



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

PROPAGACIÓN Y DESARROLLO EN VIVERO DE *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl. (Burseraceae)

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|
| T | E | S | I | S | | |
| QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE | | | | | | |
| B | I | Ó | L | O | G | O |
| P R E S E N T A : | | | | | | |
| Julio César Gutiérrez Guzmán | | | | | | |
| Director de tesis M. en C. Ezequiel Carlos Rojas Zenteno | | | | | | |





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La vida no es la que uno vivió,
sino la que uno recuerda
y cómo la recuerda
para contarla.

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar un especial agradecimiento a los sinodales que participaron en la revisión de esta tesis: Dra. Silvia Romero Rangel, M. en C. Leonor Abundiz Bonilla, M. en C. Carlos Rojas Zenteno, Biol. Lourdes Pérez Castañeda y Biol. Alberto Rodríguez de la Concha.

Al Biol. egresado de la FES Iztacala Leonardo Bautista, ya que sin su ayuda no hubiéramos encontrado el sitio de colecta y, además, por facilitar el permiso para trabajar en la zona.

A los curadores de los herbarios visitados por las facilidades otorgadas para revisar los ejemplares de *Bursera cuneata*.

Al M. en C. Agustín Vargas Vera por su apoyo importante en el análisis estadístico empleado en este trabajo.

A la Biol. Liliana Rubio Licona por la revisión de este trabajo y por participar en el formato del mismo.

A Priscilla, Maybel, Cristhian, Daniel y Ernesto por acompañarme y ayudarme a realizar mis colectas del material vegetal. A Nora por facilitarme la mezcla de sustancias reguladoras para efectuar parte de este trabajo, también quiero agradecer a Olivier por la ayuda desinteresada para la realización del mapa de distribución en la zona, gracias valedor.

A los biólogos Gabriela Padilla y Said Rodríguez por la revisión de los ejemplares colectados en campo.

DEDICATORIAS

A mis padres Manuel y María a quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindados en las derrotas y logros obtenidos, haciendo de éste, un triunfo más suyo que mío, por la forma en que lo hemos compartido y solo espero que comprendan que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes, con todo mi cariño.

A Sandra y Eli porque me han soportado mucho brindándome su apoyo y cariño de manera desinteresada, este logro es también de ustedes y aunque no se los digo muy a menudo las quiero y me siento tan dichoso de ser su hermano. A mi amigo Johan, su llegada a mi vida ha sido una bendición.

Al profe Carlos y a la dra. Silvia por su gran calidad humana y por la ayuda generosa que siempre me brindaron, gracias por aceptarme y sobre todo gracias por la constelación del burro.

A Liliana por el apoyo inconmensurable que me ha ofrecido desde que nos conocemos y porque siempre me alentó a seguir uno de mis más grandes anhelos. Mil gracias por la confianza que me has transmitido con tan solo haber creído en mi... TE AMO.

A mis abuelitos María, Conchita y Chucho, a mis tíos Ángeles, Alejandro Gutiérrez, Rosa, Tere, Alejandro González y Linda por el apoyo y ejemplo que en cada momento de mi vida me han brindado.

A mis primos Gaby, Javier, Alejandra, Thalía, Diego, Paola, Andrea, Karla, Luis y Marisol como un testimonio de mi infinito aprecio, por ser tan alegres y sencillos, esto es una muestra de que todo lo que nos proponamos lo podemos realizar, ánimo.

A Toño Zaragoza González (q.e.p.d.) por haber sido una gran persona y un gran amigo, nunca te olvidaré.

A todos mis amigos los roñas con los que pasé buena parte de mi vida universitaria y con los cuales tuve el privilegio de ser campeón en el fútbol: Rafa, Oswaldo, Daniel, Saulo, Darío, Pedro, Toño, Moy, Jahir, Felipe, Oswaldo que ya no quiere que le diga tarzán, Nacho Peñalosa, Ángel Morán, Erik, Aarón, Juan Carlos y Gabriel.

A Claudia, Paty, Viri, Gris, Sandra, Marleth, Liliانا, Edith, Chagoyán, Reyna, Karina, Marisol, Maribel por compartir grandes momentos y a todas esas personas que ya no están y a las que olvidé perdón.

A las personas que integran el laboratorio de Ecología y Taxonomía de árboles y arbustos de México, Priscilla, Maybel, Olivier, Said, Gaby, Iliana, Victor, Rubén, Tatiana, Cinthia.

A todos los profesores que participaron con mi formación académica y que de alguna manera me brindaron su apoyo... GRACIAS

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | I |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 3 |
| Aspectos generales de la propagación..... | 3 |
| <input type="checkbox"/> Reproducción sexual..... | 3 |
| <input type="checkbox"/> Reproducción vegetativa (asexual)..... | 4 |
| <input type="checkbox"/> Tipos de propagación vegetativa..... | 5 |
| <input type="checkbox"/> Condiciones ambientales durante el enraizamiento..... | 6 |
| Familia Burseraceae..... | 7 |
| Género <i>Bursera</i> Jacq. ex L..... | 7 |
| <input type="checkbox"/> Distribución..... | 8 |
| <i>Bursera cuneata</i> (Schlecht.) Engl..... | 10 |
| ANTECEDENTES..... | 13 |
| Taxonomía..... | 13 |
| Filogenia..... | 14 |
| Morfología..... | 14 |
| Arquitectura foliar..... | 14 |
| Aereografía..... | 15 |
| Ecología..... | 15 |
| Propagación por estacas..... | 15 |
| Genética de poblaciones..... | 16 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 17 |
| OBJETIVOS..... | 17 |
| ÁREA DE ESTUDIO..... | 18 |
| MATERIALES Y MÉTODO..... | 19 |
| Información de herbario..... | 19 |
| Trabajo de campo..... | 19 |
| <input type="checkbox"/> Descripción del hábitat..... | 19 |
| <input type="checkbox"/> Distribución espacial..... | 19 |
| <input type="checkbox"/> Fenología..... | 20 |
| <input type="checkbox"/> Colecta de frutos y estacas..... | 20 |
| Trabajo de laboratorio..... | 21 |
| <input type="checkbox"/> Peso de frutos y semillas..... | 21 |
| <input type="checkbox"/> Propagación por semilla..... | 21 |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de plántulas en cámara de germinación..... | 24 |
| <input type="checkbox"/> Propagación por estaca..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| Trabajo de vivero..... | 24 |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de plántulas..... | 25 |
| <input type="checkbox"/> Reproducción por estaca..... | 25 |
| Análisis de datos..... | 26 |
| <input type="checkbox"/> Propagación por semilla..... | 26 |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de plántulas en cámara de germinación..... | 26 |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de plántulas en vivero..... | 26 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 28 |
| Información de herbario..... | 28 |
| Trabajo de campo..... | 31 |
| <input type="checkbox"/> Descripción del hábitat..... | 31 |
| <input type="checkbox"/> Distribución espacial..... | 38 |
| <input type="checkbox"/> Fenología..... | 41 |
| Trabajo de laboratorio..... | 43 |
| <input type="checkbox"/> Peso de frutos y semillas..... | 43 |
| <input type="checkbox"/> Propagación por semilla..... | 44 |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de plántulas en cámara de germinación..... | 51 |
| <input type="checkbox"/> Supervivencia..... | 56 |
| Trabajo de vivero..... | 57 |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de plántulas..... | 57 |
| <input type="checkbox"/> Reproducción por estaca..... | 62 |
| CONCLUSIONES..... | 65 |
| RECOMENDACIONES..... | 67 |
| LITERATURA CITADA..... | 69 |

