



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTORA DE GERMOPLASMA FORESTAL DE *Bursera linanoe* EN EL EJIDO LA TIGRA, PUENTE DE IXTLA, MORELOS

AMÍLCAR MARÍN RAMÍREZ

T E S I N A
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN CONSERVACIÓN Y MANEJO
SUSTENTABLE DE BOSQUES

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2017

ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTORA DE GERMOPLASMA FORESTAL
DE *Bursera linanoe* EN EL EJIDO LA TIGRA, PUENTE DE IXTLA, MORELOS

La presente tesina, titulada: **Establecimiento de una unidad productora de germoplasma forestal de *Bursera linanoe* en el ejido La Tigra, Puente de Ixtla, Morelos**, realizada por el alumno: Amílcar Marín Ramírez, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA

CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

Dr. Javier López Upton

ASESOR:

Dr. Marcos Jiménez Casas

ASESORA:

M.C. Virginia Jacob Cervantes

Montecillo, Texcoco, Estado de México, marzo 2017

ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTORA DE GERMOPLASMA FORESTAL DE *Bursera linanoe* EN EL EJIDO LA TIGRA, PUENTE DE IXTLA, MORELOS

Amílcar Marín Ramírez, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

El linaloe (*Bursera linanoe*) es un árbol aromático de la familia Burseraceae, nativo de la selva baja caducifolia de nuestro país. Su área de mayor concentración de manera natural es en las cuencas del río Balsas, del río Papaloapan y del río de Tehuantepec. Su madera se aprovecha para la fabricación de artesanías y su fruto para la extracción de aceites, lo que ha ejercido una presión significativa sobre las poblaciones naturales del linaloe especialmente en el sur de los estados de Morelos y Puebla y norte de Guerrero. Para contribuir a la producción de germoplasma de linaloe de calidad, el abasto de planta para los programas de reforestación en Morelos y fomentar la conservación del recurso genético forestal de la especie, se realizó el establecimiento de una Unidad Productora de Germoplasma Forestal (UPFG) en el ejido La Tigra, Puente de Ixtla, Morelos. El trabajo se basó en la NMX-AA-169-SCFI-2016. La UPGF establecida es del tipo “UPGF-RS Rodal Semillero”, conformada por una superficie de 30.0 ha en un rodal natural de selva baja caducifolia, donde se seleccionaron árboles de linaloe con características fenotípicas sobresalientes. Se consideraron aspectos dasométricos, posición en el rodal, características de la copa y fuste, vigorosidad y sanidad, y con la restricción de estar a un distanciamiento mínimo entre ellos de 20 metros. Se clasificaron en tres categorías (1, 2 y 3) conforme a la evaluación de las características fenotípicas, siendo los de la clase 1 aquellos que presentan mejores características. Para la selección y futura recolecta de germoplasma se consideraron los individuos en categorías 1 y 2, resultando en 109 individuos seleccionados, 80 de la clase 1 y 29 de la clase 2. Dentro del área hay individuos tipo 1 y 2 que no cumplieron con el distanciamiento mínimo, así como individuos de la clase 3. Del arbolado seleccionado se encontró que 61 árboles (~56 %) son dioicos masculinos, 41 (~38

%) dioico femeninos, y 7 (~6 %) monoicos, esto es 48 árboles producen frutos. La proporción sexual de los árboles seleccionados dentro de la UPFG sugiere una alteración, posiblemente influenciada por la extracción en años anteriores, de individuos dioicos femeninos y monoicos para el aprovechamiento de la madera. Se propone la obtención de germoplasma de manera sexual de aquellos que producen semilla y de manera vegetativa de los 109 árboles seleccionados. Sin embargo, debe priorizarse a aquellos que se encuentren a un distanciamiento mínimo de 100 metros entre sí, aquellos con mejor calificación fenotípicas. 18 árboles cumplen el requisito, 9 son dioico femeninos, (~50 %), 3 monoicos (~17 %) y 6 (~33 %) dioico masculinos.

Palabras clave: Bursera, características fenotípicas, linaloe, germoplasma, polimorfismo sexual, rodal semillero.

**ESTABLISHED OF A UNIT OF FOREST GERMPLASM PRODUCTION OF *Bursera linanoe* IN THEN
EL EJIDO LA TIGRA, PUENTE DE IXTLA, MORELOS**

Amílcar Marín Ramírez, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

The linaloe (*Bursera linanoe*) is an aromatic tree of the family Burseraceae, native to the deciduous dry forest of Mexico. Its area of greater natural distribution is in the basins of the Balsas, Papaloapan and Tehuantepec rivers. Its wood is used for the manufacture of handicrafts and its fruits for the extraction of oils, which has exerted a significant pressure on the natural populations of the linaloe, especially in the southern states of Morelos and Puebla and north of Guerrero. In order to contribute to the production of quality linaloe germplasm, to supply plants for reforestation programs in Morelos and to promote the conservation of the forest genetic resource of the species, it was established of a Unit of Forest Germplasm Production (UPFG) in the ejido La Tigra, Puente de Ixtla, Morelos. The work was based on the NMX-AA-169-SCFI-2016. The established UPGF is of the type "UPGF-RS Rodal Semillero", conformed by a surface of 30.0 ha in a natural stand of a deciduous dry forest, where linaloe trees with outstanding phenotypic characteristics were selected. Dasometric traits, position in the stand, characteristics of the crown and stem, vigorosity and sanity, and with the restriction of being at a minimum distance between them of 20 meters, were considered. They were classified into three categories (1, 2 and 3) according to the evaluation of phenotypic characteristics, with class 1 being those with the best characteristics. Individuals from categories 1 and 2 were considered to be selected and for future collection of germplasm. Thus 109 individuals were selected, 80 in class 1 and 29 from class 2. Within the area there are individuals type 1 and 2 who did not meet the minimum distance, as well as individuals from class 3. From the selected trees, 61 trees (~ 56%) were male dioecious, 41 (~ 38%) female dioecious, and 7 (~ 6%) monoecious, that is, 48 trees produce fruits.

The sexual proportion of the selected trees within the UPFG suggests an alteration of the quantity of female and monoic dioic individuals, possibly influenced by the extraction in previous years, for the use of wood. It is proposed to obtain germplasm in a sexual way from those that produce seed and asexually from the 109 selected trees. However, it should be prioritized to those who are at a distance of at least 100 meters from each other, those with better phenotypic qualification. 18 trees meet the requirement, 9 are female dioecious, (~ 50%), 3 monoic (~ 17%) and 6 (~ 33%) male dioic.

Key words: Bursera, linaloe, germplasm, phenotypic characteristics, sexual polymorphism, seed stand.

DEDICATORIA

A mis compañeros de grupo, con quienes compartí gratas experiencias, derivando en una amistad que persiste.

A mis maestros quienes dieron lo mejor de sí, con el afán de transmitir sus conocimientos.

A mi consejero y asesores, quienes analizaron a detalle este documento, y me apoyaron con comentarios para su mejora.

A quienes participaron en la toma de datos en campo.

A mi amada familia.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional Forestal y al Colegio de Postgraduados, que me permitieron alcanzar un logro más en mi vida profesional.

A los ejidatarios de la Tigra, quienes me permitieron documentar alguno de los trabajos que realizan dentro de su núcleo agrario, brindándome todas las facilidades y su amistad.

Al Dr. Javier López Upton, por su guía y consejo para la realización y culminación de este trabajo.

Al Dr. Marcos Jiménez Casas y M.C. Virginia Jacob Cervantes, por su revisión detallada como parte de mi consejo particular, que me permitió mejorar el presente documento.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
El linaloe.....	1
Manejo de germoplasma forestal.....	2
Unidades Productoras de Germoplasma (UPGF).....	3
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS.....	6
4. MARCO DE REFERENCIA.....	7
Manejo forestal en el predio	7
Tipos de UPGF con base en la NMX-AA-169SCFI-2016	7
Descripción de la especie de interés.....	9
Convenio de colaboración INIFAP-CONAFOR.	12
5. METODOLOGÍA	12
Localización del área de estudio	13
Selección del rodal para el establecimiento de la UPGF.....	17
Selección del arbolado	18
Identificación de sexualidad del arbolado seleccionado	18
Selección de árboles superiores	19
6. RESULTADOS	20
Selección del rodal para el establecimiento de la UPGF.....	20
Selección del arbolado	21
Identificación de sexualidad del arbolado seleccionado	23
Selección de árboles superiores	26
7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	29
8. RECOMENDACIONES.....	31
8. LITERATURA CITADA	32

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ilustración de ramas, hojas, flores y frutos de <i>Bursera linanoe</i>	11
Figura 2. Polígono de la UPGF de <i>Bursera linanoe</i> y coordenadas extremas.	12
Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio en el estado de Morelos, con respecto a la fisiografía.	14
Figura 4. Mapa de Zonas de Movimiento de Germoplasma Forestal (ZMGF) en el área de interés.	15
Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio con respecto a las topoformas.	16
Figura 6. Mapa de perspectiva de la UPGF de <i>Bursera linanoe</i> del ejido la Tigra, estado de Morelos, con respecto a la topografía y carreteras.	16
Figura 7. Diagrama ombrotérmico para el ejido la Tigra, Puente de Ixtla, Morelos.	17
Figura 8. Mapa de ubicación de la UPGF de <i>Bursera linanoe</i> del ejido la Tigra, estado de Morelos, con respecto a la rodalización del PMF en el predio.	21
Figura 9. Mapa de ubicación del arbolado seleccionado en la UPGF indicando puntuación obtenida.	22
Figura 10. Árbol número 22. Clase 1.	23
Figura 11. Árbol número 13. Clase 2.	23
Figura 12. Árbol número 89. Dioico masculino.	25
Figura 13. Árbol número 102. Dioico femenino.	25
Figura 14. Árbol número 103. Monoico.	25
Figura 15. Mapa de ubicación del arbolado seleccionado indicando puntuación obtenida y sexualidad identificada.	26
Figura 16. Mapa de ubicación de 18 árboles superiores seleccionados indicando puntuación obtenida y sexualidad identificada.	27

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Formato de valoración fenotípica de árboles de <i>Bursera linanoe</i> en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos.....	19
Cuadro 2. Formato de identificación de sexualidad de árboles de <i>Bursera linanoe</i> en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos.....	19
Cuadro 3. Estadísticas generales del arbolado seleccionado dentro de la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos.....	24
Cuadro 4. Estadísticas por clase del arbolado seleccionado dentro de la UPGF del Ejido la Tigra, estado de Morelos.....	24
Cuadro 5. Árboles superiores seleccionados de <i>Bursera linanoe</i> en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos, indicando puntuación y sexualidad.....	28
Cuadro 6. Estadísticas generales de los árboles superiores seleccionados de <i>Bursera linanoe</i> en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos, indicando puntuación y sexualidad.	28
Cuadro 7. Etapas fenológicas identificadas para <i>Bursera linanoe</i> en la UPGF del ejido la Tigra (periodo 2015-2016).	28

1. INTRODUCCIÓN

El linaloe

La familia Burseraceae está conformada por unos 20 géneros y más de 600 especies, distribuidas en las regiones tropicales del mundo, con mayor diversidad en América, en el norte y sur de África y en Malasia (Rzedowski y Guevara, 1992). El género *Bursera* incluye aproximadamente un centenar de especies; en el continente Americano se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos hasta Perú y el norte de Brasil, pasando por Centroamérica y el Caribe, siendo México su centro de diversificación con más de 80 especies (Rzedowski y Kruse, 1979).

El linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina) es una especie aromática de la familia Burseraceae, nativa de la selva baja del país (Rzedowski *et al.*, 2005). El área de mayor concentración en nuestro país es en las cuencas del río Balsas, del río Papaloapan y del río de Tehuantepec, abarcando los estados de Guerrero, Puebla, Morelos, Oaxaca y Veracruz (Kohlmann y Sánchez, 1984; Colina, 1987; Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005; Díaz, 2009). Durante muchos años esta especie se identificó como *B. aloexylon* (Schiede ex Schldl) Engl. (1881) o *B. delpechiana* Poiss ex Engl. (1883) (Becerra y Noge, 2010).

