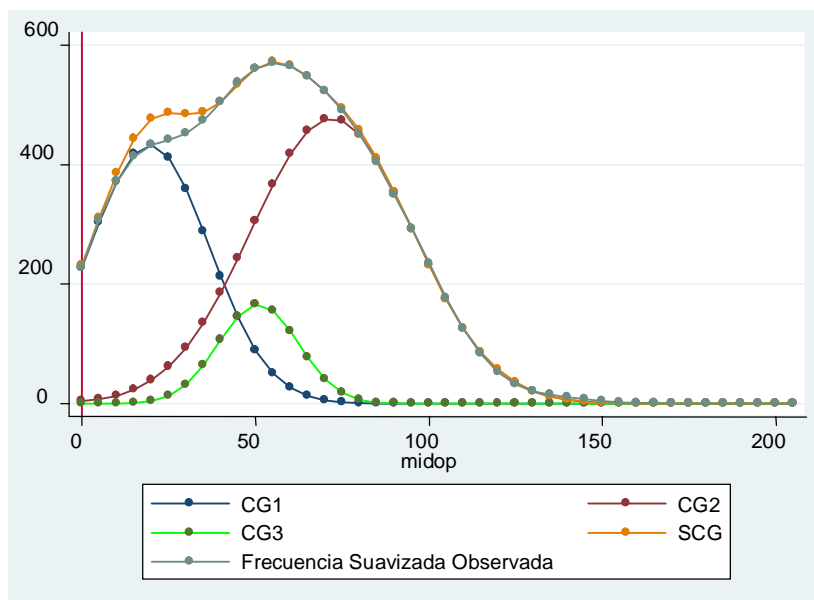


Fig. 26 Gráfico de frecuencias observadas y componentes gaussianos estimados para CAP en pendientes altas. En el eje horizontal se representa los valores de la variable CAP (midop: puntos medios) mientras que en el eje vertical se representa la frecuencia.

El análisis de componentes gaussianos derivados de los EDKs y de los diagramas de violín expresan la presencia de diferencias entre las medias (modas) de los sitios con pendientes bajas y altas; por ejemplo para CAP (circunferencia al altura del pecho) encontramos que el primer componente gaussiano tiene una media mayor, es decir los individuos en pendientes altas (mayores a 15 grados); por otra parte la media del segundo componente gaussiano es similar en sitios con pendiente altas y bajas (menores de 15 grados). Podemos decir entonces que hay una proporción importante de individuos gruesos en sitios con pendiente altas, pero hay grupos de individuos que no llegan a ser tan gruesos como los ubicados en pendientes menores de 15 grados (Fig. 25 y 26).

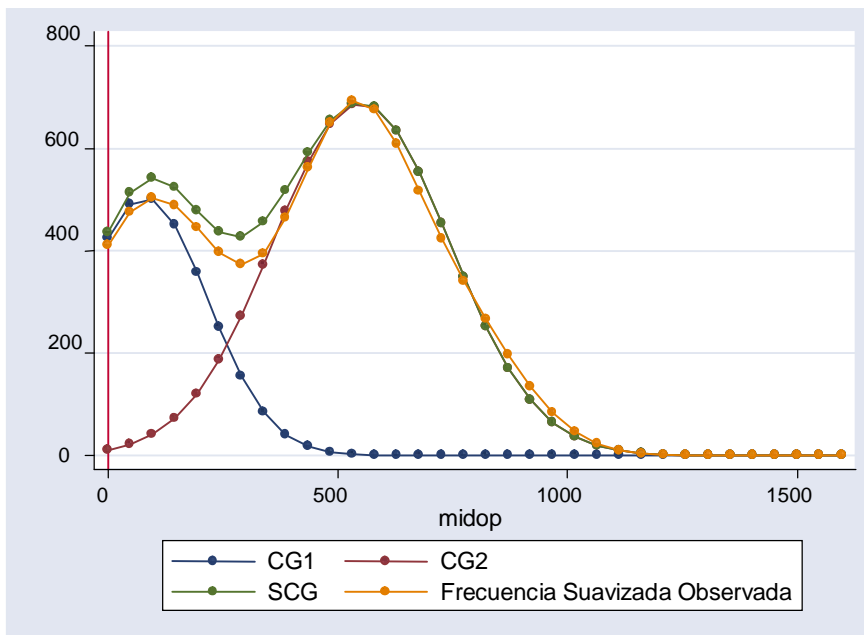


Fig. 27. Gráfico de frecuencias observadas y componentes gaussianos estimados para altura en pendientes bajas. En el eje horizontal se representa los valores de la variable altura (midop: puntos medios) mientras que en el eje vertical se representa la frecuencia.

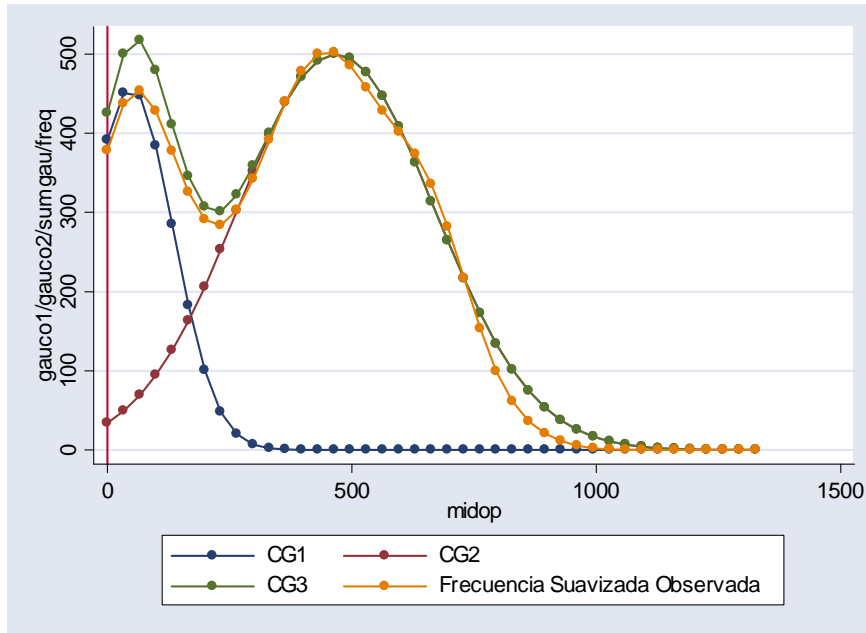


Fig. 28 Gráfico de frecuencias observadas y componentes gaussianos estimados para altura en pendientes altas. En el eje horizontal se representa los valores de la variable Altura (midop: puntos medios) mientras que en el eje vertical se representa la frecuencia.

En los datos de altura las pruebas estadísticas señalan que no hay diferencias significativas entre las medias de los dos componentes gaussianos; por lo que respecto a altura encontramos grupos de talla similares en sitios de pendientes bajas y altas (Fig. 27 y 28).

Respecto al radio de la copa, el primer componente gaussiano no muestra diferencias significativas en los sitios de pendiente baja y alta; mientras que en el segundo componente gaussiano los individuos que crecen en pendientes bajas presentan una media mayor que los individuos en pendientes altas. Encontramos entonces que los individuos llegan a tener una copa más amplia en las pendientes menores de 15 grados (Fig. 29 y 30). Además en la mayor parte de los gráficos se observa una distribución bimodal.

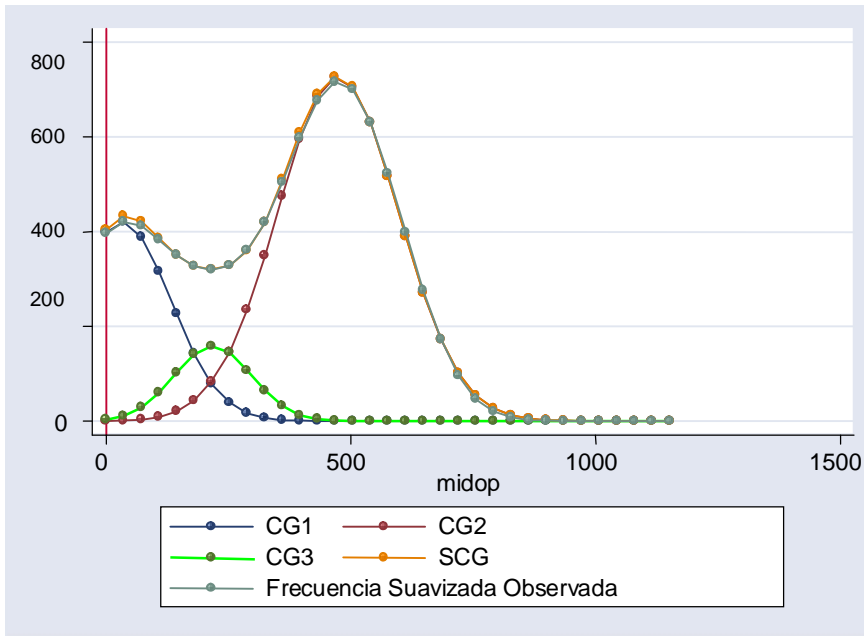


Fig. 29 Gráfico de frecuencias observadas y componentes gaussianos estimados para Radio de copa en pendientes bajas. En el eje vertical se representa los valores de la variable Radio de copa (midop: puntos medios) mientras que en el eje vertical se representa la frecuencia.

