



Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**ECOLOGÍA Y ÁREAS POTENCIALES  
DE DISTRIBUCIÓN DEL LINALOE  
(*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski,  
Calderón & Medina)**

La presente publicación se terminó de  
imprimir el mes de diciembre de 2009 en  
la imprenta "Postal" Emilio Abreu No. 300  
Col. José Vasconcelos.  
Oaxaca, Oax.

Su tiraje constó de 260 ejemplares.

Efraín Cruz-Cruz  
Verónica Mariles-Flores  
Martín Gómez-Cárdenas  
Fortunato Solares-Arenas  
Víctor Serrano Altamirano  
Miguel Ángel Cano-García  
Martha Elena Fuentes-López  
Juan Francisco Castellanos-Bolaños  
Sergio Orozco-Cirilo  
Dolores Vargas-Álvarez  
Amparo Borja de la Rosa  
Demetrio Ayerde-Lozada

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL  
PACÍFICO SUR  
Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca  
Santo Domingo Barrio Bajo, ETLA, Oaxaca, México.**

Folleto Técnico No. 22

Diciembre, 2009

**Contenido**

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROCEDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	2
2.1. Mapa de distribución actual y potencial.....	2
2.2. Mapa preliminar de distribución potencial.....	4
2.3. Mapa de distribución potencial.....	8
2.4. Mapas de distribución actual.....	9
2.5. Información ecológica.....	9
3. RESULTADOS.....	11
3.1. Características ecológicas de adaptación de linaloe.....	11
3.1. Características climáticas de adaptación.....	13
3.2. Asociación con otras especies.....	16
3.3. Comportamiento de la especie.....	17
3.5. Alteración de las comunidades vegetales.....	21
3.6. Variación morfológica de las poblaciones.....	22
3.7. Distribución actual y potencial de linaloe.....	23
3.7.1. Mapa de distribución potencial.....	23
4. DISCUSIÓN.....	27
5. CONCLUSIONES.....	29
6. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	30

Para mayor información, solicítela por  
correspondencia, teléfono o acuda personalmente de  
Lunes a Viernes de 8:00 a 15:00 horas a la siguiente  
dirección:

**CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES  
DE OAXACA**

**MELCHOR OCAMPO No. 7, SANTO DOMINGO  
BARRIO BAJO, ETLA, OAXACA**

C.P. 68200

TEL. (951) 52 16044, 52 16253 y 52 15502

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas  
y Pecuarias**

Progreso No. 5  
Barrio de Santa Catarina  
Col. del Carmen. Del. Coyoacán, México D.F.  
C.P. 04010

ISBN: 978-607-425-250-7

Esta publicación forma parte de la serie de Folletos Técnicos del INIFAP para beneficio del sector agropecuario de México.

Primera Edición, 2009

Impreso en México  
Printed in Mexico

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por escrito u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la institución.

Forma sugerida para citar este folleto

Cruz-Cruz E., V. Mariles-Flores, M. Gómez-Cárdenas, F. Solares-Arenas, V. Serrano-Altamirano, M.A. Cano-García, M.E. Fuentes-López, J. F. Castellanos-Bolaños, S. Orozco-Cirilo, D. Vargas-Álvarez, A. Borja de la Rosa, D. Ayerde-Lozada. 2009. Ecología y áreas potenciales de distribución del linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina). INIFAP-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. México. Folleto Técnico No. 22. 42p.

## Contenido de Figuras

<i>Figura 1. Muestra herborizada de linaloe en herbario.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2. Distribución potencial preliminar de linaloe en los estados de Guerrero, Puebla, Morelos y Oaxaca.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Combinación de requerimientos para determinar las áreas con distribución potencial.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4. Población de lin aloe en un terreno de origen metamórfico con pendiente mayor al 60% en el Sur de Puebla.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5. Variación y distribución de la precipitación en la región donde se encuentra linaloe.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Variación de la temperatura máxima en la región donde se encuentra linaloe.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7. Variación de la temperatura mínima en la región donde se encuentra linaloe.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 8. Población de linaloe en terreno pedregoso y erosionado con más del 30% de pendiente en la región de la Cañada, Oaxaca.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 9. Árbol de linaloe desarrollando con especies de cactáceas.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10. (A) Quemadura del cuello de la raíz de la planta de linaloe sembrada en un área descubierta; (B) planta de linaloe creciendo a un costado de una planta nodriza.....</i>	<i>19</i>

En el proceso editorial de la presente publicación participó el siguiente personal

Créditos Editoriales

### Edición, formación y tipografía.

Dr. Efraín Cruz-Cruz

#### Fotografía

Archivo del INIFAP

#### Revisión

### Comité Editorial del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca

Dr. Efraín Cruz-Cruz

Dr. Martín Gómez-Cárdenas

M.C. Ernesto Bravo-Mosqueda

M.C. Flavio Aragon-Cuevas

M.C. Leodegario Osório-Alcalá

### Comité Editorial Regional

Dr. Rafael Ariza Flores

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comisión Nacional Forestal y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico brindado para la realización de los trabajos que permitieron generar la información que incluye el presente documento.

Se extiende el agradecimiento a las comunidades y propietarios de los terrenos comunales y predios por acceder a la realización de los recorridos de campo y toma de muestras.

Tepemezquite	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J.F. Macbr.
Vara blanca	<i>Montanoa grandifolia</i> Alaman ex DC.
Encino	<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.
Guaje	<i>Leucaena esculenta</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Benth
Guayacan	<i>Conzattia multiflora</i> (Rob.) Standl.
Huaxocote	<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.
Jiotilla	<i>Escontria chiotilla</i> (Weber) Rose
Lechuguilla	<i>Hechtia podantha</i> Mez
Matarrata	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.
Nopal	<i>Opuntia sp.</i>
Orégano	<i>Lippia alba</i> (Mill.) n.e. Brown
Palma	<i>Brahea dulcis</i> (Kunth.) Mart.
Palo dulce	<i>Eysendhartia polystachya</i> (Ort.) Sarg.
Palo mulato	<i>Bursera grandifolia</i> (Schl.) Engl.
Papelillo	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.
Pegahueso	<i>Euphorbia fulva</i> Stapf.
Tehuixtle	<i>Acacia bilimekii</i> J.F. Macbr.
Tepeguaje	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth
Uña de gato	<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bompl. Ex Willd
Zopilote	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.

Figura 11. (A) Ramas muertas de planta adulta de linaloe (marcadas con las flechas rojas); (B) muestra de daño de barrenador del tallo..... 20

Figura 12. Árboles de linaloe en la Selva Baja Caducifolia..... 22

Figura 13. Árbol de linaloe en Guerrero (A) y en Oaxaca (B)..... 24

Figura 14: Áreas de distribución potencial y actual de linaloe en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca..... 26

**Contenido de Cuadros**

Cuadro 1. Requerimientos climáticos y ecológicos usados para la determinación preliminar de áreas preliminares de distribución potencial de linaloe en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca..... 5

Cuadro 2. Requerimientos climáticos y ecológicos usados para determinar las áreas de distribución potencial de linaloe en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca..... 8

Nombre Común.	Nombre Científico.
Encino	<i>Quercus spp.</i>
Espino blanco	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.
Granjel	<i>Randia echinocarpa</i> Moc. & Sessé
Guamuchil	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.
Hincha huevos	<i>Pseudosmodium multifolium</i> Rosa
Mala mujer	<i>Cnidocolus tehuacanensis</i> Breckon
Mezquite blanco	<i>Prosopis laevigata</i> (H. & B. Ex Willd.) M.C. Johnst.
Nanche	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth
Nanche de perro	<i>Buchonsia canescens</i> (W. T. Aiton) DC.
Nopales	<i>Opuntia spp.</i>
Organo	<i>Pachycereus grandis</i> Rose
Palo brasil	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst.
Palo prieto	<i>Cordia morelosana</i> Standl.
Paraca	<i>Senna skinneri</i> Benth
Pata de cabra	<i>Lysiloma tergemina</i> Benth
Pitaya de mayo,	<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.
Pitaya,	<i>Peniocereus serpentinus</i> (Lag. & Rodr.) N.P. Taylor
Pochote	<i>Ceiba aesculifolia</i> (H.B.K.) Brit. & Baker

**ECOLOGÍA Y ÁREAS POTENCIALES DE DISTRIBUCIÓN DEL LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)**

Cruz-Cruz E.<sup>1</sup>, V. Mariles-Flores<sup>1</sup>, M. Gómez-Cárdenas<sup>1</sup>, F. Solares-Arenas<sup>2</sup>, V. Serrano-Altamirano<sup>1</sup>, M.A. Cano-García<sup>1</sup>, M.E. Fuentes-López<sup>4</sup>, J. Fco. Castellanos-Bolaños<sup>1</sup>, S. Orozco-Cirilo<sup>1</sup>, D. Vargas-Álvarez<sup>5</sup>, A. Borja de la Rosa<sup>6</sup>, D. Ayerde-Lozada<sup>3</sup>.