El linaloe se emplea con propósitos medicinales, artesanales, en rituales religiosos, en agroforestería como cercos vivos y en la industria de la perfumería, entre otros. Se conoce mundialmente por el fino aroma de su aceite esencial, que se ha utilizado en forma intensiva y exportado a Europa en el siglo XIX y en las primeras décadas del XX (Medina, 2008). El aceite resultó tan atractivo, que en 1911 los ingleses se llevaron propágulos de plantas mexicanas a la India y formaron grandes plantaciones, para su aprovechamiento (Hersch y Glass, 2006; Medina, 2008; Purata, 2008). A finales del año 1950 la demanda internacional del aceite cayó, así en la región donde se obtenía el aceite en México se dejó de producir. Por otro lado, aquellos árboles que habían plantado los ingleses en India crecieron y comenzaron a ser los principales productores de aceite de linaloe, destilando principalmente los frutos, a este aceite se le conoce comercialmente como lavanda de la India, muy apreciado en Europa (Purata, 2008). Siendo de alta relevancia el que sea la especie más plantada de su género en el mundo

(Becerra y Noge, 2010), en la actualidad la mayor parte del aceite de linaloe que se vende en el mundo es producido por las plantaciones de India (Medina, 2008; Purata, 2008).

La extracción del aceite del linaloe representó una importante fuente de ingresos en la región de la mixteca de México durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), debido a que nuestro país fue una de las principales fuentes de derivados del linalol que se emplean en la perfumería fina, en virtud de que los principales productores mundiales estaban involucrados en el conflicto. Hacia 1945 se llegaron a exportar más de 88 toneladas de aceite de linaloe que se producía en un área que abarcaba a Chiautla de Morelos y Huehuetlán, Puebla, Chaucingo, Guerrero y Huautla, Morelos, en el alto Balsas (Guenther, 1950). El aceite de linaloe se vende aún en las festividades de los pueblos de Tepalcingo, Morelos, así como en Huehuetlán y Chiautla de Morelos, Puebla (Espinosa, 2006).

Manejo de germoplasma forestal

La diversidad genética proporciona la base indispensable para la evolución de las especies arbóreas forestales. Esta diversidad ha permitido que los bosques y los árboles se adapten a condiciones cambiantes y adversas durante miles de años y ha traído como resultado una variedad única e insustituible de recursos genéticos de los árboles forestales (Gutiérrez *et al.*, 2015).

La sustentabilidad de un determinado ecosistema depende del mantenimiento de un flujo de genes diversos y sanos de los organismos que lo constituyen. Como las especies arbóreas forestales dominantes son frecuentemente “las especies clave” para mantener la biodiversidad de los bosques, la conservación y mantenimiento de su diversidad genética son aspectos de gran importancia para los silvicultores y mejoradores del bosque. Asimismo, es necesario conservar el acervo genético de especies silvestres para su domesticación en las plantaciones con el fin de contar con grupos de genes para su selección en la búsqueda de variedades resistentes a los patógenos, plagas y contaminantes ambientales, entre otros factores de riesgo y que presentarán altas tasas de crecimiento y buenas cualidades maderables o industriales (Gutiérrez *et al.*, 2015).

En silvicultura, como parte de un manejo forestal sustentable, el empleo de planta de buena calidad en la realización de plantaciones forestales para los diferentes fines (reforestación, forestación, rehabilitación, restauración, comercial) es especialmente importante. Para la producción de planta de calidad un punto fundamental es que los sitios de colecta de germoplasma (semillas u órganos vegetales con los que se pueden producir una planta) cumplan ciertos requisitos; por cuestiones de adaptación de las especies, tengan características ambientales similares al lugar a donde se establecerá la planta, por lo tanto es importante que la procedencia sea conocida, con base en la normatividad vigente (NMX-AA-169-SCFI-2016), además debe encontrarse en la misma Zona de Movimiento de Germoplasma Forestal (ZMGF) de las provincias fisiográficas establecidas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y dentro de un intervalo altitudinal no mayor de 300 m hacia arriba y 150 m hacia abajo, con respecto a la altitud del origen del germoplasma. Aunado a lo anterior, el germoplasma debe mostrar una diversidad genética suficiente para conservar la capacidad de adaptación de los bosques a posibles cambios en el ambiente, por lo que es importante que el germoplasma sea colectado de un número suficiente de árboles.

Unidades Productoras de Germoplasma (UPGF)

Para la conformación de áreas semilleras, una estrategia es mediante el establecimiento de UPGF, que son áreas identificadas en rodales naturales, plantaciones o viveros, con individuos pertenecientes a una especie forestal y seleccionados por su genotipo y/o fenotipo, poseen bien identificada su procedencia, y son usadas para la producción de frutos, semillas o material vegetativo (DOF, 2016), además son un instrumento para la conservación *in situ* y *ex situ* del acervo genético de especies de interés. Para la identificación y establecimiento una UPGF es necesario tomar en cuenta una serie de consideraciones técnico-científicas, entre ellas la determinación del estado de conservación, la determinación de la estructura, composición y diversidad del sitio, las interpretaciones de los datos, toma de decisiones y registro (García *et al.*, 2011).

Para el establecimiento de una UPGF, la selección de los árboles que servirán para la obtención de nuevas plantas, ya sea por propagación sexual o asexual, depende de los objetivos del proyecto o programa en el cual se va a utilizar. Para mejorar las características y aumentar el valor económico de las generaciones futuras de árboles, es necesario usar sólo los mejores individuos. Por ejemplo, para una plantación de producción de madera, las características idóneas son; árboles sanos, vigorosos, con fustes rectos y largos, poca ramificación y alta producción de semillas. Los árboles que cumplen con el 100 % de estas características son considerados árboles semilleros clase 1; cuando no cumplen en su totalidad con alguna de ellas, pero sí con más del 50 %, por ejemplo no poseen un fuste lo suficientemente recto o presentan mucha ramificación, se les clasifica como clase 2; y cuando se trata de árboles que presentan menos del 50 % de las características deseables, se les califica como clase 3. Evidentemente se espera tener sólo “árboles semilleros” clase 1, sin embargo, en aquellos casos donde hay pocos árboles clase 1 y la mayoría son clase 2 o 3, se les selecciona y se toman en cuenta para la conformación de la UPGF (García *et al.*, 2011; Oliva *et al.*, 2014).

En el estado de Morelos el proceso de establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal es incipiente, actualmente se está promoviendo este esquema para las especies *Bursera linanoe* (linaloe) y *Crescentia alata* Kunth (cirián, cuatecomate), además se tiene proyectado a corto plazo, incorporar unidades de *Pinus montezumae* Lamb. (pino, ocote) y *Pinus pseudostrobus* Lindl. (pino), lo anterior, derivado de una necesidad de obtener germoplasma de calidad con procedencia identificada, para el abasto de planta requerida para los programas estatales de plantación, que en promedio anualmente es de ~2.17 millones de plantas para clima templado frío y ~2.15 millones para clima tropical (Fuente: CONAFOR Morelos, con datos del periodo 2012-2016).

2. JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas forestales de nuestro país históricamente han presentado un severo proceso de deforestación, ocasionado por el desmonte de los bosques y selvas para convertirlos en otras formas de uso de suelo (por ejemplo, campos de cultivo, potreros, y zonas urbanas). Aunado a lo anterior, un proceso menos visible pero tal vez igualmente importante por sus efectos ambientales y económicos es la degradación o alteración de dichos ecosistemas, ocasionando cambios importantes tanto en la composición específica como en la densidad de las especies que habitan estos ecosistemas, lo que a su vez afecta su estructura y funcionamiento, conllevando a una pérdida importante de los recursos forestales (SEMARNAT, 2013).

El linaloe ha sido objeto de aprovechamiento por los pueblos de la región de la montaña en Guerrero, sierra de Huautla en Morelos, la mixteca de Puebla, Colima y Michoacán, con fines ya sean artesanales, terapéuticos o eventualmente industriales (Espinosa, 2006). El aprovechamiento de la madera para la fabricación de artesanías y del fruto para la extracción de aceites ha ejercido una presión significativa sobre las poblaciones naturales del linaloe especialmente en el sur de los estados de Morelos y Puebla y norte de Guerrero (Hersch, 2004; Rzedowski *et al.*, 2004; Solares *et al.*, 2009; Cruz *et al.*, 2009a). Aunque el linaloe no está considerada bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, sus poblaciones naturales y regeneración han sido ubicadas como amenazadas, deterioradas y en procesos avanzados de degradación y reducción (Espinosa, 2006; Solares-Arenas *et al.*, 2009; Cruz *et al.*, 2009a; Vargas *et al.*, 2009 citado por Hernández *et al.*, 2013).

En los últimos años los ejidos de Chimalacatlán y la Tigra en Morelos, así como Mezquitlán en Guerrero han realizado actividades de extracción de la esencia linaloe a partir del fruto lo que ha incrementado la presión sobre las poblaciones naturales. Pronósticos sugieren un incremento notable de la demanda del aceite debido a que recientemente se encontró que está conformado por más de diez compuestos químicos de amplio valor como materia prima para la perfumería, medicina y otras industrias (Vargas *et al.*, 2009, citado por Hernández *et al.*, 2013).

Por otra parte, durante mucho tiempo la mayoría de los programas de plantación de especies forestales impulsados por los diferentes niveles de gobierno y por la iniciativa privada en el país, han tenido un éxito relativo debido a la falta de control de la procedencia y calidad de la semilla empleada en los viveros. Una selección errónea de la fuente semillera o el uso de material biológico de mala calidad puede generar mayores pérdidas en la plantación que cualquier otro factor que se valore; por lo que las ventajas y rendimientos que se obtengan de un predio donde se plante con semilla de origen conocido y certificada serán mayores que en los que se emplean semillas de las que se desconocen sus características y procedencia (García *et al.*, 2011).

Dada la gran importancia que posee *Bursera linanoe* como planta potencial para la obtención de aceite y esencias de alto valor económico, así como la problemática identificada referente a la pérdida del recurso forestal ocasionado por la presión en las poblaciones naturales, una estrategia de rescate, conservación, restauración y aprovechamiento mediante el manejo forestal es altamente relevante, una de ellas es el establecimiento de UPGF, donde mediante la selección fenotípica de los individuos en rodales naturales se promueve la obtención de germoplasma forestal de calidad para su conservación y reproducción.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer una Unidad Productora de Germoplasma Forestal de *Bursera linanoe* en un rodal natural del ejido la Tigra, Puente de Ixtla, Morelos, con base en la NMX-AA-169-SCFI-2016.

Objetivos específicos

Seleccionar fenotípicamente individuos de *Bursera linanoe* en un rodal natural, para garantizar la procedencia y alta calidad del germoplasma, que asegure una mayor calidad de la planta a utilizarse en las plantaciones forestales con fines de restauración.

Establecer un área para la producción de germoplasma de *Bursera linanoe*, para fomentar la conservación del recurso genético forestal de la especie.

4. MARCO DE REFERENCIA

Manejo forestal en el predio

El ejido la Tigra, cuenta con una superficie forestal de 2,165.11 ha, de las cuales 724.86 se encuentran bajo aprovechamiento forestal maderable y no maderable mediante la autorización con número de oficio 137.01.02.02.257/2011 expedido por la SEMARNAT el 24 de junio de 2011, para el aprovechamiento forestal maderable y no maderable, manejadas mediante el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), con un turno de 80 años y un ciclo de corta de 10 años, con vigencia al 23 de junio de 2021 (SEMARNAT, 2011). Las especies forestales contempladas para el aprovechamiento maderable son: *Acacia cochliacantha* Humb. & Bonpl. ex Willd. (cubata), *Acacia milleriana* Standl. (quebracho), *Crescentia alata* Kunth (cirián), *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (palo dulce), *Guazuma ulmifolia* Lam. (guácima), *Haematoxylum brasiletto* Karsten (palo de brasil), *Leucaena esculenta* (Moc. et Sessé ex Dc.) Benth. (guaje colorado), *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth. (tepeguaje), *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F. Mcbrid. (tepemezquite), *Quercus* spp. (encinos) y *Vitex mollis* Kunth. (cuyotomate), principalmente para aprovechar leña, postes y morillos; y las especies forestales contempladas para el aprovechamiento no maderable son, *Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schltdl. (cuachalalate), donde la parte a aprovechar es la corteza, *Bursera bipinnata* (Sessé & Moc. ex DC.) Engl., Bot. Jahrb (copal), de la cual se aprovechan los exudados, y *Bursera linanoe* en la cual se aprovechan los frutos (Ejido la Tigra, 2011).

