



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Fundamentos técnicos para el manejo de poblaciones naturales de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México

Compiladores

Efraín Cruz-Cruz
Verónica Mariles-Flores
Martín Gómez-Cárdenas
Dolores Vargas-Álvarez

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL PACÍFICO SUR

**Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca
Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México.**

Libro Técnico No. 14

Diciembre, 2009.

II

COLECTA DE FRUTO, SELECCIÓN Y GERMINACIÓN DE SEMILLA DE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) 140
RESUMEN.....140
INTRODUCCIÓN141
MATERIALES Y MÉTODOS144
RESULTADOS Y DISCUSIÓN147
CONCLUSIONES160
BIBLIOGRAFÍA CITADA161

RECOMENDACIONES Y FUNDAMENTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE POBLACIONES NATURALES DE LINALOE165
RESUMEN.....165
INTRODUCCIÓN166
CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS DERIVADAS DEL PROYECTO.....171
BIBLIOGRAFÍA CITADA174

EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) EN LOS ESTADOS DE MORELOS Y GUERRERO177
RESUMEN.....177
INTRODUCCIÓN178
OBJETIVO.....179
METODOLOGÍA.....179
RESULTADOS180
BIBLIOGRAFÍA CITADA193

PROCESOS DE ELABORACIÓN DE CAJAS Y BAÚLES DE LINALOE EN OLINALÁ, GRO.....197
RESUMEN.....197
INTRODUCCIÓN198
METODOLOGÍA.....198
PROCESOS DE ELABORACIÓN DE CAJAS Y BAÚLES DE LINALOE ...199
PROCESO DE LAQUEO204
TÉCNICAS DE LACAS ARTESANALES206
CONCLUSIONES214
GLOSARIO DE TÉRMINOS216
BIBLIOGRAFÍA CITADA218

EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) EN LOS ESTADOS DE MORELOS Y GUERRERO177

Cuadro 1. Comercialización de productos a partir de esencia de linaloe..... 189

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)..... 222

Cuadro 1. Contenido verde de humedad (C.H.V.) de acuerdo con los sitios de muestreo.....231

Cuadro 2. Ancho de las zonas de crecimiento de los árboles macho y hembra en la madera de linaloe232

Cuadro 3. Características microscópicas de la madera de linaloe.....235

Cuadro 4. Densidad básica y normal de la madera de linaloe del árbol hembra y macho.....236

Cuadro 5. Propiedades físicas de la madera de linaloe con el método destructivo.....237

Cuadro 6. Fórmulas utilizadas para la determinación de los índices de las propiedades mecánicas.....238

Cuadro7. Índices de las propiedades mecánicas del árbol macho de linaloe. ..239

CATALOGO DE METABOLITOS SECUNDARIOS245

Cuadro 1. Comparación del contenido de compuestos entre árboles hembra y macho de linaloe.....249

Cuadro 2. Proporción de linanol en diferentes órganos de la planta de linaloe (Media ± Error estándar).....250

Cuadro 3. Contenido de linanol en diferentes órganos de la planta de linaloe (Media ± Error estándar).....250

Cuadro 4. Contenido de linalol de muestras de planta de linaloe ubicadas en diferentes puntos georeferenciados.....251

Cuadro 5. Contenido de acetato de linanol en diferentes estados de la república.....252

VI

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)222
RESUMEN.....222
INTRODUCCIÓN223
ANTECEDENTES224
MATERIALES Y METODOS224
RESULTADOS Y DISCUSIÓN231
CONCLUSIONES240
BIBLIOGRAFÍA CITADA241

CATALOGO DE METABOLITOS SECUNDARIOS245
RESUMEN.....245
INTRODUCCIÓN246
OBJETIVO.....246
MATERIALES Y MÉTODOS247
RESULTADOS249
DISCUSIÓN.....254
CONCLUSIÓN257
BIBLIOGRAFÍA CITADA258

COMERCIALIZACIÓN DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA264
RESUMEN.....264
INTRODUCCIÓN265
METODOLOGÍA.....266
RESULTADOS Y DISCUSIÓN267
COSTOS DE PRODUCCIÓN.....270
COMERCIALIZACIÓN.....273
MARGEN DE COMERCIALIZACIÓN.....280
CAUSAS QUE AMENAZAN A LA COMERCIALIZACIÓN DE ARTESANÍAS283
ESENCIA DE LINALOE284
CONCLUSIONES287
BIBLIOGRAFÍA CITADA288

III

Ilustración de portada: Productor en población de linaloe en el Sur de Puebla

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: 978-607-425-252-1

Primera Edición, 2009

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

Impreso en México

Printed in México

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 libro

Cruz-Cruz, E., V. Mariles-Flores, M. Gómez-Cárdenas y D. Vargas-Álvarez (Comp.). 2009. Fundamentos Técnicos para el Manejo de Poblaciones Naturales de Linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México. INIFAP-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etna, Oaxaca. México. Libro Técnico No. 14. 289 p.

Contenido

Pág.

ADAPTACIÓN ECOLÓGICA Y CLIMÁTICA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)..... 1
 RESUMEN..... 1
 INTRODUCCIÓN 2
 MATERIALES Y MÉTODOS 3
 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 5
 CONCLUSIONES 17
 BIBLIOGRAFÍA CITADA 18

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LINALOE EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA 32
 RESUMEN..... 32
 INTRODUCCIÓN 33
 IMPORTANCIA DEL CLIMA 35
 METODOLOGÍA..... 36
 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45
 CONCLUSIONES 76
 BIBLIOGRAFÍA CITADA 78

CARACTERIZACIÓN SILVÍCOLA DE POBLACIONES NATURALES DE LINALOE EN GUERRERO, OAXACA Y PUEBLA 85
 RESUMEN..... 85
 INTRODUCCIÓN 86
 REVISIÓN DE LITERATURA 87
 MATERIALES Y MÉTODOS 89
 RESULTADOS 94
 CONCLUSIONES 103
 BIBLIOGRAFÍA 104

OBSERVACIONES PRELIMINARES DE LA FLORACIÓN, FRUCTIFICACIÓN Y DISPERSIÓN DE LA SEMILLA DE LINALOE 108
 RESUMEN..... 108
 INTRODUCCIÓN 110
 OBJETIVOS..... 113
 MATERIALES Y MÉTODOS 114
 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 124
 BIBLIOGRAFÍA CITADA 136

I

Índice de Cuadros

Pág.

ADAPTACIÓN ECOLÓGICA Y CLIMÁTICA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) 1
 Cuadro 1. Requerimientos climáticos y ecológicos resultado de la revisión bibliográfica, de consulta a herbarios y muestreos de campo por el área de distribución de linaloe en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca. 5

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LINALOE EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA 32
 Cuadro 1. Colectas de linaloe reportadas en herbarios de México. 46
 Cuadro 2. Primera aproximación de los requerimientos climáticos y ecológicos, adecuados para linaloe. 50
 Cuadro 3. Requerimientos climáticos y ecológicos redefinidos para la determinación de la distribución potencial de linaloe. 59
 Cuadro 4. Superficie (ha) con potencial para linaloe. 61
 Cuadro 5. Superficie y municipios con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe mayor de 500 ha. 61
 Cuadro 6. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Guerrero. 62
 Cuadro 7. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Morelos. 65
 Cuadro 8. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Oaxaca. 67
 Cuadro 9. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Puebla. 71

IV

CARACTERIZACIÓN SILVÍCOLA DE POBLACIONES NATURALES DE LINALOE EN GUERRERO, OAXACA Y PUEBLA 85
 Cuadro 1. Número de árboles de linaloe por sexo y número de tallos promedio por árbol (NT), presentes por localidad. 95
 Cuadro 2. Abundancia de las especies arbóreas asociadas con linaloe. 96
 Cuadro 3. Área basal (AB), diámetro cuadrático (Dq) y altura promedio (A) de los árboles de linaloe por localidad. 97
 Cuadro 4. Número de tallos de linaloe por ha y categoría diamétrica en tres localidades. 97
 Cuadro 5. Número de tallos de linaloe por categoría de altura (m) en tres localidades. 98
 Cuadro 6. Valores promedios de variables dasométricas de las especies asociadas con linaloe en San Juan de los Cués. 99
 Cuadro 7. Evaluación de regeneración de linaloe. 100
 Cuadro 8. Indicadores estadísticos considerados para definir la bondad de ajuste para seleccionar el mejor modelo. 100
 Cuadro 9. Volúmen de madera (m³) para árboles completos de linaloe, a partir del diámetro normal (en cm). 101
 Cuadro 10. Volúmen de madera (m³) solo para tallos de linaloe (sin considerar ramas), a partir del diámetro normal (en cm). 101
 Cuadro 11. Existencias maderables para árboles completos y tallos de linaloe, para cada localidad de estudio. 102

COLECTA DE FRUTO, SELECCIÓN Y GERMINACIÓN DE SEMILLA DE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)..... 140
 Cuadro 1. Localidades de colecta de fruto y semilla de linaloe incluidas en las evaluaciones de viabilidad y germinación. 145
 Cuadro 2. Factores y niveles estudiados en la evaluación de la germinación de la semilla de linaloe. 147

V

Figura 4. Detalles del fruto y de las infrutescencias en los brotes mixtos (vegetativos y reproductivos) de un árbol femenino..... 128

Figura 5. Frecuencia relativa de a) inflorescencias producidas por brote, b) flores por inflorescencia, c) frutos formados en cada infrutescencia y, d) frutos producidos en cada brote durante la estación reproductiva de 2009 en San Juan De Los Cués, Oax. Las barras corresponden al error estándar; n=1200 brotes..... 129

Figura 6. Variación de frutos (arriba) y su número acumulativo (abajo) con respecto a la distancia desde el tallo, obtenida a partir de muestreos de valvas en el suelo bajo la copa de hembras de linaloe. Los círculos negros representan el promedio de 12 muestras tomadas en tres árboles en los cuatro puntos cardinales..... 131

Figura 7. Número acumulado de frutos en los cuatro cuadrantes de la copa, determinado a partir de conteos de valvas en el suelo..... 132

Figura 8. Distribución de la fructificación en las ramas gruesas de la copa..... 133

Figura 9. Relación entre el diámetro (arriba) y el área basal (abajo) del árbol y número de frutos. Para diámetro basal: $y = - 20460 + 1414.95 \text{ db}$. $R^2 = 0.7195$. Para área basal: $y = - 3136.077 + 333312 \text{ ab}$. $R^2 = 0.7722$ 134

Figura 10. Número de frutos ha^{-1} en 66 sitios de un área semillera potencial de San Juan de los Cués, Oaxaca. 135

COLECTA DE FRUTO, SELECCIÓN Y GERMINACIÓN DE SEMILLA DE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) 140

Figura 1. Semilla viable de frutos muestreados aleatoriamente (n=13000) de 65 árboles de linaloe localizados en distintos ambientes. 149

Figura 2. Árboles de linaloe de buen vigor, sanos y ramas con fruto. 151

Figura 3. Flores y frutos de linaloe. (A) Inflorescencia femenina, (B) Infrutescencia con uno y >5 frutos, (C) Fruto bivalvado y (D) Fruto trivalvado. 151

Figura 4. Fruto y semilla listo para cosecha (A), semilla viable de testa negra y arilo rojo (B) y semilla vana de testa blanquecina y arilo de un rojo claro e irregular (C)..... 153

Figura 5. Cosecha de fruto y semilla en recipientes de palma. 154

X

Figura 7. Canal de distribución de la esencia de linaloe.....275

Figura 8. Productos comercializados en ferias.....276

Figura 9. Esencia y productos de linaloe a partir del fruto. La oferta se lleva a cabo en ferias regionales de los estados de Morelos, México, Oaxaca y Jalisco.285

XIV

COMERCIALIZACIÓN DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA 264

Cuadro 1. Número de piezas y costo en función del diámetro del trozo..... 271

Cuadro 2. Costos de producción anual para artesanías de linaloe..... 272

Cuadro 3. Tipo de cajas que se producen con madera de linaloe. 275

Cuadro 4. Costos de producción e ingresos de los carpinteros. 278

Cuadro 5. Precios de producción e ingresos de los artesanos. 279

Cuadro 6. Márgenes de comercialización del proceso productivo de linaloe... 281

Cuadro 7. Precios medios de artesanías en blanco y decoradas con madera de linaloe..... 282

VII

Figura 6. Manejo de fruto y selección de semilla: (A) separación de fruto pequeño, (B) abertura de valvas y (C) separación de valvas de las semillas con ventilador. 155

Figura 7. Peso seco promedio de 100 semillas de 8 poblaciones de linaloe. (Peso promedio general=5.48 gr, n=78 árboles y 1560 semillas) 156

Figura 8. Germinación de semilla de linaloe colectada en el paraje Puesta de los Borregos, San Juan de los Cués, Oax., después de un año de almacenada a 4°C por un año. 157

Figura 9. Germinación de semilla de linaloe colectada en poblaciones naturales en Chimalacatlán, Mor. después de la cosecha en 2009..... 158

Figura 10. Germinación acumulada de semilla de linaloe colectada en poblaciones naturales en Chimalacatlán, Mor. después de la cosecha en 2009..... 159

RECOMENDACIONES Y FUNDAMENTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE POBLACIONES NATURALES DE LINALOE 165

Figura 1. Remoción de ramas muertas, afectadas por barrenador. 173

EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) EN LOS ESTADOS DE MORELOS Y GUERRERO 177

Figura 1. En la primera mitad del siglo veinte la extracción de aceite de linaloe, fue a partir de madera, pero actualmente este proceso solo existe a partir de fruto..... 179

Figura 2. Localidades que en el siglo XX, realizaban aprovechamiento de Linaloe para extracción de aceite comercial. 180

Figura 3. Equipo desarmado y colocado en lugares inadecuados para su buena conservación (Mezquitlán, Gro.)..... 181

Figura 4. A la izquierda el cernidor que se utiliza para limpiar el fruto de linaloe lo usan como secador de chile. A la derecha la Sra. Lucia de Mezquitlán, Gro., utilizando el molino eléctrico. 181

Figura 5. Fruto colectado ya limpio listo para pasarlo al molino. 184

Figura 6. Molino eléctrico para triturar el fruto y así poder quitarle la semilla..184

XI

Índice de Figuras Pág.

ADAPTACIÓN ECOLÓGICA Y CLIMÁTICA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)..... 1

Figura 1. Muestra herborizada de linaloe en herbario..... 4

Figura 2. Población de linaloe en un terreno de origen metamórfico con pendiente mayor al 60% en el Sur de Puebla..... 7

Figura 3. Población de linaloe en terreno pedregoso y erosionado con más del 30% de pendiente en la región de la Cañada, Oaxaca..... 9

Figura 4. Árbol de linaloe desarrollando con especies de cactáceas (A) y plántula ramoneada por el ganado (B).....10

Figura 5. (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.....11

Figura 6. Árboles de linaloe en la Selva Baja Caducifolia.....13

Figura 7. Árbol de linaloe en Guerrero (A) y en Oaxaca (B).....15

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LINALOE EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA.....32

Figura 1. Variables utilizadas para la determinación de la distribución potencial del linaloe.....47

Figura 2. Frecuencia de rangos de altitud en sitios con presencia de linaloe.....48

Figura 3. Frecuencia de rangos de temperatura en sitios con presencia de linaloe.....48

Figura 4. Frecuencia de rangos de precipitación en sitios con presencia de linaloe.....49

Figura 5. Frecuencia de tipos de vegetación en sitios con presencia de linaloe.....49

Figura 6. Categorías (1 óptimo, color azul; 2 mediano, color verde; y 3 marginal, color rojo) de variables climatológicas para el desarrollo del linaloe. Primera aproximación (Cuadro 2).....51

Figura 7. Obtención de áreas adecuadas por altitud y temperatura para el desarrollo de linaloe.....52

VIII

Figura 7. Cernidor rústico utilizado para separar la semilla de la pulpa del fruto de Linaloe..... 185

Figura 8. La caldera se calienta con una hornilla utilizando gas butano (Izquierda), se conecta con manguera de hule de pulgada y media al alambique que contiene el fruto de linaloe..... 185

Figura 9. El serpentín en la parte derecha; la manguera de hule negro por donde llega agua fría. En la parte inferior, la manguera negra conduce la salida de agua caliente y la manguera blanca la salida de aceite mezclado con agua En la izquierda alambique, serpentín y florentino..... 186

Figura 10. El florentino donde se separa el aceite del agua por diferencia de densidad. El aceite en la parte superior y el agua sale por la llave de bronce. A la izquierda una conexión y estructura más completa del florentino..... 186

Figura 11. A la izquierda los representantes del grupo de Chimalacatlán, Mor. con el equipo completo de extracción; caldera en la parte posterior al alambique el de mayor tamaño, conectado al serpentín colocado horizontalmente en la parte superior y finalmente conectado al florentino sobre una caja improvisada..... 187

Figura 12. Jabón de tocador con buena presentación, además de su propiedad antiséptica. A la izquierda producto de Chimalacatlán, Mor., a la derecha producto de Mezquitlán, Gro.....189

Figura 13. Presentación única de atomizador con 20ml de Chimalacatlán, Mor., (izquierda) y de 15 ml de aceite esencial de Mezquitlán, Gro., (derecha)..... 190

Figura 14. Presentación en frasco de crema para piel reseca y gel repelente de insectos hecha por el Grupo de Tenchicolitlán..... 190

PROCESOS DE ELABORACIÓN DE CAJAS Y BAÚLES DE LINALOE EN OLINALÁ, GRO.....197

Figura 1. Troncos de árboles de linaloe.....200

Figura 2. Diversidad de Cajas ensambladas.....202

Figura 3. El rayado.....207

Figura 4. Artesanía elaborada con la técnica de dorado.....211

XII

Figura 8. Obtención de áreas adecuadas para el desarrollo de linaloe por altitud, temperatura y precipitación.....53

Figura 9. Obtención de áreas adecuadas para el desarrollo del linaloe por altitud, temperatura y precipitación en selva baja caducifolia.....54

Figura 10. Identificación preliminar de áreas potenciales para linaloe.....55

Figura 11. Localización de los municipios muestreados en los Estados de Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca.....58

Figura 12. Frecuencia de valores de pendiente del suelo en lugares con presencia de linaloe.....59

Figura 13. Distribución potencial del linaloe en los Estados de Puebla, Guerrero, Morelos y Oaxaca.....60

Figura 14. Áreas con potencial para linaloe en Regiones del Estado de Guerrero.....64

Figura 15. Áreas con potencial para linaloe en los municipios del Estado de Morelos.....66

Figura 16. Áreas con potencial para linaloe en la región de la cañada del estado de Oaxaca.....69

Figura 17. Áreas con potencial para linaloe en las regiones Valles Centrales, Sierra Sur e Istmo del estado de Oaxaca.....70

Figura 18. Áreas con potencial para linaloe en las regiones del Estado de Puebla.....73

Figura 19. Distribución actual (puntos de herbario más muestreos de campo) y potencial de linaloe en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca.....75

OBSERVACIONES PRELIMINARES DE LA FLORACIÓN, FRUCTIFICACIÓN Y DISPERSIÓN DE LA SEMILLA DE LINALOE.....108

Figura 1. Frecuencia del inicio, duración y término de fenofases de la yema en linaloe durante el final de la estación de crecimiento de 2008 y principios de la estación de 2009.....125

Figura 2. Detalles de las inflorescencias masculina (a) y femenina (b).....126

Figura 3. Frecuencia (%) para eventos de floración, anthesis, desarrollo de fruto y dispersión de semilla en linaloe durante la estación de crecimiento 2009.....127

IX

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina).....222

Figura 1. Datos silvícolas de los árboles muestreados y tipos de vegetación de los sitios de colecta.....225

Figura 2. a). Se introduce el taladro de Presslers y se utiliza un apoyo para dirigirlo, porque debe entrar lo mas recto posible, b). En esta foto se puede ver que ya solamente se está introduciendo el taladro, c). Obtención del cilindro de madera, d). Protección del árbol.....226

Figura 3. Medición de zonas de crecimiento identificadas con puntos en el cilindro de madera de linaloe.....227

Figura 4. Material disociado: elemento de vaso (izquierda) y fibra (derecha)...228

Figura 5. Características macroscópicas de la madera de linaloe.....233

Figura 6. Cortes típicos microscópicos de la madera de linaloe.....233

Figura 7. Características microscópicas relevantes de la madera de linaloe.....234

CATALOGO DE METABOLITOS SECUNDARIOS.....245

Figura 1. Toma de muestras (con algodones) de aceites del tallo de linaloe.....248

Figura 2. Contenido de aceites esenciales en fruto de linaloe.....253

Figura 3. Contenido de aceites esenciales en árbol macho de linaloe.....253

Figura 4. Muestra AC-01-hembra 1 obtenida por CG/MSD.....257

COMERCIALIZACIÓN DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA.....264

Figura 1. Herramientas y equipo de trabajo empleado en la elaboración de artesanías y en la destilación de esencia.....266

Figura 2. Corte del arbolado de linaloe con machete.....268

Figura 3. Comercialización de la madera en rollo de linaloe.....268

Figura 4. Procesamiento e industrialización del linaloe.....269

Figura 5. Ciclo de producción y venta de artesanías de linaloe.....270

Figura 6. Canal de distribución de las artesanías de linaloe.....274

XIII

INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia (SBC) está compuesta por una diversidad de especies, muchas de ellas endémicas (Castillo, 2003), adaptadas a las condiciones de estrés causadas por las altas temperaturas, bajas precipitaciones, sequías frecuentes y una estación seca prolongada (Miranda y Hernández, 1963; Trejo y Dirzo, 2002); dentro de ellas se encuentra el linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina). Las características de escasez de agua con la alta variabilidad dentro y entre años, la dominancia de suelos someros y pobres, la elevada biodiversidad de los diferentes ecosistemas determinan fuertemente el tipo de servicios y por lo tanto el bienestar de las poblaciones que se ubican en la SBC de la Costa del Pacífico de México (Maass *et al.*, 2005).