RESUMEN

El género *Bursera* está conformado por aproximadamente 100 especies distribuidas exclusivamente en América, donde la máxima diversidad se presenta en México. En el Valle de México está presente *Bursera cuneata*, sin embargo, su hábitat ha sido afectado por el acelerado crecimiento urbano, por lo que es de vital importancia efectuar la propagación de la especie para ser reintroducida en su hábitat natural. En este estudio se da a conocer de *B. cuneata*, su distribución geográfica en México y en el Cerro Petlecatl de la Sierra de Guadalupe (Estado de México), así como describir su hábitat, los aspectos de propagación tanto sexual como asexual, además se evaluó la germinación y se describió el desarrollo de las plántulas hasta los seis meses de edad. *B. cuneata* se distribuye en los estados de Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Morelos, México, D.F. y Puebla. El tipo de vegetación que prevalece en su hábitat es el pastizal, sin embargo presenta un gran disturbio por distintos factores, los árboles en esta zona se encuentran dispersos. Con referente a la propagación por semilla se efectuaron distintos tratamientos pregerminativos obteniendo bajos o nulos porcentajes de germinación. El mejor porcentaje (88%) y calidad germinativa la presentaron las semillas que tenían una coloración roja en el pseudoarilo. Las plántulas tuvieron una baja sobrevivencia (8.4%), la mortalidad se observó en cámara germinadora y aumentó en vivero. Durante el desarrollo de las plántulas se observó que existe una relación entre el largo de raíz y tallo, número de folíolos, cobertura y altura total con respecto al tiempo, mientras que para ancho de raíz y tallo no hubo variación en su desarrollo a través del tiempo. Además, la cobertura de las plántulas se incrementa conforme aumenta el número de folíolos. Con referente a la propagación vegetativa a través de estacas solo se obtuvieron hojas en algunas de ellas, no pudiéndose evaluar ya que no enraizaron.

INTRODUCCIÓN

En México, la cubierta vegetal es una de las más diversas que se puede encontrar en la Tierra, desde los desiertos con climas muy extremos hasta los páramos de alta montaña, donde las temperaturas bajan a niveles cercanos a los 0° C. Esta diversidad es originada por las características que presenta el país, tales como su situación geográfica, topografía y diferencias climáticas (Rzedowski, 1986).

Esta vegetación tan diversa está caracterizada por la presencia de numerosas especies de árboles y arbustos, los cuales constituyen un recurso natural renovable por los beneficios que de ellos se derivan (Gifre, 1965); en los bosques controlan la temperatura ambiental, regulan el ciclo hidrológico, liberan oxígeno al ambiente (Niembro, 1986), además permiten conservar e incrementar parte de la diversidad de plantas y animales así como la fertilidad del suelo (Vázquez *et al.*, 1996). También proporcionan a la gente diversos productos como: maderas para leña, frutos, ceras, grasas, aceites, sustancias medicinales, resinas, entre otros (Niembro, 1986).

La flora fanerogámica de México está estimada en alrededor de 220 familias, 2,410 géneros y 22,000 especies donde, aproximadamente, el 52% de las especies son endémicas (Rzedowski, 1991).

Bursera es un género prominente de la flora y de la vegetación de México (Rzedowski *et al.*, 2005), son árboles o a veces arbustos provistos de resina y muchas especies tienen valor económico y religioso (Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992).

El género está conformado por aproximadamente 100 especies distribuidas exclusivamente en América. La máxima diversidad se presenta en México donde hay cerca de 80 especies, tan solo la Depresión del Río Balsas alberga a unas 48. En el Valle de México se conocen dos especies: *Bursera fagaroides* y *B. cuneata* (Calderón *et al.*, 2001; Guevara, 2004; Rzedowski *et al.*, 1992; Toledo, 1982).

Bursera cuneata (Schlecht.) Engl. es un árbol dioico hasta de 10 m de alto, resinoso y con aroma agradable al estrujarse. Se le conoce como “copal” o “copalillo” y su madera se utiliza en la elaboración de artesanías, los troncos y las ramas se cortan para consumirse en forma de leña o en combustible y su aromática resina se emplea localmente como incienso (Rzedowski, 1992); esta

especie se localiza en el Pedregal de San Ángel y en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe (Reiche, 1977).

El Pedregal de San Ángel es una zona protegida a través de la Reserva del Pedregal de San Ángel, se localiza al suroeste de la Ciudad de México y que comprende a matorral xerófilo, este tiene una estructura muy homogénea, con grandes diferencias en la composición florística (Castillo *et al.*, 2004).