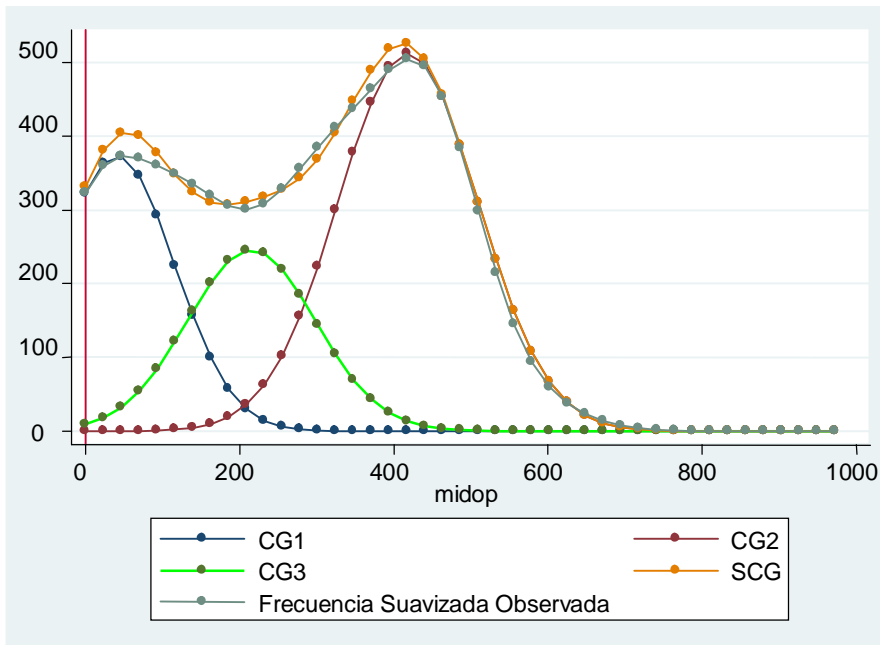


Fig. 30 Gráfico de frecuencias observadas y componentes Gaussianos estimados para radio de copa en pendientes altas. En el eje vertical se representa los valores de la variable Radio de copa (midop: puntos medios) mientras que en el eje vertical se representa la frecuencia.

A 3. Mapas de Predicción de la Distribución

En la construcción del modelo predictivo de distribución se utilizó información de campo que comprendió información sobre el tipo de suelo, pedregosidad, altitud, pendiente y exposición. Mientras que información del clima, vegetación y así como los valores de altitud, exposición y pendiente generados por el MDE (Modelo digital de elevación) fueron obtenidos de información cartográfica (INEGI y CONABIO; 1998). También se utilizaron las capas de información generadas de un trabajo previo con BIOCLIM (Montaño-Arias, 2008). El cual consistió en un análisis para determinar el dominio climático del área que habita *Bursera linanoe* a partir de 19 variables climáticas; que describen el comportamiento anual de la temperatura, precipitación y humedad. El resultado fue un mapa con tres categorías de probabilidad de encontrar a la especie en función del clima en el cual ha sido registrada (Fig. 31). Este mapa será referido en adelante simplemente como BIOCLIM.

El conjunto de esta información permitió realizar las operaciones necesarias que permitan generar el modelo de predicción. Algunas de las operaciones realizadas consistieron en restar los sitios con suelos altamente alcalinos o ácidos, sitios pobres en materia orgánica, sitios con pendientes tenues y poco pedregosos. Se asignó un valor o peso a las celdas en función de los resultados de análisis de suelo (tipo de suelo y características del terreno en donde crece información bibliográfica de la especie (como el tipo de clima en donde se presenta la especie) y como resultado del análisis estadístico (grado de pendiente y exposición que favorecen el crecimiento de la especie).

Los mapas fueron generados utilizando las aplicaciones que ofrecen ArcView y ArcGIS. Los mapas están basados en registros y distribuciones previas con BIOCLIM, temas de clima, suelo, vegetación, uso del suelo de INEGI y el modificado por CONABIO. Además de la asignación de valores y categorías de altitud, exposición y pendiente en el modelo de elevación de terreno, se han obtenido los siguientes mapas de distribución potencial de la especie a escala local correspondiente a la carta E14B71 (INEGI 1998).

Predicción por producto de mapas temáticos

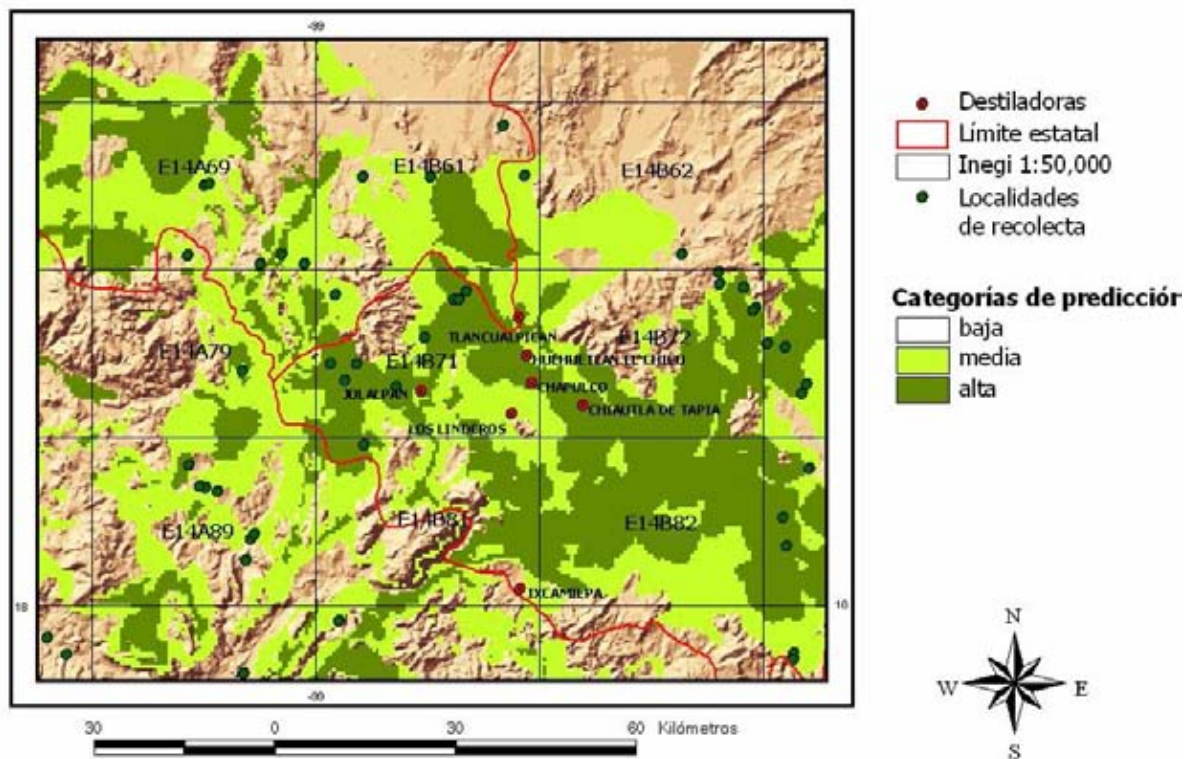


Fig. 31 Capa de BIOCLIM (Montaño-Arias, 2008).

Los intervalos de valores que conforman cada mapa, expresan la suma de los temas que representan las condiciones más favorables para la especie. Por ejemplo, las áreas que se encuentran dentro del intervalo de 1-5 representan sitios donde la suma y el valor de las diferentes condiciones los hace menos favorables, mientras que los sitios dentro de un intervalo de 20-25 son aquellos donde el resultado de la suma de mapas se expresa en áreas de condiciones más favorables para el linaloe.

Se presentan a continuación una serie de mapas en donde se condensan las operaciones realizadas para obtener el mejor modelo de distribución potencial local de *Bursera linanoe* con base en la ponderación de la información de campo, el análisis estadístico y cartas temáticas de INEGI y CONABIO:

- El mapa correspondiente a la Fig. 32 representa el modelo digital de elevación a 1: 50 000, además de los sitios de colecta en este trabajo y de registros de colectas anteriores.

- El mapa de la Fig. 33 representa la suma total que incluye: los temas de suelo, pedregosidad, exposición, pendiente, altitud, vegetación, clima, BIOCLIM (Capas determinadas en un trabajo previo de Montaña-Arias; 2008) y uso de suelo de CONABIO. Se muestran además los sitios de colecta de este trabajo y de colectas anteriores.

- El mapa de la Fig. 34 condensa la suma total de los temas mencionados y el uso de suelo de INEGI.

- El mapa de la Fig. 35 incluye los temas de suelo, altitud, exposición, pendiente y el uso de suelo de CONABIO.

- El mapa de la Fig. 36 condensa la suma total de temas mencionados con la excepción de BIOCLIM y utilizando el mapa de uso de suelo de INEGI.

- El mapa de la Fig. 37 incluye la combinación referente a tipo de suelo, altitud, exposición y pendiente.

- El mapa de la Fig. 38 incluye las combinaciones que comprenden solamente la altitud, exposición y pendiente.