**1. INTRODUCCIÓN**

El linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) es una especie dioica que se distribuye en el trópico seco, en comunidades vegetales de la Selva Baja Caducifolia (Castillo, 2003). Su presencia, abundancia y crecimiento dependen de diversos factores, tales como los ecológicos, los climáticos, la presencia de agentes dispersores y de las características fisiológicas y reproductivas de la especie. *B. linanoe* es usada por su aceite esencial de aroma suave a lima-limón y en la elaboración de cajitas artesanales en la población de Olinalá, Gro. (CONABIO, 2004). El aprovechamiento desordenado y sin control del linaloe en el pasado (Hersch y Fierro, 2001) originó una alteración y disminución significativa de las poblaciones naturales

<sup>1</sup>Investigador INIFAP-Oaxaca, <sup>2</sup>Investigador INIFAP-Morelos, <sup>3</sup>Investigador INIFAP-Guerrero, <sup>4</sup>Investigador INIFAP-Puebla, <sup>5</sup>Profesor investigador Universidad Autónoma de Guerrero, <sup>6</sup>Profesor investigador Universidad Autónoma Chapingo

## Contenido de Anexos

ANEXO A. Municipios del estado de Oaxaca donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	33
ANEXO B. Municipios del estado de Puebla donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	34
ANEXO C. Municipios del estado de Guerrero donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	36
ANEXO D. Municipios del estado de Morelos donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	38
ANEXO E. Relación de especies registradas en los muestreos de campo para determinar la distribución de linaloe.....	39

en los alrededores de las comunidades humanas que explotaron la especie.

Para promover la conservación, aprovechamiento, manejo y reforestación del linaloe es necesario el conocimiento de los requerimientos ecológicos, climáticos y fisiológicos de la especie. La información que se presenta en este folleto se obtuvo mediante visitas a herbarios, revisión de literatura disponible muestreos y recorridos de campo en las poblaciones naturales de la especie en los estados de Guerrero, Puebla, Morelos y Oaxaca, generándose mapas de distribución.

## 2. PROCEDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

### 2.1. Mapa de distribución actual y potencial.

Para determinar la distribución actual y potencial de linaloe se inició con la elaboración de un mapa preliminar, producto de la revisión bibliográfica disponible para determinar los parámetros ecológicos y climáticos que determinan la distribución de la especie (Alexiades y Shanley, 2004; Hersch, *et. al.*, 2004; Rzendowski, *et. al.*, 2004; Rzendowski, *et. al.*, 2005; Serrano, *et. al.*, 2007 y Turrent, 1986). También se visitaron herbarios y se registró información de los especímenes disponibles. Los herbarios visitados fueron el Herbario Nacional (MEXU), Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME), Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del

Anexo E. Cont...

Nombre Común.	Nombre Científico.
Quegracha	<i>Celtis linheimeri</i> Engelm. ex K.koch
Quina	<i>Chinchona officinalis</i> L.
Tecolohuixtle	<i>Mimosa benthamii</i> J.F. Macbr.
B. morelensis	<i>Bursera morelensis</i> Ramírez
Bejuco costillas	<i>Serjania schiedeana</i> Schlecht.
Camarón	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.
Canelillo	<i>Vitex pyramidata</i> B. L. Robinson
Casahuate	<i>Ipomoea arborescens</i> (Humb. & Bonpl.) Don.
Cazahuate	<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose
Cirián	<i>Crescentia alata</i> H.B.K.
Ciruelo	<i>Spondias mombin</i> L.
Copal chino	<i>Bursera bipinnata</i> (Sessé & Moc) Engl.
Copale	<i>Bursera vejar-vazquezii</i> Miranda
Coquito	<i>Cyrtocarpa procera</i> H.B.K.
Cuahjiote colorado	<i>Pseudosmodium perniciosum</i> (Kunth) Engl.
Cuhulahua	<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hocht.
Flor de mayo	<i>Plumeria rubra</i> L.
Garambullo	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. Ex Pfeiff) Console

ANEXO E. Relación de especies registradas en los muestreos de campo para determinar la distribución de linaloe.

Nombre Común.	Nombre Científico.
Amate	<i>Ficus goldmanii</i> Standl.
Bejuco	<i>Echinopterys eglandulosa</i> (A. Juss.) Small
Candelabro	<i>Lemairocereus weberi</i> (J.M. Coult.) Britton & Rose
Capitaneja	<i>Verbesina crocata</i> (Cav.) Less
Cascalote	<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.
Cedrela	<i>Cedrela salvadorensis</i> Standl. Sin. <i>C. oaxacensis</i>
Chinanca	<i>Acacia sp.</i>
Chupandía	<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth
Ciruelo de monte	<i>Spondias purpurea</i> L.
Coaxitlal blanco	<i>Bursera aptera</i> Ramírez
Copal	<i>Bursera grabrifolia</i> (HBK) Engl.
Copalillo	<i>Bursera copallifera</i> (Sessé & Moc ex DC.) Bullock
Cuachalalate	<i>Amphipterigium adstringens</i> Schiede ex Schlecht.
Cuajiote blanco	<i>Bursera fagaroides</i> (HBK) Engl.
Cuaulote	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Cubata	<i>Acacia cochliacantha</i> Humboldt & Bonpland

ANEXO C. Municipios del estado de Guerrero donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
Ahuacuatzingo	1	10	1354-1358	Regular	Tepehuaje, copal chino, cubata, Canelillo, Tecolohuixtle, ayoyote, canelillo, nopal, palo brasil	Lomerío	Si (60%) No (40%)
Atenango del Río	2	20	551-773	Cerrada (25%) Regular (75%)	Orégano, copale, chupandia, cuajote rojo, zapotito, lechuguilla, cuajote blanco, cuaxitlale, pata de cabra, cubata, huaxoxoole, palo brasil, tenixquihuite	Escarpado (50%) Plano (50%)	Si (35%) No (65%)
Copalillo	2	20	572-696	Cerrada (75%) Regular (20%) Dispersa (5%)	Coquito, tlahuítote, pitaya de mayo, cascote, copale, quina, orégano, flor de mayo, cuachalalate, copal, ahuauxtle, zapotito, tenealahuixtle, tlancalayahuixtle, cositlali, copale, copalillo, chupandia, pata de cabra, pochote	Escarpado	Si (35%) No (65%)
Huitzaco de los Figueroa	3	30	1118-1199	Cerrada (80%) Regular (20%)	Palma, fresnillo, camelillo, cuahuítote, tepehuaje, tetlatia, tepemezquite, bejuco tres costillas, pata de cabra, cuajote colorado, palo brasil, tepetepile, chinanca, tripa de judas, huizache, cirrián, nanche silvestre, cubata	Escarpado	Si (50%) No (50%)