Tipos de UPGF con base en la NMX-AA-169SCFI-2016

El 17 de julio de 2014 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Norma Mexicana NMX-169-SCFI-2014, el 03 de octubre de 2016 se actualizó a NMX-169-SCFI-2016. Es de carácter voluntario, y contiene las especificaciones técnicas para el establecimiento de UPGF que se interesen en obtener la certificación en la producción de germoplasma forestal, con calidad genética superior al de las poblaciones naturales y plantaciones forestales sin

manejo de selección (DOF, 2014; DOF, 2016). Considerando el nivel de selección del germoplasma, se clasifican siete tipos de UPGF:

Rodal semillero (UPGF-RS). Unidades establecidas al interior de rodales naturales, plantaciones forestales o áreas de uso agropecuario con vegetación forestal, con individuos seleccionados por su fenotipo con un espaciamiento mínimo entre individuos.

Huerto Semillero Sexual (UPGF-HSS). Unidades establecidas con planta producida por semilla recolectada de individuos superiores ubicados en rodales naturales, o en plantaciones que cuenten con registro de su procedencia.

Huerto Semillero Asexual (UPGF-HSA). Unidades establecidas con planta obtenida de propágulos vegetativos de individuos superiores ubicados en rodales naturales, o en plantaciones que cuenten con registro de su procedencia.

Banco Clonal (UPGF-BC). Unidades establecidas con planta obtenida de propágulos vegetativos de individuos superiores ubicados en rodales naturales, o en plantaciones que cuenten con registro de su procedencia.

Huerto Semillero Sexual Comprobado Genéticamente (UPGF-HSSCG). Unidades establecidas con planta producida por semilla obtenida de individuos superiores que fueron seleccionados con una separación mínima de 100 m entre ellos, de los cuales se comprobó su superioridad mediante plantaciones denominadas “pruebas de progenie”.

Huerto Semillero Asexual Comprobado Genéticamente (UPGF-HSACG). Unidades establecidas con planta producida a partir de propágulos vegetativos obtenidos de individuos superiores, que fueron seleccionados con una separación mínima de 100 m entre ellos, de los cuales se comprobó su superioridad mediante plantaciones denominadas “pruebas de progenie”.

Banco Clonal Comprobado Genéticamente (UPGF-BCCG). Unidades establecidas con planta producida a partir de propágulos vegetativos obtenidos de individuos superiores, que fueron seleccionados con una separación mínima de 100 m entre ellos, de los cuales se comprobó su superioridad mediante plantaciones denominadas “ensayos clonales”.

Descripción de la especie de interés

Nombre científico: *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina, antes denominado *B. aloexylon* (Schiede ex Schltldl) Engl. o *B. delpechiana* Poiss ex Engl.

Nombres comunes: copalillo, linaloe, linaloé, linanoé, ulinoé, inanué, linalué, ulinalué, y xochicopal.

Distribución en México: El área de mayor concentración en nuestro país es en las cuencas del río Balsas, del río Papaloapan y del río de Tehuantepec, abarcando los estados de Guerrero, Puebla, Morelos, Oaxaca y Veracruz, (Colina, 1987; Kohlmann y Sánchez, 1984; Díaz, 2009; Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005).

Sexualidad: Árbol principalmente dioico, esto es que las flores funcionales femeninas (pistiladas) y masculinas (estaminadas) se encuentran en individuos distintos, y a veces monoico, con presencia de flores funcionales femeninas y masculinas en el mismo individuo (Gutiérrez, 2016). Aunque Rzedowski *et al.* (2004) reportan en poblaciones de Oaxaca árboles poligamo-dioicos, es decir, que algunas plantas presentan flores funcionales masculinas y flores perfectas o monóclinas (con presencia de estambres y pistilo) y otras plantas con flores funcionales femeninas y flores perfectas. Referente a la proporción del arbolado con base en su sexualidad, Gutiérrez (2016) reporta para tres poblaciones naturales en el estado de Guerrero, en promedio 50 % dioico femeninos, 30 % monoicos y 20 % dioico masculinos, considerando que los árboles dioico femeninos son idóneos para producción de aceite frutal, ya que siempre producen mayor número de frutos, siendo hasta 84 % más productivos que el monoico más productivo, mientras que los dioico masculino y monoicos son idóneos para producción de madera y resinas.

Descripción botánica: Hojas con frecuencia aglomeradas en los ápices de ramillas cortas, otras veces alternas en ramillas de crecimiento nuevo, precedidas en su aparición por un conjunto de catáfilos lanceolados a angostamente ovados, de 6 a 10 mm de largo, agudos a redondeados en el ápice, densa y muy finamente glanduloso-pubérulos en ambas caras, con frecuencia ciliados en el margen, precozmente caducos, hojas por lo general imparipinnadas, de 6 a 12(15) cm de largo y 3 a 8(10) cm de ancho, peciolo de 1 a 3 cm de largo, viloso o esparcidamente glanduloso-pubérulo, foliolos (3)5 ó 7(11?), raquis con alas de margen entero,

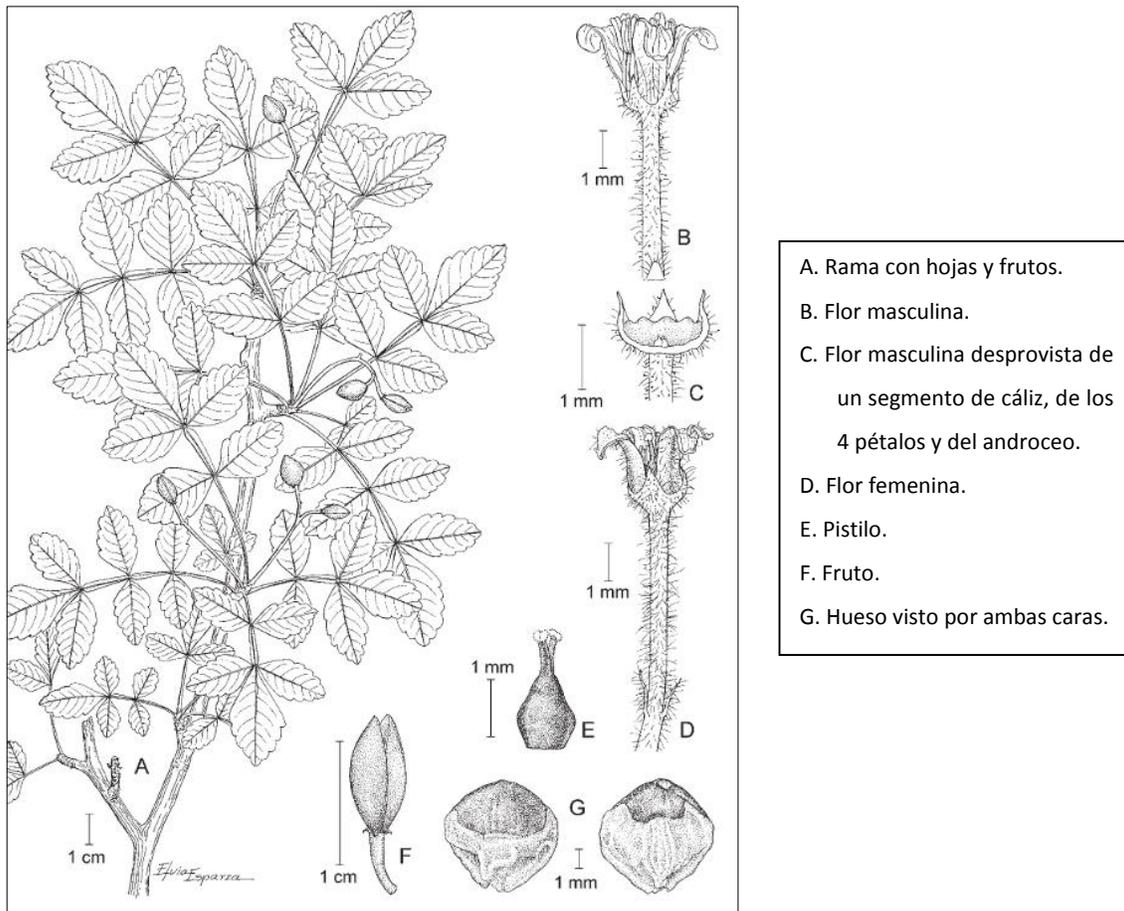
hasta de 2(2.5) mm de ancho de cada lado, notablemente más anchas hacia el extremo distal del entrenudo, peciólulos de 0.3 a 1 mm de largo, foliolos ovados a elípticos, lanceolados u oblongos, el terminal a menudo subróbico, de 1.2 a 3(4) cm de largo, de 0.8 a 1.8(2) cm de ancho, agudos a redondeados en el ápice, cuneados a redondeados en la base, toscamente serrados a crenados en el margen y a veces con tendencia a doblemente serrados (con escotadura en el ápice de los dientes), de textura membranácea, algo brillantes en el haz, con venación prominente en el envés, con pelos de ca. 0.6 mm de largo y a menudo también acompañados de diminutos pelos glandulosos espaciados (Figura 1) (Rzedowski *et al.*, 2004).

Hasta de 8(10) m de alto, muy resinoso, con aroma agradable y penetrante al estrujarse, tronco de hasta 60 cm de diámetro, con corteza gris-rojiza, no exfoliante, ramillas lignificadas francamente rojizas oscuras, glabras o las más jóvenes a veces densamente pubérulas o esparcidamente vilosas (Rzedowski *et al.*, 2004).

Inflorescencias racimoso-paniculadas, hasta de 6(8) cm de largo y hasta con 35 flores, aunque por lo general mucho más modestas, vilosas y glanduloso-pubérulas, bracteolas linear-subuladas, de ca. 2 mm de largo, pedicelos de 3 a 8 mm de largo (Rzedowski *et al.*, 2004).

Flores masculinas tetrámeras, lóbulos del cáliz triangulares, de 0.6 a 0.8 mm de largo, glanduloso-pubérulos y esparcidamente vilosos, pétalos blanquecinos, oblongos a oblanceolados, de 3 a 4 mm de largo, glanduloso-pubérulos y vilosos por fuera, estambres 8, filamentos de 1.5 a 2 mm de largo, anteras oblongas, de 0.9 a 1.2 mm de largo, gineceo vestigial (Rzedowski *et al.*, 2004).

Flores femeninas semejantes a las masculinas, pero con los pétalos de ca. 2 mm de largo, estaminodios con anteras de 0.7 a 0.8 mm de largo, ovario bilocular, estilo evidente, a veces con dos ramas libres casi hasta la base, estigmas 2 (Rzedowski *et al.*, 2004).



- A. Rama con hojas y frutos.
- B. Flor masculina.
- C. Flor masculina desprovista de un segmento de cáliz, de los 4 pétalos y del androceo.
- D. Flor femenina.
- E. Pistilo.
- F. Fruto.
- G. Hueso visto por ambas caras.

Figura 1. Ilustración de ramas, hojas, flores y frutos de *Bursera linanoe*. Ilustración de Elvia Esparza Alvarado. Fuente: Rzedowski *et al.*, 2004.

Pedúnculos fructíferos hasta de 4 cm de largo, pedicelos ligeramente engrosados, hasta de 9(12) mm de largo, frutos hasta 8 por infrutescencia, pero no pocas veces solitarios, bivalvados, obovoides y a menudo atenuados en el ápice, pero algo comprimidos, de 9 a 11 mm de largo, de ca. 8 mm de ancho, glabros, rojizos en la madurez, hueso sublenticular o plano-convexo, de 5 a 6 mm de diámetro, a menudo más ancho que largo, cubierto en la mitad o en los 2/3 inferiores por un pseudoarilo anaranjado, la porción expuesta negra (Rzedowski *et al.*, 2004).

Crece en condiciones semiáridas, propio de la selva baja caducifolia (Rzedowski *et al.*, 2005), sobre terrenos ondulados con suelos someros y pedregosos (Guízar y Sánchez, 1991), en suelos rendzinas, litosoles y regosoles calcáreos, en sustratos metamórficos e ígneos, en

pendientes de 25 a 60 %, pareciendo tener preferencia por las rocas volcánicas o sedimentarias de origen volcánico, pedregosidad entre 20 y 30 %, pH de 5 a 8, materia orgánica entre 1.8 y 8 % (Toledo, 1982; Cruz *et al.*, 2009b). Se desarrolla en climas cálido seco y subhúmedo, con un precipitación media anual de 780 a 1,000 mm, temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales de ~16.8 y ~30.5 grados centígrados aunque pueden ser más altas, en un rango altitudinal de ente los 300 y 1,500 m s. n. m. (Rzedowski *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009b; Hernández *et al.*, 2011). Florece de mayo a junio hasta principios de julio y fructifica entre julio y septiembre, con inflorescencias que varían entre 1-5 frutos, encontrándose desprovisto de follaje de noviembre a mayo (Rzedowski *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009a; Guzmán y Cruz, 2014). No se encuentra en el listado de especies en categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

En la región del área de estudio, actualmente se utiliza el fruto del linaloe para la obtención de aceites esenciales aromáticos, así como en cercos vivos en áreas ganaderas.