De acuerdo con estudios realizados el linaloe se distribuye principalmente en la selva baja caducifolia (SBC) (Rzedowski *et al.*, 2005; CONAFOR, 2010), en altitudes de 650 a 1500 m (Rzedowski *et al.*, 2004). La mayor parte de la SBC se encuentra en áreas con precipitaciones entre los 700 y 1200 mm y temperaturas entre 22 y 26°C; sin embargo, la variación en la precipitación es muy alta año tras año, se menciona que existe solo el 40% de probabilidad de que la lluvia de un año sea la promedio del lugar (Trejo, 1999).

En los ambientes de la SBC, la presencia, abundancia y crecimiento del linaloe depende 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* ha sido usada por los pobladores de las comunidades 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 en los alrededores de las poblaciones humanas que explotaron la especie.

La especie es un componente de las comunidades vegetales de la SBC donde predomina un clima característico del trópico seco, con dos estaciones bien marcadas: una húmeda en verano de junio a septiembre y una seca prolongada de noviembre a mayo; sin embargo, también puede localizarse con menor frecuencia en matorral espinoso.

La especie se registró en una altitud entre los 550m y los 1519m sobre el nivel del mar. En los muestreos de campo se encontró que en altitudes mayores, las plantas desarrollan en cañadas y en forma dispersa o ausente en los lomeríos y laderas (altitudes de 1350msnm). Los puntos en campo se ubicaron entre los 550m y los 1370m (Anexos A, B, C y D), y el análisis de frecuencia mostró que los mayores valores de la presencia de linaloe se encontraron entre los 600 y 1200m estos valores comprenden una mayor amplitud a la encontrada por Juárez (2008). Los terrenos presentaron pendientes de 25 a 60% (Figura 2). Estas pendientes tienen relación con las características ecológicas de la selva baja caducifolia donde las pendientes suaves son muy limitadas.

El linaloe se encontró con más frecuencia en la exposición sur (52%) y con menos posibilidades de registrarse en las otras exposiciones, esto no significó su ausencia total en dichas condiciones. Este aspecto es de particular interés por la mayor radiación solar que se recibe en la exposición sur y que coincide con el periodo desfavorable de baja precipitación y que ocasiona un mayor estrés de agua en la planta (Gallardo-Cruz *et al.*, 2009)

Índice de Anexos

Pág.

ADAPTACIÓN ECOLÓGICA Y CLIMÁTICA DE LINALOE (<i>Bursera linanoe</i> (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)	1
ANEXO A. Municipios del estado de Oaxaca donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	21
ANEXO B. Municipios del estado de Puebla donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	22
ANEXO C. Municipios del estado de Guerrero donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	24
ANEXO D. Municipios del estado de Morelos donde se ubicaron los sitios de muestreo en campo con algunas características descriptivas.....	26
ANEXO E. Relación de especies registradas en los muestreos de campo para determinar la distribución de linaloe.	27
PROCESOS DE ELABORACIÓN DE CAJAS Y BAÚLES DE LINALOE EN OLINALÁ, GRO.....	197
ANEXO 1. SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAJITAS DE LINALOE.	221
CATALOGO DE METABOLITOS SECUNDARIOS	245
ANEXO 1. Ilustraciones de las pruebas de laboratorio	260

Se han realizado estudios de la distribución geográfica de linaloe utilizando los modelos GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction) y BIOCLIM usando 19 parámetros climáticos con ellos se generó el mejor modelo de distribución geográfica (Domínguez, 2008).

Para promover la conservación, aprovechamiento, manejo y reforestación de la especie en referencia en las áreas naturales de distribución y en las potenciales es necesario el conocimiento de los requerimientos ecológicos, climáticos y fisiológicos de la especie. Con la finalidad de contribuir a generar información al respecto se realizaron 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de las variables ecológicas

Con la finalidad de conocer los lugares de colecta de linaloe y determinar los sitios potenciales de muestreo de campo para recabar información ecológica se visitaron los siguientes herbarios: Herbario Nacional (MEXU), Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME), Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), Herbario del Colegio de Posgraduados (CHAPA), Herbario de la Universidad Autónoma Chapingo (CHAP) y los herbarios del Campo Experimental de Zacatepec (CEZACA) y de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO). En la revisión de los ejemplares solo se registró la información de las muestras botánicas colectadas en distintas localidades; ya que en algunos casos se encontró más de un ejemplar del mismo lugar de colecta. En total se registró la información de 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).

ADAPTACIÓN ECOLÓGICA Y CLIMÁTICA DE LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina)

Cruz-Cruz, E.¹, V. Mariles-Flores¹, F. Solares-Arenas², M. Gómez-Cárdenas¹, V. Serrano-Altamirano¹, D. Ayerde-Lozada³, M. E. Fuentes-López⁴, J. F. Castellanos-Bolaños¹, S. Orozco-Cirilo¹, D. Vargas-Álvarez⁵, A. Borja de la Rosa⁶.

RESUMEN

El linaloe es una especie que se desarrolla en comunidades que componen la Selva Baja Caducifolia. El aprovechamiento de la madera para la fabricación de cajitas en Olinalá, Guerrero y del fruto para extracción de aceites han ejercido una presión significativa sobre las poblaciones naturales. Para revertir el proceso de degradación de estas poblaciones se requiere del conocimiento de su adaptación ecológica y climática para establecer nuevamente las poblaciones o promover su conservación. Se realizó el presente trabajo con la finalidad de recabar información disponible en la literatura, en los herbarios y muestreos de campo en los estados de Oaxaca, Puebla, Morelos y Guerrero. Se visitaron los herbarios MEXU, FCME, ENCB, CHAPA, CHAP, CEZACA y HUMO. Los muestreos de campo consistieron en el trazo de 73 transectos en toda el área de estudio con un total de 730 puntos muestreados ubicados cada 10 m sobre los transectos. En cada punto se registró la ubicación geográfica, altitud, pendiente, exposición, material parental, profundidad de suelo, textura al tacto, tipo y condición de la vegetación y especies asociadas presentes y se tomó una muestra compuesta de suelo en los primeros 10 cm para registrar presencia de carbonatos y materia orgánica. Los resultados mostraron que el linaloe se encuentra en altitudes entre 550 y 1519 m y con la mayor frecuencia entre los 600 y 1200 m; en pendiente entre 25 y 60%, exposición sur (Frecuencia 52%), en sustrato metamórfico (Frecuencia 48%) e ígneo (Frecuencia 45%), pedregosidad entre 20 y 30%, pH de 5 a 8, materia orgánica entre 1.8 y 8%, bicarbonatos de 0.7 a 4.7 meq/L y calcio de 4.4 a 39.7 meq/100g; se asocia con otras especies de *Bursera*, chupandía (*Cyrtocarpa procerca*), brasil (*Haematoxylum brasiletto*), cacaloxochitl (*Plumeria rubra*), cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), tepemezquite (*Mimosa* sp.), diversas especies de cactáceas, y palo verde (*Cercidium praecox*).

¹Investigador Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca INIFAP

²Investigador Campo Experimental Zacatepec-Morelos INIFAP

³Investigador Campo Experimental Iguala-Guerrero INIFAP

⁴Investigador Campo Experimental San Martinito Puebla INIFAP

⁵Profesor investigador Universidad Autónoma de Guerrero

⁶Profesor investigador Universidad Autónoma Chapingo

1

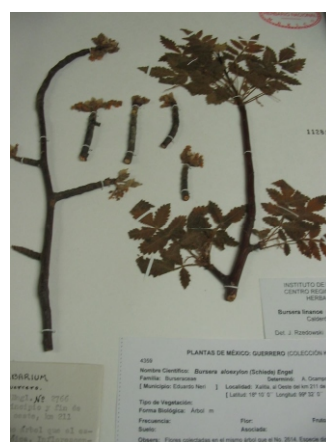


Figura 1. Muestra herborizada de linaloe en herbario.

Información de campo

Para la obtención de la información de campo se elaboró un formato para el registro de la ubicación geográfica, altitud, pendiente, exposición, material parental, profundidad de suelo, textura al tacto, tipo y condición de la vegetación y especies asociadas presentes. Al mismo tiempo se tomó una muestra compuesta de suelo en los primeros 10 cm para registrar presencia de carbonatos y materia orgánica.

Con el apoyo de los mapas de distribución potencial y actual se ubicaron puntos estratégicos de muestreo de campo tomando en consideración la accesibilidad, la extensión de la condición óptima de adaptación de la especie (Capítulo de distribución) y la representatividad en los cuatro estados. Para facilitar los recorridos de campo se visitaron las autoridades civiles y agrarias de las comunidades del área de muestreo. Con el apoyo de ellos y los productores se definieron las rutas de recorrido en las áreas con la posible presencia de la especie. En el trayecto se ubicó el lugar específico de muestreo trazando un transecto de 100 metros perpendicular a la pendiente. Sobre el transecto se ubicaron puntos

4

cada 10 metros para registrar la presencia o ausencia de la especie y donde a su vez se anotó la información del formato previamente codificado. En total se trazaron 73 transectos y se registraron 730 puntos; de ellos, en 179 se registró la especie.

La información ecológica y climática se procesó con sistemas de información geográfica y se generaron los mapas de distribución actual y mapas de distribución potencial que se presentan en el capítulo correspondiente. La información de este apartado se analizó con métodos gráficos y frecuencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características ecológicas de adaptación de linaloe

Con la información disponible en la literatura, de los herbarios y la obtenida en campo se definió el cuadro de requerimientos climáticos y ecológicos de linaloe (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimientos climáticos y ecológicos resultado de la revisión bibliográfica, de consulta a herbarios y muestreos de campo por el área de distribución de linaloe en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca.

Variable	Óptimo	Mediano	Marginal
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		

Fuente: Información de campo; Alexiades y Shanley (2004); Hersch, *et al.*, (2004); Rzedowski *et al.*, (2004); Rzedowski *et al.*, (2005); Serrano *et al.*, (2007); Herbarios: MEXU, FCME, ENCB, CHAPA, CHAP, CEZACA y HUMO.

5

ausencia en sustrato sedimentario y suelos con altos contenidos de arcilla. Las muestras de 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 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 degradación de las poblaciones de linaloe se observaron como 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 del municipio de Olinalá, Gro. esta degradación es mayor y a medida que se aleja de estos centros de población el deterioro disminuye. Observaciones similares fueron mencionados por García *et al.* (2005) y Palacios *et al.* (2008). 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 están contribuyendo a este problema. Para revertir el proceso de degradación, es importante regularizar la extracción de la especie, elaborar los planes de manejo, estimar la demanda del recurso por los artesanos y destiladores de aceite, establecer convenios de abastecimiento con comunidades vecinas próximas a los centros de demanda de materia prima, 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 (sistemas silvopastoriles). En la actualidad es imprescindible la implementación de acciones para la conservación de los recursos de la SBC, lo cual ha sido señalado por Lott y Atkinson (2006) basados en la riqueza de especies y niveles de endemismo.

Palacios S., J.E. E. Mejía S. y J.L. Oropeza M. 2008. Impacto de las actividades económicas en los recursos suelo y vegetación. *Terra Latinoamericana* 27: 247-255.

Rzedowski, J., Medina, L. R. Rzedowski, C. G. 2004. Las Especies de *Bursera* (Burseraceae) en la Cuenca Superior del Río Papaloapan, México. *Acta Botánica Mexicana* No. 66. Pátzcuaro, Michoacán. México. pp. 23-151

Rzedowski, J., Medina, L. R. Rzedowski, C. G. 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.; López L. A.; Medina, G. G.; Cano, G. M. A.; Ruíz, 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.

Trejo V., I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín* 39: 40-52.

CONCLUSIONES

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

El linaloe se encontró con más frecuencia en altitudes entre los 600 y 1200 msnm, suelos pedregosos, con buen drenaje, someros, arenosos o franco arenosos; en suelos pesados con textura arcillosa, la planta presenta limitaciones, con preferencia en exposición sur, terrenos con pendientes entre 25 y 60% y sustrato ígneo y metamórfico.

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
Néjapa de Madero	1	10	712-721	Cerrada	Cuajote rojo, cuajote blanco, palo brasil, cubata, chuapandía, pochote, cactáceas (nopal)	Lomerio	No
San Bartolo Yautepec	1	10	983-1030	Cerrada / Regular	Cuajote rojo, palo brasil, espinazo de caballo	Lomerio	No
San Juan Bautista Cuicatlán	8	80	633-1205	Cerrada (30%) Regular (55%) Dispersa (15%)	Cuajotes, jiotilla, nopales, mala mujer, flor de mayo, cardón, lechuguilla, mantecoso, cuachalalate, sangre de grado	Escarpado / Lomerios	Si (19%) No (81%)
San Juan de los Cués	2	20	849-938	Regular	Pochote, jiotilla, nopales, palo verde, copalillo, lechuguilla	Lomerio	No
San Pedro Quiatoni	1	10	893-953	Cerrada	Piava, tepemezquite, cubata, cuajote rojo, pochote	Lomerio	No
Santiago Lachiguiri	1	10	140	Regular		Escarpado	No
Santiago Quiotepec	3	30	606-718	Cerrada (53%) Regular (47%)	Nopales, jiotilla, copalillo, flor de mayo, chuapandía, mantecoso, mala mujer, cazahuate, papelillo,	Escarpado / Ondulado	Si (30%) No (70%)
Tecomavaca	2	20	583-1174	Cerrada (30%) Regular (70%)	Papelillo, cubata, mala mujer, mantecoso, copalillo, cazahuate, pochote, flor de mayo	Escarpado / Lomerio	Si (15%) No (85%)
Tehuantepec	1	10	588-621	Cerrada	Tlahuitole, cuachalalate, flor de mayo, especies 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.

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 (%)
Tetecala	2	20	969-1125	Regular	Cuajote colorado, cuajote verde, tepemezquite, canchillo, matarrata, casahuate, uña de gato, ayoyote, cubata, tehuixtle, quebracha, uña de gato, zopilote, cazahuate	Escarpado / lomero	No
Tlaquitenengo	7	71	767-1086	Cerrada (34%) Regular (56%) Dispersa (10%)	Cuachalalate, Tepemezquite, Cazahuate, Estomecatl, Guayacan, Parotilla, Tepechequite, Granjeli, Palo Mulato, Cubata, Ciruelo, Orégano, Amate, Guayacán, Copal chino, Copale, Carroso, tehuixtle, ayoyote, palo dulce, cuajote verde, quebracho, palo brasil, cuaulote, vara blanca, quina, espino blanco, huizache, estomecatl, pata de cabra, guaje, tepehuaje, pegahueso, huaxocote, pochote, tecolohuixtle, papellilo, matarrata, tetlania, camarón, mezquite, cuajote colorado, órgano, candelabro, hincha huevos, cabeza de viejo, canelillo	Escarpado (44%) Ondulado (42%) Lomero (14%)	Si (21%) No (79%)
Tlaltizapan	5	50	900-1088		Bursera morelensis, cubata, cazahuate, pochote, matarrata, quebracha, palo brasil, ayoyote, copal chino, parotilla, chupandía, palo mulato, huizache, ciruelo, cuajote colorado, cuachalalate	Escarpado (40%) Ondulado (60%)	No

26

Anexo B, Cont...

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
Piaxtla	1	10	987-1003	Cerrada	Palo mulato, papellilo, flor de mayo, pochote, cierrcillo, caza huate, 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, jitilla, mezquite blanco, papellilo, copale, tepeguaje, lechuguilla	Escarpado	Si (30%) No (70%)
Teotlalco	2	20	947-1134	Cerrada	Garambullo, cuajote blanco, pitaya de agosto, pochote, palo brasil, cuachalalate, Orégano, estumeca, matarrata, flor de mayo, guayacán, tripa de judas, cubata, tlahuirole, lechuguilla, palo herrero, Chupandía	Escarpado	Si (90%) No (10%)
Xicotlán	1	10	1143-1189	Cerrada	Cazahuate, cubata, ciruelo de monte, palo herrero, paraca, tlahuirole, cuachalalate, copale, cuajote blanco, tepechequite	Escarpado	Si (20%) No (80%)

23

ANEXO E. Cont...

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-vazquezi</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
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.

30

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.
Bejucos	<i>Echinopterys eglandulosa</i> (A. Juss.) Small
Candelabro	<i>Lemairocereus weberi</i> (J.M. Coult.) Briton & 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</i> sp.
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.
Cuajote blanco	<i>Bursera fagaroides</i> (HBK) Engl.

27

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	Tepahuaje, 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, chupandía, 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, tlahuitole, pitaya de mayo, cascalote, copale, quina, orégano, flor de mayo, cuachalalate, copal, ahuaixtle, zapotito, tencalahuixtle, lancalayahuixtle, cositlali, copale, copalillo, chupandía, pata de cabra, pochote	Escarpado	Si (35%) No (65%)
Huitzaco de los Figueras	3	30	1118-1199	Cerrada (80%) Regular (20%)	Palma, fresnillo, canelillo, cuahuilote, tepahuaje, tetlatia, tepemezquite, bejuco tres costillas, pata de cabra, cuajote colorado, palo brasil, tepeschepile, chinanca, tripa de judas, huizache, cirrián, nanche silvestre, cubata	Escarpado	Si (50%) No (50%)

24

Anexo C, Cont...