ANEXO D. Municipios del estado de Morelos donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
Tecuala	2	20	969-1125	Regular	Cuajote colorado, cuajote verde, tepemezquite, camelillo, matarrata, casahuate, uña de gato, ayoyote, cubata, tehuixtle, quebracha, uña de gato, zopilote, cazahuate	Escarpado / lomerío	No
Tlaquiltenango	7	71	767-1086	Cerrada (34%) Regular (56%) Dispersa (10%)	Cuachalalate, Tepemezquite, Cazahuate, Estomecatl, Guayacan, Parotilla, Tepehepile, Granjel, Palo Mulato, Cubata, Ciruelo, Orégano, Anate, Guayacán, Copal chino, Copale, Carroso, tehuixtle, ayoyote, palo dulce, cuajote verde, quebracho, palo brasil, cuautote, vara blanca, quina, espino blanco, huizache, estomecatl, pata de cabra, guaje, tepehuaje, pegahuoso, huaxocote, pochote, tecolohuixtle, papelillo, matarrata, tetlatia, camarón, mezquite, cuajote colorado, órgano, candelabro, hinchal huesos, cabeza de viejo, canelillo	Escarpado (44%) Ondulado (42%) Lomerío (14%)	Si (21%) No (79%)
Tlaltizapan	5	50	900-1088		Bursera morelandensis, cubata, cazahuate, pochote, matarrata, quebracha, palo brasil, ayoyote, copal chino, parotilla, chupandia, palo mulato, huizache, ciruelo, chuuajote colorado, cuachalalate	Escarpado (40%) Ondulado (60%)	No

Instituto Politécnico Nacional (ENCB), Herbario del Colegio de Posgraduados (CHAPA), Herbario de la Universidad Autónoma Chapingo (CHAP), el herbario del Campo Experimental Zacatepec del INIFAP (CEZACA) y el de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO). Los datos se capturaron en un formato de hoja de cálculo y se generó una base de datos que incluyó: coordenadas en latitud y longitud, número de colecta, familia, nombre científico, nombre común, estado, municipio, localidad, coordenadas, hábitat, altitud, clima, suelo, forma de vida, altura de la planta, color de flores y fenología. También fueron incluidas otras observaciones como: usos, parte usada, forma de uso, fecha de colecta, colector, determinador, revisor y nombre del herbario. La base de datos georreferenciada se preparó para ser procesada mediante Sistemas de Información Geográfica (Congalton y Green, 1992) como ArcMap (ESRI, 2008) e Idrisi (Eastman, 2006a y 2006b). Para los ejemplares de herbario que no tenían datos de localización geográfica, se anotaron las coordenadas de la localidad de donde procedían, de acuerdo con En total se registraron 195 ejemplares, distribuidos por herbarios de la siguiente forma: CHAP=17, CHAPA=4, ENCB=20, FCME=32, MEXU=89, CEZACA=2 y HUMO=31 (Figura 1).

Con los valores de cada categoría (Cuadro 1) se generó el mapa preliminar de distribución para los cuatro estados.

Cuadro 1. Requerimientos climáticos y ecológicos usados para la determinación preliminar de áreas preliminares de distribución potencial de linaloe en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca.

Variables	Óptimo (1)	Mediano (2)	Marginal (3)
Altura (msnm)	600 - 1000	500 - 600 1000 - 1400	<500 y >1400
Temperatura Media Anual (°C)	20 - 25	15 - 20 25 - 30	<15 y >30
Precipitación Media Anual (mm)	600 - 1200	300 - 600 1200 - 1500	<300 y >300
Tipo de Vegetación	Selva Baja Caducifolia	El 93% de los ejemplares de herbario fueron colectados en este tipo de vegetación.	

Fuente: Alexiades y Shanley (2004); Hersch, *et al.* (2004); Rzendowski *et al.* (2004); Rzendowski *et al.* (2005); Serrano *et al.* (2007) y Turrent (1986); y los herbarios: MEXU, FCME, ENCB, CHAPA, CHAP, CEZACA y HUMO.

La elaboración de los mapas se realizó en ArcInfo (ESRI, 2008) y en IDRISI (Eastman, 2006a) utilizando mapas en formato "raster" con información interpolada cada 90 metros de las variables precipitación anual, temperatura media anual (Serrano *et al.*, 2007; Medina *et al.*, 1998.), uso del suelo y vegetación (INEGI, 2000a) y modelo de elevación



Figura 1. Muestra herborizada de linaloe en herbario.

## 2.2. Mapa preliminar de distribución potencial.

Con base en la información recabada se determinaron tres categorías de adaptación de la especie: óptimo, mediano y marginal. La primera categoría incluye el intervalo de valores indicadores de condiciones que cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de la especie. La segunda categoría corresponde a valores de condiciones ambientales donde es posible encontrar la especie pero con ciertas restricciones y la frecuencia en la presencia o el crecimiento tienen ciertas limitaciones. La categoría marginal se ubica en aquellas superficies donde la planta no se encuentra porque las condiciones no corresponden a sus requerimientos de desarrollo.

digital (INEGI, 2000b). Estas variables se reclasificaron de acuerdo con los valores asignados a cada uno de los niveles (Cuadro 1) para generar mapas de cada variable, siguiendo el procedimiento descrito por Turrent (1986). Con esta serie de mapas se realizaron operaciones de multiplicación para generar el mapa final; el cuál se editó en ArcMap y se agregaron los estados y municipios para producir las salidas en formato gráfico jpg (Figura 2).

El mapa preliminar fue fundamental para la verificación de la distribución de la especie en campo. En este mapa se ubicaron puntos estratégicos de muestreo para las áreas con potencial óptimo y mediano y se excluyeron las áreas marginales. Los puntos estratégicos se ubicaron con base en la superficie con potencial, facilidad de acceso, localidades cercanas y la distancia entre los puntos para obtener la mayor representatividad posible. El número de sitios a muestrear por estado fueron: Oaxaca 18, Guerrero 27, Puebla 28 y Morelos 11.

En total se trazaron 73 transectos y se registraron 730 puntos; de ellos, en 212 se registró la especie. De esta forma el mapa se elaboró con 407 puntos con presencia de la especie (puntos de herbario más los muestreos de campo).

Anexo C, Cont...

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
Olinalá	1	10	1509-1525	Cerrada (20%) Regular (80%)	Nanche de perro, nopal, cazahuate, granjel, copal chino, quina, parotilla, órgano, cuajote verde, quegracha, tepehuaje, capitaneja, tecolohuixtle, cuahuilahuá, amate, Quercus obtusata, estomocatl, ayoyote, matorrata, huizache	Escarpado	Si (30%) No (70%)
Papalutla	1	10	1030-1081	Cerrada	Encino, espinazo de caballo, tepemezquite, tlahuitle, cuachalalate, pochote	Escarpado	Si (90%) No (10%)
Tecolapa	2	20	935-1142	Cerrada (50%) Regular (45%) Dispersa (5%)	Cuachalalate, tepetepile, cazahuate, nopal, pochote, tlahuitle, barba de viejo	Escarpado	Si (25%) No (75%)
Teloloapan	1	10	713-809	Cerrada	Palo de Brazil, mezquite, guamuchil, tepemezquite, chamol, granjel, tepehuaje, cubata	Escarpado	No
Xochihuehuatlán				Regular	Cuahuilahuá, copal chino, palo dulce, nopal, cuajote verde, cazahuate, Cedrela, zopilote, bejucos, capitoneja, agogote, fresnillo, nanche silvestre, tecolohuixtle, tepemezquite, pata de cabra, quebrancha, pochote, cuajote verde, cazahuate	Lomerío	No
Xotla	1	10	1509-1525	Cerrada (80%) Regular (20%)	Nanche de Perro, tepehuaje, parotilla, capitoneja, cazahuate, tecolohuixtle, uña de gato	Lomerío	Si (30%) No (70%)

Anexo B, Cont...