El parque Estatal Sierra de Guadalupe se encuentra al norte de la ciudad de México exhibiendo una gama de ambientes naturales: bosque de encino, matorral xerófilo y pastizal (Bernal, 1999; Contreras, 1999). Sin embargo, la Sierra de Guadalupe ha sido un área afectada por el acelerado crecimiento urbano de la Ciudad de México teniendo como consecuencia un cambio considerable en sus características físicas y ambientales (Bernal, 1999; Contreras, 1999; Correa, 2002) y de persistir el ritmo actual podrían desaparecer muchos elementos vegetales, como es el caso de *B. cuneata*, sin haber sido estudiadas completamente (Bernal, 1999; Niembro, 1986).

Por lo anterior, es de vital importancia efectuar la multiplicación por medios tanto sexuales como asexuales (Hartmann *et al.*, 1999) de *B. cuneata* para ser reintroducida en su hábitat natural y así evitar su desaparición en la Sierra de Guadalupe así como contribuir al conocimiento de especies nativas de México.

MARCO TEORICO

Aspectos generales de la propagación

La propagación es el proceso por el cual se pueden multiplicar las especies de árboles, arbustos y herbáceas (Hartmann *et al.*, 1999). Los métodos para llevar a cabo la propagación son el sexual y el vegetativo o asexual. En el primer caso se realiza a través de la germinación de la semilla y en el segundo caso se utilizan por órganos vivos, como son ramas, tallos, hojas, entre otros, que se pueden separar de la planta, y que puestos en condiciones especiales dan una nueva planta (Brumm, 1970).

La clase de reproducción que se debe utilizar en cada uno de los casos depende de la especie, del valor económico y ecológico; siempre que sea posible se debe dar preferencia a la propagación por semilla, ya que da plantas más vigorosas, adaptables y más sanas (Brumm, 1970). Los tipos de reproducción son los siguientes:

❖ *Reproducción sexual*

En la reproducción sexual se utiliza la propagación por semilla mediante la cual se logran nuevas plantas individuales con características que reflejan la contribución de ambos progenitores. En la reproducción por semilla puede esperarse que se presente cierta variación entre las hijas. En consecuencia, al emplear el método de propagación por semilla, se debe tomar en cuenta el problema de controlar la variación genética en poblaciones de plantas (Hartmann *et al.*, 1999).

Propagación por semilla

La semilla es un óvulo fecundado y maduro que tiene la capacidad de ser transportado en el medio y, en condiciones generales, dar origen a un nuevo vegetal (Camacho, 1994).

La función primordial de las semillas es la producción de nuevos vegetales a través de la germinación, proceso mediante el cual el embrión de la semilla adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta (Desai *et al.*, 1997; Brumm, 1970; Camacho, 1994; Hartmann *et al.*, 1999; González *et al.*,

1996). Dentro de la germinación se llevan a cabo diferentes etapas, empieza con la imbibición o absorción de agua por parte de la semilla, la activación de los sistemas de información y síntesis donde la semilla tiene que ser viable para que ocurra la germinación; implica la activación de la información genética presente en los cromosomas, la activación de los sistemas enzimáticos presentes y la creación de algunos de estos; la digestión de los compuestos complejos presentes en los tejidos nutritivos con el fin de que puedan ser asimilados por el embrión; el proceso germinativo culmina cuando la semilla se transforma en plántula (Desai *et al.*, 1997; Camacho, 1994; González *et al.*, 1996).

Para que la germinación se lleve a cabo son necesarias las siguientes condiciones (Camacho, 1994):

1. Viabilidad, que es la cualidad de una semilla de estar viva.
2. Quiescencia, se define como el estado en que se encuentra una semilla que no germina debido a que el ambiente se lo impide.
3. Ambiente adecuado, se requiere de humedad suficiente para que las semillas absorban agua.
4. Ausencia de dormición; la dormición es el estado en que se encuentra una semilla viable que no germina aunque disponga de humedad y de suficiente aireación, así como una temperatura que permita el crecimiento vegetal óptimo (Desai *et al.*, 1997; Brumm, 1970; Camacho, 1994; Hartmann *et al.*, 1999).

❖ **Reproducción vegetativa (asexual)**

La propagación asexual consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas, gracias a que los órganos vegetativos tienen la capacidad de regenerarse (Hartmann *et al.*, 1999), así, las porciones de tallos tienen la capacidad de formar nuevas raíces, las partes de raíz pueden generar tallos y las hojas pueden regenerar nuevos tallos y raíces. Dicha multiplicación es posible gracias a que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta completa nueva (García, 2002).

Cuando se desea conservar un genotipo determinado, la propagación vegetativa es popular entre los métodos de propagación. Sin embargo, es posible que la uniformidad genética impida una respuesta adecuada a las presiones del ambiente físico y biótico, y esto puede representar, a largo plazo, una desventaja importante para la productividad y conservación de la especie.

❖ *Tipos de propagación vegetativa*

La propagación vegetativa se puede llevar a cabo por diversos métodos, los cuales son seleccionados según las características de las plantas originales. Las estacas, esquejes y acodo son maneras de propiciar el desarrollo de raíces en diferentes órganos de la planta, con el fin de crear un individuo completamente nuevo, pero idéntico a la planta madre (Hartmann *et al.*, 1999).

Propagación por injerto

Injertar es el arte de unir partes de plantas de tal manera, que ligen y continúen su crecimiento como una sola planta. La parte de la combinación de injerto que va a constituirse en la copa de la nueva planta se le llama espiga o injerto y aquella que va a formar la raíz se le llama pie o portainjerto (Hartmann *et al.*, 1999).

Propagación por acodo.

El acodo es un método de propagación en el cual se provoca la formación de raíces adventicias a un tallo que está todavía adherido a la planta. Posteriormente el tallo acodado se separa para convertirlo en una nueva planta que crece sobre sus propias raíces. El acodo puede considerarse como una preparación para divisiones subsecuentes (Hartmann *et al.*, 1999).

Micropropagación.

La micropropagación es la técnica para logra el desarrollo de nuevas plantas en un medio artificial a partir de porciones muy pequeñas de plantas, tales como embriones, semillas, tallos, puntas de ramas, puntas de raíces, células individuales y granos de polen.

Propagación por estacas

Entendemos bajo el nombre de estaca a un trozo de brotes del año que se encuentra sin hojas (Brumm, 1970; Hartmann *et al.*, 1999) y que se separa de la planta madre para formar un clon idéntico a la misma (Hartmann *et al.*, 1999), esta es adecuada para la multiplicación en masa de muchos árboles. Las estacas se hacen de partes vegetativas como tallos, rizomas, tubérculos, bulbos, hojas o raíces.