Municipio	No. Transectos	Puntos	Altitud (msnm)	Condición de la vegetación	Especies Asociadas	Fisiografía dominante	Presencia de la especie (%)
Olimalá	1	10	1509-1525	Cerrada (20%) Regular (80%)	Nanche de perro, nopal, cazahuate, granjel, copal chino, quina, parotilla, órgano, cuajote verde, quebracha, tepahuaje, capitaneja, tecolohuixtle, cuahuilaha, amate, Quercus obtusata, estomecatl, ayoyote, mataarrata, huizache	Escarpado	Si (30%) No (70%)
Papalutla	1	10	1030-1081	Cerrada	Encino, espinazo de caballo, tepemezquite, tlahuitole, cuachalalate, pochote	Escarpado	Si (90%) No (10%)
Tecolapa	2	20	935-1142	Cerrada (50%) Regular (45%) Dispersa (5%)	Cuachalalate, tepeschepile, cazahuate, nopal, pochote, tlahuitole, barba de viejo	Escarpado	Si (25%) No (75%)
Teloloapan	1	10	713-809	Cerrada	Palo de Brasil, mezquite, guamuchil, tepemezquite, chamol, granjel, tepahuaje, cubata	Escarpado	No
Xochihuehuacán			1258-1275	Regular	Cuahuilaha, copal chino, palo dulce, nopal, cuajote verde, cazahuate, Cedrela, zopilote, bejuco, 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, tepahuaje, parotilla, capitoneja, cazahuate, tecolohuixtle, uña de gato	Lomerío	Si (30%) No (70%)

25

ANEXO E Cont...

Nombre Común.	Nombre Científico.
Cuahuilote	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Cubata	<i>Acacia cochliacantha</i> Humboldt & Bonpland
Encino	<i>Quercus</i> spp.
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</i> spp.
Organo	<i>Pachycereus grandis</i> Rose
Palo brasil	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst.

28

ANEXO E. Cont...

Nombre Común.	Nombre Científico.
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>Peniocerius serpentinus</i> (Lag. & Rodr.) N.P. Taylor
Pochote	<i>Ceiba aesculifolia</i> (H.B.K.) Brit. & Baker
Quegracha	<i>Celtis linheimeri</i> Engel. 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 tres 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.

29

La cartografía de uso del suelo y vegetación de INEGI (INEGI, 2000b), también fue relevante en este trabajo ya que permitió la delimitación de la selva baja caducifolia, que es donde predomina esta especie, y conocer las características edáficas que permiten o limitan el desarrollo de la especie.

Las variables de clima consideradas en este trabajo fueron la temperatura media anual y la precipitación pluvial acumulada durante el año. Estas variables fueron generadas por el INIFAP mediante el procesamiento de los datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y lluvia de todas las estaciones meteorológicas con las que cuenta la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en todo el país.

La delimitación de áreas que cumplieron con ciertos requerimientos de altitud, temperatura media anual y precipitación media anual fue el primer paso para la identificación de áreas que presentan condiciones favorables para el desarrollo del linaloe. Estos requerimientos se seleccionaron en una primera aproximación, con base en revisión de literatura sobre la especie y también a partir del acopio de información ambiental registrada en colecciones de ésta especie en los herbarios revisados.

Con base en esta primera delimitación y los datos obtenidos de los herbarios, se realizaron recorridos de campo mediante los cuales se corroboró la presencia de la especie en los sitios visitados. Sobreponiendo los puntos en los que se encontró la especie, sobre las áreas en las que se encontraron las condiciones definidas preliminarmente como favorables para su buen desarrollo, se logró contar con una mejor aproximación de las condiciones ambientales adecuadas para la especie y se volvió a realizar el proceso de ajuste de los niveles de requerimientos de clima y suelo, obteniéndose finalmente los resultados que se presentan en éste capítulo.

El análisis multivariado fue uno de los primeros intentos por agrupar regiones con características similares, a partir de información de los sitios medida en forma directa o indirecta, esta última, expresada por la interacción genotipo-ambiente, como lo expone y ejemplifica Cervantes *et al.* (1978). Las zonas agroecológicas, con fundamento en la metodología de la FAO, han sido utilizadas ampliamente en diversas partes del país principalmente por el Colegio de Postgraduados.

El concepto de megaambientes, usado por el CIMMYT basado en los Sistemas de Información Geográfica, requiere equipo computacional de alta capacidad de proceso y almacenamiento con la ventaja de que se pueden identificar las relaciones espaciales entre las características de cada región.

Los estudios de provincias agronómicas, reportados por Turrent (1986) y González *et al.* (1990), se basaron en el cociente precipitación/evaporación, como indicador del grado en que la lluvia satisface los requerimientos de humedad del cultivo, combinado con la profundidad del suelo. El trabajo de elaboración y sobreposición de los mapas temáticos se realizó en forma manual.

En 1992, el INIFAP inició a nivel nacional, estudios llamados determinación del potencial productivo para las especies vegetales más importantes en cada estado, usando computadoras, programas de cómputo especializados y datos procesados digitalmente. Con éste trabajo se generó una base de datos georreferenciada y flexible, que permite en forma muy rápida, identificar, caracterizar y delimitar zonas con características específicas con potencial para la producción de especies vegetales, con base en sus requerimientos de clima y suelo (INIFAP, 1993). Dicha base de datos se ha actualizado progresivamente principalmente en cuanto a resolución y a la incorporación de información surgida después de su generación (Serrano y Cano, 2003; Serrano *et al.*, 2005; Serrano *et al.*, 2006; Serrano *et al.*, 2007).

Nombre Común.	Nombre Científico.
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.

IMPORTANCIA DEL CLIMA

Dentro de los componentes ambientales que tienen una mayor influencia en la adaptación, distribución y productividad de los seres vivos, se encuentra el clima (FAO, 1981; Critchfield, 1983). Las condiciones en las que una especie puede desarrollarse adecuadamente, las determinan especialmente el clima y el suelo y a partir de éstos, generalmente se escoge una opción para la explotación agrícola, pecuaria o forestal, atendiendo también a factores socioeconómicos y políticos (Dennett y Elston, 1994).

Para evaluar las disponibilidades o limitantes climáticas de una región determinada, es necesario caracterizar cuantitativamente el comportamiento de los diversos elementos del clima, como temperatura, precipitación pluvial, humedad ambiental, evaporación, radiación solar, viento y otros (Villalpando *et al.*, 1991; Villalpando y García, 1993), lo que se logra eficazmente, si se dispone de datos climatológicos representativos y confiables, así como las herramientas adecuadas para el proceso y análisis de la información (Castro y Arteaga, 1993).

Un aspecto fundamental que el clima determina sobre los seres vivos es su adaptación; las características climáticas distintas en cuanto a temperatura, duración del día, humedad, luminosidad y precipitación pluvial, establecen condiciones de selección natural para las especies, las cuales responden de manera diferente a estos gradientes. Dentro de las aplicaciones importantes se encuentra la agricultura, en la cual diversas observaciones explican la respuesta de los cultivos a la influencia del clima (Villalpando y Ruiz, 1993; Rijks, 1994).

La influencia de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo vegetal corrobora lo anterior; a menudo un cambio de pocos grados propicia un cambio significativo en la tasa de crecimiento de una población. En cualquier etapa de su ciclo de vida, cada especie o variedad, posee una temperatura mínima umbral debajo de la cual no

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LINALOE EN LOS ESTADOS DE GUERRERO, MORELOS, PUEBLA Y OAXACA

Mariles-Flores, V.¹, E. Cruz-Cruz¹, V. Serrano-Altamirano¹, M.A. Cano-García¹, M. Gómez-Cárdenas¹, S. Orozco-Cirilo¹, F. Solares-Arenas², J. F. Castellanos-Bolaños¹, M. E. Fuentes-López³, D. Vargas-Álvarez⁵, A. Borja de la Rosa⁶

RESUMEN

En éste capítulo se presenta la metodología utilizada para determinar la localización espacial de áreas con características de clima y suelo, favorables para el desarrollo del linaloe. También se discuten los resultados obtenidos de éste análisis y mediante información generada directamente de trabajo de campo en lugares seleccionados de acuerdo a sus condiciones de potencial para el desarrollo del linaloe. Se incluye la localización de sitios donde se documentó físicamente la presencia de la especie. En el estado de Guerrero se identificaron las mayores superficies con potencial óptimo para el desarrollo de linaloe, aunque estas áreas se encuentran muy dispersas, no obstante, en municipios como Copalillo, Eduardo Neri y Huitzuco se tienen áreas con superficies mayores a las 10,000 hectáreas con potencial óptimo. En el estado de Oaxaca también se localizaron superficies importantes con potencial óptimo principalmente en las regiones del Istmo y Sierra Sur. En el estado de Puebla las áreas más importantes con potencial óptimo se localizan en la región de la Mixteca Poblana y en el estado de Morelos con menos de 10,000 ha con potencial óptimo se destaca el municipio de Tlaquiltenango con 7,366 ha. Con base en los recorridos de campo, la especie se localizó principalmente en la región en la que colindan Guerrero y Puebla, donde se encuentran 132 de los sitios donde se encontró físicamente linaloe. El resto de los lugares donde se encontró esta especie es en el sur de Morelos (15 puntos) y en la región de la Cañada en Oaxaca (33 puntos). Es importante mencionar que en los recorridos realizados en la región de Istmo, no se encontró físicamente la especie aún cuando en ésta región se determinó una superficie muy grande con potencial óptimo o mediano para esta especie.

¹Investigador Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca INIFAP

²Investigador Campo Experimental Zacatepec-Morelos INIFAP

³Investigador Campo Experimental Iguala-Guerrero INIFAP

⁴Investigador Campo Experimental San Martinito Puebla INIFAP

⁵Profesor investigador Universidad Autónoma de Guerrero,

⁶Profesor investigador Universidad Autónoma Chapingo

crece (Del Pozo *et al.*, 1987), una temperatura óptima (o rango de temperaturas) en la que crece con una tasa máxima (Ruiz *et al.*, 1999; Ruiz, 2002) y una temperatura máxima por arriba de la cual no crecerá (Summerfield *et al.*, 1989). En general, el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales está adaptado a las temperaturas de sus ambientes naturales; las especies alpinas tienen mínimos, máximos y óptimos bajos, y las tropicales tienen temperaturas cardinales mayores. Las plantas que se encuentran en condiciones cercanas a las temperaturas umbral mínima o máxima, con frecuencia están bajo tensión o estrés y no desarrollan satisfactoriamente o no producen de manera económicamente rentable (Salisbury y Ross, 1994).

La distribución geográfica de las especies está en función de las condiciones climatológicas predominantes, pues se observa una fuerte correlación entre tipos climáticos y tipos de vegetación (Köppen, 1936; García, 1973; Rzedowski, 1983). Estos principios también comprenden a las especies cultivadas y silvestres, donde el clima define las áreas potenciales de producción (Ruiz *et al.*, 1995a; Ruiz *et al.*, 1995b; Ruiz *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 1996; Sánchez *et al.*, 1998). Tal situación vislumbra la posibilidad de que mediante el manejo de la información de manera espacial, se puedan ubicar las áreas que cumplen con los requerimientos en cuanto a clima y suelo de una especie en particular.

METODOLOGÍA

Métodos para la determinación de distribución potencial de especies vegetales de interés

La sobreposición de capas que cumplen con diferentes características es uno de los métodos más sencillos y por lo tanto más utilizados en la delimitación de áreas que cumplan con determinadas condiciones. El trabajo de sobreponer manualmente cartas topográficas con isoyetas de lluvia y generar una nueva capa conteniendo solo la información seleccionada de altitud para ciertos valores de precipitación, consumía

INTRODUCCIÓN.

El linaloe es una especie de importancia económica de manera particular para las comunidades que se dedican a elaborar artesanías con su madera (Hersch, *et al.*, 2004). Debido principalmente a que ésta actividad ha sido predominantemente extractiva, las poblaciones naturales de esta especie han disminuido generando una preocupación en las personas que utilizan su madera y también en instituciones relacionadas con la conservación de ésta y otras especies.

La toma de decisiones para revertir o mitigar esta problemática, requiere entre otras cosas, de información lo más cuantitativa y objetiva posible acerca de las condiciones en las que se encuentra actualmente la especie y también de las potencialidades que representan algunas características de suelo y clima prevalecientes en las áreas en las que se encuentra la especie o en otras en que pueda prosperar satisfactoriamente.

Una primera necesidad de información consiste en determinar la distribución espacial de la especie para dimensionar la magnitud del problema de una manera lo más cercana a la realidad. Para ello, es necesario hacer uso de herramientas especializadas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de datos como la cartografía digital generada por instituciones que cuentan con la infraestructura, equipos necesarios como el INEGI o la interpolación de datos de estaciones meteorológicas para toda una región a partir de observaciones puntuales que ha realizado el INIFAP, además de consultar colectas de la especie resguardada en herbarios y complementada con recorridos de campo.

Para la determinación de la distribución espacial de linaloe en la zona de interés, se procesó en primer término, información altitudinal procedente de los modelos de elevación digital (MED) producidos por el INEGI (INEGI, 2000a). Mediante el procesamiento del MED se obtiene también la pendiente del terreno, que es una variable muy importante en el análisis de las condiciones ecológicas y ambientales.

mucho tiempo, además de que no era un proceso que pudiera repetirse fácil y rápidamente. Mientras más capas de información se consideraban, más complicado era el proceso de análisis, de tal manera que llegaba a ser impráctico manejar todas las capas deseables y disponibles de información. Un ejemplo de éste proceso fue el trabajo realizado por Turrent (1986), que generó provincias agronómicas para los cultivos de maíz y frijol, utilizando sobreposición de cartografía impresa de topografía, lluvia, evaporación y temperatura.

Con el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica y los equipos de cómputo accesibles, este trabajo se hizo mucho más eficiente y tal vez lo más importante es que una vez capturada la información original, el procedimiento podía repetirse cuantas veces fuera necesario, dentro de tiempos de procesamiento razonable, lo que permitió hacer modificaciones y mejoras a la metodología. Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta de manejo de información espacial, han facilitado la realización de estudios encaminados a integrar sistemas de información climática, en la generación de imágenes temáticas correspondientes a variables climatológicas disponibles de registros puntuales (Temperatura, precipitación, evaporación). Ejemplos de estos sistemas son los desarrollados por el INIFAP para el diagnóstico de áreas potenciales de especies agrícolas, pecuarias y forestales (INIFAP, 1993; INIFAP, 1994; Medina *et al.*, 1994; Medina *et al.*, 1998).

Sobre la misma temática, Ortiz (1990), menciona que la regionalización permite hacer comparaciones del potencial productivo entre las regiones delimitadas y entre las principales metodologías utilizadas consigna las siguientes:

- 1) Análisis multivariado.
- 2) Zonas agroecológicas.
- 3) Megaambientes.
- 4) Provincias agronómicas.

dinámicas y fórmulas, mediante las cuales se obtuvieron las estadísticas básicas para cada una de las estaciones seleccionadas. Para la estimación de los datos faltantes de evaporación, en años con menos de 100 días sin registros, se utilizó una regresión lineal forzada al origen, usando como variables independientes a la temperatura mínima y temperatura máxima diarias; que fue el método que dio el mayor coeficiente de determinación.

Para obtener los mapas raster se compararon diferentes modelos de interpolación mediante la técnica del “punto ficticio” (López, 1995), finalmente fue seleccionado el programa Anusplin (Hutchinson, 2004). Con los datos puntuales de cada una de las estaciones climáticas y sus coordenadas, se generaron los mapas mensuales en formato raster con resolución de 90x90 metros, utilizando el SIG Idrisi (Eastman, 2006a; Eastman, 2006b). Esta información posteriormente se exportó a formato raster de ArcGis (ESRI, 2008) para poder realizar otros procesos que son más eficientes con este software.

Análisis de la información

Para determinar la distribución potencial de linaloe se analizó en primer término cuales de las variables de suelo y clima disponibles en formato digital, tenían correlación con el comportamiento de la especie. Este análisis se realizó con base en información disponible en literatura e información registrada en colectas de ésta especie, disponibles en herbarios especializados.

Para la definición de los valores de las variables de clima y suelo utilizados en la determinación de la distribución potencial preliminar, además de utilizar la información obtenida en literatura, se incluyó la información reportada en 195 colectas de esta especie, existentes en los siguientes herbarios: Herbario Nacional de México (MEXU), Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME), Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto

tropicales y subtropicales que tienen variantes entre las que predominan los subhúmedos y dentro de éstos también se encuentran principalmente climas semicálidos seguidos de los cálidos y en menor proporción los templados (Medina *et al.*, 1998). En los estados de Guerrero, Morelos y Oaxaca predomina el clima de Trópico subhúmedo cálido, mientras que en Puebla predomina el clima de subtrópico subhúmedo templado.

La vegetación existente en la zona es de 30.5% de selvas, 32.5% de Bosques y 12% de pastizales, Agricultura 20.5%, el 3% corresponde a otros tipos de vegetación como: Chaparral, Manglar, Matorral Crasicaule, Matorral Desértico Rosetófilo, Mezquital, no aplicable, Palmar, Popal, Pradera de Alta Montaña, Sabana, Tular, Vegetación de Dunas costeras y Vegetación de Galería, mientras que el porcentaje restante corresponde a cuerpos de agua 1% y zonas urbanas 0.5% de acuerdo al Uso de suelo y Vegetación de Serie II de INEGI.

Determinación de los rangos de las variables.

Los rangos de las variables se determinaron en una primera aproximación, con base en la información obtenida en los registros de las 195 colectas que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Colectas de linaloe reportadas en herbarios de México.

Herbario	Colectas
Universidad Autónoma Chapingo (CHAP)	17
Colegio de Posgraduados (CHAPA)	4
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (ENCB)	20
Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME)	32
Herbario Nacional de México (MEXU)	89
Campo Experimental Zacatepec	2
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO)	31
Total	195

Mediante la sobreposición de la localización geográfica de los puntos de las 195 colectas, sobre las imágenes de altitud, temperatura,

Un enfoque que se basa en la definición de reglas para identificar nichos ecológicos denominado GARP (Stockwell and Noble, 1992; Stockwell and Peters, 1999) por sus siglas en inglés (Genetic Algorithm for Rule-Set Production) ha sido utilizado junto con información de percepción remota y Sistemas de Información Geográfica, para predecir aspectos como selección de hábitats de pino (Gilboy, 2002), la distribución espacial de especies invertebrados (Stockman *et al.*, 2006). Este enfoque utiliza puntos donde se conoce que se encuentra presente la especie de interés y los combina con capas geográficas que representan los parámetros ambientales que condicionan las capacidades de la especie para sobrevivir. Esta metodología es bastante útil cuando no se dispone de datos que permita establecer los rangos de adaptación para cada uno de los factores climáticos de los que se dispone información y en cambio se conocen puntos donde se desarrollan individuos de una especie.

Los Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), se define de una manera simple como un sistema para captura, almacenamiento, manipulación, análisis y representación visual de datos espaciales o geográficos en forma de puntos, líneas o polígonos (Congalton and Green, 1992). Los datos (puntos, líneas y polígonos) contienen atributos asociados de tal manera que un punto puede representar la posición de un pozo profundo, una línea puede ser una carretera estatal con su clave y un polígono puede ser una parcela. Aunque el concepto de SIG fue acuñado desde los 60's su definición sigue vigente. Sin embargo, lo que ha cambiado mucho ha sido el equipo utilizado en un SIG en todos los aspectos contenidos en su definición.

Los datos geográficos pueden ser representados en formato “raster” o en formato de vector. Los datos raster se almacenan en forma de malla o pixel asociado a algún sistema de coordenadas (como longitud y latitud). El tamaño de la malla o del pixel puede variar y ello determina la resolución espacial. Los datos raster son fáciles de manipular computacionalmente pero generalmente requieren de

Politécnico Nacional (ENCB), Herbario del Colegio de Posgraduados (CHAPA), Herbario de la Universidad Autónoma Chapingo (CHAP), Herbario del Campo Experimental Zacatepec (CEZACA) y el Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO).