Jolalpan	2	20	902-1111	Cerrada	Cuachalalate, cuajote rojo, palo brazil, copale, cazahuate, matorrata, estumeca, palo mulato, orégano, cubata, palo herrero, coaxitlal blanco, pata de cabra, granjel, espinazo de caballo, flor de mayo, tlahuitle	Lomerío	Si (55%) No (45%)
Piaxtla	1	10	987-1003	Cerrada	Palo mulato, papelillo, flor de mayo, pochote, sierrecillo, cazahuate, cuajote rojo, tripa de judas, nanche silvestre	Escarpado	Si (60%) No (40%)
Tecomatlán	2	20	953-992	Cerrada	Pochote, cuajote blanco, flor de mayo, nopales, cuajote rojo, nanche silvestre, pitaya de perro, copale, chupandía, jortilla, mezquite blanco, papelillo, copale, tepeguaje, lechugulla	Escarpado	Si (30%) No (70%)
Teotlalco	2	20	947-1134	Cerrada	Garambullo, cuajote blanco, pitaya de agosto, pochote, palo brazil, cuachalalate, Orégano, estumeca, matorrata, flor de mayo, guayacán, tripa de judas, cubata, tlahuitle, lechugulla, palo herrero, Chupandía	Escarpado	Si (90%) No (10%)
Xicotlán	1	10	1143-1189	Cerrada	Cazahuate, cuabata, ciruelo de monte, palo herrero, paraca, tlahuitle, cuachalalate, copale, cuajote blanco, tepetepile,	Escarpado	Si (20%) No (80%)

ANEXO B. Municipios del estado de Puebla donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
Acatlán	4	40	1061-1369	Cerrada (33%) Regular (68%)	Cuajote blanco, cuajote rojo, copalillo, pie de cabra, jiotilla, tlahuítote, pochote, palo prieto, pitaya, amate, mala mujer, sierrecillo, cazahuate	Escarpado	Si (25%) No (75%)
Ahuehuetlilla	1	10	1293-1345	Regular	Palo prieto, papelillo, pochote, cazahuate, flor de mayo, chuapandía, pitayo de mayo, sierrecillo	Escarpado	Si (10%) No (90%)
Axutla	2	20	842-989	Cerrada	Cuajote rojo, cuajote blanco, tlahuítote, sierrecillo, flor de mayo, jiotilla, palo brazil, cuachalalate, cazahuate	Escarpado	Si (60%) No (40%)
Chila de la Sal	3	30	929-1079	Cerrada (83%) Regular (17%)	Pochote, cazahuate, Sierrecillo, Chuapandía, Jiotilla,		Si (40%) No (60%)
Ixcamilpa de Guerrero	1	10	823-875	Cerrada/Regular	Chuapandía, nanche, cuachalalate, palo brazil, cuajote blanco, tepemezquite,	Escarpado	Si (50%) No (50%)
Izucar de Matamoros	1	10	1143-1158	Cerrada	Cuajote blanco, tlahuítote, cazahuate, pochote, chuapandía, palo brazil, nopal, estumeca	Lomorio suave	Si (30%) No (70%)

Superior del Río Papaloapan, México. Acta Botánica Mexicana No. 66. Pátzcuaro, Michoacán. México. pp. 23-151

Rzendowski, J., L. R. Medina y C. G. Rzendowski. 2005 Inventario del Conocimiento Taxonómico, Así como de la Diversidad y del Endemismo Regionales de las Especies Mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Acta Botánica Mexicana No. 070. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Michoacán. México. pp. 85 – 111

Serrano, A. V., M. A.; Díaz, P. G.; López, L. A.; Cano, G. M. A.; Báez, G. A. D. y Garrido, R. E. R.; 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chiapas. (Período 1961-2003). INIFAP. SAGARPA: Libro Técnico Núm. 1. Ocozacoautla, Chis., México. 186 p.

Serrano, A. V.; Cano, G. M. A.; Silva, S. M. M.; Medina, G., G. y Ruiz, C. I, J. A. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Oaxaca. Período 1961-2003. INIFAP. Oaxaca, Oax., Méx. 272 p.

Serrano, A. V.; López L. A.; Medina, G. G.; Cano, G. M. A.; Ruiz, C. J. A.; Díaz, P.G. 2007 Caracterización Espacio-Temporal de la precipitación mensual y humedad disponible en Estado de Oaxaca. INIFAP. SAGARPA. Libro Técnico No. 8. Oaxaca, Oaxaca. México. 172 p.

Turrent, F. A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 165 p.

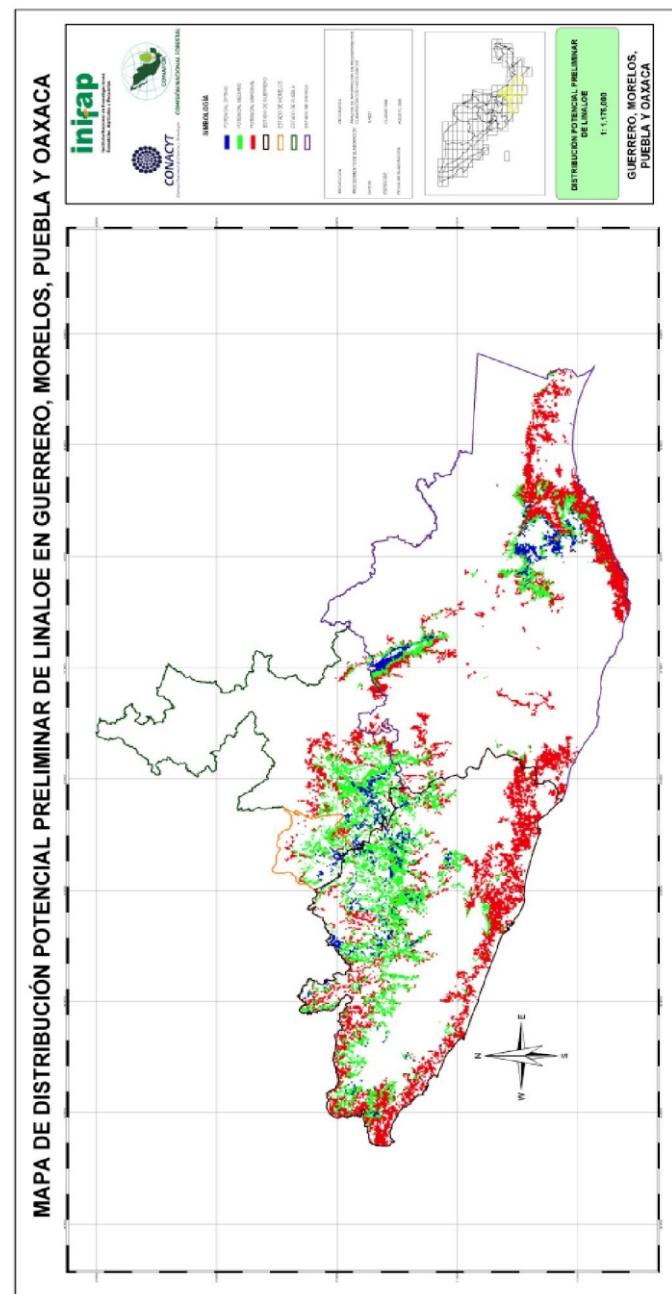


Figura 2. Distribución potencial preliminar de linaleo en los estados de Guerrero, Puebla, Morelos y Oaxaca.

determinaron las áreas que potencialmente pueden albergar o facilitar el crecimiento de ésta.

#### 2.4. Mapas de distribución actual.

Este mapa se elaboró con la información de los herbarios y los muestreos de campo. Para la obtención de la información de campo se visitaron las autoridades civiles y agrarias de las comunidades donde se ubicaron los puntos estratégicos. Con el apoyo de ellos y los productores se definieron las rutas de recorrido con la posible presencia de la especie. En el trayecto se ubicó el lugar específico de muestreo siguiendo un transecto de 100 metros perpendicular a la pendiente. Sobre el transecto se ubicaron puntos cada 10 metros para registrar la presencia o ausencia de la especie.