Convenio de colaboración CONAFOR-INIFAP.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), convinieron el 15 de abril de 2015, impulsar diversos proyectos de investigación en el sector forestal, enfocados a generar alternativas de producción sustentable y conservación de los recursos forestales (CONAFOR, 2015a).

Como parte del convenio, se contempla el desarrollo de los protocolos de conservación a mediano y largo plazo del germoplasma forestal de hasta 39 especies, mediante técnicas de crecimiento mínimo y criopreservación (proceso en el cual células o tejidos son congelados a muy bajas temperaturas). Igualmente, se pretende avanzar en la integración de la “Colección Nacional de Recursos Genéticos Forestales”, a partir de las tres mil accesiones a ingresar por parte de la CONAFOR a los bancos del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP. Además, se prevé contar con una diversidad genética de especies forestales seleccionadas, y la reproducción de semillas ejemplares para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales y de reforestación, con la finalidad de restaurar distintos ecosistemas del país (CONAFOR, 2015b).

5. METODOLOGÍA

Localización del área de estudio

El ejido la Tigra, se ubica en el municipio Puente de Ixtla, en el estado de Morelos, tiene una superficie de 2,313.42 ha, de las cuales 32.01 ha corresponden a asentamientos humanos, 518.16 ha son parceladas, y 1,763.26 ha de uso común (RAN, 2015). El ejido cuenta con una superficie forestal de 2,165.11 ha, de las cuales 724.86 ha están bajo aprovechamiento forestal maderable y no maderable (SEMARNAT, 2011).

El área de estudio corresponde a una superficie de 30.00 ha (Figura 2), se encuentra bajo aprovechamiento forestal maderable y no maderable en el área de uso común del ejido la Tigra. El tipo de vegetación es selva baja caducifolia (INEGI, 2011) conforme a la clasificación de Miranda y Hernández (1963), en frontera con zona de agricultura de temporal y zona rural urbana. Geográficamente se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica XII. Sierra Madre del Sur y la Subprovincia Fisiográfica 69 Sierras y Valles Guerrerenses (Figura 3) (INEGI, 2001) dentro de la Zona de Movimiento de Germoplasma Forestal XII.3 Sierra Madre del Sur 3 (Figura 4) (DOF, 2016). Hidrológicamente, se ubica en la Región Hidrológica no. 18 Río Balsas en la Cuenca Grande de Amacuzac y subcuenca Progreso Huautla (CNA, 1998).

Punto	Coordenada
Latitud Oeste mínima	99° 19' 47.38810"
Latitud Oeste máxima	99° 20' 09.35184"
Longitud Norte mínima	18° 31' 47.45672"
Longitud Norte máxima	18° 32' 28.88500"

Polígono del área de la UPGF del ejido la Tigra

Coordenadas Geográficas
Datum WGS84

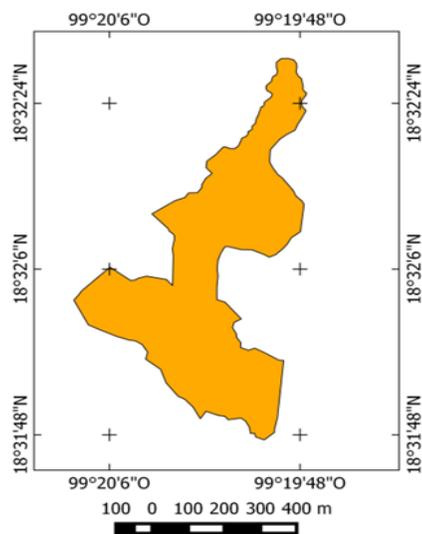


Figura 2. Polígono de la UPGF de *Bursera linanoe* y coordenadas extremas.

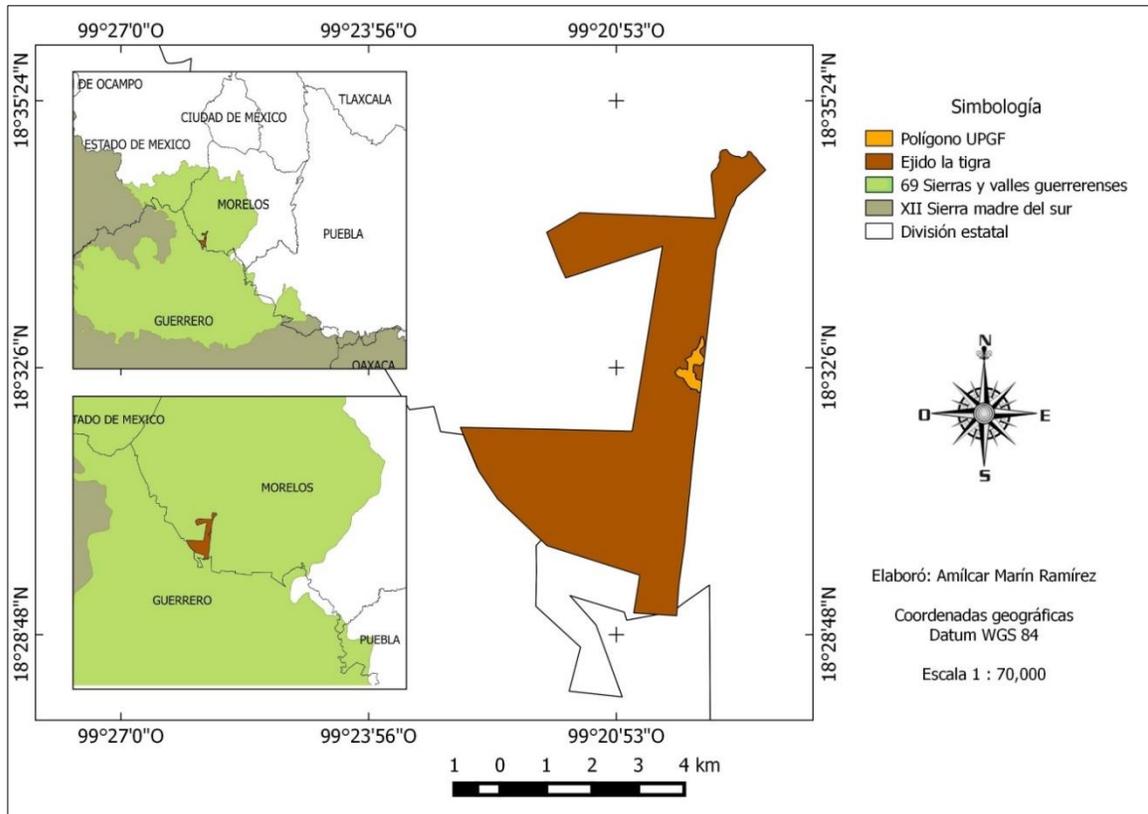


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio en el estado de Morelos, con respecto a la fisiografía. Fuente: Elaboración propia con insumos del INEGI, 2001.

El sistema de topofomas o conjunto de formas del terreno en el área de estudio, corresponde a la clasificación “sierra alta compleja” (Figura 5) (INEGI, 2001), con altitudes que van de 985 a 1,175 m s.n.m. (Figura 6) (INEGI, 2015). El tipo de suelo dominante es Feozem háplico (del griego phaeo: pardo; del ruso zemljá: tierra; y del griego haplos: simple), cuya fase física es lítica y fase química del suelo dominante es media (INIFAP-CONABIO, 1999). El tipo de suelo Feozem se puede presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Los Feozem son de profundidad muy variable, los menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos bajos y se erosionan con facilidad. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego (INEGI, 2004).

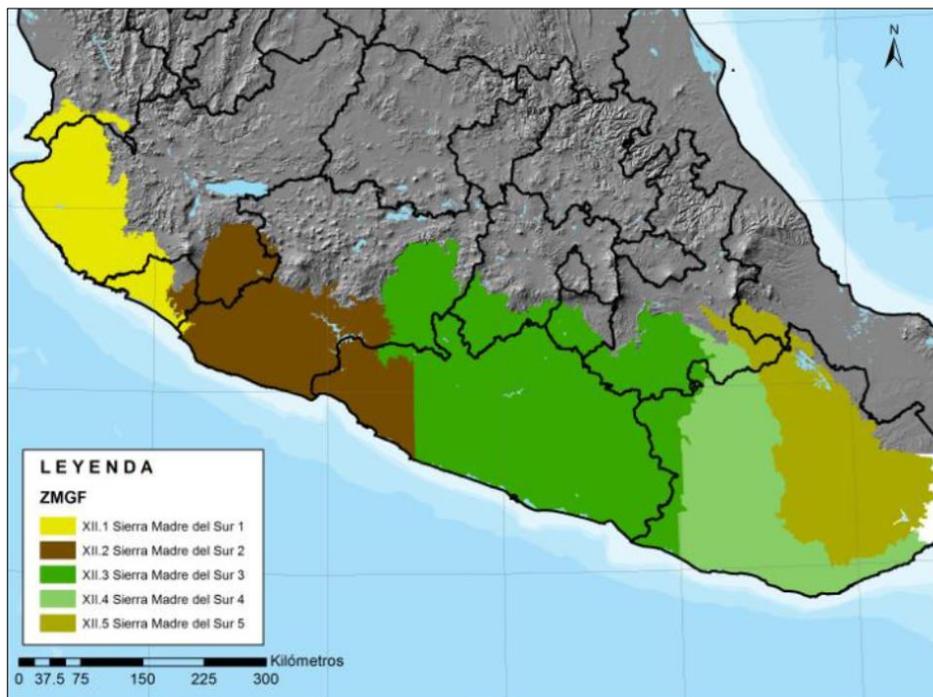


Figura 4. Mapa de Zonas de Movimiento de Germoplasma Forestal (ZMGF) en el área de interés. Fuente: NMX-AA-169-SCFI-2016. DOF, 2016.

El tipo de clima corresponde a un $Aw_0(w)$ (García, 1998), conforme a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, que es el más seco de los cálidos subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, la temperatura media anual es de 25.7 °C y la precipitación media anual de 905.3 mm, con un periodo de lluvias de mayo a octubre (Figura 7) (CONAGUA, 2010).

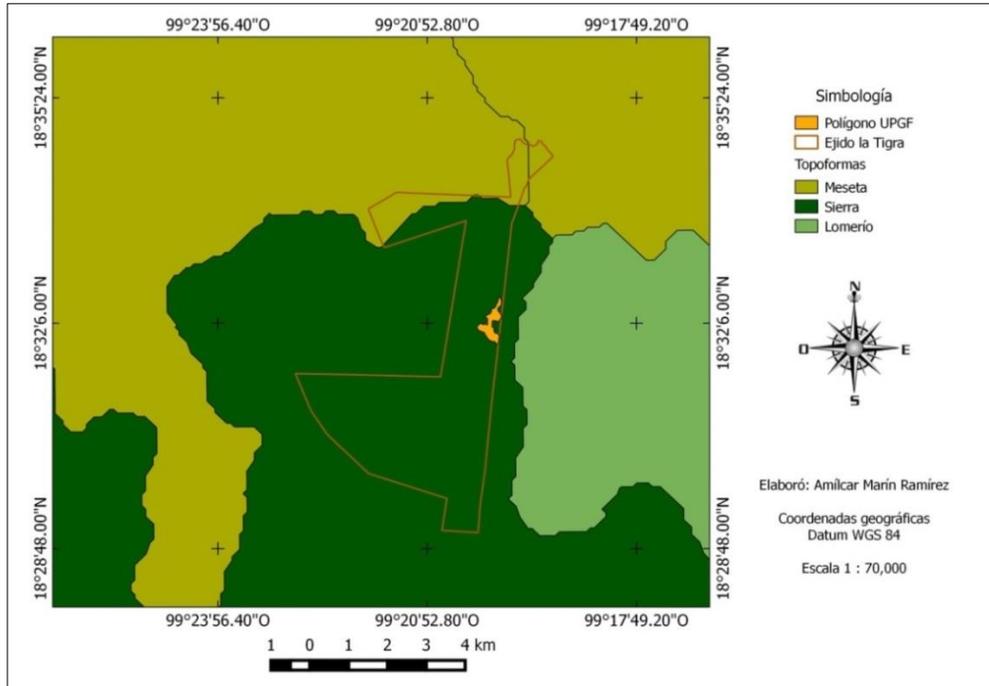


Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio con respecto a las topoformas.
Fuente: Elaboración propia con insumos de INEGI, 2001.