En cada uno de los herbarios se recabó la siguiente información: 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, fenología, otras observaciones, usos, parte utilizada, fecha de colecta, colector, determinador, revisor y nombre del herbario. En las colectas en que no se registraron coordenadas de la colecta, éstas se ubicaron con el nombre de la localidad, municipio, estado y otras referencias del sitio.

Las coordenadas de los 195 puntos, se sobrepusieron sobre las coberturas de clima, altitud y vegetación para obtener los valores de las variables de altitud, temperatura media anual, precipitación media anual y tipo de vegetación, existentes en cada uno de los puntos. El análisis de las frecuencias de los valores de éstas variables, combinado con la información recopilada en literatura (Alexiades y Shanley, 2004; Espinosa, 2006; Hersch *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005; Serrano *et al.*, 2007 y Turrent, 1986), permitió definir los rangos para los niveles de potencial óptimo, mediano y marginal.

Una vez definidos los rangos de las variables de clima y suelo, adecuados para linaloe, se reclasificaron las imágenes dejando sólo las categorías de potencial óptimo (1), mediano (2) y marginal (3). Las imágenes reclasificadas se sobrepusieron por pares y se obtuvieron las áreas cuyas condiciones fueron “óptimas” para la especie en todas las variables utilizadas y también las áreas con potencial mediano y las áreas con potencial marginal.

El producto de éste procedimiento de sobreposición de imágenes generó una primera aproximación de áreas con potencial de linaloe.

mucho espacio para su almacenamiento. Las imágenes de satélite son un buen ejemplo de este tipo de formato.

La representación de datos en formato de vector, utiliza una serie de puntos (con coordenadas “x” e “y” asociadas) para definir la frontera del objeto de interés. Este tipo de datos requiere menos espacio de almacenamiento y generalmente se prefiere para visualización pues produce una mejor representación de la forma de un objeto, sin embargo, algunos procesos computacionales son difíciles de efectuar y podrían requerir de mucho tiempo de procesamiento.

La distribución potencial de linaloe

Información requerida

La determinación de la distribución potencial de linaloe requirió de información climática generada a partir de información diaria de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial de estaciones meteorológicas del tipo ordinario y observatorios meteorológicos, pertenecientes a la Red de Monitoreo Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en cada uno de los estados del país.

Esta información fue analizada primero para asegurar su consistencia y veracidad y sólo se procesó la información de las estaciones que cumplieron con un mínimo de datos. Por ejemplo para el caso del estado de Oaxaca de las 111 estaciones consideradas, 44 estaciones tienen más de 40 años de datos y sólo 20 estaciones tienen menos de 20 años de datos (Serrano *et al.*, 2005). Los mismos criterios fueron utilizados para el caso de Guerrero (Serrano *et al.*, 2007), Morelos (Díaz *et al.*, 2008) y Puebla (Díaz *et al.*, 2007).

La información puntual de las estaciones climatológicas consideradas se interpoló tomando como base el modelo de elevación digital (INEGI) con una resolución de 90 x 90 m, a cada pixel se le asignó

Con base en ésta aproximación, se seleccionaron los municipios que en cada estado concentraron la mayor parte de la superficie total estatal con potencial óptimo y se diseñaron recorridos de campo en áreas de esos municipios. Mediante la información de los recorridos de campo, se afinaron los valores definidos en la primera aproximación como adecuados para linaloe y se generó nuevamente mediante sobreposición de las imágenes de las variables consideradas, la determinación de las áreas con potencial para linaloe.

La distribución actual de linaloe se determinó con base en la sobreposición de los puntos en los que se documentó la presencia física de la especie, como producto de los recorridos de campo y de la información reportada en los herbarios.

entonces un valor de cada una de las variables analizadas. El producto final consistió en un mapa para cada mes del año de cada una de las variables de clima siguientes: temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, precipitación. De estos mapas, se generó a su vez un mapa para cada una de estas variables a nivel anual.

Se integró una base de datos climatológicos diarios a partir de los registros compilados en la Base Nacional de Datos Climatológicos, proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional; esta información se integró en una hoja de cálculo y se revisó, con el objetivo de identificar los datos faltantes y seleccionar sólo las estaciones con un mínimo de 20 años de datos y un 75% de información dentro del período 1961-2003.

Posteriormente, se crearon archivos de texto por año de cada una de las estaciones y con ayuda del programa de cómputo R-Climdex (Zhang y Yang, 2004) se identificaron los datos fuera de tipo y se eliminaron de la base de datos. Para el análisis de los datos, este programa toma en cuenta lo siguiente: la temperatura mínima no debe sobrepasar la temperatura máxima, la cual no debe exceder los 50°C, y la precipitación pluvial no debe sobrepasar los 500 mm en 24 horas. De igual manera, se realizó una revisión manual de los datos, ya que el programa anterior no detecta todos los errores que existen en los datos tales como: captura de una variable en lugar de otra, datos constantes, etc.

Una vez revisada la calidad y coherencia de la información, se estimaron los datos faltantes de temperatura y precipitación utilizando el programa ClimGen (Nelson, 2003), el cual se basa en estadísticas generadas a partir de los datos diarios. Cabe mencionar que sólo se generaron datos faltantes mensuales respetando los datos reales que se tenían.

Después de esto, se unieron nuevamente los archivos de texto por años, para pegarlos en una hoja de cálculo, diseñada con tablas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la zona de estudio

La zona de estudio comprende una superficie total de 196,547 km², distribuidos de la siguiente manera. Guerrero 63,574 km², Morelos 4,872 km², Puebla 34,127 km² y Oaxaca 93,974 km². La orografía predominante es accidentada como consecuencia de la fuerte variación altitudinal pues se tienen zonas de planicie costera en los estados de Guerrero y Oaxaca. En el estado de Guerrero se tienen muchas áreas dispersas en la zona de estudio con altitudes mayores a los 2,500 metros sobre el nivel del mar (msnm) e inclusive se tienen puntos que alcanzan los 3550 msnm en el municipio de General Heliodoro Castillo, en donde se localiza la mayor altitud del estado, en los cerros el Tinoco y Cerro San Lorenzo, que se sitúan más hacia el sur del estado. En Oaxaca el punto más alto está a 3,750 msnm en el municipio de San Juan Ozolotepec. En Puebla, su mayor altitud es de 5,610, pues en este estado se encuentran tres volcanes que son Pico de Orizaba, La Mujer Dormida, Popocatepetl y La Malinche, aunque este último esta compartido con Veracruz, Tlaxcala y el Estado de México; además está el cerro la negra que alcanza los 4,500 m de altitud. En Morelos se localiza el punto más alto a 4,829 msnm y está en el municipio de Tétela del Volcán.

La orografía accidentada también se refleja en la pendiente del suelo pues aunque el 25% de la superficie total tiene pendientes menores al 5%, mucha de ésta superficie relativamente plana, se conforma por pequeñas áreas dispersas en toda la zona de estudio.

La variación altitudinal condiciona principalmente una gran diversidad climática, pues a nivel anual la temperatura promedio varía desde los 4 °C en las áreas más altas hasta los 28 °C en las costas de Guerrero y Oaxaca. La precipitación también varía desde valores de 317 milímetros (mm) hasta los 3,949 mm al año. La combinación de temperatura y precipitación da lugar a la existencia de climas

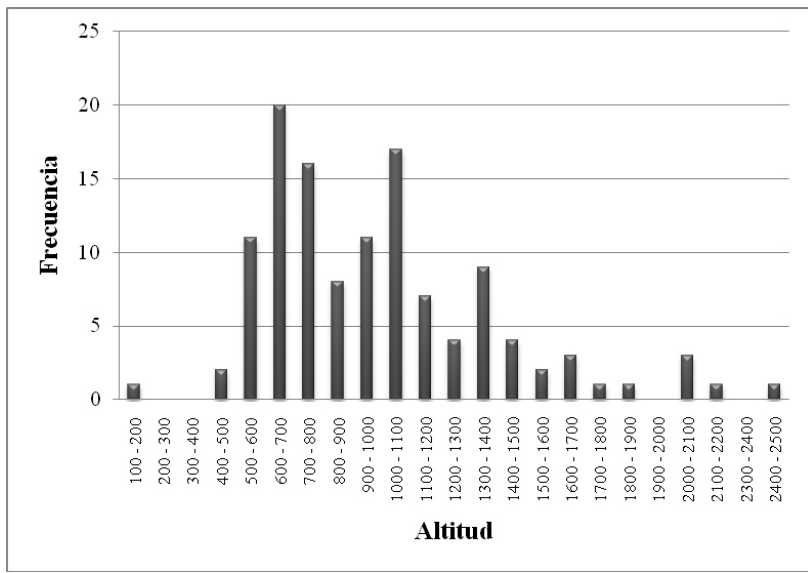


Figura 2. Frecuencia de rangos de altitud en sitios con presencia de linaloe.

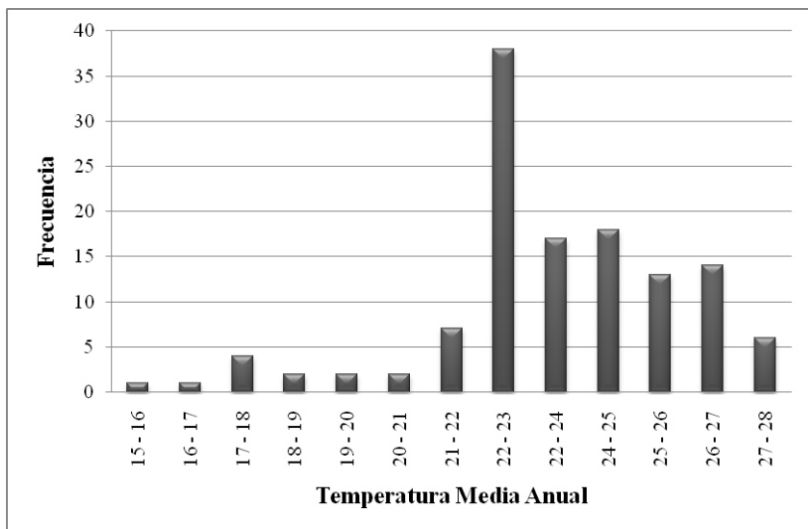


Figura 3. Frecuencia de rangos de temperatura en sitios con presencia de linaloe.

Los valores de lluvia anual que con mayor frecuencia se presentaron están entre 700 y 1,000 mm aunque existe una buena proporción de puntos en los que se tienen valores de lluvia entre 500 y 700 mm como se muestra en la Figura 4.

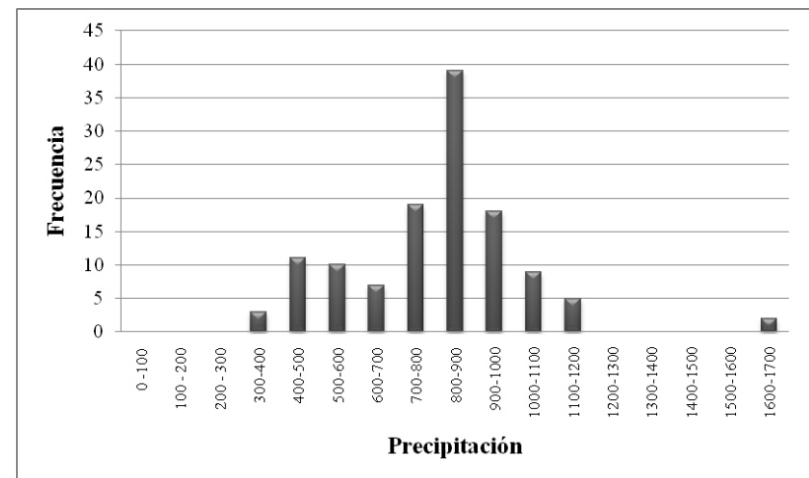


Figura 4. Frecuencia de rangos de precipitación en sitios con presencia de linaloe.

El tipo de vegetación predominante en los puntos en los que se reporta linaloe es la selva baja caducifolia como se muestra en la Figura 5.

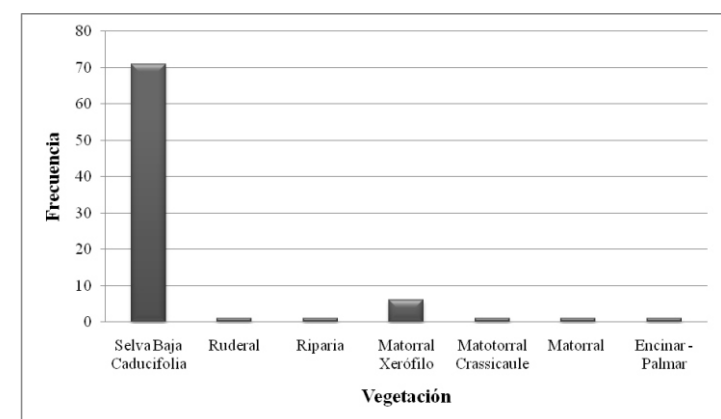


Figura 5. Frecuencia de tipos de vegetación en sitios con presencia de linaloe.

La continuación de éste proceso, se muestra en la Figura 8C en la que se incorpora la variable de precipitación anual y como resultado se reducen aún más las áreas con color azul que representan potencial óptimo para linaloe. Es importante señalar que esta reducción de áreas con potencial óptimo por efecto de la precipitación, ocurre en mayor proporción en el estado de Guerrero.

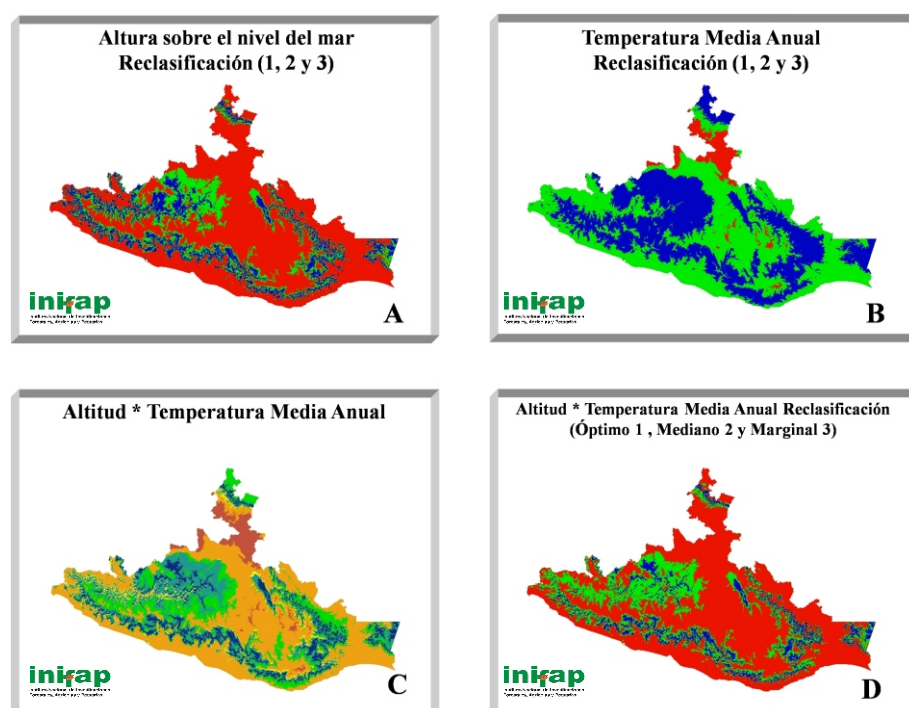


Figura 7. Obtención de áreas adecuadas por altitud y temperatura para el desarrollo de linaloe.

La última restricción en éste proceso la representa el tipo de vegetación de selva baja caducifolia, como se muestra en la Figura 9. El resultado de éste proceso es que se delimitan con mucha mayor precisión, las áreas con potencial óptimo, mediano y marginal y se muestran en color blanco, las áreas en que las condiciones de clima y suelo son desfavorables para el desarrollo de linaloe y difícilmente se

podrán encontrar poblaciones naturales de ésta especie en condiciones de buen desarrollo. En la Figura 10 se presenta con mayor detalle el resultado del proceso para la determinación de la primera aproximación de áreas adecuadas para linaloe.

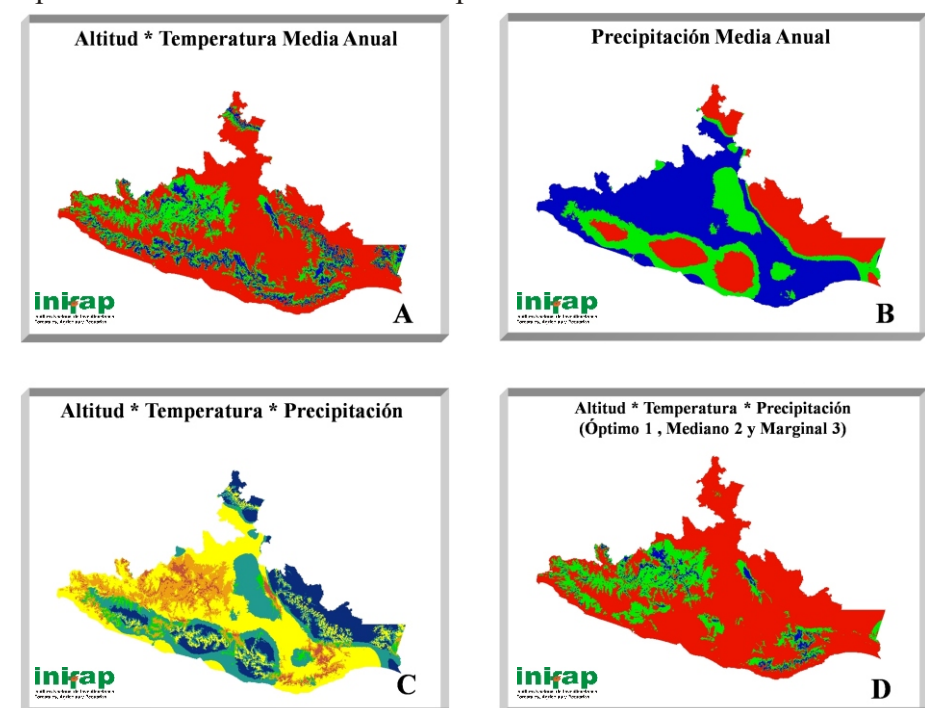


Figura 8. Obtención de áreas adecuadas para el desarrollo de linaloe por altitud, temperatura y precipitación.

Distribución potencial de linaloe

Con base en el mapa preliminar de áreas potenciales que se muestra en la Figura 5, se realizó un análisis espacial para identificar los municipios y localidades en los que se presentan condiciones adecuadas para linaloe en una primera aproximación. La cuantificación de la superficie con potencial óptimo en cada municipio, permitió tomar decisiones en cuanto a la realización de recorridos de campo en aquellos municipios que concentran el mayor porcentaje de superficie con condiciones favorables con linaloe.

Se seleccionó un total de 72 municipios para realizar recorridos de campo, como se muestra en la Figura 11 y posteriormente un número determinado de localidades a visitar para toma de datos en campo con el objetivo de verificar la presencia o ausencia de la especie en las áreas definidas con potencial óptimo y mediano. El número de sitios a muestrear se fijó de acuerdo con los recursos (económicos, humanos, y materiales) disponibles en ese momento, quedando de la siguiente manera: Oaxaca 18, Guerrero: 27, Puebla: 28, Morelos: 11.

Con la ayuda del GPS con las coordenadas de los sitios seleccionados, los puntos de muestreo fueron visitados principalmente para verificar la existencia de la especie y otras características físicas y biológicas del lugar, que ayudaran a determinar los requerimientos de la especie.