#### 2.5. Información ecológica

Para obtener la información ecológica requerida por la especie, en cada punto de muestreo que se ubicó sobre los transectos en campo se registraron los datos en un formato previamente codificado y que incluyó: ubicación geográfica y las variables ecológicas: altitud, pendiente, exposición, origen, profundidad de suelo, textura al tacto, tipo de vegetación, especies asociadas y condición de la vegetación. Al mismo tiempo se tomó una muestra compuesta de suelo en los primeros 10 cm para registrar presencia de carbonatos y materia orgánica.

### 2.3. Mapa de distribución potencial.

Con la información disponible y la obtenida en campo se definió el cuadro de requerimientos climáticos y ecológicos definitivos de la especie. El proceso de elaboración del mapa fue el mismo que se utilizó para el caso del mapa preliminar (Cuadro 2 y Figura 3).

Cuadro 2. Requerimientos climáticos y ecológicos usados para determinar las áreas de distribución potencial de linaloe en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca.

Variable	Optimo (1)	Mediano (2)	Marginal (3)
Altura (msnm)	600-1200	500-600 1200-1500	<500 y >1500
Temperatura media anual (°C)	22-26	15-22 26-30	<15 y >30
Precipitación media anual (mm)	600-1000	1000-1500 300-600	<300 y >1500
Pendiente (%)	25-60	<25 y >60	
Tipo de vegetación	Selva Baja Caducifolia		

Para el proceso de las variables de temperatura y precipitación, se utilizó la base de datos georeferenciada generada a partir de valores históricos descritos por Serrano *et al.* (2005), Serrano *et al.* (2006), Díaz *et al.* (2007) y Díaz *et al.* (2008). Mediante un proceso sistematizado de clasificación-combinación-reclasificación (Figura 3) de espacios geográficos delimitados con base en criterios basados en su acoplamiento con los requerimientos edáfico-climáticos de la especie (INIFAP, 1993), se

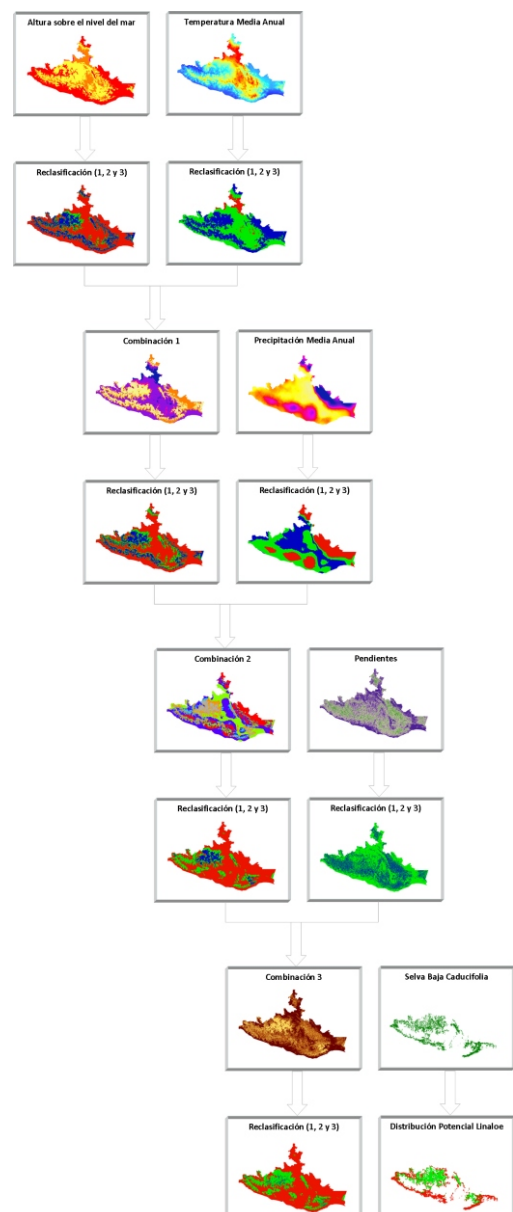


Figura 3. Combinación de requerimientos para determinar las áreas con distribución potencial.

ANEXO A. Municipios del estado de Oaxaca donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
San Antonio, Teotitlán del Camino	2	20	860-913	Cerrada/Regular	Pochote, cuachalalate, cactáceas, orégano, cuajote	Escarpado / Ondulado	No
Nejapa de Madero	1	10	712-721	Cerrada	Cuajote rojo, cuajote blanco, palo brasil, cubata, chuapandía, pochote, cactáceas (nopal)	Lomerío	No
San Bartolo Yutepec	1	10	983-1030	Cerrada / Regular	Cuajote rojo, palo brasil, espinazo de caballo	Lomerío	No
San Juan Bautista Cuicatlán	8	80	633-1205	Cerrada (30%) Regular (55%) Dispersa (15%)	Cuajotes, gotilla, nopales, mala mujer, flor de mayo, cardón, lechuguilla, mantecoso, cuachalalate, sangre de grado	Escarpado / Lomeríos	SI (19%) No (81%)
San Juan de los Cués	2	20	849-938	Regular	Pochote, jiotilla, nopales, palo verde, copalillo, lechuguilla	Lomerío	No
San Pedro Quiatoni	1	10	893-953	Cerrada	Pitaya, tepemezquite, cubata, cuajote rojo, pochote	Lomerío	No
Santiago Lachiguiri	1	10	140	Regular		Escarpado	No
Santiago Quirotepec	3	30	606-718	Cerrada (53%) Regular (47%)	Nopales, jiotilla, copalillo, flor de mayo, chuapandía, mantecoso, mala mujer, cazahuate, papellito,	Escarpado / Ondulado	SI (30%) No (70%)
Tecomavaca	2	20	583-1174	Cerrada (30%) Regular (70%)	Papalillo, cubata, mala mujer, mantecoso, copalillo, cazahuate, pochote, flor de mayo	Escarpado Lomerío	SI (15%) No (85%)
Tehuantepec	1	10	588-621	Cerrada	Tlahuitote, cuachalalate, flor de mayo, especíes de <i>Bursera</i>	Escarpado	No

\*El porcentaje indica la presencia (SI) o ausencia (NO) de linaloe en proporción a los puntos de muestreo en cada caso.

Eastman, J. R. 2006a. Idrisi Andes: Guide to GIS and image processing. Clark Labs, Clark University. Worcester, MA, USA. 327 p

Eastman, J. R. 2006b. Idrisi Andes: Tutorial. Clark Labs, Clark University. Worcester, MA, USA. 284

ESRI. 2008. What is new in ArcGIS 9.3. Redlands, California, USA. 185 p.

Hersch, M. P.; Glass, R.; Fierro A. A.; Guerrero, B. C. 2004. El linaloe *Bursera aloexylon* (Schiede ex Schltdl) Engl. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie patrimonio vivo 6. México, D. F. 24 p.

Hersch, M.P. y A. Fierro A. 2001. El comercio de las plantas medicinales: Algunos rasgos significativos en el Centro de México. *En*: Rendón A., B., S. Rebollar D., J. Caballero N. y M.A. Martínez A. 2001. (Edts.). Plantas, Cultura y Sociedad: Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. UAM-Unidad Ixtapalapa. México.

INEGI, 2000a. Uso de Suelo y Vegetación. Cartografía escala 1: 250,000.

INEGI, 2000b. Modelo de Elevación Digital. Cartografía escala 1: 250,000.

INIFAP. 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Oaxaca. Síntesis Ejecutiva. Oaxaca, Oax. (Mimeografiado). 24 p

Medina, G. G.; J. A. Ruiz C. y R. A. Martínez P. 1998. Los climas de México, una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro Técnico Núm. 1. CIRPAC, INIFAP. Guadalajara, Jalisco, México. 105 p.