❖ *Condiciones ambientales durante el enraizamiento*

Agua

El agua contenida en las células puede perderse por transpiración si se conservan numerosas hojas en la estaca que se pretende enraizar, es por ello que se deben eliminar las hojas o conservar poca área foliar. En las estacas que enraízan con facilidad, el agua absorbida por las raíces nacientes compensa el agua que se pierde por las hojas. Las pérdidas de agua por las hojas deben de reducirse al mínimo (Hartmann *et al.*, 1999).

Las estacas pueden ser mantenidas dentro de un invernadero o al exterior, pero deben recibir riego frecuente y humedad ambiental alta y constante.

Luz

En todos los tipos de crecimiento y desarrollo de las plantas, la luz es de importancia primordial como fuente de energía para la fotosíntesis. En el enraizamiento de estacas, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces. Los efectos de la luz en él pueden deberse a la intensidad, fotoperiodo y a la calidad de la luz (Hartmann *et al.*, 1999).

Temperatura

Para el enraizamiento de estacas de la mayoría de las especies son satisfactorias temperaturas diurnas de unos 21 a 27° C, con temperaturas nocturnas de 15° C. Las temperaturas elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y aumentar la pérdida de agua por las hojas (Hartmann *et al.*, 1999).

Familia Burseraceae

La familia alberga 20 géneros y más de 600 especies en el mundo, distribuidas en regiones calientes con mayor diversidad en América tropical, norte y sur de África y en Malasia. Desde el punto de vista económico algunas Burseráceas son importantes por las resinas y los aceites esenciales que producen (“copal”) y se usan para aromatizar templos y en ceremonias religiosas, en la cosmética y en la medicina popular (Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992).

Género *Bursera* Jacq. ex L.

Son árboles medianos, a veces arbustos pequeños, hojas alternas, deciduas, flores solitarias o en racimos; pétalos 3 a 5; estambres 6 a 10 (Reiche, 1977; Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992). Algunas especies presentan coloraciones en los troncos que van del azul, amarillo, verde, rojo, hasta el púrpura, el género se caracteriza por la presencia de secreciones y exudados.


El género *Bursera* se ha dividido en dos secciones: *Bursera* y *Bullockia* (Guevara, 2004; Toledo, 1982). A los árboles de la sección *Bursera* se les conoce como “cuajotes”, mientras que a las especies de la sección *Bullockia* se les conoce como “copales”. La característica más notable que separa a las dos secciones es el tipo de corteza externa; los representantes de la sección *Bursera* presentan corteza exfoliante, mientras que los representantes de la sección *Bullockia* tienen corteza lisa no exfoliante (Toledo, 1982). Observaciones realizadas en el campo, primordialmente en el periodo de aparición de hojas y flores, han permitido destacar la existencia de otro carácter que distingue las dos secciones del género *Bursera* propuestas y discutidas por McVaugh y Rzedowski. Los miembros de la sección *Bullockia* desarrollan notables conjuntos de catáfilos, dispuestos a manera de rosetas en los brotes tiernos localizados sobre los extremos de las ramas, mientras que en los representantes de la sección *Bursera* lo único que rodea a los conjuntos de hojas tiernas son escamas diminutas que cubrían las yemas foliíferas correspondientes (Rzedowski, 1968).

Se trata de un grupo cuyo conocimiento aun deja bastante que desear, pues presenta una sistemática complicada, además de que muchas de sus especies no se han descubierto o discernido correctamente todavía (Rzedowski *et al.*, 1992; Rzedowski, 2005).

❖ *Distribución*

El género comprende alrededor de un centenar de especies de árboles y arbustos que se distribuyen desde el extremo sur de los Estados Unidos hasta Venezuela, Perú y el sur de Brasil (Guevara, 2004; Rzedowski *et al.*, 1992; Toledo, 1982) (Figura 1).

El mayor número de especies se concentra en México con 80 especies, distribuyéndose principalmente por la Depresión del Río Balsas, en donde está comprendida una parte importante de los estados de Oaxaca, Puebla, Guerrero, Morelos, Estado de México y Michoacán, albergando a unas 48 especies



(Guevara, 2004; Rzedowski, 1968; Rzedowski *et al.*, 1992; Toledo, 1982). El único estado en el que no se encuentra es en Tlaxcala y parece faltar por completo en amplias extensiones de la altiplanicie y del NE del país. En el Valle de México se conocen dos especies: *Bursera cuneata* y *Bursera fagaroides* (Reiche, 1977; Calderón *et al.*, 2001; Guevara, 2004; Rzedowski *et al.*, 1992; Toledo, 1982).

Muchas especies del género *Bursera* constituyen elementos dominantes o codominantes del bosque tropical caducifolio y de algunos matorrales xerófilos. Este grupo podría utilizarse como un indicador de climas y tal vez de algunos otros factores ambientales (Rzedowski *et al.*, 1992). El aceite esencial que producen las especies del género está conformado por terpenos y de estos, algunos pueden ser sumamente tóxico para algunos insectos, hongos y bacterias patógenas (Evans *et al.*, 2006) La resina aromática se emplea a modo de incienso (Rzedowski *et al.*, 1992) y, en diversas partes de México y Centroamérica se usan árboles de *Bursera* para construir cercas vivas.



Figura 1. Distribución geográfica del género *Bursera* en América

***Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl.**

Pertenece a la familia Burseraceae, género *Bursera* Jacq. ex L. y en particular a la sección *Bullockia* (Martínez, 1979; Rzedowski *et al.*, 1992; Toledo, 1982).