Los datos que se registraron en cada sitio, fueron los siguientes: longitud, latitud, altitud, estado, municipio, sitio, localidad, porcentaje de pendiente, exposición, profundidad de suelo, textura, porcentaje de pedregosidad, origen de la roca, presencia de linaloe, tipo de vegetación, densidad de vegetación, otras especies asociadas, fisiografía, diámetro de tallo, altura de planta, observaciones generales y observaciones específicas.

Mediante los recorridos de campo, se obtuvieron puntos en los cuales se registró la presencia de la especie. La sobreposición de estos puntos sobre las variables de altitud, temperatura y precipitación generó

información acerca de las condiciones de estas variables en los sitios donde se encontró la especie. Con base en el análisis de ésta información se redefinieron los rangos de potencial como se muestra en el Cuadro 3.

Una vez seleccionados los municipios en los cuales se realizaría trabajo de campo, se analizó el acceso a esos municipios utilizando la información de vías de comunicación y de localidades. Con base en esta información, se seleccionaron localidades con cierta facilidad de acceso y se definió la visita a localidades en las que se platicó con el comisariado de bienes comunales o ejidales con los que se obtuvo información de la posible presencia de la especie en esa localidad para la identificación de la especie. Las localidades seleccionadas para estos recorridos de campo en cada uno de los estados, se muestran en la Figura 11.

Con base en la información proporcionada por los pobladores de las localidades se recorrieron los lugares señalados por ellos como con presencia de la especie y se registró si era o no Linaloe. Cuando la especie se localizaba en dicho lugar, se tomaban las variables que se mencionaron anteriormente en un formato por cada punto de muestreo.

El recorrido de campo que se realizó en los cuatro estados permitió conocer que la especie se desarrolla de manera más favorable en suelos pedregosos con pendientes pronunciadas, en base a esta información se incluyó esta variable, que en un principio no se había tomado en cuenta, y con ello mejorar la estimación de la distribución potencial de acuerdo a los valores que se presentan en el Cuadro 3.

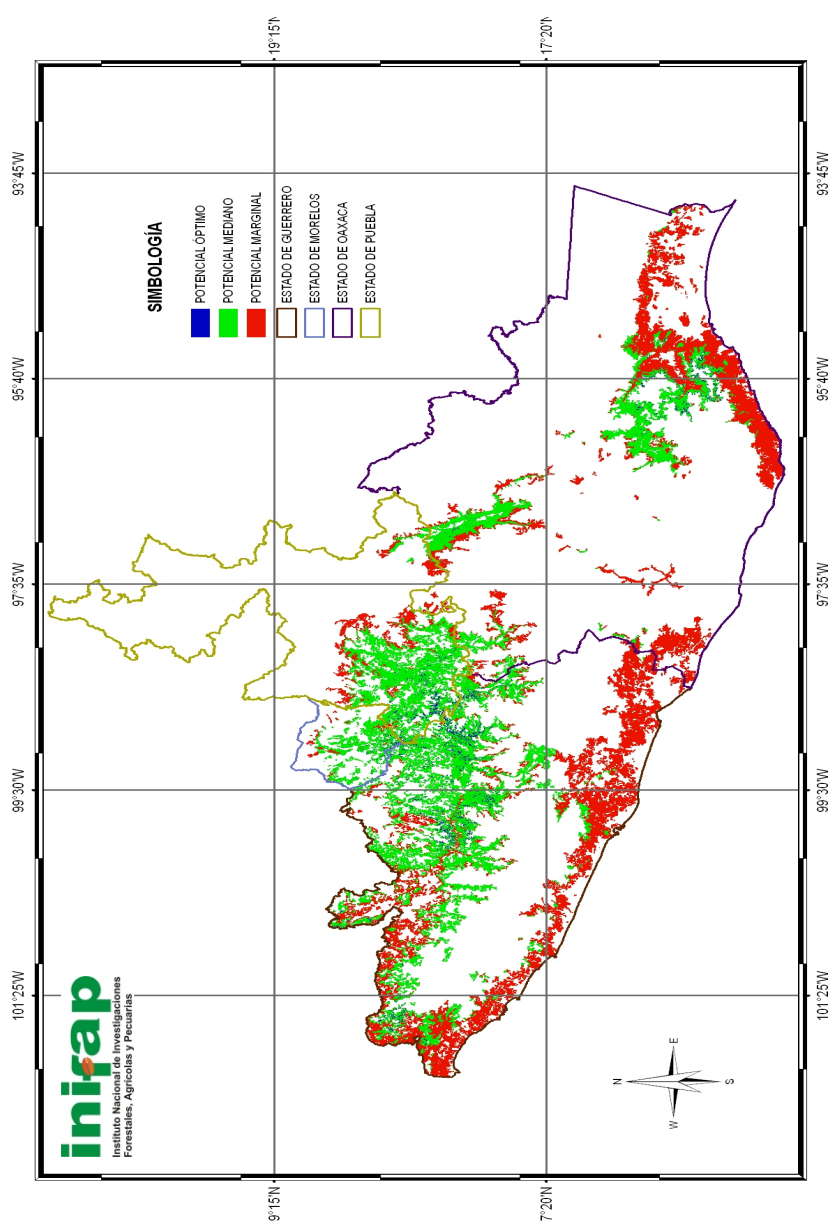


Figura 13. Distribución potencial del linaloe en los Estados de Puebla, Guerrero, Morelos y Oaxaca.

De acuerdo a la Figura 13 la superficie con potencial óptimo, mediano o marginal es de 4,4 millones de hectáreas (ha) como se muestra en el Cuadro 4. Resalta el estado de Guerrero con 118,503 ha con potencial óptimo aunque esta superficie se encuentra altamente dispersa como se aprecia en la misma figura. La superficie con potencial mediano también es bastante considerable en el estado de Guerrero. En cuanto a la superficie con potencial marginal, en la Figura 13 se muestra que la mayor proporción se encuentra bordeando la planicie costera del Pacífico en los estados de Guerrero y Oaxaca.

Cuadro 4. Superficie (ha) con potencial para linaloe.

Estado	Óptimo	Mediano	Marginal	Total
Guerrero	118,503	1,008,524	1,119,584	2,246,610
Morelos	9,982	104,283	12,786	127,051
Oaxaca	40,233	509,902	912,233	1,462,368
Puebla	43,851	401,466	123,227	568,544
Total	212,568	2,024,175	2,167,829	4,404,573

La superficie con potencial óptimo o mediano, es de 2, 236,000 ha y se localiza en un total de 300 municipios de los cuales 61 son de Guerrero, 26 de Morelos, 147 de Oaxaca y 66 de Puebla. Debido a esta dispersión entre municipios (principalmente de Oaxaca) se redujo el análisis a 229 municipios con más de 500 ha de potencial óptimo o mediano como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Superficie y municipios con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe mayor de 500 ha.

Estado	Superficie (ha)	Municipios
Guerrero	1'126,456	58
Morelos	112,037	19
Oaxaca	544,002	96
Puebla	443,666	56
Total	2'226,163	229

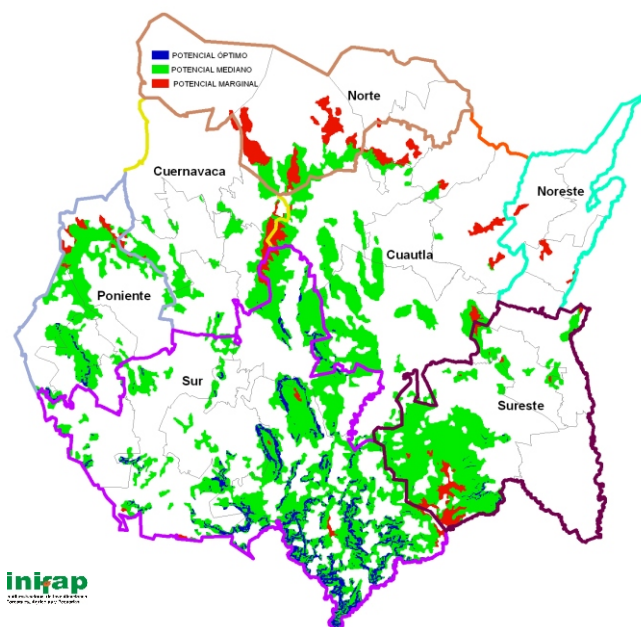


Figura 15. Áreas con potencial para linaloe en los municipios del Estado de Morelos.

En el estado de Oaxaca, las mayores superficies con potencial óptimo para linaloe se concentran en las regiones del Istmo y la Sierra Sur con 16,537 y 15,598 ha, respectivamente. Con mucha menor superficie le siguen las regiones de la cañada (2,346 ha), Valles Centrales (2,296 ha) y Mixteca (1,807 ha).

En la región del Istmo destacan los municipios de San Miguel Tenango y Magdalena Tlacotepec con 5,186 y 4,400 ha respectivamente de potencial óptimo. Con superficies mayores a las 1,000 ha, se encuentran los municipios de Santo Domingo Tehuantepec, Jalapa del Marqués, San Blas Atempa y Santa María Totolapilla. En la región de la Sierra Sur destacan los municipios de San Cristóbal Amatlán, Santa María Ecatepec, Nejapa de Madero, Asunción Tlacolulita y San Pedro Totolapa con 4,865, 4,130, 2,039,

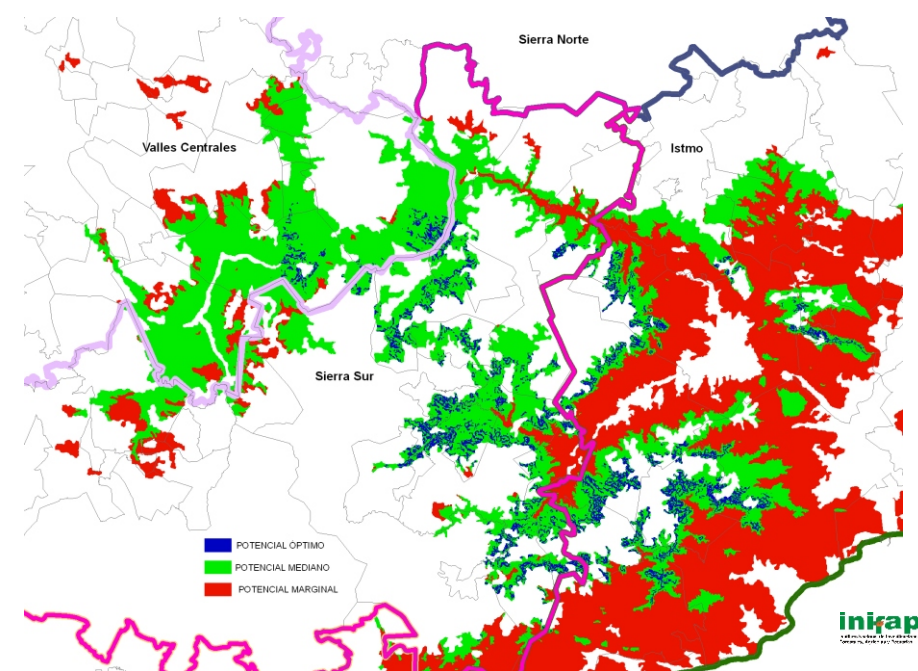


Figura 17. Áreas con potencial para linaloe en las regiones Valles Centrales, Sierra Sur e Istmo del estado de Oaxaca.

En el estado de Puebla, las zonas con potencial óptimo para linaloe se concentran en la región de la Mixteca Poblana en la que se localizan casi 43,000 ha, principalmente en los municipios de Jolalpan (7,378 ha), Chiautla (6,365 ha), Ixcamilpa de Guerrero (5,169 ha), Cohetzala (4,390 ha), Xicotlán (3,960 ha), Axutla (2,831 ha), Chila de la sal (2,569 ha), Acatlán (2,189 ha), Piaxtla (1,746 ha), Tehuizingo (1,650 ha), Tecomatlán (1,275 ha) y Huehuetlán el Chico (1,133 ha). En las regiones de Tehuacán-Sierra Negra y el Valle de Atlixco y Matamoros, se tienen algunas superficies pero sólo de potencial mediano.



Cuadro 6. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Guerrero. Continuación...

No	Municipio	Región	Óptimo	Mediano	Total
29	Xalpatláhuac	Montaña	103	2,978	3,080
30	Pedro Ascencio Alquisiras	Norte	57	3,558	3,615
31	Pilcaya	Norte	33	4,884	4,918
32	Alcozauca de Guerrero	Montaña	28	3,282	3,310
33	San Miguel Totolapan	Tierra caliente	21	62,637	62,658
34	Coyuca de Catalán	Tierra caliente	17	37,752	37,769
35	Atlixac	Montaña	17	2,782	2,799
36	Arcelia	Tierra caliente	0	35,639	35,639
37	Ajuchitlán del Progreso	Tierra caliente	0	25,727	25,727
38	Quechultenango	Centro	0	25,694	25,694
39	General Canuto A. Neri	Norte	0	17,754	17,754
40	Acapulco de Juárez	Acapulco	0	14,113	14,113
41	Chilpancingo de los Bravo	Centro	0	12,697	12,697
42	Técpán de Galeana	Costa Grande	0	8,696	8,696
43	Tlalchapa	Tierra caliente	0	7,320	7,320
44	Coyuca de Benítez	Costa Grande	0	7,133	7,133
45	Mochitlán	Centro	0	6,788	6,788
46	Tlapehuala	Tierra caliente	0	6,686	6,686
47	Tixtla de Guerrero	Centro	0	6,399	6,399
48	Chilapa de Álvarez	Centro	0	5,917	5,917
49	José Azueta	Costa Grande	0	5,404	5,404
50	Petatlán	Costa Grande	0	5,209	5,209
51	Ixcateopan de Cuauhtémoc	Norte	0	2,445	2,445
52	Atoyac de Álvarez	Costa Grande	0	1,883	1,883
53	San Marcos	Costa Chica	0	1,729	1,729
54	Tecoanapa	Costa Chica	0	1,678	1,678
55	Juan R. Escudero	Centro	0	1,068	1,068
56	Pungarabato	Tierra caliente	0	892	892
57	Ometepec	Costa chica	0	595	595
58	Tetipac	Norte	0	519	519
Total			118,502	1,007,954	1,126,456

En el estado de Guerrero, las regiones con mayor concentración de áreas con potencial medio y óptimo para linaloe son las de Norte, Centro y montaña como se puede apreciar en la Figura 14. En la

1,956 y 1,442 ha con potencial óptimo, respectivamente. En la Cañada, las áreas con potencial óptimo se localizan en los municipios de Santa María Tecomavaca (1,224 ha), San Juan los Cués (819 ha) y Santa María Ixcatlán (305 ha). En los Valles Centrales los municipios de San Pedro Quiatoni y San Juan Bautista Jayacatlán tienen 1,466 y 797 ha, respectivamente con potencial óptimo y en la Mixteca los municipios con éste potencial son Mariscala de Juárez, Ixpantepec Nieves y Guadalupe de Ramírez con 522, 504 y 455 ha respectivamente.

Cuadro 8. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Oaxaca.

No	Municipio	Región	Óptimo	Mediano	Total
1	San Miguel Tenango	Istmo	5,186	10,312	15,499
2	San Cristóbal Amatlán	Sierra sur	4,865	38,944	43,809
3	Magdalena Tlacotepec	Istmo	4,400	14,749	19,149
4	Santa María Ecatepec	Sierra sur	4,130	14,512	18,642
5	Nejapa de Madero	Sierra sur	2,039	9,144	11,183
6	Asunción Tlacolulita	Sierra sur	1,956	7,072	9,028
7	Santo Domingo Tehuantepec	Istmo	1,864	16,708	18,572
8	San Pedro Quiatoni	Valles centrales	1,466	24,131	25,597
9	Santa M. Jalapa del Marqués	Istmo	1,464	7,295	8,759
10	San Pedro Totolapa	Sierra sur	1,442	31,734	33,176
11	Santa María Tecomavaca	Cañada	1,224	20,658	21,882
12	San Blas Atempa	Istmo	1,164	3,600	4,764
13	Santa María Totolapilla	Istmo	1,017	3,849	4,866
14	San Pedro Huamelula	Istmo	866	5,102	5,968
15	Santa Ana Tavela	Sierra sur	840	3,880	4,720
16	San Juan de los Cués	Cañada	819	4,354	5,173
17	San Juan Bautista Jayacatlán	Valles centrales	797	27,545	28,342
18	Mártires de Tacubaya	Costa	635	7,130	7,765
19	Mariscala de Juárez	Mixteca	522	1,423	1,946
20	Ixpantepec Nieves	Mixteca	504	4,546	5,050
21	Guadalupe de Ramírez	Mixteca	455	3,986	4,441
22	Santa María Quiegolani	Sierra sur	326	840	1,166
23	San Antonio Tepetlapa	Costa	316	12,401	12,717
24	Santa María Ixcatlán	Cañada	305	6,154	6,459

región Norte, resaltan los municipios de Copalillo, Huitzuc y Apaxtla con 15,224, 10,684 y 7,075 ha con potencial óptimo respectivamente. Otros municipios importantes con más de 4,000 ha de potencial óptimo son Atenango y Tepecoacuilco, también es importante mencionar a Cuetzala, Cocula e Iguala con más de 3,000 ha de potencial óptimo.

En la región del Centro, los municipios con mayores superficies de potencial óptimo son Eduardo Neri y Ahuacutzingo con 13,491 y 9,795 ha respectivamente además de que los municipios de Heliodoro Castillo y Cuilapan tienen más de 4,000 ha con potencial óptimo y el Municipio de Zitlala con casi 2,000 ha de éste potencial.

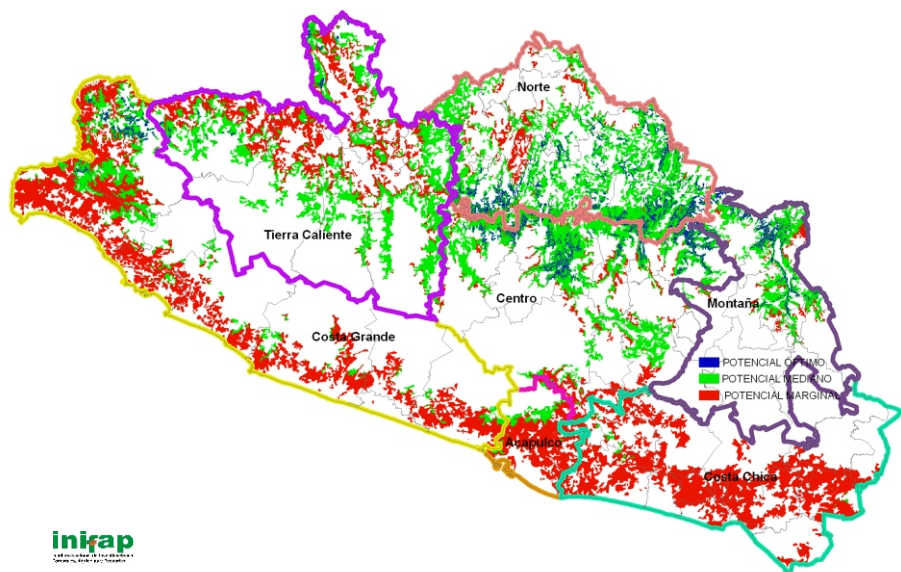


Figura 14. Áreas con potencial para linaloe en Regiones del Estado de Guerrero.