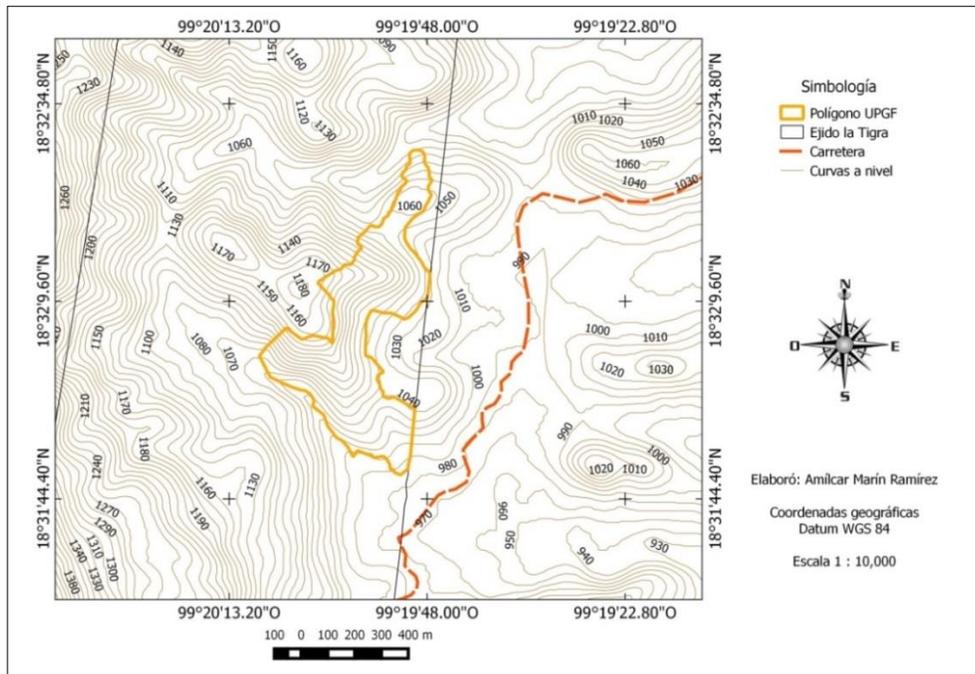


Figura 6. Mapa de perspectiva de la UPGF de *Bursera linanoe* del ejido la Tigra, estado de Morelos, con respecto a la topografía y carreteras. Fuente: Elaboración propia con insumos del INEGI, 2015.

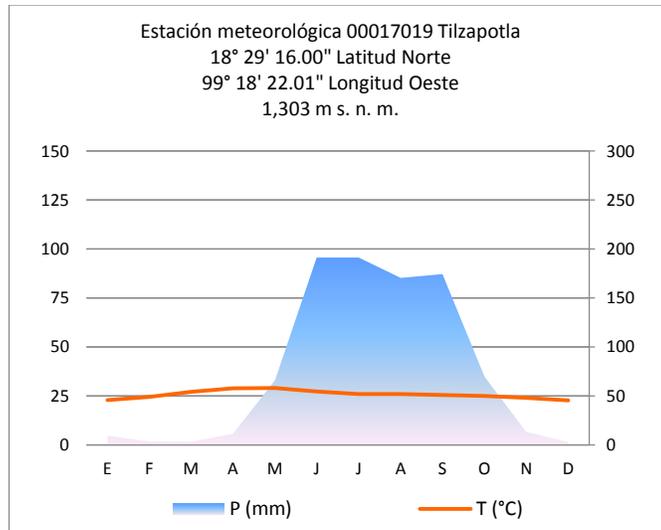


Figura 7. Diagrama ombrotérmico para el ejido la Tigra, Puente de Ixtla, Morelos.
 Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2010 (periodo 1951-2010).

Selección del rodal para el establecimiento de la UPGF

La selección se realizó con base en lo contemplado en el manual para el establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal emitido por la CONAFOR y en la NMX-AA-169-SCFI-2016 (inicialmente se basó en la NMX-AA-169-SCFI-2014), considerando estado de salud del arbolado, distanciamiento del sitio a carreteras, número mínimo de individuos seleccionados y distanciamiento entre los mismos. El proceso inició en noviembre de 2014, consistió en un análisis del inventario del Programa de Manejo Forestal (PMF) autorizado para el ejido La Tigra, complementado con la realización de recorridos de campo donde se identificaron y ubicaron los rodales naturales con una distribución adecuada de los individuos, con características fenotípicas deseables y un estado sanitario del arbolado óptimo. Asimismo, se aseguró que el sitio no se encontrara en algún problema de litigio legal o social ni considerado para el cambio de uso de suelo a corto-mediano-largo plazo. Aunado a lo anterior, previamente, mediante acuerdo emanado de la asamblea de fecha 24 de mayo de 2014, el ejido manifestó estar de acuerdo con la ejecución del proyecto por lo cual se concretó la firma de un convenio de concertación entre la CONAFOR y el Ejido.

Selección del arbolado

El proceso de evaluación y selección del arbolado se realizó en el periodo noviembre 2014 a abril de 2015. Para la selección se tomaron en cuenta las siguientes características: Árboles en edad reproductiva, dominantes y codominantes, de buen diámetro y altura, copa del árbol frondosa y equilibrada horizontal y verticalmente, forma del fuste propio de la especie, vigorosidad visible y sin presencia de plagas y/o enfermedades. Se clasificaron en tres categorías (1, 2 y 3) conforme a su evaluación cualitativa (Cuadro 1), seleccionándose únicamente los individuos en categorías 1 y 2 (mejor calificados), aunado a lo anterior, se consideró una distancia mínima de 20 m entre árbol seleccionado y otro. A cada individuo se le colocó una etiqueta metálica con el número consecutivo de árbol y se pintó una franja a la altura del diámetro normal para identificación visual.

La toma de datos se realizó, con la finalidad de caracterizar los árboles seleccionados dentro de la Unidad, utilizando un formato elaborado para este fin en donde se recabó la siguiente información: coordenadas de ubicación (utilizando GPS), diámetro normal (DN), altura total (AT), forma del fuste, forma de la copa, posición en el dosel y presencia de plagas y/o enfermedades, para lo cual se utilizó el formato de campo indicado en el Cuadro 1.

Identificación de sexualidad del arbolado seleccionado

Este proceso se realizó en el periodo correspondiente a abril-julio de 2016 y consistió en identificar para cada uno de los individuos seleccionados la presencia o ausencia de flores estaminadas, flores pistiladas, flores perfectas y/o frutos.

Además de llevar un control, la toma de datos se realizó para identificar las diferentes etapas fenológicas de la especie dentro del área de la UPGF, para lo cual se utilizó el formato de campo indicado en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Formato de valoración fenotípica de árboles de *Bursera linanoe* en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos. Fuente: Manual para el establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal de la CONAFOR, con adecuaciones.

No. árbol	Coordenadas		Características dasométricas		Características de evaluación					Puntos	Clase
	X	Y	DN (cm)	AT (m)	Forma fuste	Forma copa	Vigor copa	Posición dosel	Plagas		
1											
2											
...											

Calificación cualitativa	
Forma fuste	Recto (6); Ligeramente torcido (4); Torcido (2); Muy torcido (1)
Forma copa	Circular (6); Circular irregular (5); Medio círculo (4); Menos de medio círculo (3); Pocas ramas (2); Solo rebrotes (1)
Vigor copa	Buena, muchas ramas jóvenes (6); Regular, pocas ramas jóvenes (4); Mala, pocas ramas (2)
Posición dosel	Dominante (6); Co-dominante (4); Intermedio (2); Suprimido (1)
Plagas	Ninguna (7); Descortezadores (0); Barrenadores (0); Defoliadores (0); Plantas parásitas (0); Hongos (0); Daños físicos (1)
Clase (tipo)	1 (27 a 31 puntos); 2 (22 a 26 puntos); 3 (< 21 puntos)

Cuadro 2. Formato de identificación de sexualidad de árboles de *Bursera linanoe* en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos.

No. árbol	Coordenadas		Flores masculinas	Flores femeninas	Flores hermafroditas	Frutos	Sexualidad	Fecha de muestreo
	X	Y						
1								
2								
...								

Selección de árboles superiores

Se realizó en julio de 2016, posterior a la identificación de la sexualidad del arbolado seleccionado, y consistió en la elección de aquellos árboles a los que se propone obtener el germoplasma forestal de manera vegetativa a través de estacas y/o esquejes, tomando como criterio priorizar a aquellos que obtuvieron la mayor puntuación referente a las características deseables (de preferencia individuos clase 1), asimismo, se consideró una distancia mínima de

100 m entre árbol seleccionado y otro, para lo que se utilizó la herramienta “búfer” del software Quantum Gis 2.4.0, y finalmente, el mantener una proporción de sexualidad de los árboles seleccionados como superiores congruente a la que se encuentra la especie de manera natural.

6. RESULTADOS

Selección del rodal para el establecimiento de la UPGF

La UPGF del presente estudio se considera una tipo “UPGF-RS Rodal Semillero”, conformada por una superficie de 30.00 ha (siendo el mínimo 3.00 ha). Para disminuir la susceptibilidad a la contaminación de polen, plagas y/o enfermedades por otras poblaciones de la misma especie, así como disturbios en general como saqueos de individuos seleccionados, se estableció a una distancia de amortiguamiento de 150 m del punto más cercano a alguna carretera (siendo el mínimo 100 m) (Figura 6).

La UPGF, de acuerdo a la rodalización del programa de manejo autorizado para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables, se encuentra tanto en rodales contemplados para el aprovechamiento de copal (*Bursera bipinnata*) y cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*) como en rodales no considerados para aprovechamiento (Figura 8).

Como actividades complementarias se realizó la apertura de brechas cortafuego para la delimitación del área, así como protección del arbolado contra incendios forestales, en complemento a la barreras naturales (río) o artificiales (camino rural, cercado) presentes en el área de estudio, asimismo en los accesos principales se colocaron letreros alusivos al nombre del predio, titular, categoría de la UPGF, superficie, especie y año de establecimiento (Figura 9).

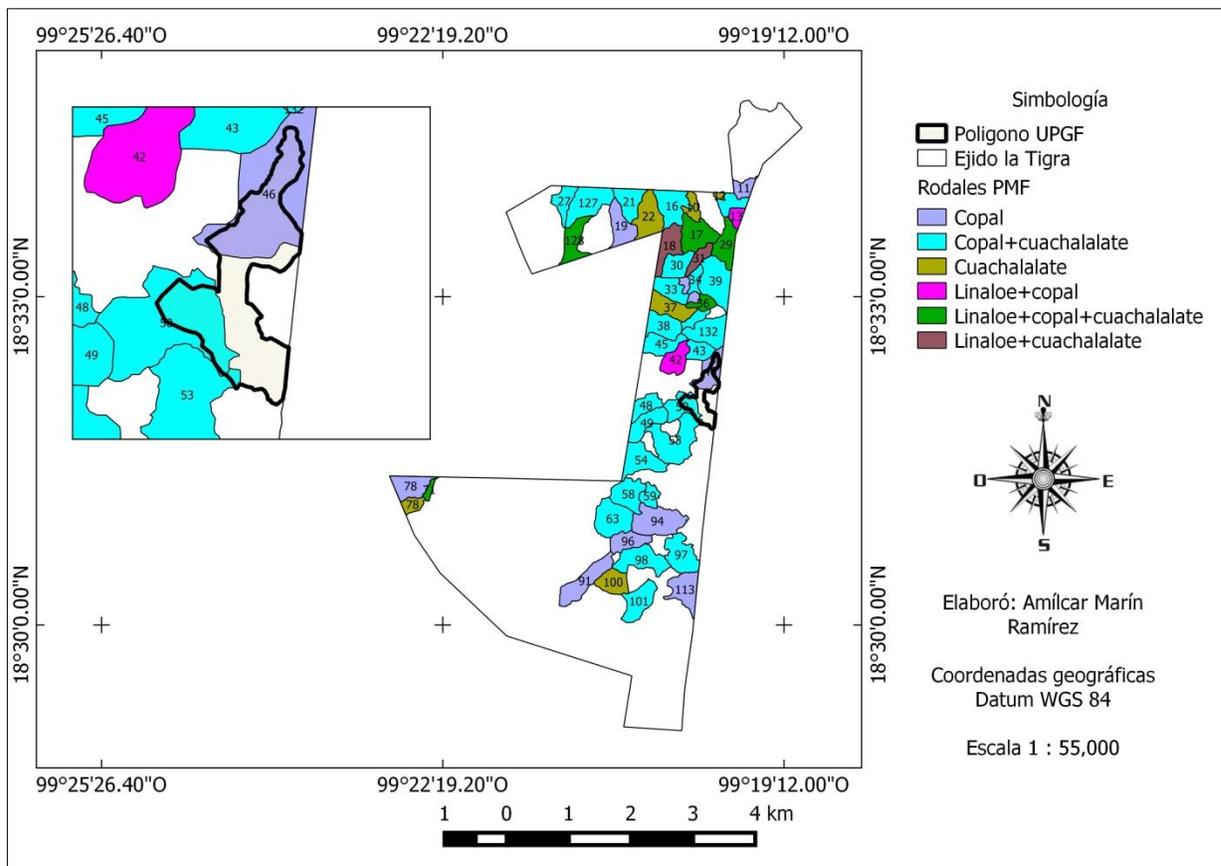


Figura 8. Mapa de ubicación de la UPGF de *Bursera linanoe* del ejido la Tigra, estado de Morelos, con respecto a la rodalización del PMF en el predio. Fuente: Elaboración propia con insumos del Programa de Manejo Forestal del Ejido la Tigra, 2011.