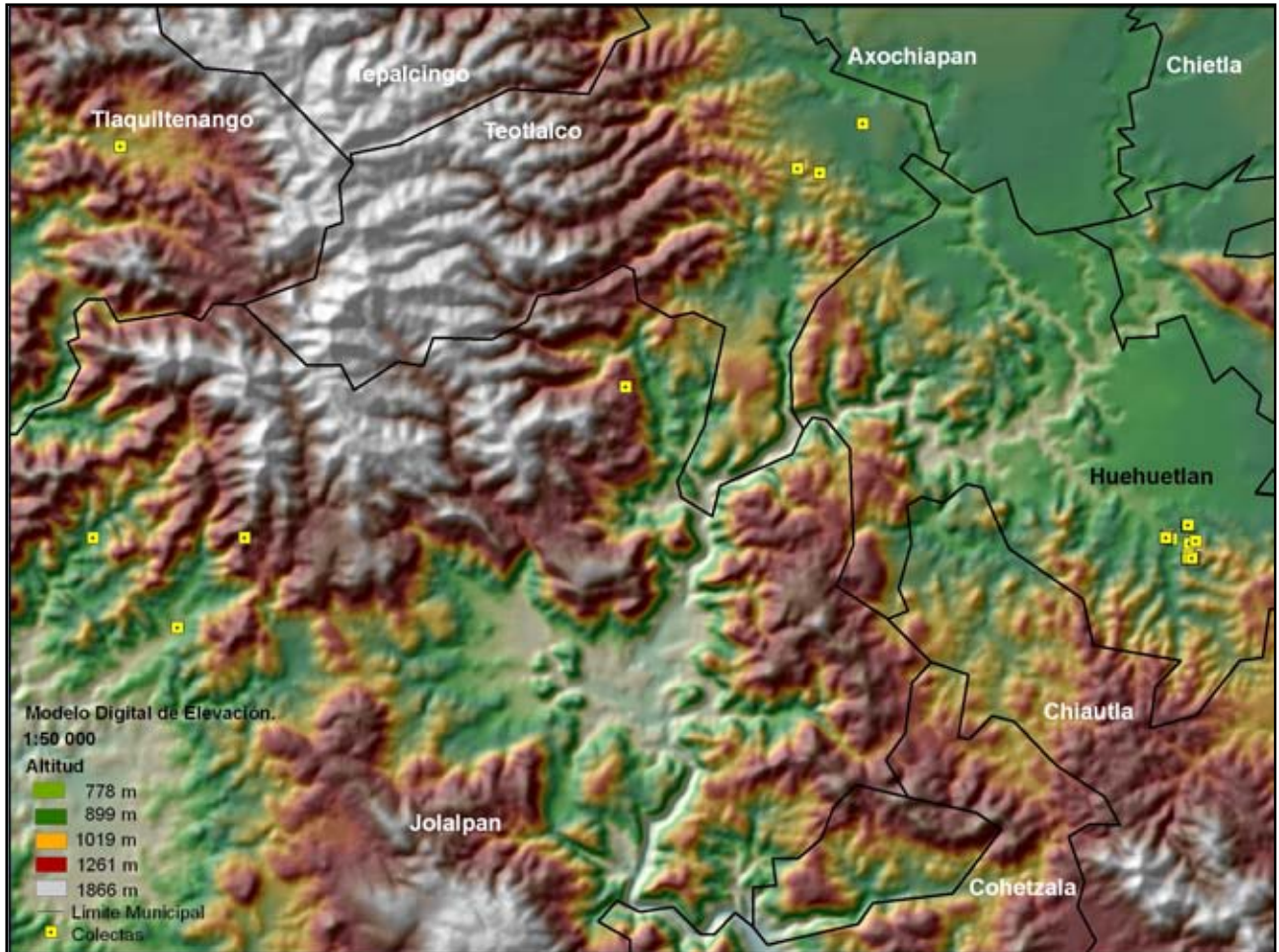


Fig. 32 Modelo Digital de Elevación a 1: 50 000 correspondiente a la carta temática de Huehuetlán Pue. Este mapa fue la base para la elaboración de los mapas de predicción de distribución de la especie.

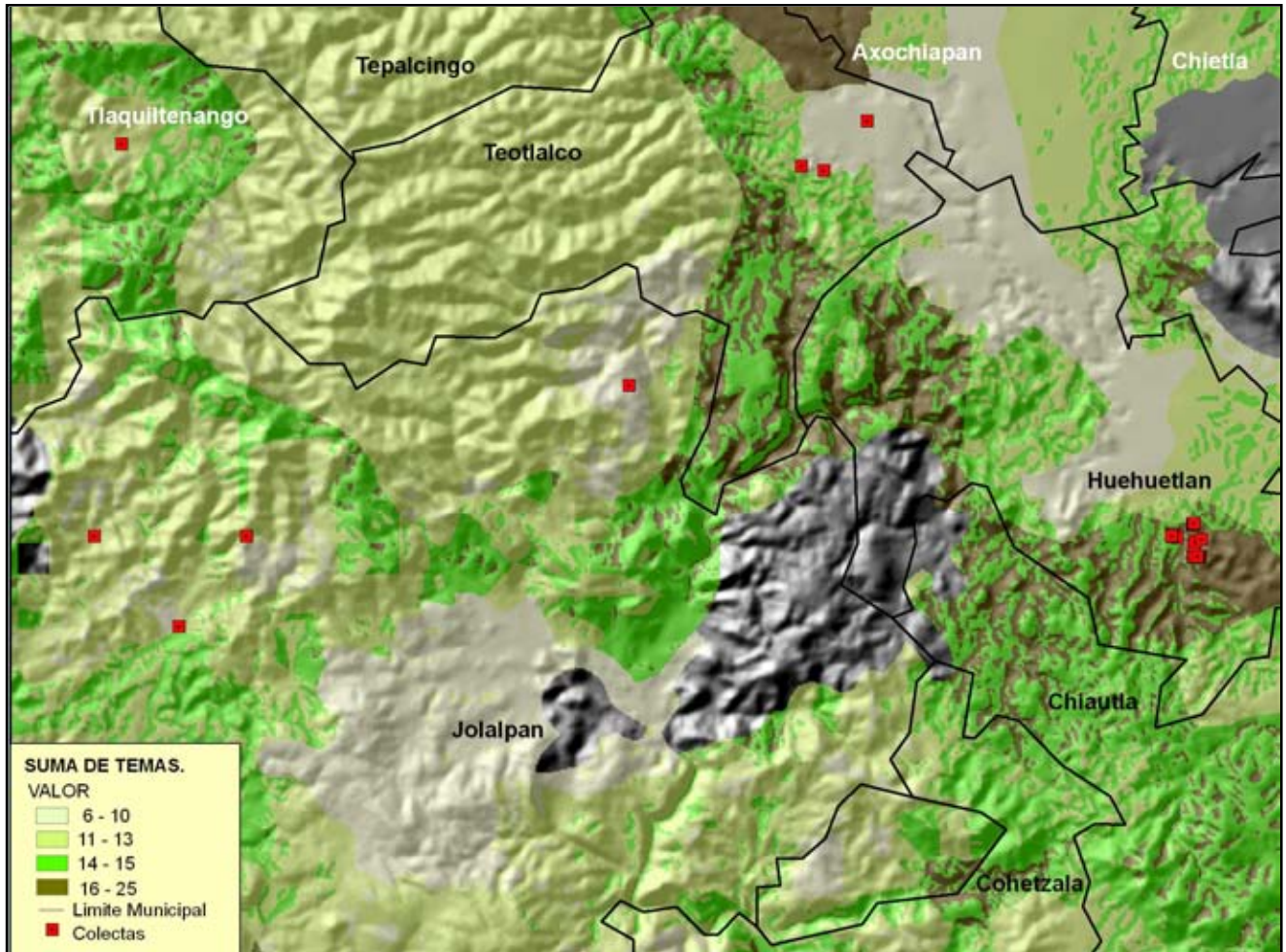


Fig. 33 Mapa resultado de los registros de predicción en BIOCLIM + suelo, pedregosidad, clima, vegetación, altitud, exposición y uso del suelo de CONABIO; para la Carta E14B71 (Huehuetlán, Pue) de INEGI, 1: 50 000. Las regiones con valores más altos representan los sitios con mejores condiciones que predice el modelo para el linaloe. Este mapa incluye sitios de colectas realizadas con anterioridad, que son parte de los registros de la base de datos del Museo Herbario FEZA y otras bases de datos.

* Las regiones en color gris carecen de datos.

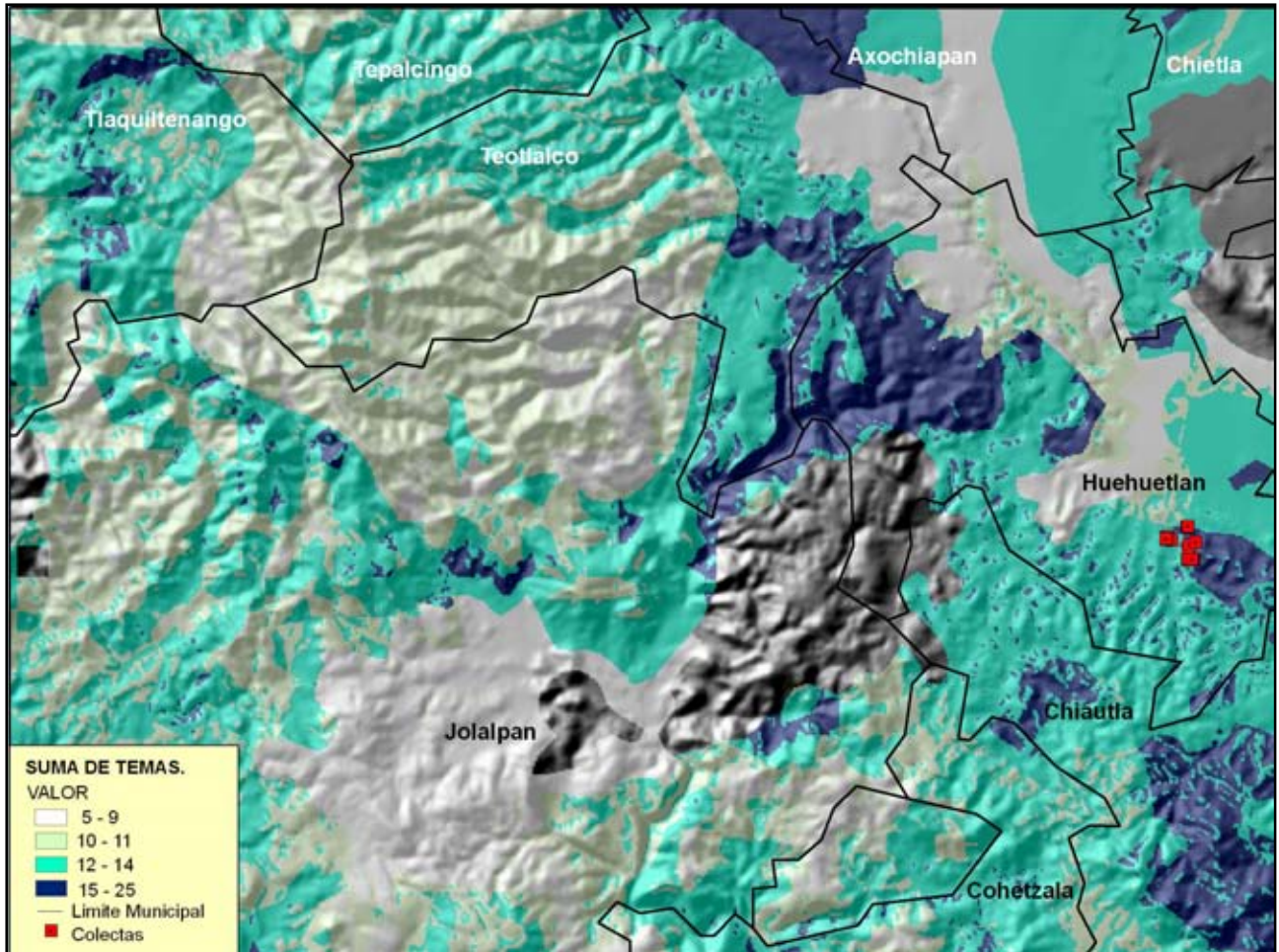


Fig. 34 Mapa resultado de los registros de predicción en BIOCLIM + suelo, pedregosidad, clima, vegetación, altitud, exposición y uso del suelo de INEGI; para la Carta E14B71 (Huehuetlán, Pue) de INEGI, 1: 50 000. Las regiones con valores más altos representan los sitios con mejores condiciones que predice el modelo para el linaloe.
 * Las regiones en color gris carecen de datos.