En la región de la montaña, destacan Olinalá y Huamuxtlán con 6,589 y 3,828 has con potencial óptimo mientras que Tlapa, Cualác y Xochihuehuatlán tienen más de 1,500 ha con éste potencial y

Alpoyeca tiene 1,350 ha de potencial óptimo. En la región Costa Grande, sólo el municipio de Coahuayutla tiene 8,406 ha con potencial óptimo mientras que La Unión tiene 18,550 ha con potencial mediano. En la región de Tierra Caliente se puede mencionar a Cutzamala y a Zirándaro con 3,072 y 1,418 has con potencial óptimo. En el Estado de Morelos, la mayor cantidad de superficie con potencial óptimo se concentra en la región Sur en la que destaca el municipio de Tlaquiltenco con 7,366 has. La superficie con potencial óptimo es reducida en los otros municipios pues es de 680, 503, 382 y 148 ha en Puente de Ixtla, Tlaltizapán, Jojutla y Amacuzac, respectivamente. En las otras regiones las superficies con potencial óptimo son reducidas pues en Sureste el municipio con mayor superficie con potencial óptimo es el de Tepalcingo con 274 ha, en Poniente el municipio de Tetecala tiene 225 ha y en la región de Cuautla el municipio de Ayala tiene 191 ha.

Cuadro 7. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Morelos.

No	Municipio	Región	Óptimo	Mediano	Total
1	Tlaquiltenco	Sur	7,366	25,161	32,527
2	Puente de Ixtla	Sur	680	5,390	6,070
3	Tlaltizapán	Sur	503	9,650	10,153
4	Jojutla	Sur	382	2,078	2,460
5	Tepalcingo	Sureste	274	18,421	18,695
6	Tetecala	Poniente	225	2,620	2,845
7	Ayala	Cuautla	191	11,211	11,402
8	Amacuzac	Sur	148	1,340	1,488
9	Coatlán del Río	Poniente	71	2,547	2,618
10	Mazatepec	Poniente	69	1,037	1,106
11	Xochitepec	Cuernavaca	12	1,381	1,393
12	Emiliano Zapata	Cuernavaca	4	2,080	2,084
13	Yautepec	Cuautla	3	4,420	4,423
14	Miacatlán	Poniente	0	5,369	5,369
15	Tepoztlán	Norte	0	3,758	3,758
16	Temixco	Cuernavaca	0	2,104	2,104
17	Jonacatepec	Sureste	0	1,545	1,545
18	Jiutepec	Cuernavaca	0	1,068	1,068
19	Jantetelco	Sureste	0	929	929
Total			9,930	102,108	112,038

Cuadro 8. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Oaxaca. Continuación...

No	Municipio	Región	Óptimo	Mediano	Total
25	Santiago Lachiguiri	Istmo	246	10,605	10,851
26	Guelatao de Juárez	Sierra Norte	234	1,919	2,153
27	San Juan Quiotepec	Sierra Norte	203	5,858	6,060
28	Santa María Mixtequilla	Istmo	176	1,481	1,657
29	Santiago Laollaga	Istmo	154	3,877	4,031
30	San Nicolás Hidalgo	Mixteca	122	535	656
31	Silacayoápam	Mixteca	92	4,936	5,028
32	Silacayoápam	Mixteca	90	5,547	5,637
33	San Juan Bautista Cuicatlán	Cañada	88	15,575	15,664
34	Tlacolula de Matamoros	Valles centrales	32	4,139	4,172
35	San Mateo Sindihui	Mixteca	12	2,347	2,360
36	Cosoltepec	Mixteca	6	2,737	2,743
37	San Juan Colorado	Costa	4	3,333	3,337
38	San Miguel Amatitlán	Mixteca	3	3,217	3,221
39	San Luis Amatitlán	Sierra sur	1	2,795	2,795
40	Santa María Zoquitlán	Valles centrales	0	25,297	25,297
41	Tepelmeme Villa de Morelos	Mixteca	0	14,079	14,079
42	Santa María Guienagati	Istmo	0	9,633	9,633
43	San Marcos Arteaga	Mixteca	0	8,217	8,217
44	San Juan Lajarcia	Sierra sur	0	7,443	7,443
45	San Francisco Cahuacuá	Sierra sur	0	5,557	5,557
46	Santiago Nacaltepec	Cañada	0	5,167	5,167
47	San Lorenzo Victoria	Mixteca	0	4,952	4,952
48	San Juan Cacahuatpec	Costa	0	4,623	4,623
49	San Juan Evangelista Analco	Sierra Norte	0	4,081	4,081
50	San Pedro Jaltepetongo	Cañada	0	3,815	3,815
51	Valerio Trujano	Cañada	0	3,381	3,381
52	Santo Domingo Tonalá	Mixteca	0	3,256	3,256
53	San Pedro Mártir Quiéchapa	Sierra sur	0	3,070	3,070
54	San Miguel del Puerto	Costa	0	2,562	2,562
55	San Juan Bautista Lo de Soto	Costa	0	2,350	2,350
56	San Lorenzo Albarradas	Valles centrales	0	2,194	2,194
57	Santa María Texcatitlán	Cañada	0	2,015	2,015
58	Santa María Zacatepec	Sierra sur	0	2,015	2,015
Total			40,066	462,678	502,744

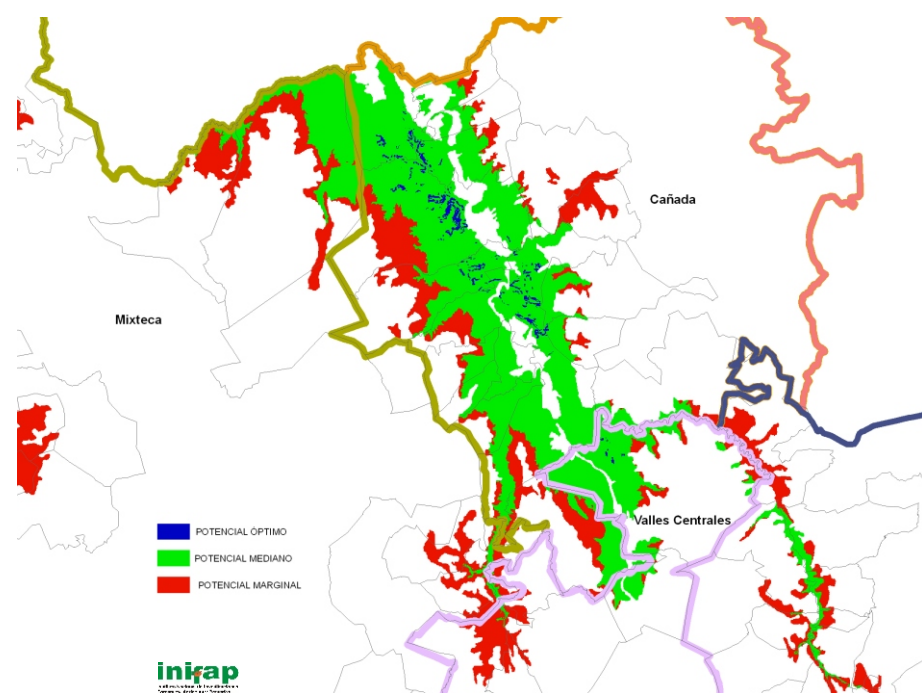


Figura 16. Áreas con potencial para linaloe en la región de la cañada del estado de Oaxaca.

El mapa de distribución actual de linaloe se elaboró con la localización de los puntos en los que se verificó la presencia de la especie ya sea por las colectas de los herbarios o por los recorridos de campo. Estos puntos se sobrepusieron sobre una capa en la que sólo se conservaron las áreas con selva baja caducifolia.

La superficie más extensa donde la especie puede se puede establecer con más posibilidades de éxito, se localiza en los estados de Guerrero y Puebla y en menor cantidad en Morelos y Oaxaca. Los lugares se localizan en su mayor parte al norte del estado de Guerrero (en las regiones: Tierra Caliente, Norte, Centro y montaña) y al sur del estado de Puebla (región de Izúcar de Matamoros), donde colindan estas dos entidades federativas. Es importante mencionar que sobre este mapa se puede sobreponer el mapa de geología para excluir aquellas áreas donde no desarrolla la especie. De esta forma el mapa se elaboró con 374 puntos con presencia de la especie (puntos de herbario más los muestreos de campo).

En la Figura 19 se muestra la localización espacial de los puntos en los que existe linaloe, como una representación de la distribución actual de ésta especie.

Cuadro 9. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Puebla.

No	Municipio	Región	Óptimo	Mediano	Total
1	Jolalpan	Mixteca	7,378	25,607	32,986
2	Chiautla	Mixteca	6,365	43,078	49,443
3	Ixcamilpa de Guerrero	Mixteca	5,169	11,571	16,739
4	Cohetzala	Mixteca	4,390	7,939	12,329
5	Xicotlán	Mixteca	3,960	6,404	10,364
6	Axutla	Mixteca	2,831	12,942	15,773
7	Chila de la Sal	Mixteca	2,569	8,953	11,522
8	Acatlán	Mixteca	2,189	9,742	11,930
9	Piaxtla	Mixteca	1,746	14,603	16,349
10	Tehuiztzingo	Mixteca	1,650	27,419	29,069
11	Tecomatlán	Mixteca	1,275	8,729	10,004
12	Huehuetlán el Chico	Mixteca	1,133	6,987	8,120
13	Teotlalco	Mixteca	728	7,092	7,820
14	Guadalupe	Mixteca	642	5,565	6,207
15	Izúcar de Matamoros	Valle Atlixco -Matamoros	628	30,654	31,282
16	Tulcingo	Mixteca	281	11,599	11,880
17	Chiautla	Mixteca	228	388	616
18	Chietla	Valle Atlixco -Matamoros	144	14,243	14,387
19	Ahuatlán	Valle Atlixco -Matamoros	122	8,486	8,608
20	Chinantla	Mixteca	117	4,186	4,303
21	Huehuetlán el Chico	Mixteca	99	664	763
22	Cuayuca de Andrade	Mixteca	66	12,400	12,467
23	Albino Zertuche	Mixteca	43	2,096	2,139
24	Zacapala	Mixteca	23	9,484	9,507
25	Coatzingo	Mixteca	22	5,814	5,836
26	Tecomatlán	Mixteca	19	1,014	1,034
27	Acatlán	Mixteca	14	18,788	18,802
28	San Pedro Yeloixtlahuaca	Mixteca	10	6,997	7,007
29	San Pablo Anicano	Mixteca	4	4,235	4,239
30	Petlalcingo	Mixteca	0	7,713	7,713
31	Teopantlán	Valle Atlixco -Matamoros	0	7,685	7,685
32	Coxcatlán	Tehuacan -Sierra Negra	0	6,125	6,125

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.

Castro, Z. R. y R. Arteaga, R. 1993. Introducción a la meteorología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx. 275 p.

Cervantes, S. T.; Major M Goodman y Casas, D. E. 1978. Efectos genéticos y de interacción genotipo-ambiente en la clasificación de razas mexicanas de maíz. Agrocienca 31:25-43.

Congalton, R.G. and Green, K. 1992. The ABCs of GIS. An introduction to Geographic Information Systems. Journal of Forestry. 90(11):13-20.

Critchfield, H. J. 1983. General Climatology. 4th Ed. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA. 435 p.

Del Pozo A., H.; J. García, H.; R. Novoa and S. Villaseca. 1987. Relationship of base temperature to development of spring wheat. Exp. Agric. 23:21-30.

Dennett, M. D. and J. Elston. 1994. Agricultural systems. In: Handbook of agricultural meteorology (John F. Griffiths Editor) Oxford Univ. Press. New York, N. Y., USA. pp. 236-240.

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.

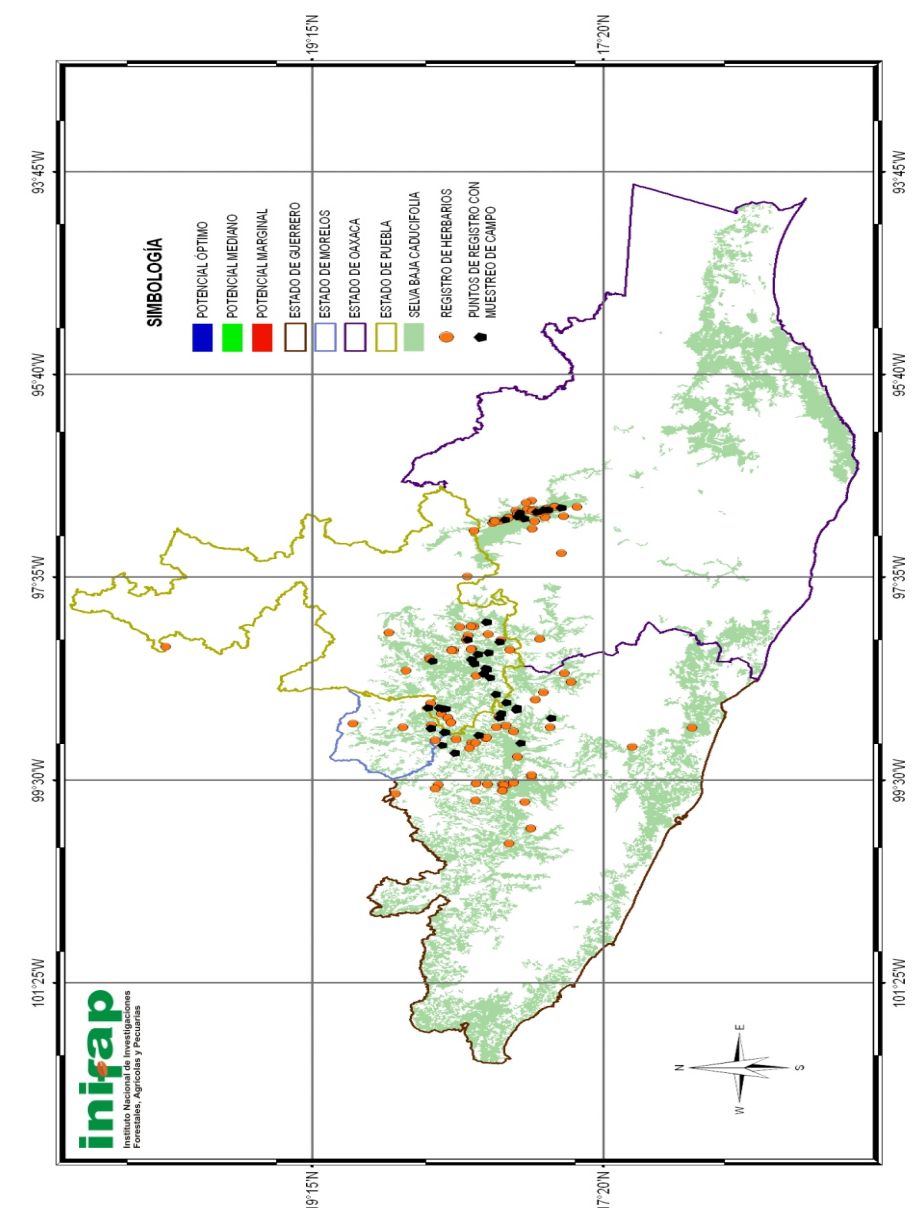


Figura 19. Distribución actual (puntos de herbario más muestreos de campo) y potencial de linaloe en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca.

Cuadro 9. Superficie por municipio con potencial óptimo o mediano para el desarrollo del linaloe en el Estado de Puebla. Continuación...

No	Municipio	Región	Óptimo	Mediano	Total
33	Tepexco	Valle Atlixco -Matamoros	0	5,933	5,933
34	Ajalpan	Tehuacán-Sierra Negra	0	4,661	4,661
35	San José Miahuatlán	Tehuacán-Sierra Negra	0	3,747	3,747
36	Tilapa	Valle Atlixco -Matamoros	0	3,566	3,566
37	Ahuehuetitla	Mixteca	0	3,162	3,162
38	Epatlán	Valle Atlixco -Matamoros	0	2,773	2,773
39	Huehuetlán el Grande	Mixteca	0	2,770	2,770
40	Tepeojuma	Valle Atlixco -Matamoros	0	2,407	2,407
41	Huatlatlauca	Mixteca	0	2,272	2,272
42	Xochiltepec	Mixteca	0	2,074	2,074
43	San Jerónimo Xayacatlán	Mixteca	0	1,950	1,950
44	Santa Catarina Tlaltémpan	Mixteca	0	1,852	1,852
45	Caltepec	Tehuacán-Sierra Negra	0	1,652	1,652
46	Xayacatlán de Bravo	Mixteca	0	1,605	1,605
47	Santa Inés Ahuatempan	Mixteca	0	1,577	1,577
48	Huaquechula	Valle Atlixco -Matamoros	0	1,511	1,511
49	Tepexi de Rodríguez	Mixteca	0	1,469	1,469
50	Tlapanalá	Valle Atlixco -Matamoros	0	1,288	1,288
51	Totoltepec de Guerrero	Mixteca	0	936	936
52	Cohuecán	Valle Atlixco -Matamoros	0	814	814
53	San Diego la Mesa Tochimiltzingo	Valle Atlixco -Matamoros	0	765	765
54	Chigmecatitlán	Mixteca	0	659	659
55	Zinacatepec	Tehuacán-Sierra Negra	0	640	640
56	San Martín Totoltepec	Mixteca	0	535	535
Total			43,845	399,822	443,667

De acuerdo con el mapa generado, la presencia de la especie es mas evidente en la región Norte y Noreste del Estado de Guerrero, en el Sur de Puebla y Morelos, donde colindan estas entidades federativas. En el Estado de Oaxaca, las áreas en las que se encontró la especie se concentran principalmente en la región de la Cañada y en algunas áreas colindantes a ésta región pero que corresponden a las regiones de la Mixteca y de los Valles Centrales y en un punto de la Mixteca en los límites con los estados de Puebla y Guerrero.

En los muestreos que se realizaron en la cuenca del Río Tehuantepec, en el Istmo, no se localizó la especie, ni en la parte oeste del estado de Guerrero; sin embargo, estas áreas poseen condiciones de clima y suelo que pueden ser adecuadas para el desarrollo del linaloe. En campo, la especie se encontró en un rango de altitud desde los 550 hasta los 1,519 msnm y en altitudes mayores las plantas se distribuyeron en las cañadas y solo individuos dispersos o ausentes en los lomeríos. La mayor incidencia de la especie, ocurrió en un rango de altitudes entre los 600 y 1,200 msnm.

CONCLUSIONES

1. El método utilizado para la determinación de áreas con condiciones adecuadas para el crecimiento de linaloe, permitió obtener una buena aproximación del potencial que se tiene para el desarrollo de ésta especie.
2. Los datos de clima y suelo disponibles de manera georreferenciada y la información obtenida en los herbarios representaron una fuente de información muy importante para la determinación de áreas con potencial para esta especie.
3. Los rangos de las variables utilizadas en este trabajo representan un punto de partida para que en futuras investigaciones se generen mejores aproximaciones.
4. Las variables que con mayor proporción discriminaron áreas con potencial para linaloe fueron la altitud y el tipo de vegetación.

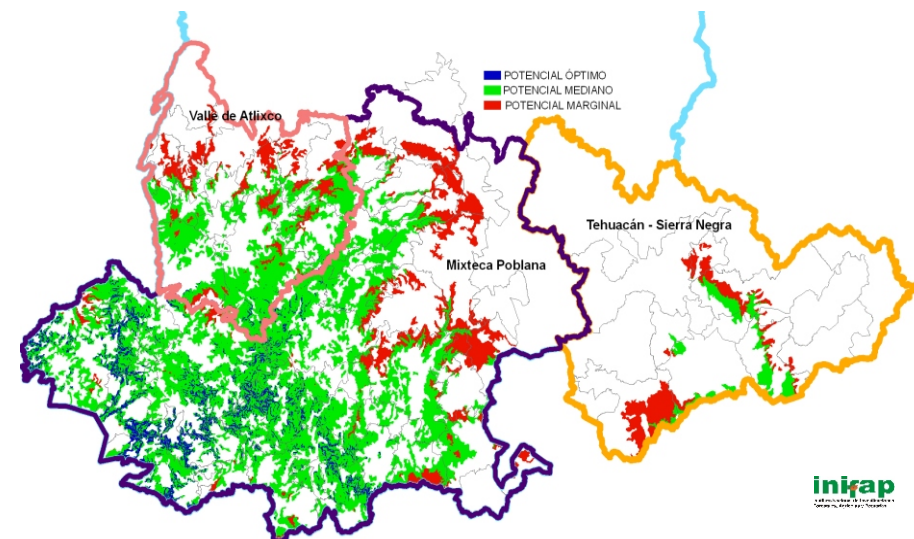


Figura 18. Áreas con potencial para linaloe en las regiones del Estado de Puebla.