Rzendowski, J., L. R. Medina y C. G. Rzendowski. 2004. Las Especies de *Bursera* (Burseraceae) en la Cuenca



Se tiene definida la información ecológica y climática que favorecen o limitan el establecimiento de linaloe.

## 6. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alexiades, M. N.; Shanley, P. 2004. Medios de Subsistencia y Conservación. Estudios de Caso sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales No Maderables. Volumen 3 – América Latina. Centro para la Investigación Forestal Internacional. 132 p.
- Castillo C., G. 2003. Biodiversidad de la selva baja caducifolia en un sustrato rocoso de origen volcánico en el centro del estado de Veracruz, México. Tesis de doctorado UAM Ixtapalapa y Xochimilco. México, D.F. 203 p.
- CONABIO. 2004. Copales aromáticos. *En*: Recursos biológicos colectivos. Biodiversitas 53: 9.
- Congalton, R.G. and Green, K. 1992. The ABCs of GIS. An introduction to Geographic Information Systems. *Journal of Forestry*. 90(11):13-20.
- Díaz, P. G.; Serrano, A. V.; Ruiz, C. J. A.; Ambriz, C. R.; y Cano, G. M. A. 2008. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Morelos (Período 1961-2003). INIFAP. SAGARPA: Libro Técnico Núm. 3. Zacatepec, Mor., México. 157 p.
- Díaz, P.G., Medina, G. G., Silva, S. M. M. y Serrano, A. V. 2007. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Puebla. Período 1961-2003. Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. Libro Técnico Núm. 15. Veracruz, Ver., Méx. 181 p.

para el establecimiento de reforestaciones o siembras comerciales, los tiempos y los sistemas de plantación eficientes en la conservación de agua para obtener los más altos porcentajes de sobrevivencia.

La información ecológica, climática y de vegetación analizados en su conjunto con sistemas de información geográfica permiten mostrar de manera gráfica y amplia el área de interés, ayudan a conocer la distribución y ubicación de la especie y representan una fuente de información valiosa para las instituciones, comunidades y organizaciones en la planeación, apoyo o gestión de proyectos de reforestación, conservación o manejo de las especies forestales.

La información se puede utilizar para localizar áreas donde es posible el establecimiento de nuevas plantaciones con mayores posibilidades de éxito, tomando en cuenta la información específica de los sitios y la experiencia de las comunidades y de los técnicos relacionaos con ésta especie. También se pueden ubicar áreas de conservación y rehabilitación con una información de campo para determinar la condición del área.

La degradación de las poblaciones de linaloe mostró un patrón de círculos concéntricos. Este comportamiento está relacionado con la presencia del hombre y específicamente por el aprovechamiento del recurso de manera directa o indirecta. En las cercanías de las poblaciones (Olinalá) esta degradación es mayor y a medida que se aleja de estos centros de

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Características ecológicas de adaptación de linaloe

El linaloe se distribuye en la parte alta de la Cuenca del Río Balsas en los estados de Guerrero, Morelos y Puebla, así como en la cuenca del Río Papaloapan en la región de la Cañada en Oaxaca. La especie es un componente de las comunidades vegetales de la Selva Baja Caducifolia donde predomina un clima característico del trópico seco, con dos estaciones bien marcadas: una húmeda en verano de junio a septiembre y una seca que se prolonga de noviembre a mayo; sin embargo, también puede localizarse con menor frecuencia en áreas con matorral espinoso.

Las poblaciones naturales de la especie se localizan en una altitud entre los 550 m y los 1519 m sobre el nivel del mar. En las mayores altitudes, las plantas del linaloe se encuentran en cañadas e individuos dispersos o ausentes en los lomeríos. Las plantas son más frecuentes entre los 600 y 1200 m, en terrenos con una pendiente que varía entre 25 y 60% (Figura 4).

La especie muestra cierta preferencia por la exposición sur (con una frecuencia de 52%) y con menos posibilidades de encontrarse en las otras exposiciones, esto no significa una ausencia total.

linaloe y lo relacionan con las características de los suelos.

De las muestras tomadas en campo se encontró que el pH del suelo varió de 5 a 8, la materia orgánica de 1.8 a 8%, bicarbonatos de 0.7 a 4.7 meq/L y el contenido de calcio de 4.4 a 39.7 meq/100g.

### 3.1. Características climáticas de adaptación

De acuerdo con el análisis de los datos de precipitación y temperaturas de las estaciones meteorológicas y las extrapolaciones realizadas, en las regiones de crecimiento de linaloe la precipitación acumulada anual varía entre 522 y 923 mm; la temperatura máxima de 27 a 34°C y la temperatura mínimas entre 14 y 19°C (Figura 5, 6 y 7). En los meses más cálidos, al cortar o dañar físicamente la corteza del tallo de la planta se genera una ebullición aparente de la sabia que fluye por los vasos de los sistemas vasculares.

La erosión laminar y en canales es evidente en algunas áreas de distribución (Figura 8). Este problema se relaciona por las altas pendientes, suelos arenosos, baja cobertura al nivel de la superficie del suelo y lluvias torrenciales. En las laderas se observa el desplazamiento del mantillo y acarreo del suelo y una acumulación de sedimentos en las partes con menor pendiente o en micrositos con obstrucciones.



Figura 4. Población de linaloe en un terreno de origen metamórfico con pendiente mayor al 60% en el Sur de Puebla.

La composición mineralógica y las características físicas de los sustratos geológicos deben condicionar el desarrollo de la especie, ya que es más común encontrarla en sustrato metamórfico (48%) e ígneo (45%) y rara vez o ausente en el sustrato sedimentario con altos contenidos de carbonatos (suelos blancos).

Los suelos adecuados para el desarrollo de linaloe deben cumplir con las siguientes características: buen drenaje, someros, arenosos o franco arenosos; en suelos pesados con textura arcillosa, la planta presenta problemas de sobrevivencia. En estos suelos es común que el contenido de materia orgánica y nitrógeno sea bajo. La pedregosidad es una condición que favorece el crecimiento de la planta cuyo porcentaje varía entre el 20 y 30% (Figura 5). Los pobladores de las comunidades identifican las áreas de distribución de

12

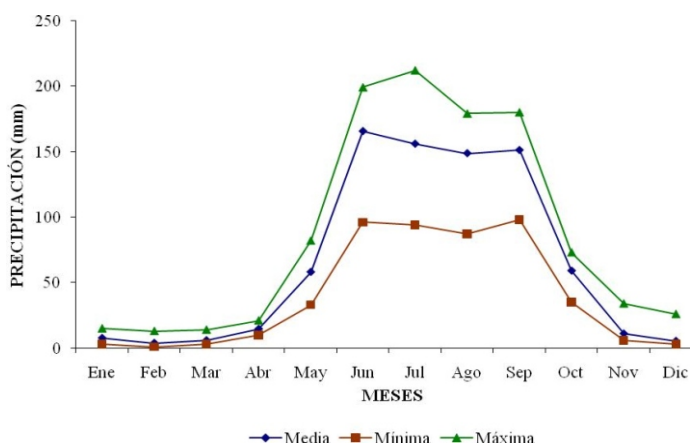


Figura 5. Variación y distribución de la precipitación en la región donde se encuentra linaloe.