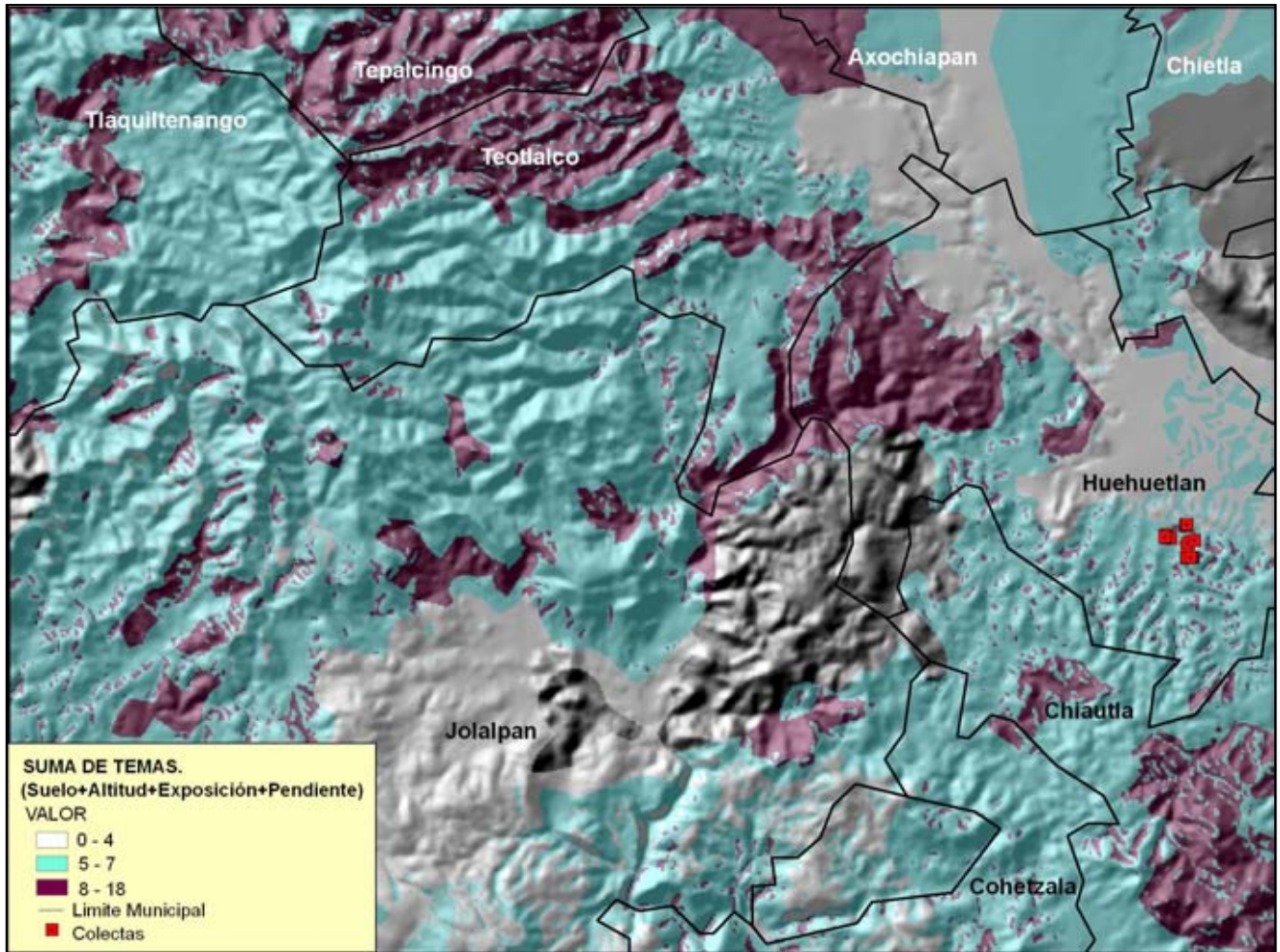


Fig. 35 Mapa resultado de la suma de temas de suelo, altitud, exposición, pendiente y el uso de suelo de CONABIO; para la carta E14B71 (Huehuetlán, Pue) de INEGI, 1: 50 000. Las regiones con valores más altos representan los sitios con mejores condiciones que predice el modelo para el linaloe.
* Las regiones en color gris carecen de datos.

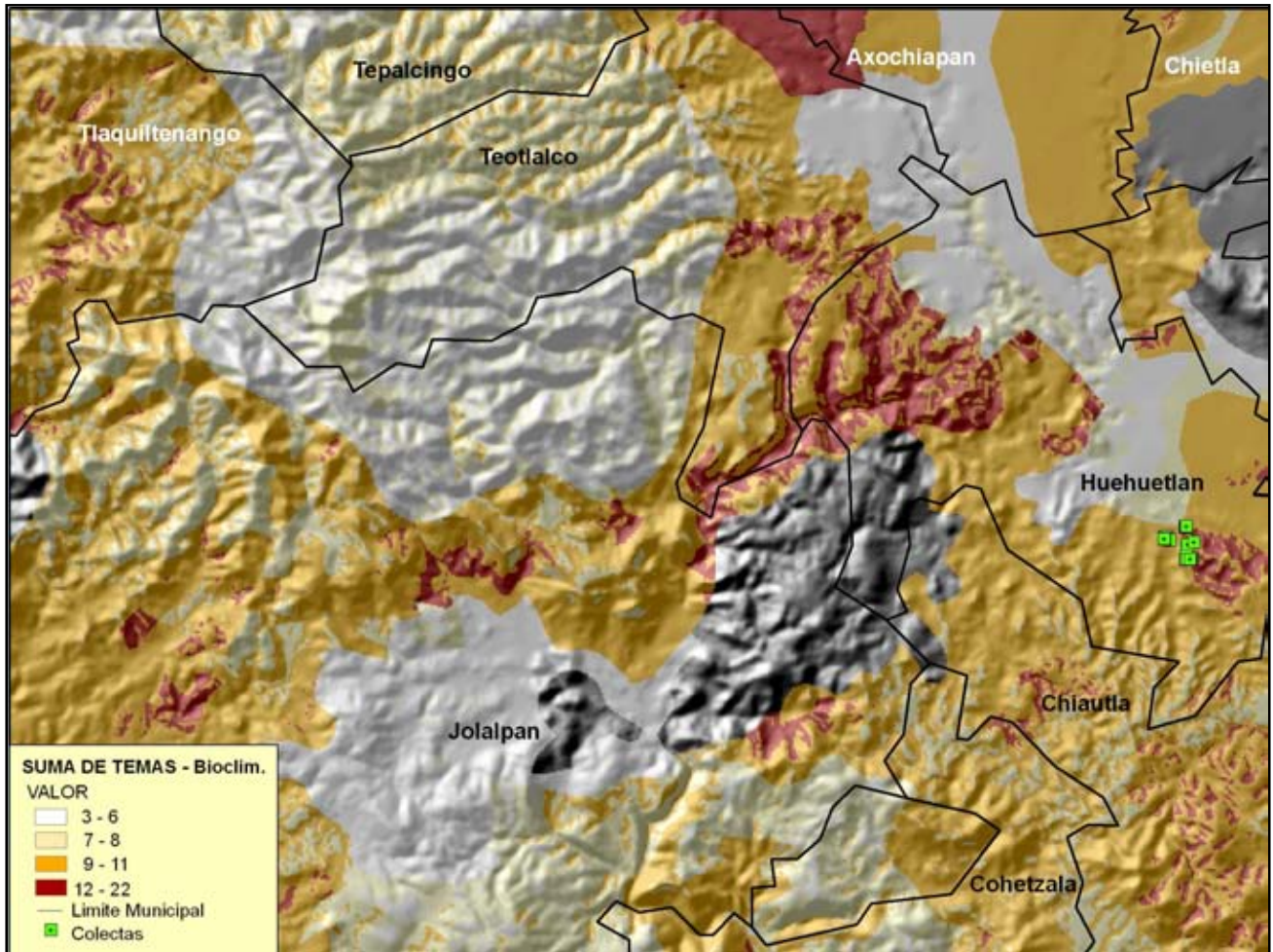


Fig. 36 Mapa resultado de la suma total de temas excepto BIOCLIM para la carta E14B71 (Huehuetlán, Pue) de INEGI, 1: 50 000. Las regiones con valores más altos representan los sitios con mejores condiciones que predice el modelo para el linaloe.

* Las regiones en color gris carecen de datos.