Se le conoce como copal, copalillo, cuerecatzundi, cuerica-tzunda y cuiricatzunda (lengua purépecha). Es un árbol (o a veces arbusto) dioico, hasta de 10 m de alto, resinoso y con aroma agradable al estrujarse, tomentoso en sus partes verdes; tronco hasta de 40 cm de diámetro, con corteza gris o gris-rojiza, no exfoliante, las ramillas lignificadas francamente rojizas, glabras; hojas con (3)5 a 9(13) foliolos, pecíolo de 1 a 3 cm de largo, el raquis angosta a anchamente alado, foliolos sésiles o con peciólulos hasta de 3 mm de largo, oblongos a lanceolados, elípticos u ovados, el terminal a veces oblanceolado, de (1)2 a 6.5 cm de largo y (0.5)0.7 a 2.3 cm de ancho, los del par inferior a menudo mucho más pequeños que los demás, por lo general agudos en el ápice, obtusos a cuneados en la base, margen toscamente aserrado, los dientes (6)10 a 30 de cada lado, desiguales, algunos escotados en el ápice, con (6)10 a 18 pares de nervaduras laterales distalmente bifurcadas o a veces más profusamente ramificadas, impresas en el haz, prominentes en el envés, de textura coriácea, conspicuamente reticulado-venosos, sobre todo en el haz que tiene aspecto manifiestamente rugoso, el haz verde, los pelos originándose de una base ampuliforme, el envés densamente blanquecino-grisáceo-tomentoso; inflorescencias en forma de panículas abiertas, originándose en los ápices de ramas cortas o lateralmente en ramas largas, catáfilos oblongos a angostamente triangulares, de 3 a 15 mm de largo, tomentosos en ambas caras, deciduos (Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992).

Las flores masculinas numerosas en panículas hasta de 8 cm de largo y 4 cm de ancho, pedicelos hasta de 4 mm de largo, bractéolas de más o menos 2 mm de largo; flores tetrámeras, lóbulos del cáliz linear-trianguulares, de 2 a 4 mm de largo; pétalos blanquecinos de 2.5 a 4 mm de largo; estambres todos aproximadamente al mismo nivel o bien 4 más largos alternando con 4 más cortos, filamentos de 1.2 a 1.8 mm de largo, anteras ovado-oblongas, de 0.6 a 0.8 mm de largo; las inflorescencias femeninas similares a las masculinas, pero sólo de 1 a 2 cm de largo, ovario bilocular, infrutescencias sobre pedúnculos hasta de 7 cm de largo; "drupa" bivalvada, verde o rojiza, ovoide, algo comprimida, de 7 a 12 mm de largo, a menudo puntiaguda en el ápice, glabra, rodeada en la base por el cáliz

persistente, el hueso recubierto casi totalmente por un pseudoarilo anaranjado o amarillento (de un lado un poco más grande que del otro), la parte descubierta negra (Rzedowski *et al.*, 1992) (Figura 2).

❖ *Distribución*

Esta especie es componente del bosque tropical caducifolio y de la vegetación secundaria derivada del mismo, a veces penetrando en encinares contiguos; es frecuente en “malpaís” o corrientes de lava basáltica, se distribuye en la parte centro del país (Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992); en el N de Michoacán a menudo es de porte arbustivo (Rzedowski *et al.*, 1992). Se localiza a una altura que va de los 1 850 a 2 300 (2 500) msnm.

❖ *Normatividad*

El uso de esta especie esta regulado por las normas oficiales NOM-005-RECNAT-1997, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal; por la Norma Oficial Mexicana NOM-009-RECNAT-1996, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de látex y otros exudados de vegetación forestal; y por la Norma Oficial Mexicana NOM-012-RECNAT-1996, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de leña para uso doméstico (www.semarnat.gob.mx).

❖ *Problemática*

Bursera cuneata se localiza dentro de la Reserva del Pedregal de San Ángel y en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe (Reiche, 1977). Sin embargo, el Parque Estatal Sierra de Guadalupe a pesar de ser un parque protegido por las autoridades, es un área afectada por el crecimiento urbano, ya que actualmente se encuentra rodeada en su totalidad por áreas urbanas, industriales y agrícolas (Bernal, 1999; Contreras, 1999; Correa, 2002), acelerando, de este modo, la modificación y por ende propiciando en un futuro la destrucción del hábitat de *Bursera cuneata* (SEMARNAT, 1998).

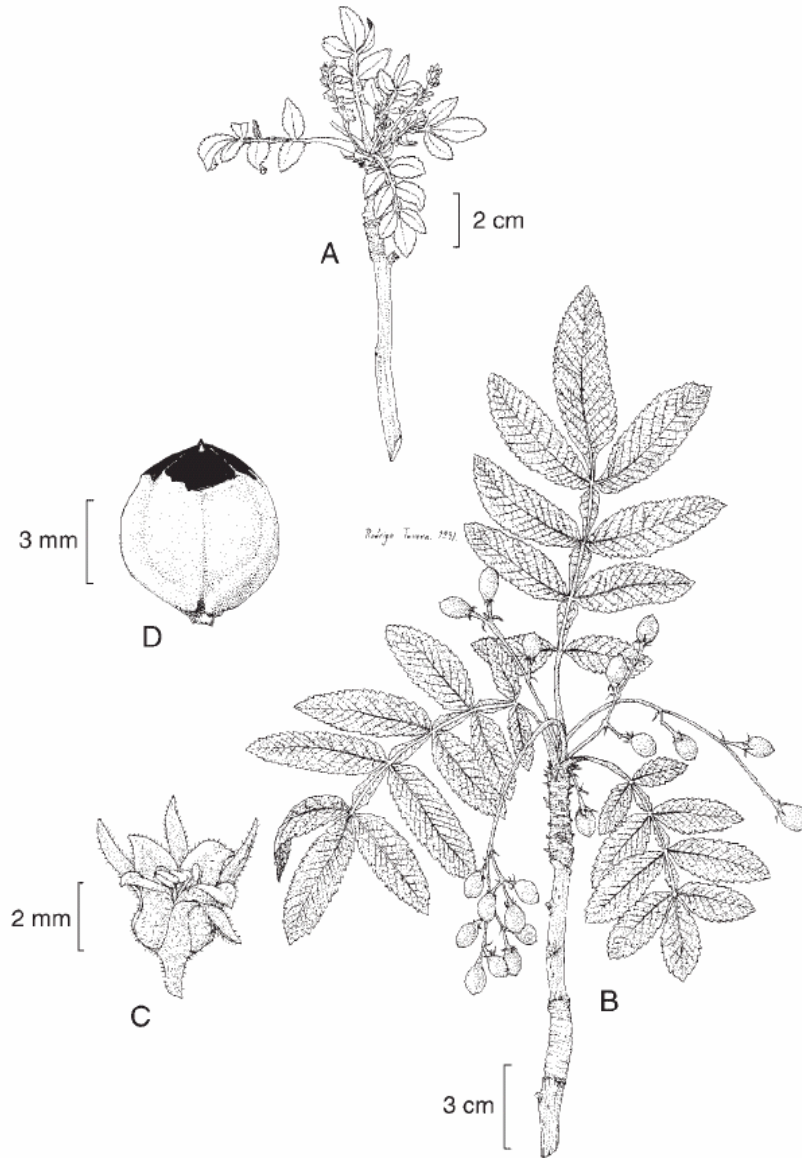


Figura 2. *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl. A. rama con hojas jóvenes e inflorescencias; B. rama con infrutescencias; C. flor masculina; D. hueso. Ilustrado por Rodrigo Tavera. Tomada de Rzedowski *et al.*, 1992.