Selección del arbolado

Dentro del sitio elegido para el establecimiento de la UPGF se identificaron 109 individuos de linaloe con las mejores características (Figura 9) (de un mínimo de 50 individuos conforme a la NMX-AA-169-SCFI-2016, la NMX-AA-169-SCFI-2014 contemplaba mínimo 100), 80 árboles clase 1 (Figura 10) y 29 árboles clase 2 (Figura 11). Dentro del área pueden encontrarse individuos tipo 1 y 2 que no cumplían con el distanciamiento mínimo, así como individuos clase 3, los cuales no fueron considerados dentro de los 109 seleccionados. Se propone de manera gradual la eliminación del arbolado clase 3, que son inferiores fenotípicamente (con características no deseables), esto para que no participen en la generación de germoplasma de manera sexual, buscando con ello mejorar la genética de la población de linaloe dentro de la UPGF.

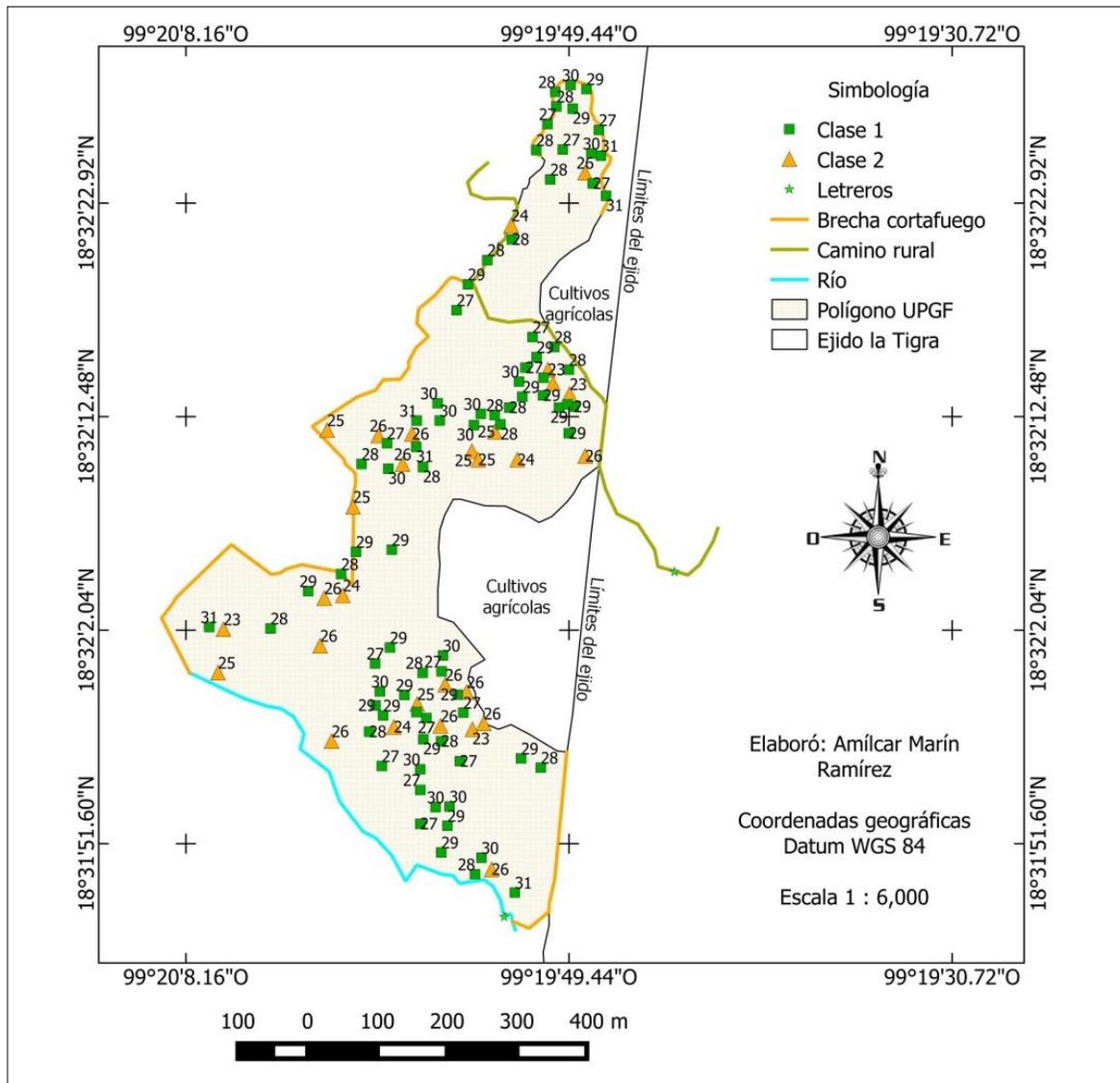


Figura 9. Mapa de ubicación del arbolado seleccionado en la UPGF indicando puntuación obtenida.

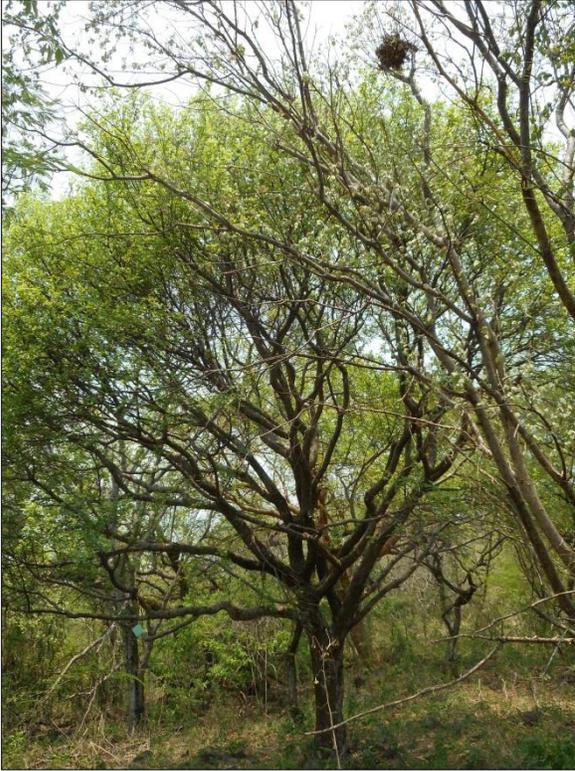


Figura 10. Árbol número 22. Clase 1.
Características: 45 cm de diámetro normal, 7 m de altura total, forma del fuste (6), forma de copa (6), vigor (6), posición en el dosel (6), presencia de plagas y/o enfermedades (7). 31 puntos.

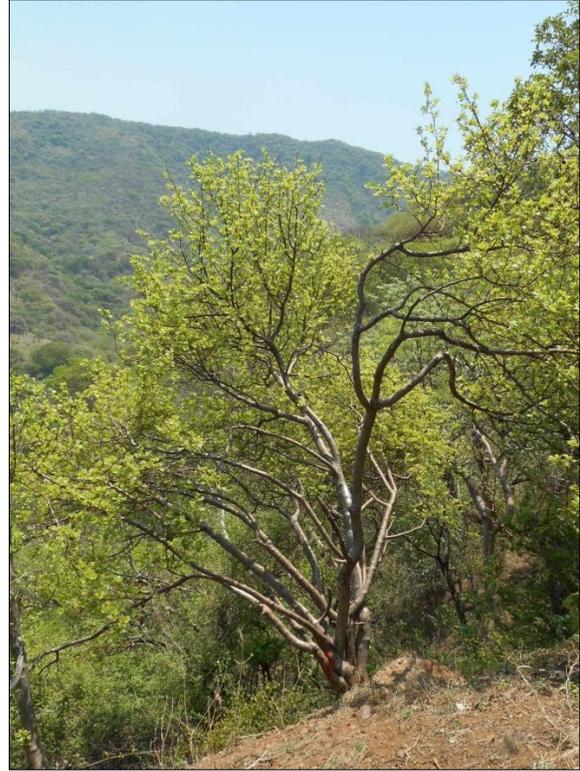


Figura 11. Árbol número 13. Clase 2.
Características: 28 cm de diámetro normal, 4 m de altura total, forma del fuste (2), forma de copa (5), vigor (6), posición en el dosel (4), presencia de plagas y/o enfermedades (7). 24 puntos.

Identificación de sexualidad del arbolado seleccionado

En este estudio se identificaron tres tipos de árboles con base en su sexualidad: dioico masculino (con presencia de flores estaminadas) (Figura 12), dioico femenino (con presencia de flores pistiladas y/o frutos) (Figura 13) y monoico (con presencia de flores estaminadas, flores pistiladas y/o frutos) (Figura 14). De los 109 individuos seleccionados, clasificados por su sexualidad (Figura 15), se obtuvo que el 61 (~56 %) son dioico masculinos, 41 (~38 %) dioico femeninos y 7 (~6.42 %) son monoicos, lo anterior quiere decir que de 48 árboles seleccionados dentro de la Unidad producen frutos, sin embargo, de forma inicial se plantea obtener el germoplasma de manera vegetativa a través de estacas y/o esquejes.

Adicionalmente, considerando características dasométricas, se obtuvo que en promedio los árboles dioico femeninos tienen 6.38 m de altura total (AT) y 30.63 cm de diámetro normal (DN), los árboles dioico masculinos 6.52 m de AT y 33.72 cm de DN, y los árboles monoicos 6.29 m de AT y 35.00 cm de DN (Cuadro 3), siendo 6.45 m de AT y 32.64 cm de DN las medidas promedio de los 109 árboles seleccionados.

Cuadro 3. Estadísticas generales del arbolado seleccionado dentro de la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos.

Sexualidad	Individuos	%	Promedios		
			Puntuación	ALTURA (m)	DN (cm)
Dioico F	41	37.61	27.88	6.38	30.63
Dioico M	61	55.96	27.56	6.52	33.72
Monoico	7	6.42	28.00	6.29	35.00
Total	109	100	27.71	6.45	32.64
Varianza			0.05	0.01	5.04

Nota: Dioico F = Dioico femenino; Dioico M = Dioico masculino

Cuadro 4. Estadísticas por clase del arbolado seleccionado dentro de la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos.

Sexualidad	Clase 1		Promedios			Clase 2		Promedios		
	Individuos	%	Puntuación	AT (m)	DN (cm)	Individuos	%	Puntuación	ALT (m)	DN (cm)
Dioico F	31	38.75	28.77	6.27	29.87	10	34.48	25.10	6.70	33.00
Dioico M	44	55.00	28.55	6.76	34.48	17	58.62	25.00	5.88	31.76
Monoico	5	6.25	29.20	6.60	38.20	2	6.90	25.00	5.50	27.00
Total	80	100	28.68	6.56	32.93	29	100	25.03	6.14	31.86

Nota: Dioico F = Dioico femenino; Dioico M = Dioico masculino



Figura 12. Árbol número 89. Dioico masculino. Presencia de flores estaminadas.