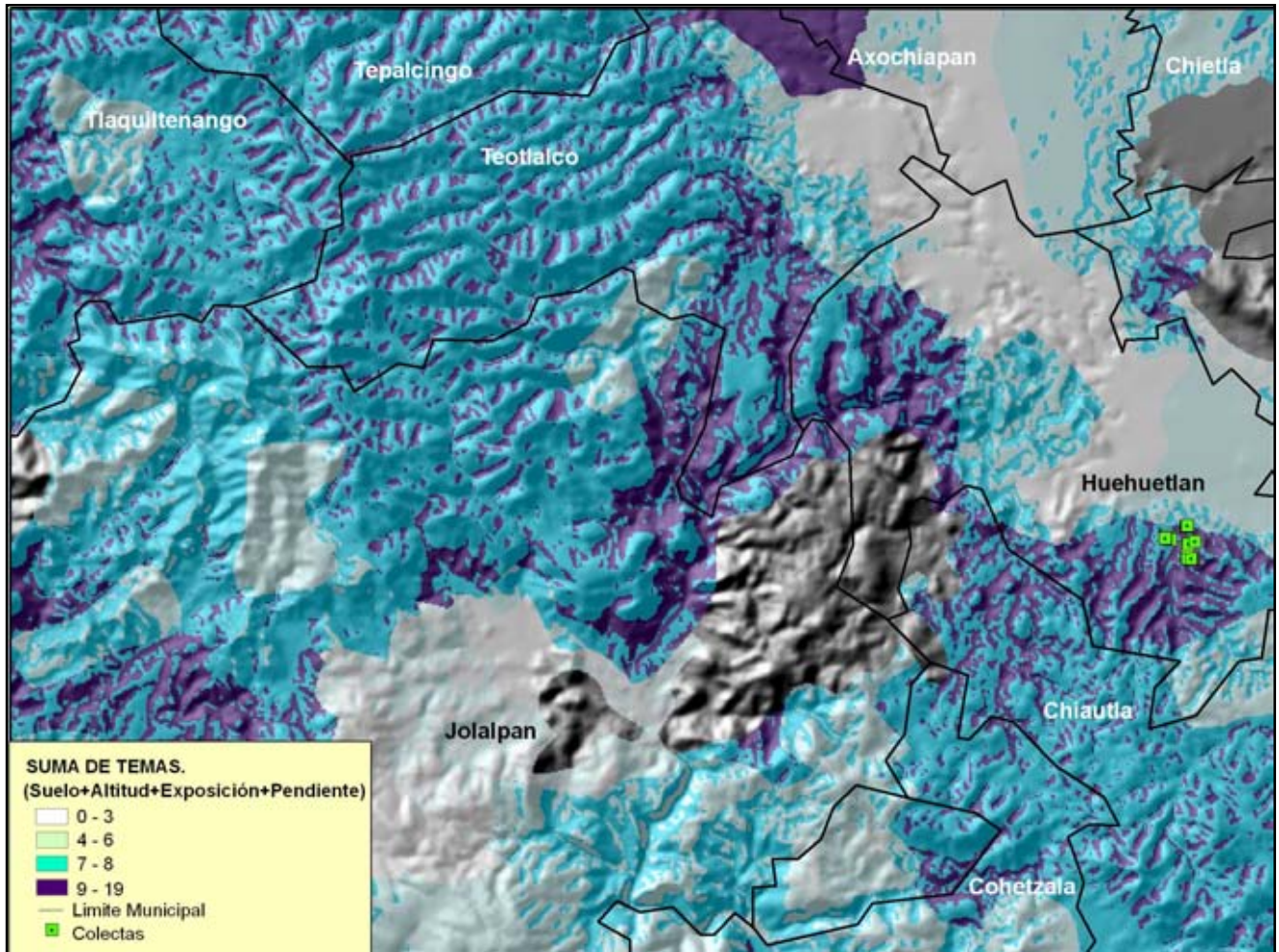


Fig. 37 Mapa resultado de la suma de temas de suelo, altitud, exposición y pendiente para la carta E14B71 (Huehuetlán, Pue) de INEGI, 1: 50 000. Las regiones con valores más altos representan los sitios con mejores condiciones que predice el modelo para el linaloe.

* Las regiones en color gris carecen de datos.

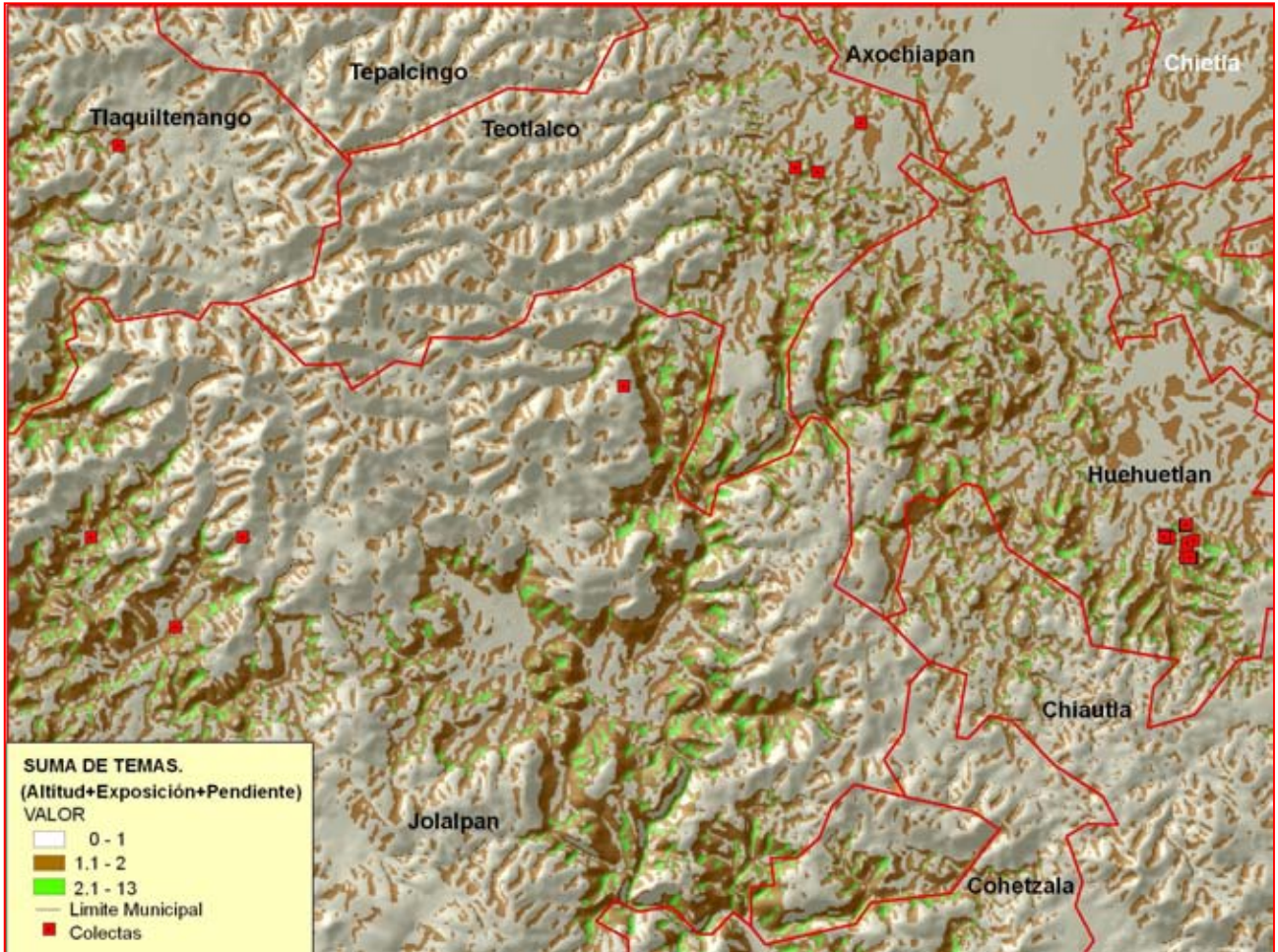


Fig. 38 Mapa resultado de la suma de temas de altitud, exposición y pendiente para la carta E14B71 (Huehuetlán, Pue) de INEGI, 1: 50 000. Las regiones con valores más altos representan los sitios con mejores condiciones que predice el modelo para el linaloe.

Discusión y conclusiones

El alcance de los mapas al usar información geográfica es limitada, pero es la que se encuentra disponible. Con información de campo, como el análisis visual del aspecto físico de los sitios de muestreo, mediciones de campo y el análisis de muestras de suelo, se buscó tener información más específica. Los factores que limitan el análisis son principalmente la escala en que se encuentra disponible la información digitalizada. Es importante mencionar que en la construcción del MDE (modelo digital de elevación) se busca elaborar un modelo cercano a la realidad física del terreno, pero esto tiene sus limitantes como el tamaño de celda o píxel con que se construya el modelo (60 m, 90 m, 150 m o 300 m). En la construcción del MDE intervienen factores en los cálculos de interpolación que buscan obtener los valores de las variables del terreno como la altitud, pendiente, exposición, la curvatura. La exactitud de los resultados depende de la resolución de la celda, la disponibilidad, calidad y cantidad de información disponible. Todos ellos son elementos importantes cuando se busca proponer un modelo que busca explicar un fenómeno ecológico como la distribución espacial de una especie (Shortridge, 2001).

Los valores expresados en los mapas buscan representar modelos de distribución de especies que señalen la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie determinada o de una comunidad a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores (Ferrier y Guisan, 2006). Estos modelos se construyeron a partir de valores binarios, otorgando el valor 1 a áreas idóneas y 0 a áreas no idóneas ó continuas; también pueden existir otros intervalos de valores que clasifiquen otros distintos atributos como el tipo de suelo, clima, vegetación, altitud, pendiente, exposición y uso del suelo, en un menor ó mayor grado de idoneidad.