Distribución Actual del linaloe

La determinación de la distribución actual de la especie se definió como aquellos puntos en los que se verificó físicamente la presencia de la especie además de los puntos de las colectas de los herbarios. Para la obtención de la información de campo en cada sitio de muestreo se trazó 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. En cada punto de muestreo sobre el transecto, se registró la información que incluía la ubicación geográfica y las variables ecológicas: altitud, pendiente, exposición, origen, profundidad de suelo, textura al tacto, tipo de vegetación, especies asociadas, condición de la vegetación y diámetro del tallo a 30 cm del nivel del suelo y la altura de la planta cuando la especie se encontraba presente. En total se trazaron 73 transectos y se registraron 730 puntos. La presencia de linaloe se registró en 179 de los puntos muestreados.

5. El trabajo de campo realizado permitió realizar ajustes a los rangos establecidos para las variables y también proporcionó información valiosa para validar los resultados de las áreas con potencial para linaloe.
6. Los resultados muestran que el estado de Guerrero es el que mayor superficie con potencial óptimo presenta, destacándose los municipios de Copalillo, Huitzucó, Apaxtla, Eduardo Neri, Ahuacotzingo, Olinalá y Coahuiautla.
7. En Oaxaca la mayor superficie con potencial óptimo se localiza en las regiones de Istmo y Sierra Sur aunque en los recorridos de campo no se encontró presencia de la especie en éstas regiones.
8. En el Municipio de Los Cués en la región de la Cañada en Oaxaca, se encontraron poblaciones de linaloe con muy buen grado de conservación.
9. En el estado de Puebla, la región de la Mixteca Poblana es la que tiene mayor superficie con potencial óptimo de linaloe.
10. En Morelos, el Municipio de Tlaquiltenango es el que presenta la mayor superficie con condiciones para un potencial óptimo de linaloe.
11. En 179 puntos de 730 que se muestrearon en campo, se encontró la presencia de linaloe.
12. la mayor cantidad de sitios con presencia de linaloe (132) se encuentra en la zona en la que colindan Puebla y Guerrero. El resto de los sitios con presencia de linaloe se localizan en el sur de Morelos y en la región de la Cañada en Oaxaca.

R. y H. E. Flores L. 1998. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Jalisco. Distrito de Desarrollo Rural 067 Ameca. Folleto Técnico Núm. 6. Campo Experimental Centro de Jalisco, CIRPAC, INIFAP. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. 46 p.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D. F. 432 p.

Rzendowski, J.; Medina, L. R.; Rzendowski, C. G. 2004. Las especies de *Bursera* (burseraceae) en la Cuenca Superior del río Papaloapan, México. Acta Botánica Mexicana Núm. 66. Pátzcuaro, Michoacán. México. pp. 23-151

Rzendowski, J.; Medina, L. R.; Rzendowski, C. G. 2005. Inventario del Conocimiento Taxonómico, Así como de la Diversidad y del Endemismo Regionales de las Especies Mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Acta Botánica Mexicana Núm. 070. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán. México. pp. 85 - 111

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Respuestas del crecimiento a la temperatura. En: Fisiología vegetal. Virgilio González Velásquez (Traductor). Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. pp. 539-559.

Sánchez, G. J. J. y J. A. Ruiz C. 1996. Distribución del teocintle en México. En: J. A. Serratos, M. C. Willcox y F. Castillo (eds.) Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico. México, D. F. CIMMYT. pp. 20-38

Sánchez, G. J. J.; T. A. Kato Y.; M. Aguilera S.; J. M. Hernández C.; A. López R. y J. A. Ruiz C. 1998. Distribución y caracterización del teocintle. Libro Técnico Núm. 2. CIRPAC, INIFAP. Guadalajara, Jalisco, México. 149 p.

Serrano, A. V. y Cano, G. M. A. 2003. Caracterización del medio físico del estado de Oaxaca y sus distritos políticos.

INTRODUCCIÓN

El árbol de linaloe, *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina, también reportado como *Bursera aloexylon* (Schiede) Engl (Rzedowski *et al.*, 2004), es una especie maderable de gran importancia ecológica, económica y social en las áreas donde se distribuye naturalmente.

Desde el punto de vista ecológico, el árbol de linaloe es un elemento ocasional, de la selva baja caducifolia, adaptado a condiciones ambientales específicas. Es una especie caducifolia cuyas poblaciones se componen de árboles machos y árboles hembras. Cruz *et al.*, (2009) reportan su distribución natural en los Distritos de Teotitlán de Flores Magón y San Pedro Cuicatlán, en el estado de Oaxaca; en la parte media y alta de la Cuenca del Balsas en el estado de Guerrero; y en el sur del estado de Puebla.

Desde la perspectiva económica-social, la distribución natural del linaloe coincide con la presencia de comunidades rurales con altos índices de marginación y pobreza, por lo que su aprovechamiento es una de las pocas opciones complementarias a su economía que tienen los pobladores.

Históricamente el aprovechamiento de linaloe se ha caracterizado por ser una actividad netamente de recolección. Durante la segunda guerra mundial, el linaloe fue intensamente explotado para la extracción del aceite esencial y fue exportado para la industria del perfume (Rzedowski *et al.*, 2005).

En la actualidad, los árboles de linaloe son utilizados para elaborar artesanías de madera, de las cuales destacan las cajas labradas y laqueadas que se elaboran en la población de Olinalá, Guerrero. Se reporta como una de las especies usadas ocasionalmente para la elaboración de alebrijes en el estado de Oaxaca (Hernández-Apolinar *et al.*, 2006). También se usa para la extracción de aceites esenciales,

Período 1961-2003. Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. Libro Técnico Núm. 15. Veracruz, Ver., Méx. 181 p.

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 p.

Espinosa, O. D. 2006. Taxonomía y prospección del hábitat de las poblaciones de *Bursera sect. Bullockia* con especial énfasis en las especies afines al 'linaloe', *B. aloexylon* (Schiede ex Schlecht.) Engl. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto Núm. BS001. México D. F. 24 p.

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

FAO. 1981. Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas. Vol. 3: Metodología y Resultados para América del Sur y Central. FAO 48/3. Roma. 143 p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2da. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. C. U. México, D. F. 246 p.

Gilboy, A. 2002. Effects of landscape spatial structure and composition on models of pine warbler (*Dendroica pinus*) habitat selection. School of Natural Resources and Environment. University of Michigan. 16 p.

González, A. I. J.; A. Turrent F.; R. Avelandano S. 1990. Provincias Agronómicas de las tierras de labor bajo temporal en México. SARH, INIFAP, México. 108 p.

Hersch, M. P.; Glass, R.; Fierro A. A.; Guerrero, B. C. 2004. El Linaloe *Bursera aloexylon* (Schiede ex Schldtl) Engl.

Folleto Técnico Núm. 3. INIFAP, Campo Experimental Costa Oaxaqueña. 24 p.

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.; Ruíz, 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 Núm. 8. Oaxaca, Oaxaca. México. 172 p.

Serrano, A. V.; Medina, G. G.; Díaz, P. G.; Ruiz, C., A. y Cano, G. M. A. 2007. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Guerrero. (Período 1961-2003). INIFAP. SAGARPA: Libro Técnico Núm. 7. Oaxaca, Oax., México. 233 p.

Stockman, A. K.; Beamer D. A., and Bond, J. E. 2006. An evaluation of a GARP model as an approach to predicting the spatial distribution of non-vagile invertebrate species. Diversity and Distributions. Diversity Distrib. 12:81-89.

Stockwell, D. and Peters, D. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science 132:143-158.

Stockwell, D. R. B. and Noble, I. R. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. Mathematics and Computers in Simulation 33:385-390.

Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie patrimonio vivo 6. México, D. F. 24 p.

Hutchinson, M. F. 2004. ANUSPLIN version 4.2: User Guide. Center for resource and environmental studies, the Australian National University. Canberra. Australia. 54 p.

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

INEGI. 2000b. Uso de Suelo y Vegetación. 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.

INIFAP. 1994. Informe Final del Proyecto "Determinación del Potencial Agroecológico del Valle de Tecomán, Colima". INIFAP-CIRPAC. 87 p.

Köppen, W. P. 1936. Das Geographische System der Klimate. In: Handbuch der klimatologie. Band I, Teil C: 1-44. Berlín.

López, G. J. V. O. 1995. Comparación de métodos numéricos utilizados en la interpolación puntual de precipitación pluvial en el estado de Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. 70 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.

Medina, G., G.; A. Bravo L.; R. A. Martínez P. y R. Aveldaño S. 1994. Growth potential of plant specie in México. In: World Congress of Soil Science. Volume 4 (B):175 -176.

Nelson, R. 2003. ClimGen. Weather Generator. Washington State University. Obtenido de la Red Mundial el 5 de 2003. <http://www.bsye.wsu.edu/climgen>

Ortiz, V. M. 1990. Datos climatológicos del estado de Zacatecas. Publicación Especial. CEZAC-CIFAP ZAC-INIFAP-SARH. Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zacatecas, México.

Rijks, D. 1994. Agroclimatic characterization. In: Handbook of agricultural meteorology. Oxford University Press. New York, USA. pp. 241-244.

Ruiz C., J. A., J. Orozco R., H. E. Flores L., A. Vizcaíno G., R. Ortega A., A. García B. y A. Morfin V. 1995b. Determinación del potencial productivo de la Costa de Jalisco. Informe de Investigación. CIRPAC, INIFAP. Guadalajara, Jalisco, Méx. 61 p.

Ruiz, C. J. A. 2002. Apuntes del curso de Meteorología y Climatología. Universidad de Guadalajara-Departamento de Ciencias Ambientales. Documento de circulación interna.

Ruiz, C. J. A., G. Medina, G.; Z. Ortiz, T.; I. J. González, A.; H. E. Flores, L.; R. A. Martínez, P. y K. F. Byerly, M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRPAC. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jal., Méx. 324 p.

Ruiz, C. J. A.; A. Vizcaíno G. y R. A. Martínez P. 1995a. Áreas con potencial para la producción de limón en Colima. Publicación Especial Núm. 11. México, D.F. 22 p.

Ruiz, C. J. A.; J. J. Sánchez G. and M. Aguilar S. 2001. Potential geographical distribution of teosintle in México: A GIS approach. Maydica 46:105-110.

Ruiz, C. J. A.; K. F. Byerly M.; R. A. Martínez P.; D. R. González E.; L. Nava V.; S. De La Paz G.; P. Alemán R.; J. J. Aceves

Summerfield, R. J.; E. H. Roberts and R. J. Lawn. 1989. Photo-thermal modulation of flowering in grain legumes crops. Proc. of the Inter. Congress of Plant Physiology and Biochemistry. New Delhi. India. pp. 240-242.

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

Villalpando, I. J. F. y E. García. 1993. Agroclimatología del estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Laboratorio Bosque La Primavera. Guadalajara, Jal. 40 p. y anexo cartográfico.

Villalpando, I. J. F. y Ruiz, C. J. A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, S. A. de C. V. México, D. F. 133 p.

Villalpando, I. J. F.; B. C. Biswas; A. Coulibaly; Z. Gat; B. S. Lomoton; K. B. Perry and E. S. Ulanova. 1991. Practical use of agrometeorological data and information for planning and operational activities in all aspects of agriculture, including farming systems. WMO. Commission for Agricultural Meteorology. Geneva, Switzerland. 131 p.

Zhang, X. y Yang F. 2004. RCLimDex 1.0. Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá. Obtenido de la Red Mundial el 9 de Noviembre de 2004 <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.html>.

CARACTERIZACIÓN SILVÍCOLA DE POBLACIONES NATURALES DE LINALOE EN GUERRERO, OAXACA Y PUEBLA

Castellanos-Bolaños, J. F.¹, M. Gómez-Cárdenas ¹, E. Cruz-Cruz ¹, V. Serrano-Altamirano¹, F. Solares-Arenas², D. Vargas-Álvarez³, S. Orozco-Cirilo¹, V. Mariles-Flores¹, M.E. Fuentes-López⁴, A. Borja de la Rosa⁵, D. Ayerde-Lozada⁶

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar las existencias maderables, evaluar la regeneración natural y desarrollar modelos matemáticos para la estimación de volúmenes de madera de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en tres localidades representativas de su área de distribución, San Juan de los Cués, Oaxaca; Chiautla de Tapia, Puebla; y Xalitla, Guerrero. En cada localidad se delimitó una superficie de 25 ha, donde se realizó un muestreo que cubrió un área total de 33,000 m², a través del levantamiento de 66 sitios de muestreo, de forma circular, cada uno con un área de 500 m² y distribuidos sistemáticamente. En lo que corresponde a la generación de modelos matemáticos para la estimación de volúmenes de madera, se calculó un tamaño de muestra de 80 árboles, lo cual significó un promedio de 10 árboles para cada una de las categorías entre 5 cm a 40 cm de diámetro normal y un intervalo de alturas desde 2 m hasta 8 m. Los resultados mostraron, respectivamente, para San Juan de los Cués, Chiautla y Xalitla, los siguientes datos: 44, 45 y 36 árboles por ha; 4.1, 1.3 y 1.8 tallos promedio por árbol; áreas basales promedio de 0.88 m².ha⁻¹, 0.96 m².ha⁻¹ y 2.31 m².ha⁻¹; un diámetro cuadrático de 16 cm, 17 cm y 30 cm; en cuanto a la regeneración solo en Chiautla se presentaron 21 arbolitos por ha, en las otras dos localidades no tuvieron regeneración. El modelo generado para calcular el volumen total fue: $0.000074 DN^{1.7861} H^{1.3832}$, con el cual se calcularon las existencias maderables de 11.19; 10.41 y 23.38 m³.ha⁻¹, respectivamente para cada población. Se concluye que las poblaciones de linaloe en las áreas de estudio son reducidas, la regeneración natural prácticamente no existe, las existencias de madera en pie son reducidas.

Palabras clave: *Bursera linanoe*, modelos matemáticos, regeneración, volumen.

¹ Investigador Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca INIFAP
² Investigador Campo Experimental Zacatepec-Morelos INIFAP
³ Profesor Investigador Universidad Autónoma de Guerrero
⁴ Investigador Campo Experimental San Martinito Puebla INIFAP
⁵ Profesor Investigador Universidad Autónoma Chapingo
⁶ Investigador Campo Experimental Iguala-Guerrero INIFAP

comprimido, la de *B. glabrifolia* puede ser obovoide pero no comprimido; finalmente, la altitud en la que se distribuye *B. linanoe* es de 650 a 1500 msnm, en cambio *B. glabrifolia* se distribuye entre 1400 a 2200 msnm.

Sitios de estudio

Se definieron tres áreas representativas con presencia de linaloe, en donde se llevó a cabo el presente estudio: San Juan de los Cués, en la Región Cañada del estado de Oaxaca; Chiautla de Tapia, en Puebla y Xalitla, en Guerrero.

San Juan de Los Cués se ubica geográficamente a los 18° 03' N y 97° 03' O, a una altitud de 860 msnm. se encuentra dentro del área de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Esta comunidad se localiza al norte de la capital del estado de Oaxaca a una distancia aproximada de 171 kilómetros.

Chiautla de Tapia, se encuentra entre los 18° 09' 43" y 18° 10' 05" N y 98° 34' 39" y 98° 34' 10" O, a una altitud promedio de 800 m. Se ubica a 60 km al sur de Izúcar de Matamoros, en el estado de Puebla. Xalitla se ubica en las coordenadas geográficas 17° 59' 42" N y 99° 32' 26" O, a una altitud de 650 msnm. a 45 km al sur de Iguala, en Guerrero.

En los sitios de estudio, el tipo de vegetación dominante es de selva baja caducifolia con presencia de árboles de altura media de 6-10 m, con alta representación de árboles de las familias Burseraceae y Leguminosae, y otras especies arbóreas conspicuas como pochote (*Ceiba aesculifolia*), cuachalalate (*Amphyterigium adstringens*), chupandía (*Cyrtocarpa procera*).

En ninguno de los tres sitios existe algún plan de manejo, el aprovechamiento de madera de linaloe y otras especies maderables es arbitrario, para el caso de San Juan de Los Cués cuyo territorio se

frecuencia (fi) se contabilizó como la presencia ó ausencia de la especie en las parcelas de muestreo.

Generación de modelos matemáticos. Para la estimación de volúmenes de madera se probaron los siguientes modelos.

- Schumacher: $V = B_0 D^{B_1} H^{B_2}$
- Korsum: $V = B_0 (D+1)^{B_1} H^{B_2}$
- Geométrico de la Variable Combinada: $V = B_0 (DH)^{B_1}$
- Variable Combinada: $V = B_0 + B_1 D^2 H$
- Variable Combinada Generalizada: $V = B_0 + B_1 D^2 + B_2 H + B_3 D^2 H$

Donde:

V: Volumen total (m³)
D: Diámetro de diferentes longitudes (cm)
H: Altura total (m)
B₀, B₁, B₂, B₃: Parámetros a estimar

Selección del mejor modelo. El mejor modelo se seleccionó con base en el análisis de capacidad de ajuste, tanto por métodos analíticos como métodos gráficos. La capacidad de ajuste se analizó mediante la obtención de: sesgo, error medio cuadrático, coeficientes de determinación ajustado, valor de F calculado, suma de residuales (Kiviste *et al.*, 2002; Castedo *et al.*, 2000; Diéguez *et al.*, 2003). Con base en el modelo seleccionado se desarrolló una tabulación de doble entrada para la estimación de volumen.

RESULTADOS

Abundancia de linanoe

El número de árboles de linaloe por hectárea se comportó de una forma muy similar entre las poblaciones, al variar de 36 a 45 árboles/ha⁻¹ (Cuadro 1). Se registró como un solo árbol al número total

se emplea en la medicina tradicional y también su madera sirve como combustible.

No obstante la importancia de la especie, en sus áreas de distribución existen poblaciones severamente afectadas cuyos niveles poblacionales se acercan a umbrales de irreversibilidad económica y ecológica. Parte de estas amenazas son debidas a la carencia de información técnico-científica que de soporte a las diferentes acciones de aprovechamiento sustentable.

La problemática actual también radica en que, persiste el derribo de árboles de forma desordenada y arbitraria para obtener madera, se mantienen actividades de pastoreo y ramoneo principalmente de bovinos y caprinos que destruyen y maltratan las plantas jóvenes; no se ha incentivado su cultivo y tampoco el manejo forestal (Hersch *et al.*, 2004).

Ante la situación expuesta se planteó el presente estudio, el cual cubre tres objetivos: determinar la distribución y existencias maderables de linaloe en los estados de Guerrero, Puebla Morelos y Oaxaca; evaluar la regeneración de linaloe en su área de distribución natural en las entidades citadas; y desarrollar modelos matemáticos para la estimación de volúmenes de madera en árboles de linaloe.

REVISIÓN DE LITERATURA

Los bosques tropicales son una fuente importante de recursos naturales para los habitantes locales de todo el mundo (Challenger, 1998). En particular, los bosques tropicales secos en Mesoamérica han sido explotados intensivamente por las comunidades locales desde tiempos precolombinos (Murphy and Lugo, 1995).

El bosque tropical seco o selva baja caducifolia es un tipo de vegetación característico de regiones de clima cálido del sur de México, con una temperatura media anual de 20 a 29 °C y una

encuentra dentro del área de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, el aprovechamiento aunque se encuentra restringido, el pastoreo de ganado caprino es notorio.