ANTECEDENTES

A pesar de los esfuerzos de varias generaciones de botánicos, el avance en el conocimiento taxonómico de los componentes de *Bursera* ha sido lento y dista aún mucho de ser satisfactorio (Rzedowski *et al.*, 2004). Los factores por los que se ha visto envuelto el discernimiento de las especies es que: 1) se carece de apreciaciones globales y descripciones completas generando que un número considerable de especies ha sido nombrado y publicado varias veces; 2) una elevada proporción de las especies son plantas de distribución restringida; y 3) en muchos casos se carece de buenas características de flores y frutos para separar las especies, por lo que el arreglo taxonómico propuesto se basa en la morfología de las hojas (Rzedowski *et al.*, 2004).

Debido a lo anterior, los trabajos encontrados han sido realizados con base a la descripción del género, su taxonomía, anatomía y morfología de algunas especies y relaciones filogenéticas principalmente, generándose con el objetivo de aportar más información a la biología comparada del género. Los trabajos encontrados fueron los siguientes:

Taxonomía

Toledo (1982), realizó una revisión del género *Bursera* en el estado de Guerrero en donde se registran 48 especies de las cuales se presenta clave, sinonimia, breve descripción, notas sobre sus relaciones filéticas y requerimientos ecológicos, en donde *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl., pertenece a la sección *Bullockia*.

Rzedowski *et al.* (2002), ilustraron y describieron como nuevas a dos especies del género *Bursera*: y *B. Isthmica*, que aparentemente restringen su distribución al sureste de Oaxaca. *B. heliae* está vinculada con *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl.

Rzedowski *et al.* (2004), realizan una lista comentada de 82 especies mexicanas del género *Bursera* que ameritan un reconocimiento provisional, indicando para cada una la distribución geográfica conocida por estados de la Republica, en donde es mencionada *Bursera cuneata* como especie de distribución restringida.

Filogenia

Becerra *et al.* (1999), reconstruyeron la filogenia de 54 especies y variedades del género *Bursera* usando la secuencia de nucleótidos. Las especies fueron colectadas en México y de colecciones de algunos Herbarios de Estados Unidos de América.

Morfología

Bursera cuneata no fue contemplada en ninguno de los estudios revisados.

Andrés (1997), realizó un análisis de caracteres morfológicos en plántulas de 11 especies del género *Bursera* Jacq. ex L.; aporta datos referentes a tratamientos y condiciones pregerminativos. Las semillas germinaron con escarificación mecánica a una temperatura de 25 a 35° C.

Andrés *et al.* (2002), estudió los caracteres de plántulas de diez especies de *Bursera*, tanto de la sección *Bursera* como la sección *Bullockia*, con el fin de encontrar nuevas evidencias taxonómicas.

Becerril (2003), presentó un estudio morfológico y anatómico comparativo del fruto de dos especies: *Bursera aptera* (Ramírez) y *Bursera morelensis* (Ramírez) del género *Bursera* sección *Bursera* con el fin de contribuir a su conocimiento taxonómico.

Montaño (2003), realizó un estudio morfológico y anatómico del fruto de dos especies del género *Bursera* Jacq. ex L. sección *Bullockia*, *Bursera aloexylon* (Shiede ex Schlecht.) Engl. y *Bursera submoniliformis* Engl., donde observó diferencias morfológicas en suturas, simetría, terminación de la valva, forma de la semilla, coberturas y color del arilo, con el fin de proporcionar evidencia taxonómica adicional potencialmente útil para diagnosticar relaciones filogenéticas entre las especies y aportar nuevos datos en la biología comparada del género *Bursera*.

Arquitectura foliar

Andrés (2001), examinó la arquitectura foliar y la anatomía del pecíolo de 23 especies del género *Bursera* Jacq. ex L. que se distribuyen en la cuenca del Río Balsas, con el objetivo de encontrar caracteres que ayuden a aclarar la taxonomía del género.

Hernández (2001), realizó el análisis de caracteres de arquitectura foliar en 13 especies del género *Bursera*, tanto de la sección *Bullockia* como *Bursera*, determinando 16 caracteres de los foliolos retomando a su vez cinco caracteres morfológicos de distintos autores para observar la tendencia de estas especies a relacionarse entre sí.

Aereografía

Kohlmann *et al.* (1984), analizaron las áreas de distribución conocida de las especies mexicanas de *Bursera* Jacq. ex L., utilizando procedimientos numéricos, con el objeto de tratar de definir regiones fitogeográficas.

Ecología

Díaz (<http://tariacuri.crefal.edu.mx>), propuso una lista de 32 especies de árboles de la región de Pátzcuaro para su futura utilización en los programas de reforestación, en donde tomó en cuenta a *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl., para ensayos de reproducción en vivero debido a la disminución de sus poblaciones.

Propagación por estacas


García (2002), evaluó el efecto del ácido indolbutírico y el tiempo de estratificación en la formación de callos y raíces en estaca de *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* y *Omphalea oleifera* colectadas de los Tuxtlas, registrando la formación de callos, formación de raíces, presencia de hojas y sobrevivencia durante seis meses. *B. simaruba* y *G. sepium* presentaron porcentajes bajos de callos y/o raíces en comparación con *O. oleifera*.

Carvajal (2005), evaluó el efecto del suelo y el diámetro de estacas en el establecimiento de *Bursera simaruba*. Los resultados indicaron que el factor diámetro de estacas modificó gradualmente la longitud de ramas por estaca de 51 cm (delgada) a 59 cm (mediana) y 79 cm (gruesa).