Figura 13. Árbol número 102. Dioico femenino. Presencia de flores pistiladas y frutos.



Figura 14. Árbol número 103. Monoico. Presencia de flores estaminadas y frutos.

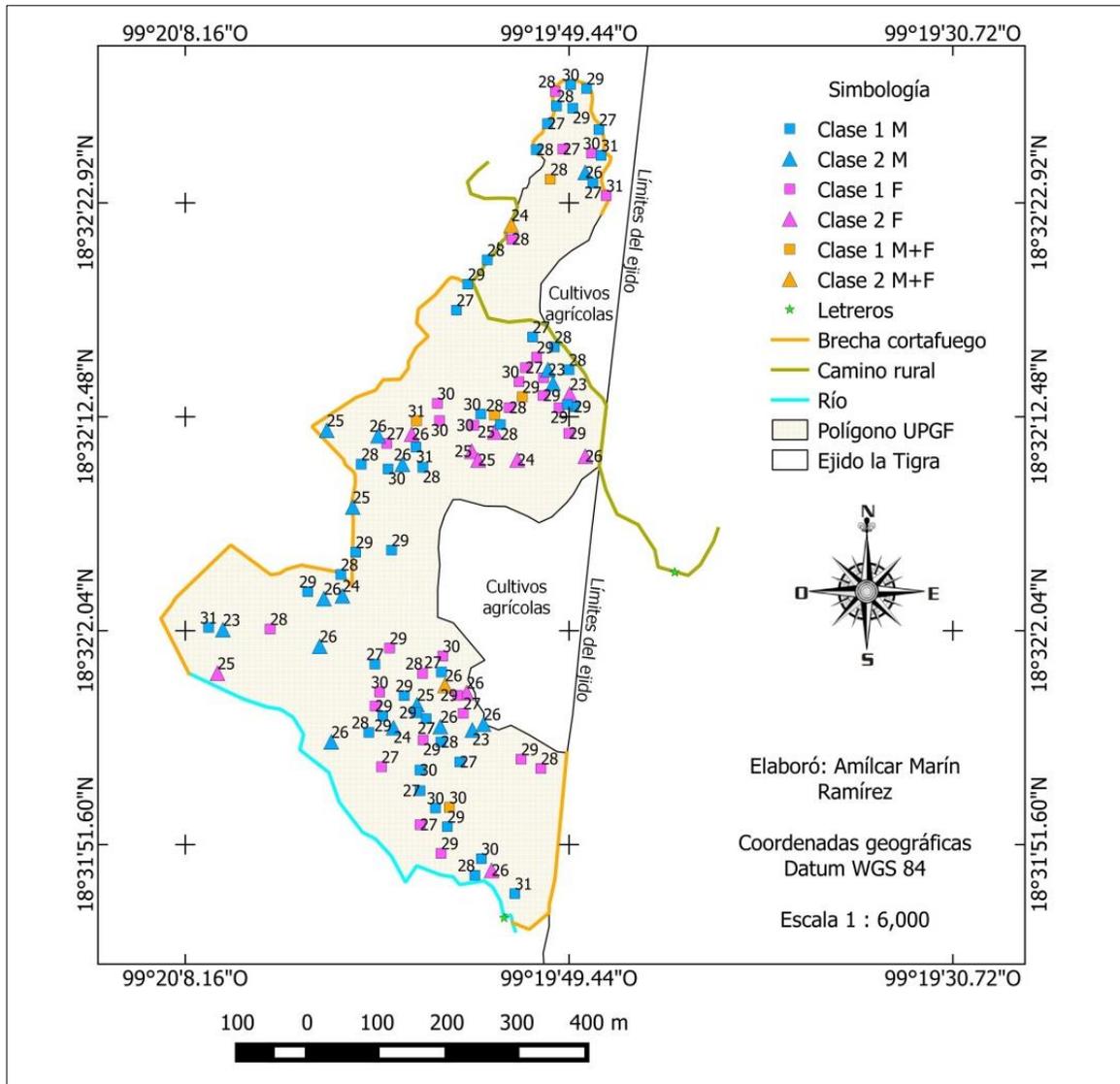


Figura 15. Mapa de ubicación del arbolado seleccionado indicando puntuación obtenida y sexualidad identificada.

Selección de árboles superiores

Dentro del área que abarca la UPGF se identificaron 18 árboles superiores de linaloe de los cuales se propone obtener germoplasma por métodos vegetativos (Figura 16 y Cuadro 5), todos están identificados como clase 1 (en promedio, una puntuación de 29.17, AT de 6.72 m, DN de 33.67 cm), 9 individuos (50 %) son dioico femeninos, 6 (33 %) dioico masculinos y 3 (17 %) son monoicos (Cuadro 6).

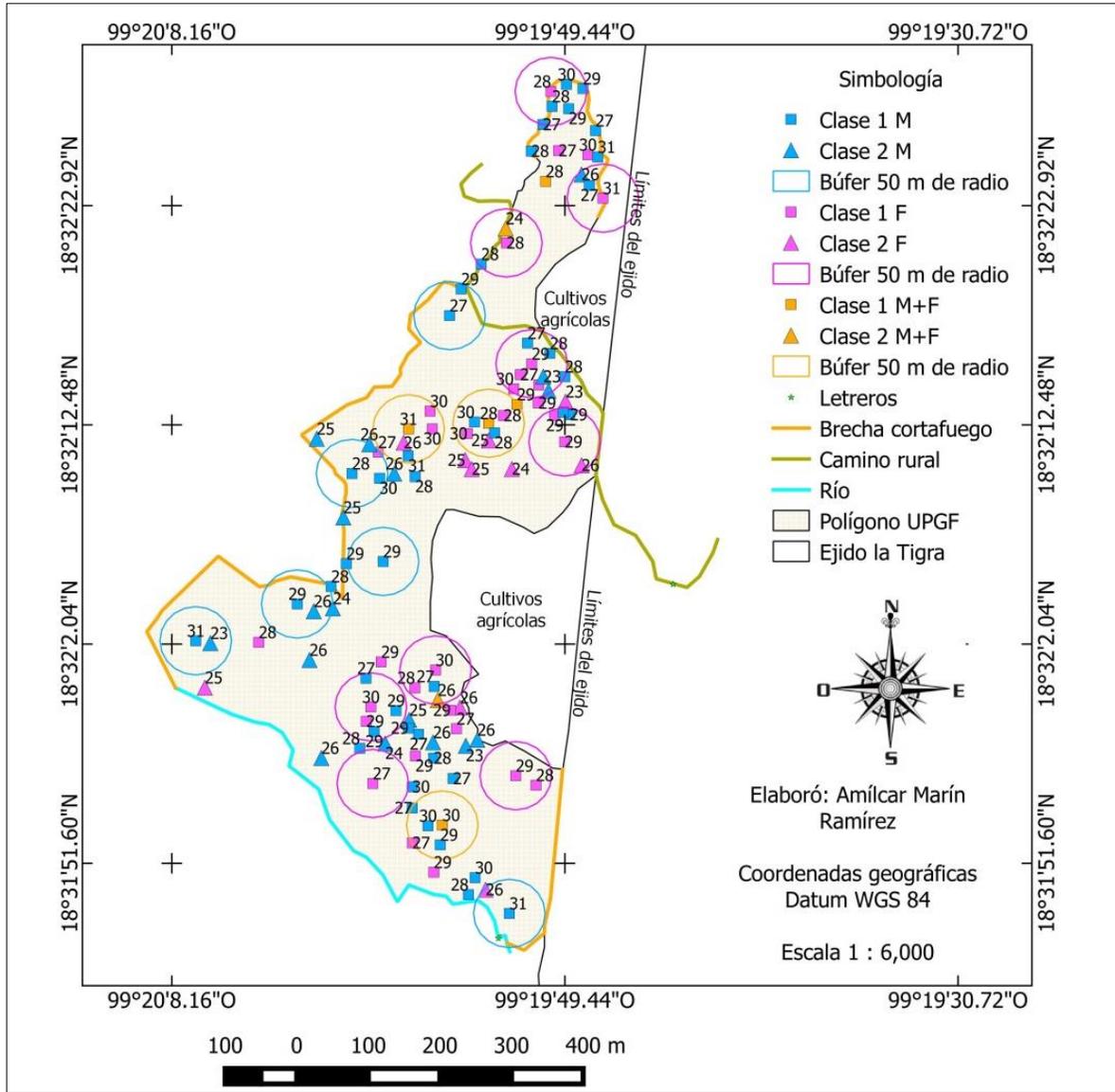


Figura 16. Mapa de ubicación de 18 árboles superiores seleccionados indicando puntuación obtenida y sexualidad identificada.

Cuadro 5. Árboles superiores seleccionados de *Bursera linanoe* en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos, indicando puntuación y sexualidad.

No. de árbol	Puntuación	Sexualidad	No. de árbol	Puntuación	Sexualidad
7	31	Dioico M	39	29	Dioico F
22	31	Monoico	46	29	Dioico F
41	31	Dioico M	68	29	Dioico M
100	31	Dioico F	15	28	Dioico M
3	30	Monoico	23	28	Monoico
67	30	Dioico F	93	28	Dioico F
82	30	Dioico F	102	28	Dioico F
10	29	Dioico M	88	27	Dioico M
32	29	Dioico F	101	27	Dioico F

Nota: Dioico F = Dioico femenino; Dioico M = Dioico masculino

Cuadro 6. Estadísticas generales de los árboles superiores seleccionados de *Bursera linanoe* en la UPGF del ejido la Tigra, estado de Morelos, indicando puntuación y sexualidad.

Sexualidad	Individuos	%	Promedios		
			Puntuación	AT (m)	DN (cm)
Dioico F	9	50	29.00	6.22	30.11
Dioico M	6	33	29.17	7.00	34.00
Monoico	3	17	29.67	7.67	43.67
Total 18 superiores	18	100	29.17	6.72	33.67
Total 109 seleccionados	109		27.71	6.45	32.64

Nota: Dioico F = Dioico femenino; Dioico M = Dioico masculino

Adicionalmente, como parte del proceso de selección del arbolado e identificación de la sexualidad de los mismos, se lograron identificar las siguientes etapas fenológicas:

Cuadro 7. Etapas fenológicas identificadas para *Bursera linanoe* en la UPGF del ejido la Tigra (periodo 2015-2016).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
				Flor							
				Fruto verde							
						Fruto maduro					
	Sin follaje					Con follaje					Sin follaje

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Complementando los aspectos a considerar para la identificación y establecimiento de una UPGF, conforme a García *et al.* (2011) y lo contemplado en la NMX-AA-169-SCFI-2016, además de tomar en cuenta una serie de consideraciones técnico-científicas entre ellas la determinación del estado de conservación, la determinación de la estructura, composición y diversidad del sitio, las interpretaciones de los datos, toma de decisiones, registro, salud del arbolado, distanciamiento del sitio a carreteras u otros rodales o plantaciones, número de individuos y distanciamiento entre los mismos, se deben contemplar aspectos legales del sitio, cerciorarse que no esté en algún problema de litigio o conflicto social, asimismo, cuando se trate de núcleos agrarios, el proyecto debe estar socializado al interior y avalado por la asamblea, y para asegurar su continuidad se sugiere establecer algún instrumento de planeación a mediano-largo plazo donde se incluya el establecimiento, conservación y ejecución de la UPGF, para que se cumplan los fines de la misma. Asimismo, se requieren conocer las características dasométricas, biológicas y etapas fenológicas de la especie, tanto para la selección fenotípica del arbolado, como para su manejo en general.