Trabajo de campo

Determinación de existencias maderables de linanoe

Diseño de muestreo y tamaño de muestra. En cada una de las tres localidades, se delimitó una superficie representativa de la selva baja caducifolia con presencia de linaloe de 25 hectáreas, en ella se implementó un diseño de muestreo sistemático. En cada localidad, el muestreo cubrió un área total de 33,000 m², resultado del levantamiento de 66 sitios de muestreo de forma circular, cada uno con un área de 500 m².

Variables dasométricas. Las variables registradas en cada sitio de muestreo fueron: el número de árboles, el diámetro normal a partir del cual se originó el área basal y el diámetro cuadrático (Dq) y la altura total. Se complementaron con mediciones de las distancias y ángulos del árbol central a cada uno de los árboles dentro del sitio de muestreo. Se registró información sólo para los árboles mayores de 5 cm de diámetro normal y se contabilizó la distribución diamétrica en categorías de 5 cm iniciando con la categoría de 5 cm.

Evaluación de la regeneración.

Diseño de muestreo y tamaño de muestra. En cada una de las localidades ya mencionadas, se utilizó un diseño de muestreo sistemático, cubrió un área total de 6,600 m², resultado del levantamiento de 66 sitios de muestreo de forma circular, cada uno con un área de 100 m².

estación de secas y otra de lluvias muy marcadas a lo largo del año. Sus componentes arbóreos tienen una altura de 4 a 10 m, en ocasiones hasta 15 m, con frecuencia los troncos de los árboles son robustos, torcidos y ramificados cerca de la base, muchas de las especies presentan cortezas escamosas, las copas son poca densas y muy abiertas (Pennington y Sarukhán, 2005; SEMARNAT, 2008; CONAFOR, 2008).

El linaloe es una especie endémica del sur de México, es un componente del bosque tropical caducifolio donde predominan las especies del género *Bursera*, sobre terrenos ondulados con suelos someros y pedregosos; se distribuye en los estados de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca (CONABIO, 2006).

En el siglo XIX, la madera del linaloe fue comercializada a Francia e Inglaterra, donde su aceite comenzó a destilarse; posteriormente México comenzó a exportar el aceite principalmente a Estados Unidos y Europa, sin embargo, la producción se redujo por la sobreexplotación, disminuyendo dramáticamente las poblaciones de linaloe particularmente en el sur de Morelos, Puebla, y el norte de Guerrero (Martínez *et al.*, 2004).

Los árboles del género *Bursera* han sido el blanco de diferentes prácticas de extracción; en los Valles Centrales de Oaxaca, México, tres especies de *Bursera* (*B. glabrifolia*, *B. submoniliformis*, and *B. aloexylon*) son explotadas por los habitantes locales quienes derriban los árboles enteros y usan la madera para elaborar figuras de madera llamadas 'alebrijes' (Hernández-Apolinar *et al.*, 2006). Artesanos locales reportan que esta preferencia está relacionada con la madera blanda y ligera comparada con la de otras especies (Purata *et al.*, 2004).

88

Se registraron todas las plantas jóvenes de linaloe, desde plántulas de 30 cm de altura hasta plantas de 1.5 m ó con un diámetro basal menor de 2.5 cm.

Generación de modelos matemáticos para la estimación de volúmenes de madera.

La elección de los árboles muestra. Con base en la información dasométrica obtenida en los sitios de muestreo, se determinó que el intervalo de variación en los diámetros normales de los árboles de linaloe fue desde 5 cm hasta 40 cm y el rango de las alturas totales desde 1 m hasta 8 m. Con esta información se calculó un tamaño de muestra de 80 árboles, lo cual significó un promedio de 10 árboles para cada una de las categorías desde 5 cm hasta 40 cm de diámetro normal. Se utilizó un diseño de muestreo dirigido al árbol con las características preestablecidas y con una distribución en toda el área de estudio.

Mediciones en campo de variables dasométricas. La técnica de recolección de los datos de campo fue el escalamiento en los árboles en pie y el registro de mediciones en forma directa, de esta forma se evitó el derribo de árboles.

Los diámetros de los tallos a diferentes alturas se registraron a través del seccionamiento visual del fuste principal y ramas, procediendo a medir la longitud y los diámetros, mayor y menor extremos de cada segmento con cinta diamétrica, según la condición de curvaturas que presentara dichos troncos; aunque invariablemente siempre se registraron dos diámetros; el primero, a 10 cm sobre el nivel del suelo considerado como el diámetro basal y el segundo a 1.30 m considerado como el diámetro normal. La altura del árbol se registró sumando las diferentes secciones longitudinales.

El árbol de linaloe es una especie que se ramifica notablemente; en la mayoría de los casos, esas ramificaciones ocurren muy cerca del nivel

92

MATERIALES Y MÉTODOS

La especie de interés

En las área de distribución natural, los árboles de *Bursera linanoe* son conocidos como linaloe. Esta especie pertenece a la familia Burseraceae, es un árbol caducifolio y presenta la característica de haber árboles machos y árboles hembras, en su etapa adulta el árbol puede alcanzar de 8 a 9 m de altura, y diámetro basal hasta de 45 cm.

La corteza externa es lisa a ligeramente rugosa, de color blanco-grisácea; la corteza interna es rojiza con resina intensamente aromática, presenta conductos resiníferos de los cuales emana el látex grasoso, con aroma intenso, agradable y dulce, el grosor total de la corteza de 5 mm.

Fruto obovoide, algo comprimido, de 9 a 11 mm de largo, foliolos por lo general 5 o 7, segmento del cáliz de menos de la mitad del largo de los pétalos, planta colectada por lo general a menos de 1300 msnm de altitud (Rzedowski *et al.*, 2004).

La floración de linaloe ocurre en los meses de mayo a junio, mientras que la fructificación es de julio a septiembre, dependiendo de la precipitación y temperatura. Después de esta fecha el árbol pierde sus hojas y reverdece hasta el establecimiento del otro período de lluvias (Toledo, 1982).

B. linanoe se parece mucho, principalmente en la morfología de sus hojas y de sus flores, a la especie *B. glabrifolia* al grado que con frecuencia llega a confundirse. Rzedowski *et al.* (2004) mencionan que en el campo se les puede reconocer por sus perfumes discrepantes, además *B. linanoe* en hojas tiernas no presenta pubescencia en los nudos del raquis y *B. glabrifolia* si la tiene; *B. linanoe* presenta pubescencia de la inflorescencia con pelos glandulosos mientras que *B. glabrifolia* no; la forma del fruto de *B. linanoe* es obovoide algo

89

del suelo. Para fines de los análisis estadísticos, se registró como un solo árbol al número total de tallos presentes con origen en un solo pie, aunque fuera por debajo de 1.30 m de altura; para fines de elaborar los modelos matemáticos y estimar los volúmenes de madera, se consideró como árbol independiente aquel que tuviera un solo tallo ó que presentara más tallos, pero éstos ramificados por debajo de 1.30 m de altura.

Cubicación de tallos y ramas. Con los datos obtenidos de diámetro mayor y menor y longitud de cada segmento, se cubicaron estos con la fórmula de Smallian, y se obtuvo el volumen de cada árbol a través de la sumatoria del volumen de su segmentación.

$$V = (S_0 + S_1) / 2 * L$$

Donde:

V: Volumen (m³)

S₀, S₁: Área de las secciones transversales en los extremos.

L: Longitud (m)

Métodos analíticos

Determinación de existencias maderables de linaloe.

A partir del registro de las variables dasométricas, se realizaron una serie de cálculos. Para la definición de la composición de linaloe se registró su dominancia, su abundancia y frecuencia, variables que representan una estimación del área que ocupan, el número y la distribución de la especie, respectivamente.

Para expresar la dominancia se utilizó el área basal (gi) de los individuos. La abundancia (di) se determinó como el número de individuos de la misma especie por hectárea y para evaluar la

93

entre 9 y 10 m. Inclusive el fenotipo de la población es muy diferente en Chiautla, donde se presentan fustes con mayor rectitud y menos ramificado, comparados con las poblaciones de San Juan de los Cués y Xalitla, las cuales fenotípicamente son parecidas, caracterizadas por presentar tallos muy sinuosos.

Cuadro 5. Número de tallos de linaloe por categoría de altura (m) en tres localidades.

Localidad	Categoría de altura (m)											Total
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S.J. de los Cués	9	22	59	42	32	6	4	6	0	0	0	180
Chiautla	9	6	6	6	7	5	6	5	0	7	2	58
Xalitla	0	4	14	19	16	6	1	0	0	0	0	64

Características dasométricas

En el Cuadro 6 se presentan las características dasométricas de las especies asociadas con linaloe, la mayoría los árboles corresponden a diámetros pequeños que conciernen a las tres primeras categorías diamétricas que van de los 2.5 cm hasta los 17.5 cm, dentro del área hay muy pocos árboles con diámetros mayores a 25 cm, lo cual muestra que la masa es de forma irregular. Los valores de alturas, refleja que estas se presentan de manera uniforme, ya que en su mayoría se concentran en la categoría de 5 m.

infiere que es volumen de ramas. En la mayoría de los casos, es mayor el volumen de ramas que el volumen del tallo.

Cuadro 11. Existencias maderables para árboles completos y tallos de linaloe, para cada localidad de estudio.

Localidad	Árbol completo (m ³ .ha ⁻¹)	Tallos (m ³ .ha ⁻¹)
San J. de los Cués	11.19	6.006
Chiautla	10.41	3.73
Xalitla	23.38	9.75

de tallos presentes con origen en un mismo pie, aunque la ramificación fuera por debajo de 1.30 m de altura.

El linaloe al ser una especie dioica, se consideró de gran importancia disponer de información acerca de la proporción de árboles por sexo, para ello se registró, durante la última semana de mayo y primera de junio, el tipo de flor presente, masculina o femenina. De acuerdo con los registros obtenidos, de manera general existe una proporción 2:1 de árboles macho-hembra.

En el mismo Cuadro 1 se presenta también el número de tallos promedio por árbol, como una característica de la interacción genotipo-ambiente para cada localidad.

Cuadro 1. Número de árboles de linaloe por sexo y número de tallos promedio por árbol (NT), presentes por localidad.

Localidad	Numero de árboles por ha			NT
	machos	hembras	total	
San Juan de los Cués	30	14	44	4.1
Chiautla	28	17	45	1.3
Xalitla	24	12	36	1.8

Composición y abundancia de las especies asociadas con linaloe. En el área de estudio en San Juan de los Cués, se cuantificaron un total de 27 especies arbóreas, incluyendo al linaloe, en el Cuadro 2 se citan las especies presentes así como su abundancia. Se encuentran otras especies con mayor número de individuos, destacan en general las siguientes especies: cuajote blanco con 183 individuos por ha⁻¹, cuachalalate con 176, pochote con 161, cuajote rojo con 144, copalillo con 122; linaloe con 44 individuos por ha⁻¹, ocupa el octavo lugar en abundancia.

Cuadro 6. Valores promedios de variables dasométricas de las especies asociadas con linaloe en San Juan de los Cués.

Especie	Diámetro Basal (cm)	Diámetro Normal (cm)	Altura Total (m)	Diámetro de Copa (m)
Cazahuate	15.8	11.2	3.9	4.72
Chilillo	16.6	11.9	3.8	3.88
Cholulo	19.0	8.5	3.9	4.13
Chupandía	16.3	11.8	3.9	4.70
Copalillo	16.3	11.8	3.9	4.67
Cuachalalate	16.2	11.7	3.9	4.67
Cuajote blanco	16.3	11.8	3.9	4.67
Cuajote rojo	16.3	11.8	3.9	4.68
Cuatillo	16.4	11.8	3.9	4.74
Cucharito	16.3	11.8	3.9	4.68
Flor de mayo	16.2	11.5	3.9	4.69
Guaje colorado	14.3	10.1	3.9	3.95
Huesito	16.3	11.8	3.9	4.72
Mantecoso	15.2	10.8	4.0	4.76
Mulato	13.0	11.0	6.0	4.65
Negrilo	0	0	0	0
Palo blanco	16.8	12.3	3.8	3.88
Palo de grano	14.9	10.6	4.0	4.78
Palo de manita	15.8	11.2	3.9	4.70
Pochote	16.3	11.8	3.9	4.68
Tecuahue	15.3	10.9	4.0	4.74
Tecuete	5.0	7.6	3.6	2.45
Tepehuaje	16.4	11.6	3.8	4.78
Tepehuaje blanco	17.7	13.1	3.9	3.93
Uña de gato	25.0	19.2	3.6	4.07

Evaluación de la regeneración

La información se presenta en el Cuadro 7, en él se puede observar que la presencia de nuevos árboles es nula en San Juan de los Cués y en Xalitla, y aunque en Chiautla hubo registros de regeneración, ésta es muy escasa y dispersa.

Cuadro 2. Abundancia de las especies arbóreas asociadas con linaloe.

Especie	Árb.ha ⁻¹	Especie	Árb.ha ⁻¹
<i>Bursera odorata</i> Cuajote blanco	183	<i>Parkinsonia praecox</i> Mantecoso	14
<i>Amphipterygium adstringens</i> Schiede ex Schltdl Cuachalalate	176	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth. Tepehuaje	14
<i>Ceiba aesculifolia</i> (H.B. & K.) Britten & Baker Pochote	161	Chilillo	11
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray Cuajote rojo	144	<i>Conzattia multiflora</i> Standl Palo blanco	9
<i>Bursera schlechtendalii</i> Copalillo	122	<i>Cyrtocarpa procera</i> H. B. & K. Chupandía	8
<i>Acacia cochliacantha</i> Cucharito	75	<i>Lysiloma</i> sp Tepehuaje blanco	8
<i>Plumeria rubra</i> L Flor de mayo	49	Manzanito	5
<i>Bursera linanoe</i> Linaloe	44	<i>Mimosa luisana</i> Uña de gato	5
<i>Mimosa</i> sp. Tecuahue	40	<i>Leucaena sculeta</i> Guaje colorado	2
Huesito	25	<i>Ziziphus amole</i> Cholulo	1
Palo de manita	21	<i>Bursera simaruba</i> Mulato	1
<i>Ipomea murucoides</i> Cazahuate	17	Negrilo	1
Palo de grano	17	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Tecuante	1
<i>Acacia constricta</i> Cuatillo	15		

Dominancia de linaloe.

El área basal como indicador de la dominancia se presenta para cada localidad en el Cuadro 3, se incluyen también valores del diámetro cuadrático, definido como el diámetro del árbol de área basal promedio y la altura promedio.

Cuadro 3. Área basal (AB), diámetro cuadrático (Dq) y altura promedio (A) de los árboles de linaloe por localidad.

Localidad	AB	Diámetro		A	
	(m ² ha ⁻¹)	Dq (cm)	Coef. Var.	m	Coef. Var.
San J. de los Cués	0.8827	16	73	3.35	47
Chiautla	0.9626	17	64	6.74	45
Xalitla	2.3141	30	29	6.26	19

Estructura diamétrica

La composición de diámetros de los árboles de linaloe en cada una de las localidades se presenta en el Cuadro 4. Se puede observar que la mayoría de los árboles, en cada una de las localidades, se ubican en clases de diferenciación menores a los 25 cm.

Cuadro 4. Número de tallos de linaloe por ha y categoría diamétrica en tres localidades.

Localidad	Categoría diamétrica									Total de tallos
	5	10	15	20	25	30	35	40	50	
S. J. de los Cués	72	70	32	6	0	0	0	0	0	180
Chiautla	23	11	10	7	4	2	1	0	0	58
Xalitla	0	1	22	20	12	6	2	0	1	64

Estructura de alturas

Los árboles con las mayores alturas se presentaron en la localidad de Chiautla (Cuadro 5), alcanzando dimensiones máximas entre 13 y 14 m de altura. En las otras dos localidades las alturas máximas fueron

Cuadro 7. Evaluación de regeneración de linaloe.

Localidad	Num. de arbolitos	Frecuencia de sitios	No. Arb x ha
San J. de los Cués	0	0	0
Chiautla	69	23/66	21
Xalitla	0	0	0

Selección del modelo matemático para estimar volúmenes de madera

El modelo que presentó los mejores indicadores estadísticos fue, el modelo de Schumacher, $V = B_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2}$. En el Cuadro 8 se presenta el análisis de ajuste para dicho modelo de regresión, el cual permite predecir el volumen de madera para diferentes componentes del árbol a partir de la medición del diámetro normal.

Cuadro 8. Indicadores estadísticos considerados para definir la bondad de ajuste para seleccionar el mejor modelo.

Componente	Capacidad de ajuste				Parámetros		
	CME	F cal	R ²	SR	B ₀	B ₁	B ₂
Vol. Total	0.00174	164.63	0.61	0.13034	0.000074	1.7861	1.3832
Vol. tallos	0.000259	272.62	0.65	-0.00098	0.000253	1.4284	0.8487

CME: cuadrado medio del error; F cal: valor calculado de F; R²: Coeficiente de determinación ajustado; SR: suma de residuales; β₀, β₁ y β₂: parámetros de regresión.

Aunque el modelo de Schumacher fue el mejor de los modelos probados, el análisis de ajuste presenta niveles de explicación intermedios acerca de la variabilidad del volumen total con respecto al diámetro normal. Lo anterior se ve reflejado al presentar coeficientes de determinación apenas superiores a 60% considerando el número de parámetros en cada una de las ecuaciones.

La explicación de esos valores se atribuye al hecho de tanto los tallos como las ramas son sumamente sinuosos, desde la base de los fustes. Las ecuaciones para el cálculo de volúmenes de madera, para cada uno de los componentes del árbol, quedaron de la siguiente manera:

$$\text{Volumen total en m}^3 = 0.000074 \text{ DN}^{1.7861} \text{ H}^{1.3832}$$

$$\text{Volumen de tallos, en m}^3 = 0.000253 \text{ DN}^{1.4284} \text{ H}^{0.8487}$$

A partir de las ecuaciones descritas se elaboraron las tabulaciones respectivas (Cuadros 9 y 10), para estimar los volúmenes de madera de los diferentes componentes a partir del diámetro normal.

Cuadro 9. Volumen de madera (m³) para árboles completos de linaloe, a partir del diámetro normal (en cm).

Diámetro (cm)	Altura (m)					
	5	6	7	8	9	10
5	0.012147	0.015631	0.019346	0.023271	0.027388	0.031685
10	0.041893	0.053910	0.066722	0.080257	0.094458	0.109277
15	0.086429	0.111221	0.137653	0.165577	0.194875	0.225449
20	0.144482	0.185926	0.230112	0.276793	0.325768	0.376878
25	0.215232	0.276969	0.342793	0.412331	0.485289	0.561425
30	0.298080	0.383580	0.474741	0.571047	0.672088	0.777531
35	0.392560	0.505161	0.625217	0.752048	0.885115	1.023980

Cuadro 10. Volumen de madera (m³) solo para tallos de linaloe (sin considerar ramas), a partir del diámetro normal (en cm).

Diámetro (cm)	Altura (m)					
	5	6	7	8	9	10
5	0.009879	0.01153	0.013145	0.014722	0.016270	0.017792
10	0.026591	0.031041	0.035379	0.039625	0.043791	0.047887
15	0.047453	0.055394	0.063137	0.070713	0.078147	0.085457
20	0.071569	0.083546	0.095224	0.106650	0.117862	0.128887
25	0.098435	0.114909	0.130970	0.146686	0.162107	0.177271
30	0.127719	0.149093	0.169932	0.190323	0.210332	0.230006
35	0.159178	0.18581	0.211788	0.237202	0.262139	0.286660

Las existencias de madera promedio por hectárea para cada una de las localidades de estudio se presentan en el Cuadro 11, se incluye tanto para el árbol completo, como para tallos solamente, la diferencia se