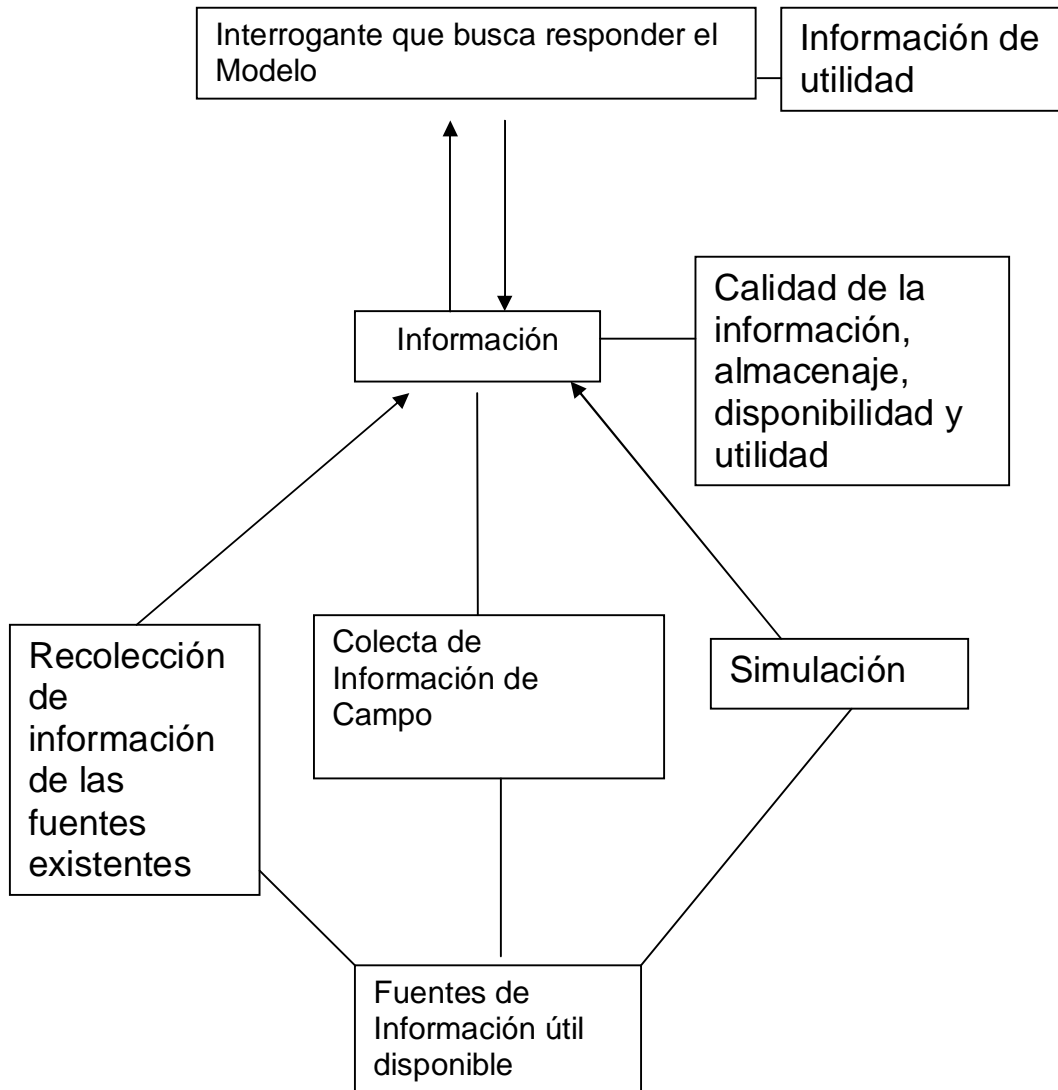


Fig. 39 Elementos a considerar en el uso de información en un modelo ecológico (Hohler *et al*; 2003).

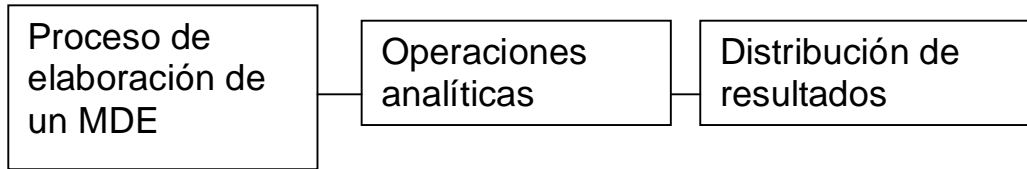


Fig. 40a

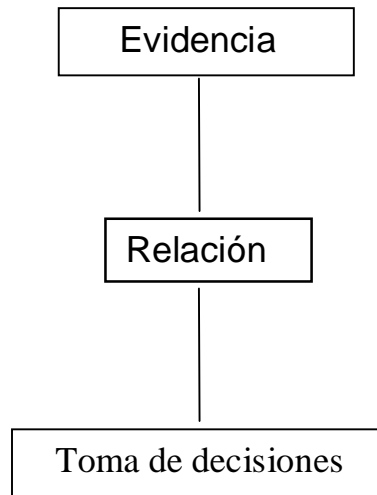


Fig. 40b

Fig. 40 a Factores a considerar en el despliegue de los valores que forman un MDE (Modelo Digital de Elevación de Terreno) y Fig. 40 b Procesos que intervienen para establecer una relación, simulación de un modelo y el despliegue de resultados que nos lleven a una decisión (Shortridge, 2001).

Tomando como base los elementos mencionados, se aplicaron operaciones con mapas tomando como base los registros de mayor probabilidad de presencia utilizando el modelo de BIOCLIM. Se asignaron categorías de valor a cada uno de los temas de vegetación, clima, tipo de suelo y pedregosidad. Se obtuvieron áreas preliminares donde se expresan los sitios con buenas posibilidades óptimas para el crecimiento de linaloe (Fig. 36). Los resultados hasta el momento predicen áreas que están comprendidas en regiones de los municipios Huehuetlán el Chico y Chiantla en Puebla principalmente. En los mapas donde se tomaron los registros y capas realizadas previamente de BIOCLIM los temas de suelo, vegetación, clima, altitud, exposición, pendiente y uso del suelo los mapas predictivos resultantes, además de los municipios mencionados, también cubren áreas del noreste de Jolalpan, Pue; la parte central de Teotlalco Pue; y la parte sur de los municipios de Tepalcingo, Axochiapan y Tlaquiltenango, Mor (Fig 33).

Un factor importante es el efecto antropogénico que se puede tener en la distribución de la especie. El que se localicen individuos de talla y altura adulta en laderas con pendientes más pronunciadas se explicaría por que son sitios de difícil acceso para actividades como ganadería o agricultura. Respecto a la diferencia que puede haber por el tipo de exposición, la humedad de los sitios con una exposición norte es adecuada para el crecimiento de los individuos juveniles y las condiciones de mayor aridez en los sitios con orientación sur y pendientes elevadas es adecuada para la existencia de individuos adultos.

Respecto a los resultados del análisis de suelo tenemos que la localidad Tlancualpican Pue, donde no se presenta *B. linanoe*, los datos (en contraste con los sitios donde si hay presencia de linaloe) muestran valores de pH mayores a 10, un contenido menor de materia orgánica y una mayor conductividad eléctrica. La condición general resultado de los análisis de suelo expresa que el linaloe necesitaría de contenidos de materia orgánica mayores de 5%, conductividad eléctrica menor a 1 mmhos cm¹ y valores de pH con una tendencia de neutro a ligeramente básico; no es adecuado un suelo abiertamente alcalino (pH > 7).

Modelos de distribución

Con respecto al área potencial que propone el modelo que utiliza valores climáticos (BIOCLIM), en combinación con la medición de variables del medio físico donde se presenta el linaloe surge la pregunta, de en qué medida el uso de estas variables sobreestiman las áreas de distribución potencial. Posiblemente el realizar más trabajo de campo y extender el área de estudio a otras localidades donde haya cartografía digital disponible puede determinar qué tanto el modelo extiende más allá de sus límites reales la distribución de la especie.

La complejidad de los sistemas naturales no permite una adecuada modelación de la distribución geográfica de las especies, debido a la incapacidad de explicar e incorporar en el modelo las interacciones bióticas, el cambio evolutivo y la dispersión, ocasionando que los errores en la predicción sean inevitables, independientemente del método utilizado (Anderson *et al.*, 2003; Pearson y Dawson, 2003). Particularmente los modelos bioclimáticos sufren además errores de omisión (no consideran el espacio que debería estar ocupando la especie) y de comisión (consideran un espacio que en realidad la especie no ocupa o no debe ocupar) (Peterson y Vieglais, 2001; Anderson *et al.*, 2003). Todos los algoritmos usados para modelar la distribución potencial involucran al menos una combinación específica de ambos tipo de errores. No obstante, la importancia de los modelos bioclimáticos no debe subestimarse, ya que proporcionan un punto de partida útil para predecir la distribución potencial, tanto para distintos grupos biológicos como a distintas escalas (Peterson y Vieglais, 2001). Se sugiere que para la construcción de un modelo más eficiente es necesario tener más información de campo y de herbarios, así como tener más localidades con sus referencias geográficas (Lindenmayer *et al.*, 1996; Peterson *et al.*, 2000). Los resultados sugieren que el modelado con BIOCLIM junto con el empleo de otras variables del medio físico que dio lugar a los mapas obtenidos pueden servir de guía para dirigir el trabajo de campo hacia sitios específicos (municipios) en el área de la carta temática de Huehuetlán en donde la especie puede habitar y crecer de forma satisfactoria.

Las técnicas de modelado de la distribución por medio de variables climáticas (BIOCLIM) en conjunto con el uso de información de variables del medio físico medidas en campo y el uso mapas temáticos de suelo, vegetación, exposición y pendiente permitieron delinear una propuesta de distribución potencial de linaloe en una serie de mapas. Estos resultados permiten planificar y establecer los sitios más adecuados para plantaciones que permitan la propagación de especies en peligro de extinción o de especial interés comercial, como es el caso del linaloe (Peterson *et al.*, 2000 y Lindenmayer *et al.*, 1996).

BIOCLIM reduce el error de comisión, pero aun así tenemos este tipo de error, que se refleja en áreas sobreestimadas. El mapa que incluye a la altitud, exposición y pendiente se considera como el modelo que propone áreas con un error menor por comisión; debido a que sobreestima menos las áreas importantes para la especie (Fig. 38). En este mapa se aprecia un grupo de serranías que abarcan la parte sureste y suroeste de los municipios de Huehuetlán, Chiautla y Jolalpan principalmente. El mapa en el cual se suman la mayor cantidad de variables del medio físico, edafología, uso del suelo y clima (Fig. 33) también puede considerarse como un buen modelo, por acotar áreas con un error de comisión bajo.

Evaluación de los mapas

Un estudio más detallado de los resultados, de las imágenes y áreas que señalan el modelo en los mapas muestra que los sitios con relieves más planos son áreas con menor probabilidad de encontrar a la especie (ver mapa correspondiente a la Fig. 33, que representa la suma de temas de predicción en BIOCLIM + tipo de suelo + pedregosidad). Este comportamiento se observa en las planicies que cubren áreas de los municipios de Axochiapan, Huehuetlán y Jolalpan. En las áreas donde hay cañadas o cordilleras que cubren la parte central de la carta se presenta mayor probabilidad de encontrar a la especie, cubriendo los municipios de Chiautla, Huehuetlán y Teotlaco.

En resumen, una revisión de los mapas en donde se sumaron la totalidad de los temas incluyendo las áreas que registra BIOCLIM y la exposición y la altitud, puede verse que las áreas con mejores condiciones se encuentran principalmente en el sureste de los municipios de Huehuetlán y Chiautla, en Puebla, así como en el noreste del municipio de Axochiapan y Teotlalco, en Morelos (Fig. 33 y 35). En zonas al noroeste de Jolalpan el modelo también predice sitios con condiciones favorables para el linaloe. Los mapas que muestran la suma de la totalidad de los temas excepto las áreas que predice BIOCLIM cortan el área de predicción a regiones de los municipios de Huehuetlán, Chiautla, Axochiapan y Teotlalco principalmente.