Bonfil *et al.* (2007), realizaron un estudio sobre la producción de callos y raíces en estacas de siete especies del género *Bursera* aplicando ácido indolbutírico a diferentes concentraciones.

Genética de poblaciones

Valle (1996), describe la estructura genética de poblaciones de *Bursera cuneata* en tres regiones (Pedregal de San Ángel, D.F., Chichinautzin, Morelos y



en la Reserva ecológica de Omiltemi, Guerrero) para discutir sus implicaciones evolutivas y para la conservación, obteniendo que las poblaciones de la especie están aisladas y divergiendo por deriva génica, además de que son diferentes entre ellas. Se debe tomar en cuenta que éste ha sido el único trabajo en el que se utilizó a la especie.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la destrucción del hábitat de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl. en la Sierra de Guadalupe, es de vital importancia su propagación vegetativa y por semilla para ser reintroducida en su hábitat natural, zonas urbanas y suburbanas con el fin de evitar su desaparición en el Valle de México, además de contribuir al conocimiento de especies nativas de México, aportaciones que pueden alcanzarse por medio de los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

-Conocer los aspectos de propagación vegetativa y por semilla con fines de reforestación, urbana y suburbana de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl.

Objetivos particulares

-Conocer la distribución geográfica de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl. en México.

-Describir el hábitat de *B. cuneata* en la parte sureste de la Sierra de Guadalupe.

-Conocer la distribución espacial de la especie en la Sierra de Guadalupe.

-Evaluar la germinación de *B. cuneata* calculando tiempo, uniformidad, calidad y capacidad germinativa de las semillas.

-Evaluar la uniformidad y velocidad de crecimiento de plántulas en vivero.

-Describir el desarrollo de las plántulas hasta los seis meses de edad.

-Evaluar la aplicación de hormonas en esquejes de *B. cuneata*.

ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación

El área de estudio se encuentra en San Isidro Ixhuatepec, municipio de Tlalnepantla, en la ladera Sur del cerro Petlecatl en los paralelos 19º 32' 11" de latitud Norte y 99º 06' 23" de longitud Oeste.

El cerro Petlecatl pertenece a la Sierra de Guadalupe y tiene una altura de 2650 m s.n.m. (INEGI, 1982). El parque Estatal Sierra de Guadalupe se encuentra al norte de la ciudad de México, colinda con parte de la delegación Gustavo A. Madero y municipios como Tlalnepantla, Ecatepec, Coacalco y Tultitlán. La importancia del Parque Estatal para las zonas urbanas radica en la recarga de los mantos freáticos, la estabilización del clima (aporte de humedad, filtro de partículas suspendidas, regulación de la temperatura), la preservación, el fomento de la biodiversidad así como de la conservación del suelo, la recreación y la sensibilización de la población.

Vegetación y uso del suelo

El parque Natural Sierra de Guadalupe posee diversidad de ambientes naturales: bosque de encino, matorral xerófilo y pastizal; aunado a que es el Parque más grande del Área Metropolitana, que lo convierte en un reservorio de especies representativas de flora y fauna silvestre de la cuenca (Contreras, 1999; Correa, 2002). El área de estudio presenta vegetación secundaria, matorral subinermes, nopalera y pastizal inducido (INEGI, 1979).

Geología y edafología

Presenta rocas ígneas tales como: extrusiva ácida, riolita, extrusiva intermedia, andesita, extrusiva básica y basalto (INEGI, 1979). La unidad de suelo es haplico, con una clase textural media. Presenta un suelo pedregoso y ligeramente salino (cuatro a ocho mmhos/cm) a 25º C (INEGI, 1982).

MATERIALES Y MÉTODO

Información de herbario

Para conocer la distribución geográfica en México de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl. y las localidades donde se puede encontrar la especie en el Valle de México se revisaron ejemplares en los herbarios (IZTA) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, (FAC) de la Facultad de Ciencias y MEXU del Instituto de Biología, todos ellos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México, asimismo se revisaron ejemplares en el herbario (ENCB) de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Trabajo de campo

Con el objetivo de delimitar el área de estudio, se efectuó una salida a la ladera Sur del cerro Petlecatl de la colonia San Isidro Ixhuatepec, municipio de Tlalnepantla. Una vez delimitada el área de estudio se efectuaron un total 48 salidas a campo (dos veces por mes) durante el periodo de Diciembre del 2004 a Diciembre del 2006.

❖ Descripción del hábitat

Para efectuar la descripción del hábitat se realizó un levantamiento florístico de toda el área con colectas de herbáceas, arbustos y árboles a través del método de barrido, dichas colectas se efectuaron durante la época de lluvias y la época seca. Los ejemplares obtenidos se colocaron en papel periódico y dentro de una prensa botánica. Una vez prensados, los ejemplares fueron trasladados al laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de México de la FES Iztacala y se colocaron en una secadora con focos de 100 watts para ser completamente deshidratados para posteriormente determinarlos.

❖ Distribución espacial

Con el fin de elaborar un mapa de distribución se marcaron y georeferenciaron, con ayuda de un geoposicionador GPS 12 XL de la marca Garmin, todos los individuos de *Bursera cuneata* que se encontraron en el sitio, anotando en una libreta de campo número del individuo, latitud norte, longitud

oeste y altitud. Además, a cada árbol se le tomo la altura, cobertura y diámetro a la altura del pecho (DAP) con ayuda de un metro.

❖ *Fenología*

Se marcaron 30 árboles de *B. cuneata* con una cinta naranja para ser monitoreados durante un año y así conocer los meses en que aparece follaje, fruto y flor.

❖ *Colecta de frutos y estacas*

Se colectaron frutos de *Bursera cuneata* directamente de los árboles con ayuda de tijeras de poda, colocándolas en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio. Posteriormente se colectaron semillas de distintas coloraciones presentes en los árboles.

Con lo que respecta a las estacas, las colectas se efectuaron en diferentes épocas del año y en distintos estados fenológicos del árbol (presencia de follaje, pérdida del mismo, con fruto o sin él). La primera colecta se realizó en época fría y con pérdida de follaje, cortando, con ayuda de tijeras de poda, 60 ramas de aproximadamente 30 a 50 cm de largo y de tres a cinco centímetros de diámetro. Las ramas colectadas se colocaron en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio.