El proceso de selección fenotípica, en especies que presentan dioicismo, es decir, en donde existen individuos con órganos femeninos y otros con órganos masculinos, como lo es *Bursera linanoe*, que además presenta individuos monoicos, es primordial realizarlo simultáneamente con la identificación de la sexualidad de los individuos, aunque en el presente estudio se realizó antes, lo cual puede fomentar la obtención de una proporción sexual de los árboles seleccionados diferente la que se plantea en los objetivos, en este caso es la obtención de germoplasma para realizar plantaciones con fines de restauración, por lo que se busca una proporción sexual que se asemeje a la presentada en poblaciones naturales, de no ser así que podría influir en una baja reproducción sexual de la población una vez establecida la plantación, o bien si el objetivo fuese seleccionar individuos para la producción de semillas o frutos, si se desconoce la sexualidad del arbolado, se podría correr el riesgo de seleccionar pocos árboles dioico femeninos (flores pistiladas y con presencia de frutos), quienes aportan la mayor producción de frutos en la población. La proporción de sexualidad

del arbolado reportado por Gutiérrez (2016) en tres poblaciones naturales en el estado de Guerrero es ~50 % dioico femeninos, ~30 % monoicos (flores estaminadas, flores pistiladas y frutos escasos) y ~20 % dioico masculinos (flores estaminadas y sin presencia de frutos), la proporción encontrada en los 109 árboles seleccionados dentro de la UPGF es ~38 % dioico femeninos, ~6 % monoicos y ~56 % dioico masculinos, derivado de lo anterior, se tuvo que hacer una selección minuciosa para identificar a los árboles superiores de linaloe incluyendo el factor proporción sexual, resultando en 18 árboles de los cuales se propone obtener el germoplasma, inicialmente a través de métodos vegetativos, para la producción de nuevas plantas a utilizarse en plantaciones con fines de restauración, con una proporción de ~50 % dioico femeninos, ~17 % monoicos y ~33 % dioico masculinos.

La proporción sexual encontrada en los 109 árboles seleccionados dentro de la UPGF sugiere una alteración, posiblemente influenciada por la extracción en años anteriores, de individuos dioico femeninos y monoicos para el aprovechamiento de la madera, dicha alteración en la proporción sexual puede resultar en una disminución en la capacidad de producción de frutos y semillas por hectárea con relación directa en el proceso de regeneración natural. Otra explicación a la proporción sexual encontrada, es que los árboles con mejores características para los objetivos planteados en el estudio, tienden a ser los dioico masculinos.

Mediante el proceso de establecimiento de la UPGF de *Bursera linanoe*, que implicó una selección fenotípica del arbolado con características sobresalientes, considerando individuos de buen diámetro y altura, en edad reproductiva, presencia de dominancia o codominancia en el rodal, copa del árbol frondosa y equilibrada horizontal y verticalmente, forma del fuste propio de la especie, vigorosidad visible y sin presencia de plagas y/o enfermedades, además de contemplar una proporción sexual de los individuos superiores de acuerdo a la presente de manera natural, se garantiza la producción de germoplasma de dicha especie, con una calidad genética superior a la de poblaciones naturales o plantaciones sin algún proceso de selección, con el objetivo de utilizarse en plantaciones con fines de restauración. Aunado a lo anterior, mediante el establecimiento de un área semillera donde se conservan los mejores individuos del rodal, y se contempla la producción de nuevos individuos a partir de ellos para su

plantación dentro del área de distribución natural, se promueve una conservación del recurso forestal *in situ*, así como una conservación *ex situ*, mediante el resguardo a mediano-largo plazo de colecciones (accesiones) de órganos vegetales en bancos de germoplasma, mediante técnicas de crecimiento mínimo y criopreservación.

8. RECOMENDACIONES

La producción de nuevas plantas a través del germoplasma forestal obtenido de los 18 árboles superiores propuestos, para realizar plantaciones con fines de restauración, se sugiere se realice de manera asexual, ya que así se puede tener un mayor control de la proporción de la sexualidad de las plantas a establecer.

En el área de estudio, se requiere realizar la modificación al Programa de Manejo Forestal para el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables para aprovechar germoplasma forestal de linaloe de manera asexual, debido a que actualmente no está contemplado en dicho instrumento.

Derivado de la proporción sexual encontrada en los 109 árboles seleccionados (categorías 1 y 2), se sugiere la realización de un inventario dentro de la UPGF, con la finalidad de verificar la proporción sexual en la población.

El proceso de selección de los árboles superiores, de los cuales se obtendrá el germoplasma forestal, dentro del arbolado seleccionado en la Unidad es dinámico, en una fase posterior se pueden contemplar y medir parámetros de interés como; cantidad de producción de frutos, porcentaje de viabilidad de las semillas, respuesta a la propagación vegetativa, cantidad y calidad de linalol y linaolina en biomasa para extracción de aceite, incrementos en biomasa para producción de madera de calidad, entre otros.

9. LITERATURA CITADA

- Becerra, J. y Noge, K. 2010. The mexican roots of the indian lavender tree. *Acta Botánica Mexicana* 91: 27-36.
- CNA. 1998. Catálogo de metadatos geográficos. Cuencas Hidrológicas. Escala 1:250,000. Comisión Nacional del Agua (CNA). México.
- Colina S., M. 1987. Estudio de una población natural de linaloe, *Bursera aloexylon*, en Chaucingo, Guerrero. Tesis Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- CONAFOR. 2013. Manual para el establecimiento de Unidades de Germoplasma Forestal. Comisión Nacional Forestal. México. 70 p.
- CONAFOR. 2014. Convenio de concertación para el establecimiento y mantenimiento de la Unidad Productora de Germoplasma Forestal, celebrado entre la CONAFOR y el Ejido la Tigra. Fecha de celebración 20 de octubre de 2014. Comisión Nacional Forestal. México.
- CONAFOR, 2015a. Convenio general de colaboración en materia forestal, celebrado entre la CONAFOR y el INIFAP. Fecha de celebración 15 de abril de 2015. Comisión Nacional Forestal. México.
- CONAFOR, 2015b. Boletín - Renuevan convenio de restauración, protección y producción forestal. Fecha de publicación 28 de abril de 2015. Comisión Nacional Forestal. México.
- CONAGUA. 2010. Normales climatológicas por estación meteorológica. Estación 00017019 Tilzapotla. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). México. Documento en línea. Disponible en línea desde la página web: <<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL17019.TXT>> Consultado el 18 de octubre de 2015.
- Cruz C., E., M. Gómez C., D. Vargas A., F. Solares A., V. Mariles F., D. Ayerde L., S. Orozco C. y V. Serrano A. 2009a. Colecta de fruto, selección y germinación de semilla de *Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón y Medina). *En*: E. Cruz, C., V. Mariles F., M. Gómez C. y D. Vargas A. Fundamentos técnicos para el manejo de poblaciones naturales de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México. INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Etlá, Oaxaca. México. Libro técnico 14. pp. 140-164
- Cruz C., E., Mariles E., Solares V. F., Gómez F. A., Serrano M. C., Ayerde A. C., Fuentes L. D., Castellanos L. M. E., Orozco C. S., Vargas A. D. y Borja de la R. A. 2009b. Adaptación ecológica y climática de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina). Observaciones preliminares de la floración, fructificación y dispersión de la semilla de linaloe. *En*: E. Cruz, C., V. Mariles F., M. Gómez C. y D. Vargas A. 2009. Fundamentos técnicos para el manejo de poblaciones naturales de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México. INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Etlá, Oaxaca. México. Libro técnico 14. pp. 108-139.

- Díaz C., E., 2009. Reproducción y fenología de *Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. México.
- DOF. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. México.
- DOF. 2014. Declaratoria de vigencia de las Normas Mexicanas NMX-AA-105-SCFI-2014, NMX-AA-141-SCFI-2014 y NMX-AA-169-SCFI-2014. Diario Oficial de la Federación. 17 de julio de 2014. México.
- DOF. 2016. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana, NMX-AA-169-SCFI-2016 "Establecimiento de Unidades Productoras y Manejo de Germoplasma Forestal-Especificaciones Técnicas" (cancela a la NMX-AA-169-SCFI-2014). Diario Oficial de la Federación. 03 de octubre de 2016. México.
- Ejido la Tigra, 2011. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables y no maderables en el Ejido la Tigra, Puente de Ixtla, Morelos. México.
- 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 No. BS001. México, D. F.
- García A., E. 1998. Catálogo de metadatos geográficos de Climas, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- García de la C., Y., J. M. Ramos P. y J. Becerra Z. 2011. Semillas Forestales Nativas para la Restauración Ecológica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Biodiversitas 94: 12-15.
- Guenther, E. 1950. The essential oils. Volume IV. D. Van Nostrand Company, Inc., New York. pp. 331-348.
- Guízar N., E. y A. Sánchez V. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Difusión Cultural. División de Ciencias Forestales. México. 207 p.
- Gutiérrez C., B., R. Ipinza C. y S. Barros A. (Eds.) 2015. El papel de la conservación genética. Conservación de recursos genéticos forestales, principios y prácticas. Instituto Forestal. Chile. pp. 11-16.
- Gutiérrez S., J. 2016. Caracterización sexual, producción de aceites esenciales en árboles y establecimiento de explantes *in-vitro* de *Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina en poblaciones del estado de Guerrero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 50 p.

- Guzmán P., A. M. y E. Cruz C. 2014. Guía técnica para la multiplicación de ocho especies de la selva baja caducifolia. INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. México. Folleto técnico Núm. 80. 36 p.
- Hernández P., E., M. González E., I. Trejo y C. Bonfil. 2011. Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3): 964-976.
- Hernández V., R., E. Cruz C., G. O. Díaz Z., M. I. Pérez L., S. Lozano T. y V. A. Velasco V. 2013. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en estacas de linaloe (*Bursera linanoe*) Andresen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1119-1128.
- Hersch M., P. 2004. Linaloe, woodcarving/essential Oil. Mexican case. *In: Riches of the forest: Fruits remedies and handicrafts in Latin America*, edited by C. López, P. Shanley, and A. C. Fantini. Center for International Forestry Research (CIFOR). Desa Putra, Indonesia. pp. 93-96.
- Hersch M., P. y Glass, R. 2006. Linaloe: un reto aromático. Diversas dimensiones de una especie mexicana, *Bursera linanoe*. Colección científica. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). México. 160 p.
- INEGI. 2001. Conjunto de datos vectoriales de Fisiografía, escala 1:1,000,000, Serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía : edafología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2011. Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, serie V (capa unión). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2015. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) resolución 15 m. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INIFAP-CONABIO. 1999. Catálogo de metadatos geográficos. Edafología. Escala 1:1,000,000. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Kohlmann, B. y Sánchez, S. 1984. Estudio aerográfico del género *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) en México: una síntesis de métodos. *In: Ezcurra, E., M. Equihua, B. Kohlmann y S. Sánchez C. (eds.). Métodos Cuantitativos en la Biogeografía*. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. pp. 43-120.
- Medina L., R. 2008. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Burseraceae. Departamento de Botánica. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Fascículo 66. Pp. 1-76.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su Clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

- Oliva M., F. Vacalla, D. Pérez y A. Tucto. 2014. Manual: recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas - Perú. The International Tropical Timber Organization (ITTO). 19 p.
- Purata V., S. E. (Ed.) 2008. Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites. Colección manejo campesino de recursos naturales. CONABIO/RAISES. México. 60 p.
- RAN. 2015. Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA). Registro Agrario Nacional (RAN). México. Disponible en línea desde la página web <<http://phina.ran.gob.mx/phina2/>> Consultado el 12 de octubre de 2015.
- Rzedowski, J., R. Medina L. y G. Calderón de R. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). Acta Botánica Mexicana 66: 23-151.
- Rzedowski, J., R. Medina L. y G. Calderón de R. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Acta Botánica Mexicana 70: 85-111.
- Rzedowski, J. y Guevara, F. 1992. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Burseraceae. Instituto de Ecología, A. C. México. Fascículo 3. 46 p.
- Rzedowski, J. y Kruse, H. 1979. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon* 28: 103-116.
- SEMARNAT. 2011. Autorización de aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables y la ejecución del programa de manejo forestal a nivel avanzado a favor del ejido la Tigra, Puente de Ixtla, Morelos. Delegación federal en el estado de Morelos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT. 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y desempeño ambiental. Edición 2012. México. 361 p.
- Solares A., F., E. Cruz C., M. Gómez C., D. Vargas A., A. Borja de la R., V. Mariles F., V. Serrano A., M. E. Fuentes L., S. Orozco C., J. F. Castellanos B. y D. Ayerde L. 2009. El proceso de extracción de aceite de linaloe (*Bursera linanoe*) en los estados de Morelos y Guerrero.. *En: Fundamentos Técnicos para el Manejo de Poblaciones Naturales de Linaloe (Bursera linanoe* (La llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México. E. Cruz C., V. Mariles F., M. Gómez C., y D. Vargas A. (Comps). INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Etlá, Oaxaca. México. Libro técnico 14. pp. 177-193.
- Toledo M., C. A. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Guerrero. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 182 p.