El efecto de incluir los temas de altitud, exposición y pendiente resulta en que el modelo dibuja cordilleras comprendidas en el sureste y noroeste de la carta temática en estudio. Estas cordilleras y que se observan en la Fig. 37 y 38, cumplen con las condiciones de altitud, exposición y pendientes favorables al linaloe. Al realizar la inclusión de temas como el tipo de suelo, clima, vegetación y uso del suelo, las áreas más favorables para el Linaloe se concentran principalmente en el sureste de la carta temática. (Fig. 33).

Al incluir más sitios de colectas realizadas en años anteriores y en sitios distintos al lugar de estudio actual, encontramos que al sobreponerlos con el mapa de predicción se observa (Figs. 33 y 38) que algunos puntos caen cerca de la zona de mejores condiciones para el linaloe que predice el modelo, como los observados en la parte superior derecha de la Fig. 38, que se sitúan dentro del área correspondiente al municipio de Axochiapan Mor, mientras que otros puntos de recolecta se sitúan en áreas de probabilidad media o baja, situados en las serranías del noroeste del municipio de Jolalpan Pue. Estas áreas podrían significar una nueva área de estudio a explorar, en donde podrían existir características adicionales para la presencia de linaloe.

El potencial de los productos forestales no maderables como el linaloe puede ser una alternativa importante por obtener beneficios económicos a las comunidades asentadas en sitios en donde se cumplen las condiciones para que prospere esta especie. De igual forma, la importancia cultural del uso linaloe por su uso artesanal o la extracción de su aceite esencial son aspectos importantes para impulsar el manejo sostenible de esta especie en comunidades como las visitadas en este trabajo (Hersch *et al.*, 2004).

De los mapas expuestos el que corresponde a la altitud, exposición y pendiente puede considerarse como el que presenta un modelo donde las áreas presentan un error menor por comisión; debido a que sobreestiman menos las áreas idóneas para la especie (Fig 38). Este mapa concentra la atención sobre variables del medio físico que fueron importantes en el muestreo en campo, como la exposición y la pendiente.

Las posibilidades del cultivo de la especie en la zona de estudio están en función de las preferencias de la especie por ciertas características del terreno como son las pendientes mayores de 15 °, terrenos pedregosos y suelos neutros a ligeramente básicos. En resumen, se propone que la existencia de individuos de talla grande de linaloe es posible en las condiciones mencionadas. Además un uso combinado del cultivo de linaloe con otros cultivos tradicionales para laderas de suelos someros o con ganadería extensiva. También la existencia de una cantidad importante de individuos en pendientes altas, podría ser significar más que sitios para el cultivo, zonas que signifiquen un reservorio genético para la conservación y regeneración de la especie.

Apéndice: Relación de especímenes de herbario consultados

Herbario	Registro	Año	Mes	Día
ENCB				
Blanco - Toledo - Cabrera	334	1978	6	16
Blanco - Toledo - Cabrera	344	1978	6	17
Blanco - Toledo - Cabrera	670	1978	9	12
Blanco - Toledo - Cabrera	698	1978	9	13
Blanco - Toledo - Cabrera	475	1978	7	26
Blanco - Toledo - Cabrera	427	1978	7	13
Blanco - Toledo - Cabrera	s/n	1979	5	17
C. H. Ramos	s/n	1978	6	20
E. Martínez	1162	1982	6	27
Enrique Guízar	1384	1984	7	16
F. Chiang, T. Delevoryas & H. Arroyo	789	1979	6	9
J. Rzedowski	36698	1980	7	5
J. Rzedowski	35840	1978	8	28
J. Rzedowski	33727	1975	11	2
Kruse	2632	1969	9	13
Kruse	2633	1969	9	13
Kruse	2766	1970	5	24
Kruse	2856	1970	8	29
MT Germán, F. Guevara & L. Trejo	487	1977	7	19
R. Fernández N.	659	1980	6	20
S. Rodríguez & A. Patiño	1372	1976	5	18
FEZA				
D. Espinosa	31	2000	6	17
D. Espinosa	3	1996	6	15
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	190	2003	11	1
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	119	2003	7	17
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	101	2003	7	16
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	41	2001	6	8
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	111	2003	7	17
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	189	2002	11	1
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	112	2003	7	17
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	192	2003	11	2
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	103	2003	7	16
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	182	2003	10	30
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	186	2003	11	1
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	164	2003	8	29
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	184	2003	2	1
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	127	2003	5	30
F. Becerril C., G. Montaña A., A. Ávila E. & D. Espinosa O	125	2003	5	30
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	187	2003	11	1
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	185	2003	11	1
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	161	2003	8	29
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	191	2003	11	2
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	188	2003	11	1
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	113	2002	7	17
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	102	2003	7	16
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	126	2003	5	30
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	180	2003	10	30
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	160	2003	8	29
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	162	2003	8	29
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	181	2003	10	30
G. Montaña A., F. Becerril C., A. Ávila E. & D. Espinosa O	42	2001	6	8
L. Mondragon	35	2000	7	8
P. Feria A.	194	2003	6	16
P. Feria A.	195	2003	6	18
P. Feria A.	193	2003	6	16
P. Feria A.	195	2003	6	20
R. Andrés	11	1998	7	11
R. Andrés	18	1998	7	11
IEB				
A. Flores Macías	1396	1988	10	18
Guízar & Castañeda	3989	1998	6	13
R. Torres	5057	1984	5	20
MEXU				
Alfredo Cabrera	s/n	1980	7	99
Alicia Lugo	8713	1985	5	27
Alicia Lugo	19	1980	11	9
Antonio Salinas T.	7470	1993	9	7
Antonio Salinas T. c/ E. Martínez - Correa & R. Martínez - Serrano	6930	1992	5	31

Antonio Salinas T. c/ Esteban Martínez & A. García	4153	1987	7	1
Arturo Castañeda Mendoza	505	1999	7	17
Arturo Castañeda Mendoza	445	1999	7	7
Arturo Castañeda Mendoza	s/n	1999	7	5
Arturo Castañeda Mendoza	236	1998	8	22
Cutberto Ángel Cruz - Espinosa & Rufina	17b	2001	9	6
Cutberto Ángel Cruz - Espinosa c/ E. Martínez S. & Virgilio San Pedro	154	2001	10	20
Cutberto Ángel Cruz - Espinosa c/ Eliseo San Pedro	1361	2002	10	4
Cutberto Ángel Cruz - Espinosa c/ Eliseo San Pedro	695	2002	5	25
E. Martínez	s/n	1982	6	27
Enrique Guízar	1956	1987	6	30
Enrique Guízar	1934	1987	6	29
Enrique Guízar	1999	1987	7	7
F. Chiang, F. G. Medrano, V. Jaramillo & P. Dávila	F-162	1979	7	25
F. G. Medrano, F. Chiang, V. Jaramillo, J. L. Villaseñor, P. Ruíz & S. Singer	F-1699	1980	8	28
F. Miranda	1480	1941	7	6
F. Miranda	4564	1948	9	12
F. Miranda	1005	1940	12	23
Fernando Chiang C. c/ P. Dávila & G. Gómez	F-2435	1983	7	31
Guízar & Castañeda	s/n	1998	6	13
Guízar & Herrera	4052	1998	6	25
Guízar & Herrera	4016	1998	6	18
H. Arroyo F.	117	1978	9	10
Irma Trejo	1664	1990	9	15
Irma Trejo	1668	1990	9	15
J. N. Rose w/ Jos. H. Painter & J. S. Rose	10092	1905	9	4
Jorge Calónico Soto	24078	2002	10	3
Josefina Maldonado	s/n	1985	7	6
Kruse	2634	1970	8	29
M. Ambrosio et al.	593	1999	5	21
M. Blanco & C. Toledo	s/n	1978	6	20
Medina & Valiente	s/n	1983	8	15
Oswaldo Téllez V. c/ E. Martínez S. & L. Rico	6225	1982	12	10
Prof. C. Conzatti	4027	1920	7	16
R. Medina	s/n	1982	12	22
R. Medina Lemos c/ Abisaí García M. & Juan Sandoval	1074	2002	6	11
R. Medina Lemos c/ L. Alvarado Cárdenas, E. M. Lira Charco & J. Sandoval	1270	2002	7	15
R. Medina Lemos c/ L. Alvarado Cárdenas, E. M. Lira Charco & J. Sandoval	1269	2002	7	15
Ramiro Cruz	2844	1998	10	4
S. Acosta Castellanos	803	1987	10	16
S. Rodríguez & A. Patiño	1399	1976	5	22
S. Rodríguez & A. Patiño	1372	1976	5	18
S. Zamudio & E. Pérez	9167	1993	9	14

Literatura citada

- ANDERSON, R. P., D. LEW Y A. T. PETERSON. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211-232pp.
- AUSTIN, M. P. 1998. An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypts forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85: 2-17.
- BHATTACHARYA, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135.
- BATSCHELET E.1981. Circular Statistics in Biology. Academic Press. Estados Unidos. 3-50pp.
- BEAUVAIS G. 2004. Element distribution modeling, overview of modeling algorithms. EDM Workshop.Estados Unidos. 93pp.
- BECERRA X. J. 2003. Evolution of Mexican *Bursera* (Burseraceae) inferred from ITS, ETS; and 5S nuclear ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 26, 300 - 309 pp.
- BOCCO, G., J.L. PALACIO y C.R. VALENZUELA. 1991. Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica. *Ciencia y Desarrollo*. XVII (97) 79-88.
- BERNHARDSEN T. 1999. Geographic Information Systems. John Wiley & Sons. EUA. 372pp.
- BUTTERFIELD, B. R., B. CSUTI Y J. M. SCOTT. 1994. Modeling vertebrate distributions for gap analysis. In: R. I. Miller (ed.). *Mapping the diversity of nature*. Chapman & Hall, London, pp. 53-68.
- CARPENTER, G., A. N. GILLISON Y J. WINTER. 1993. DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680pp.
- CLARKE K.C. 1997. Getting Started with Geographic Information Systems. Prentice Hall. EUA. 353 pp.
- CHARLES D.B. 1989. Measurements for Terrestrial Vegetation. John Wiley & Sons. EUA. 126 - 165 pp.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Edafología". Escala 1: 250 000. México.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1995). "Municipios". Escala 1: 1 250 000. México.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Climas". Escala 1: 1 250 000. México.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Vegetación". Escala 1: 1 250 000. México.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Edafología". Escala 1: 250 000. México.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Hipsometría". Escala 1: 250 000. México.

- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Hidrografía". Escala 1: 250 000. México.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD CONABIO. (1998). "Uso del Suelo de INEGI, modificado por CONABIO". Escala 1: 250 000. México.
- COX N. J. 2001. NASUG, Boston, MA. E.UA. 4pp.
- DOELKER S. J. 1949. Obtención del aceite esencial de Linaloe. Tesis como químico, Escuela Nacional de Ciencias Químicas, UNAM.
- DORAN B. A. y PENNY OLSEN. Customizing BIOCLIM to investigate spatial and temporal variations in highly mobile species. Proceedings of the 6th International Conference on GeoComputation University of Queensland, Brisbane, Australia 24 - 26 September 2001.
- SEGOB. 1999. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Desarrollo Municipal.
- ESPINOSA D. y J. LLORENTE. 1993. Fundamentos de Biogeografías Filogenéticas. Facultad de Ciencias, UNAM-Conabio. México.
- ESPINOSA D. 2004. Prospección del hábitat de *Bursera* sect. *Bullockia*, con especial énfasis en las especies afines al linaloe, *Bursera linanoe* (Llave) Rzed; Calderón & Medina. Informe Conabio.Mexico.
- FERRIER S. y A. GUISAN. (2006): "Spatial modelling of biodiversity at the community level", *Journal of Applied Ecology* 43: 393-404.
- FISCHER J., D. B. LINDENMAYER, H. A. NIX, J. L. STEIN Y J. A. STEIN. 2001. Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *Journal of Biogeography* 28: 293-304pp.
- FISHER, N.I. 1993. Statistical analysis of circular data. Cambridge: Cambridge University Press.
- FOX J. 1990. Modern Methods of Data Analysis. J.Fox J.S. Long, Newbury Park, Eds. CA: Sage Publications. 58-125pp.
- GARCIA M. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. México. 90pp.
- GENTRY A. H. 1982. Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. Evolutionary Biology (Hecht, Wallace and Prance, Plenum Publishing Corporation) 15, 1 - 84pp.
- GENTRY A. H. 1988. Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75 : 1 - 34.
- GODROM M. 1968. Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques, Montpellier. Code pour le relevé methodique de la vegetation et du milieu. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- GUISAN A., S. B. WEISS Y A. D. WEISS. 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* 143: 107-122pp.
- HERSH-MARTINEZ P, R. GLASS y A. F. ALVAREZ. 2004. El linaloe (*Bursera aloexilon*): una madera aromatica entre la tradición y la presión económica. *Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación*. CIFOR. Vol. 3. 439-462pp.
- HERSH-MARTINEZ P, R. GLASS, A. F. ALVAREZ y C. GUERRERO. 2004. El linaloe *Bursera aloexilon* (Schiede ex Schltdl) Engl. 2004. Serie patrimonio vivo No.6. INAH – CONABIO. 24pp.

- HINTZE J. L. y R. D. NELSON. 1998 . Violin Plots: A Box Plot-Density Trace Synergism. *The American Statistician*. 52 (2). 181-184.
- HODGSON, J.M. 1976. Soil survey field handbook. Soil Surv. Tech. Monogr. 5.
- HODGSON J.M. 1987. Muestreo y Descripción de Suelos. Editorial Reverte. España. 229pp.
- HOHLER D., T. ASHWOOD, J. R. RICHARDSON, L.M. OLSEN, N HENDRIX y A. WILLIAMS. 2003. *Ecological Modeling for Resource Management*. Springer-Verlag New York. E.U.A. 180-207pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. INEGI.1998. Síntesis geográfica del Estado de Puebla. México. pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. INEGI.1998. Conjunto de Datos Vectoriales-Curvas de Nivel-Carta, 1:50 000-E14B71 Huehuetlan Pue. México.
- KREBS J. Ch. 1985. *Ecología: Estudio de la Distribución y de la Abundancia*. Oxford University Press. 2da. Edición. México. 148 -152 pp.
- LINDENMAYER, D. B., H. A. NIX, J. P. MCMAHON, M. F. HUTCHINSON Y M. T. TANTON. 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.
- LINDENMAYER, D.B., MACKEY, B.G., y NIX, H.A. (1996) The bioclimatic domains of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. *Australian Forestry* 59. 74-89.
- MATTEUCCI D. S., A. COLMA y F. MIRANDA. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C. Monografías Científicas, serie Biología, 7 - 55 pp.
- MARGALEF R. 1995. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona. 951pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y BOSQUES DE JAPON. 1955. Soil Survey and Análisis. Tokio.
- MONTAÑO - ARIAS, G. 2008. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología). FES Zaragoza, UNAM. México. pp.
- MUELLER - DOMBOIS D. y H. ELLENBERG. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons. EUA. 108 -115 pp.
- NIX H.A. 1986. BIOCLIM, a bioclimatic analysis and prediction sistem. En CSIRO Division Water and Land Resources Research Annual Report. CSIRO, Canberra, Australia. 59-60pp.
- ODUM P.E. 1985. *Fundamentos de Ecología*. Interamericana. Primera Edición. México. 213 - 217 pp.
- PETERSON T; V. SANCHEZ-CORDERO, J. SOBERON, J. BARTLEY, R. W. BUDDEMEIER y A. G. NAVARRO- SIGUENZA. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144 (2001) 21-30.
- PETERSON A. T., M. A. ORTEGA-HUERTA, J. BARTLEY, V. SANCHEZ-CORDERO, J. SOBERON, R. H. BUDDEMEIER y R. B. STOCKWELL. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*. 416. 626 - 629.
- PEARSON, R. G. Y T. P. DAWSON. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.

- PETERSON A. T., V. SANCHEZ-CORDERO, J. SOBERON, JEREMY BARTLEY, ROBERT W. BUDDEMEIER y ADOLFO G. NAVARRO- SIGUENZA. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144. 21–30.
- PETERSON A. T., S. L. EGBERT, V. SANCHEZ-CORDERO y K. P. PRICE. 2000. Geographic analysis of conservation priorities using distributional modelling and complementarity: endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 93:85–94.
- PETERSON A. T. y D. A. VIEGLAIS. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience* 51: 363-371.
- PIELOU E.C. 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley & Sons. EUA. 385pp.
- ROSETE F. y G. BOCCO. 2003. Los sistemas de Información Geográfica y la Percepción Remota. Herramientas Integradas para los Planes de manejo en Comunidades Forestales. *Gaceta Ecológica*. Num. 68. Instituto Nacional de Ecología. México. 43-54pp.
- RZEDOWSKI J. y H. KRUSE. 1979. Algunas Tendencias Evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon* 28: 103 -116 pp.
- RZEDOWSKI J. MEDINA L.R. y CALDERON G. 2004. Las especies de *Bursera* (*Burseraceae*), en la Cuenca Superior del Río Papaloapan (MEXICO). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (*Burseraceae*). *Acta Bot. Mex.* no.66. 23-151 Sp (En) Geog = 4 Systematics: ANGIOSPERMAE (BURSERACEAE: BURSERA).
- RZEDOWSKI J. MEDINA L.R. y CALDERON G. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (*Burseraceae*). *Acta Bot. Mex.* no.70. 85-111 Sp (En) Geog = 4 Systematics: ANGIOSPERMAE (BURSERACEAE: BURSERA).
- SALGADO-UGARTE I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Marc Ediciones, ENEP Zaragoza UNAM. 243pp.
- SALGADO-UGARTE, I.H., M. SHIMIZU, T. TANIUCHI, Y K. MATSUSHITA. 2000. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science* 13: 1-12.
- SALGADO-UGARTE I.H. 2002. Suavización no paramétrica para el análisis de datos. FES Zaragoza UNAM. 139pp.
- SALGADO-UGARTE I.H., J. L. GOMEZ y B. PEÑA. 2005. Métodos Actualizados para Análisis de Datos Biológico-Pesqueros. FES Zaragoza, UNAM. 139pp.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., A. T. PETERSON Y P. ESCALANTE-PLIEGO. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. In: Hernández, A. N. García A., F. Álvarez y M. Ulloa (comps.) *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., pp. 359-379.
- SCOTT J. M. Y B. CSUTI. 1997. Gap analysis for biodiversity survey and maintenance. In: M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson y E. O. Wilson (eds.) *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Joseph Henry, Washington, D. C.321-340pp.
- SHORTTRIDGE A. 2001. *Spatial Uncertainty in Ecology; Implications for Remote Sensing and GIS Applications*. Springer-Verlay New York. E.U.A. 238-257pp.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA INEGI. (1998). “Uso del Suelo”. Escala 1: 1 000 000. México.

- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA INEGI. (1998). "Carta E14B71-Huehuetlán – Curvas de Nivel". Escala 1: 50 000. México.
- STOCKWELL D.R.B y NOBLE I.R. 1991. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Mathematics and Computer Simulation* 32: 249–254pp.
- TAYLOR, N.H. y POHLEN, I.J. 1962. Soil survey method. A New Zealand handbook for the field study of soils. *Soil Bureau Bulletin* 25. New Zealand Department Of Scientific and Industrial Research.
- TÉLLEZ-VALDÉS O. y P. DÁVILA-ARANDA. Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17. 846–853.
- TOLEDO-MANZUR, C. A. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero (México). Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 pp.
- USDA. 1976. Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy, Agriculture Handbook* No 436.
- USDA. 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys* United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 871pp.
- VILLASEÑOR J. L. y TÉLLEZ-VALDÉS O. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 75(2): 205-220.
- VILLARREAL H., M. ALVAREZ, S. CORDOBA, F. ESCOBAR, G. FAGUA, F. GAST, H. MENDOZA, M. OSPINA y A.M. UMAÑA. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 243 pp.