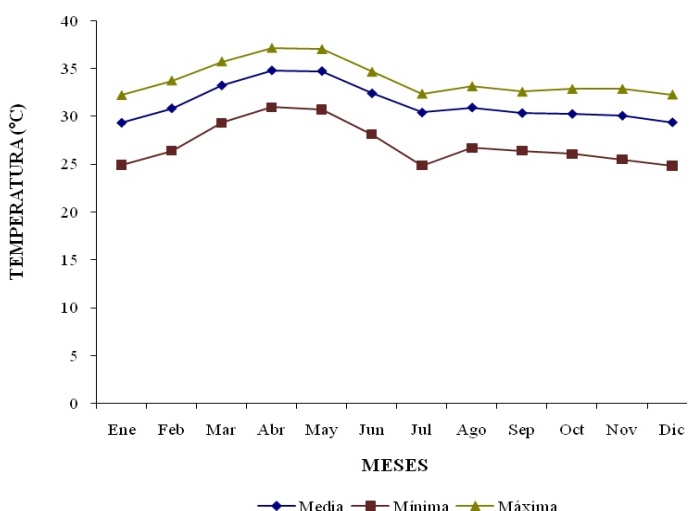


Figura 6. Variación de la temperatura máxima en la región donde se encuentra linaloe

14

población el deterioro disminuye. La fragmentación de las comunidades vegetales para el establecimiento de cultivos, la extracción clandestina de los árboles y la presión del ganado son factores que contribuyen a agravar este problema. Para revertir el proceso de degradación, es importante regularizar el aprovechamiento de la especie, elaborar los planes de manejo, estimar la demanda de materia prima, establecer convenios de abastecimiento entre las comunidades demandantes y aquellas que cuentan con poblaciones de la especie, hacer más eficiente el aprovechamiento de la madera en el proceso de transformación e indudablemente definir líneas de investigación sobre la ganadería y el aprovechamiento forestal. Por otro lado, es importante definir áreas de conservación para mantener la diversidad genética de la especie.

## 5. CONCLUSIONES

La información disponible en la literatura, en los herbarios y la registrada en campo permitió determinar la distribución actual de linaloe y su distribución potencial. Esta información se verificó con la ubicación de los puntos de registro de la especie en los mapas y en los recorridos de campo realizados.

Se dispone de mapas ilustrativos que pueden auxiliar la ubicación de sitios o áreas de interés donde pueden encontrarse poblaciones de linaloe o potenciales para la siembra de nuevas plantaciones. Estos mapas están disponibles para las instituciones, centros de enseñanza e investigación y las comunidades.

29

## 4. DISCUSIÓN

Las poblaciones naturales de linaloe, presentan variaciones en su densidad, estructura y conservación; lo cual está determinado por factores del clima, ecológicos y el manejo que le han dado los pobladores. Los ejemplares de herbario y las poblaciones visitadas en campo mostraron una variación morfológica de las plantas (tamaño y forma de la hoja, color y tamaño del fruto, color del tallo, tamaño de la planta, plantas de un solo fuste o varios tallos desde la base). Para determinar si la variación observada es genética o es debida a efectos del ambiente, es necesario recurrir a pruebas más específicas de laboratorio (moleculares). Por ejemplo, la población de La Cañada en Oaxaca muestra una variación contrastante con las poblaciones del Sur de Puebla; sin embargo, en la primera región las precipitaciones son menores y las temperaturas más elevadas que influyen para que las comunidades vegetales de la Selva Baja se observen en general de menor porte y dispersas.

El linaloe se desarrolla en ambientes que presentan condiciones específicas como pedregosidad, cobertura de la vegetación (especie nodriza), pendiente, exposición y una evidente ausencia en sustrato sedimentario y suelos con altos contenidos de arcilla. Las muestras de suelo en campo presentaron una textura franco, franco arenoso y arenoso. Estas características son fundamentales de considerar en la planeación y la determinación de las áreas potenciales

27

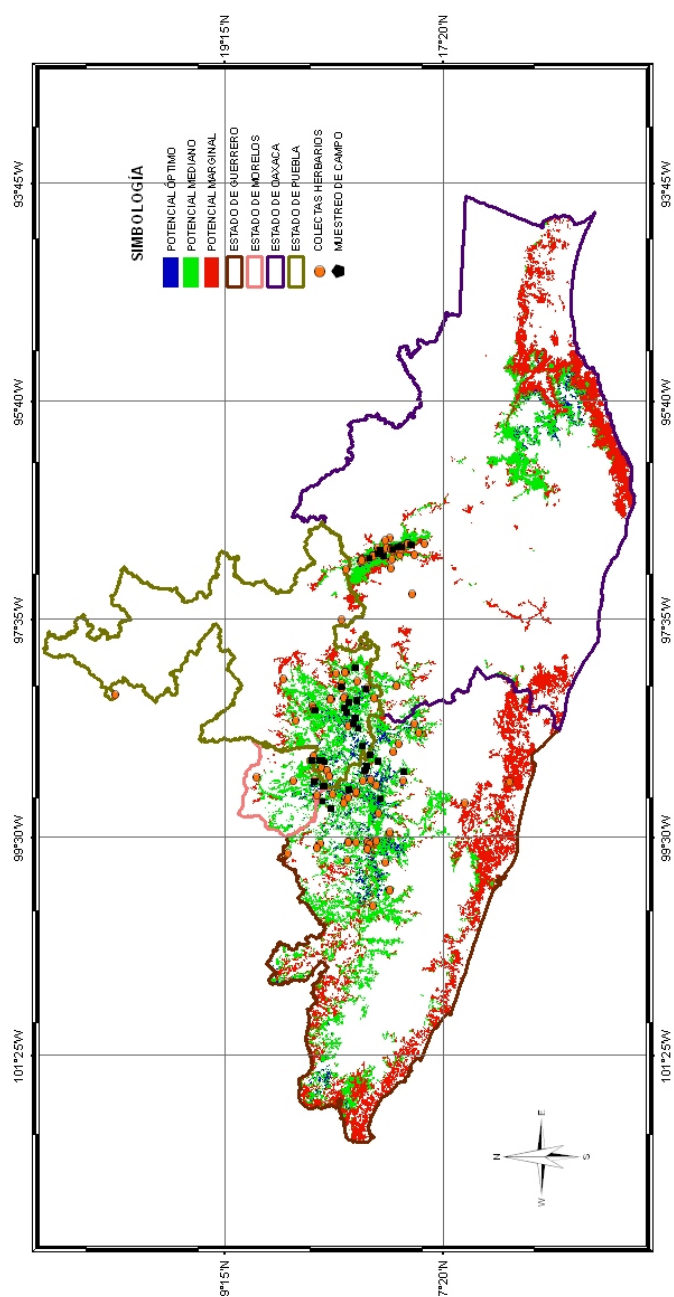


Figura 14: Áreas de distribución potencial y actual de linaloe en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca

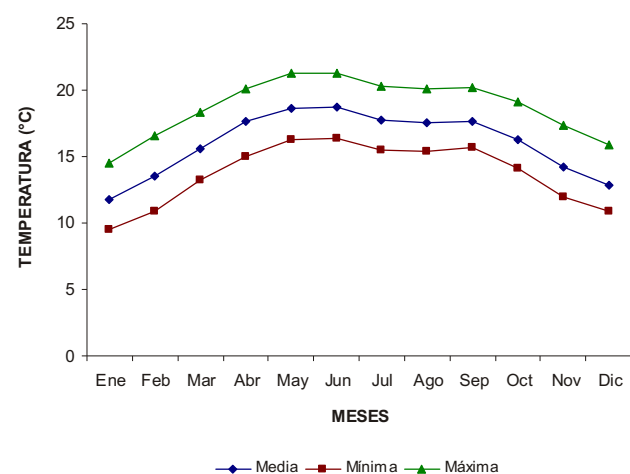


Figura 7. Variación de la temperatura mínima en la región donde se encuentra linaloe



Figura 8. Población de linaloe en terreno pedregoso y erosionado con más del 30% de pendiente en la región de la Cañada, Oaxaca.



Figura 13. Árbol de linaloe en Guerrero (A) y en Oaxaca (B).

El mapa muestra que las zonas más adecuadas para el desarrollo del linaloe se localizan principalmente al norte y noreste de Guerrero, centro y sur de Morelos y sur de Puebla. En el caso de Oaxaca, la mayor superficie con potencial para la presencia de la especie se encuentra en las regiones de la cañada y en la cuenca del Río Tehuantepec. Las superficies con



Figura 9. Árbol de linaloe desarrollando con especies de cactáceas.

### 3.3. Comportamiento de la especie

Las asociaciones vegetales y la fauna silvestre local influyen de manera determinante en la presencia y abundancia de linaloe en hábitats puntuales, debido a varios factores, entre los cuales destacan los siguientes:

- a) Las plantas del linaloe presentan baja tolerancia a la exposición directa de los rayos solares y a las temperaturas elevadas durante el establecimiento y etapas tempranas de crecimiento (1-5 años). Los síntomas se observan en quemaduras en el cuello

### 3.2. Asociación con otras especies

El linaloe se asocia con diversas especies que componen la selva baja caducifolia, entre ellas se encontraron: pochote (*Ceiba aesculifolia* (H.B. & K.) Britten & Baker); cuajote blanco (*Bursera odorata* spp), cuajote rojo (*B. microphylla* A. Gray), copal chino (*Bursera* sp.), chupandía (*Cyrtocarpa procera* H. B. & K.), brasil (*Haematoxylum brasiletto* Karsten), cacaloxochitl (*Plumeria rubra* L.), cuachalalate (*Amphipteryngium adstringens* Schiede ex Schltedl), tepemezquite (*Mimosa* sp.), diversas especies de cactáceas de los géneros *Stenocereus*, *Pachycereus*, *Neobauxbamia*, *Schantris* y *Opuntia*, entre otros, palo verde (*Cercidium praecox* (Ruiz et Pavón) Harms.) y en la parte alta de Papalutla Gro. con encinos (*Quercus* spp.). (Anexo. E).

En el Sur de Puebla, Morelos y parte norte de Guerrero, la presencia de ganado bovino y caprino, es evidente. Las plantas jóvenes presentan daños por el ramoneo; el cual retrasa el crecimiento e induce la deformación de la planta (Figura 9).

16

de la raíz, donde el tejido (corteza) muerto se identifica por su deshidratación y una coloración café obscura (Figura 10). Por ello, es importante realizar las reforestaciones con esta especie al inicio del temporal por la humedad disponible y las temperaturas más frescas. Además, debe existir una cobertura regular del dosel de la vegetación presente (árboles o arbustos dispersos) o considerar una planta nodriza, en estas primeras etapas de desarrollo.

- b) Durante las etapas juveniles, la planta presenta susceptibilidad aparente al exceso de sombra propiciada por el dosel de árboles dominantes cercanos.
- c) El linaloe manifiesta baja competitividad ecológica por espacios de crecimiento con casi cualquier otra especie arbórea, aparentemente debido al desarrollo superficial y relativamente corto de su sistema radical.
- d) Asociación frecuente con especies arbóreas con hábitos dominantes que habitan nichos muy parecidos y geográficamente traslapados al del linaloe. Algunos de ellos se mencionaron con anterioridad.
- e) La reproducción dioica del linaloe es afectada negativamente por la abundancia de individuos de otras especies al reducir la posibilidad de la presencia de individuos machos y hembras para asegurar su reproducción sexual.

18

potencial óptimo, mediano y marginal en los 4 estados son de 212,470, 2'018,947 y 2'161,770 hectáreas, respectivamente. Por estado, las superficies con potencial óptimo y mediano estimadas son: Guerrero: 118,503 y 1'008,523; Morelos 9,981 y 104,283; Oaxaca 40,142 y 504,479; y Puebla 43,850 y 401,466 hectáreas, respectivamente. Las áreas determinadas como de potencial óptimo cumplen los requerimientos más estrictos para el desarrollo satisfactorio de plantaciones comerciales de linaloe. Existen áreas, regiones o localidades donde aún cuando las condiciones ambientales son propicias para la presencia de la especie, no se encuentran individuos, lo cual, puede ser debido a factores de perturbación humana, como el aprovechamiento directo de las poblaciones de linaloe, la apertura de terrenos al cultivo y el pastoreo de ganado.

25

a través de los años. Entre la región de la Cañada en Oaxaca y las poblaciones del sur de Puebla existe una barrera geográfica que la conforma el Valle de Tehuacán, la Sierra Negra en Puebla y la parte norte del Distrito de Huajuapán en Oaxaca. Posiblemente esta separación natural ha contribuido en la diferenciación genética de la especie (Rzendowski, 2004). Es importante confirmar esta hipótesis con análisis morfológicos, moleculares y genéticos más detallados para descartar la influencia del ambiente (Figura 13).

Además, se observaron variaciones en el tamaño y forma de las hojas, color y tamaño de los frutos. En el sur de Morelos se encontraron individuos más corpulentos que las plantas de linaloe y se detectó un ligero cambio en el olor característico de la especie.

### 3.7. Distribución actual y potencial de linaloe

#### 3.7.1. Mapa de distribución potencial.

De acuerdo con el mapa de distribución, la mayor superficie donde potencialmente se encuentra la especie o que se puede establecer se localiza en el estado de Guerrero y Puebla y en menor cantidad en Morelos y Oaxaca (Anexos A, B, C y D) (Figura 14). Es importante mencionar que sobre este mapa se puede sobreponer el de geología para excluir aquellas áreas donde no desarrolla la especie. Se recomienda que para la siembra en campo se considere la exclusión de este tipo de sustrato y de los suelos arcillosos.

23



Figura 12. Árboles de linaloe en la Selva Baja Caducifolia.

### 3.6. Variación morfológica de las poblaciones

Las muestras botánicas revisadas en los herbarios y las observaciones en campo mostraron una variación morfológica de los individuos de linaloe. En la región de la Cañada en Oaxaca las plantas no alcanzan alturas mayores a los 6 m, con una ramificación abundante desde la base, fuste limpio corto (<50 cm) y ramas retorcidas. En las poblaciones de Puebla y Guerrero los árboles alcanzan alturas mayores a los 10 m, fuste limpio (>2 m en ocasiones), aunque es posible que se encuentren individuos con ramificación desde la base. Las diferencias morfológicas que presentan estas poblaciones se puede deber a cambios genéticos que se han originado por el aislamiento de las poblaciones

El uso del suelo y más específicamente el manejo que los pobladores le han dado a la Selva Baja Caducifolia ha resultado en la fragmentación de las comunidades vegetales donde habita el linaloe, creando corredores que limitan el flujo de propágulos y de los organismos responsables del cruzamiento de los individuos y de la dispersión de la semilla. La sustitución de la selva por huertos y cultivos comerciales disminuye la variación poblacional, el espacio disponible para el crecimiento de la planta y la presencia cercana de individuos del sexo opuesto. La extracción indiscriminada de tallos ocasiona desbalances aparentemente aleatorios en la distribución de sexos e individuos con capacidad reproductiva. La extracción continua de semilla, además puede estar propiciando una selección disgénica hacia individuos poco productivos de semilla y con características morfológicas desfavorables para la sobrevivencia de la especie, por ejemplo, individuos poco vigorosos y susceptibles a factores extremos (Figura 12).

### 3.5. Alteración de las comunidades vegetales



Figura 10. (A) Quemadura del cuello de la raíz de la planta de linaloe sembrada en un área descubierta; (B) planta de linaloe creciendo a un costado de una planta nodriza.

- f) Dependencia de aves frugívoras para la dispersión de la semilla, las cuales a su vez requieren sistemas boscosos complejos bien conservados, cuyo disturbio puede reducir drásticamente la función ecológica de los dispersores.
- g) Susceptibilidad a hongos fitopatógenos que afectan la madera. Cualquier herida resulta comúnmente en

Figura 11. (A) Ramas muertas de planta adulta de linaloe (marcadas con las flechas rojas); (B) muestra de daño de barrenador del tallo.



la pérdida parcial o total de la rama o tallo afectado. Esto es acentuado por la convivencia natural que la especie establece con un barrenador del tallo (Figura 11).