Posteriormente, se tomaron en cuenta dos variantes para efectuar la colecta: ramas verdes o jóvenes y ramas maduras o cafés; para esto se cortaron, en época de lluvias y cuando estaban brotando hojas y flores de las yemas, 50 ramas de 30 cm de largo y de tres a cinco centímetros de diámetro que presentaban una coloración café; y 50 ramas verdes de aproximadamente 20 cm de largo y de uno a dos centímetros de diámetro.

En otra visita al área de estudio se colectaron, en época seca y con presencia de follaje, 60 ramas de 40 cm de largo y de cinco centímetros de diámetro. Cabe mencionar que para la colecta de estacas, estas se tomaron de diferentes individuos que se veían vigorosos.

Trabajo de laboratorio

❖ *Peso de frutos y semillas*

Se midieron con un vernier el largo y ancho de un total de 100 frutos y con ayuda de una balanza digital se pesaron, posteriormente los frutos se

escarificaron; a las semillas obtenidas se les midió el largo y ancho, además fueron pesadas.

❖ *Propagación por semilla*

Con las semillas obtenidas a través de escarificación de frutos y directo del árbol, se realizaron diferentes ensayos, y distintos tratamientos pregerminativos.

En un primer ensayo de 56 semillas no se llevó a cabo tratamiento alguno, la extracción de la semilla contenida en los frutos se hizo de manera manual y sólo se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 15 % durante 15 minutos; se estableció un lote en caja de plástico tipo domo transparente, utilizando como sustrato papel secante blanco embebido con agua destilada.

En un segundo ensayo se obtuvieron 50 semillas y se colocaron en un vaso de precipitados con agua purificada hasta la mitad con el fin de que las semillas se hidrataran, transcurridos dos días se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 15 % durante 15 minutos y se establecieron en domos de plástico con papel secante a imbibición con agua.

Un tercer ensayo fue establecer un total de 233 semillas, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 15% durante 15 minutos, divididas en nueve lotes de 25 semillas cada uno y un control de 33 semillas; en el cuadro 1 se puede observar el tratamiento que se efectuó para cada uno de los lotes.

Cuadro 1. Tratamiento pregerminativo para cada lote empleado en el tercer ensayo y número de semillas utilizadas

| # de lote | Tratamiento | No. de semillas |
|-----------|-----------------------------|-----------------|
| 1 | Control | 33 semillas |
| 2 | Agua a 30° C por 10 minutos | 25 semillas |

| | | |
|---|--|-------------|
| 3 | Agua a 30° C por 15 minutos | 25 semillas |
| 4 | Agua a 50° C por 10 minutos | 25 semillas |
| 5 | Agua a 50° C por 15 minutos | 25 semillas |
| 6 | Agua a 70° C por 10 minutos | 25 semillas |
| 7 | Agua a 70° C por 15 minutos | 25 semillas |
| 8 | Inmersión en H ₂ SO ₄ por 15 minutos | 25 semillas |
| 9 | Inmersión en H ₂ SO ₄ por 20 minutos | 25 semillas |

En un cuarto ensayo se emplearon 300 semillas desinfectadas del mismo modo antes mencionado; se hicieron 10 lotes de 15 semillas; en el cuadro 2 se observa el tratamiento que se realizó para cada lote, tomando en cuenta que cada tratamiento fue hecho por duplicado.

Cuadro 2. Tratamientos empleados, para cada lote y número de semillas utilizadas, en el cuarto ensayo

| # de lote | Inmersión en agua a: | No. de semillas |
|-----------|----------------------|-----------------|
| 1 | Control | 15 semillas |
| 2 | 30° C por 5 minutos | 15 semillas |
| 3 | 30° C por 10 minutos | 15 semillas |
| 4 | 30° C por 15 minutos | 15 semillas |
| 5 | 60° C por 5 minutos | 15 semillas |
| 6 | 60° C por 10 minutos | 15 semillas |
| 7 | 60° C por 15 minutos | 15 semillas |
| 8 | 80° C por 5 minutos | 15 semillas |
| 9 | 80° C por 10 minutos | 15 semillas |
| 10 | 80° C por 15 minutos | 15 semillas |

Un quinto ensayo realizado fue tratar las semillas con una escarificación mecánica; para ello se utilizaron 50 semillas desinfectadas con hipoclorito de sodio al 15 % durante 15 minutos. La escarificación mecánica consistió en hacer a cada semilla una pequeña incisión en la unión de las valvas con ayuda de una aguja de disección para después colocarlas en un domo de plástico con papel embebido de agua.

En un sexto ensayo se separaron por grupos, los frutos y las semillas de acuerdo a la coloración que presentaban al colectarlas en campo (Cuadro 3), los frutos fueron escarificados y todas las semillas fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 15%; posteriormente se enjuagaron con agua purificada y se colocaron, por separado, en domos transparentes con papel embebido con agua.

Cuadro 3. Separación de frutos y semillas de acuerdo a la coloración que presentaban y número de semillas empleadas para el sexto ensayo germinativo de *Bursera cuneata*.

| | GRUPO | COLORACIÓN | No. SEMILLAS |
|---------|-------|----------------------|--------------|
| FRUTO | 1 | Verde | 25 |
| | 2 | Menos del 50% rojiza | 25 |
| | 3 | Más del 50% rojiza | 25 |
| SEMILLA | 4 | Claro | 25 |
| | 5 | Naranja | 21 |
| | 6 | Rojo | 15 |

En el séptimo ensayo se utilizaron únicamente semillas colectadas directo del árbol, se separaron de acuerdo a la coloración que presentaban y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 15 por ciento durante 15 minutos, se enjuagaron en agua purificada y se colocaron en domos transparentes con papel secante a imbibición en agua (Cuadro 4).

Cuadro 4. Separación de semillas de acuerdo a la coloración que presentaban y número de semillas empleadas para el séptimo ensayo germinativo de *Bursera cuneata*.

| GRUPO | COLORACIÓN | No. DE SEMILLAS |
|-------|------------|-----------------|
| 1 | Claros | 50 |
| 2 | Naranjas | 50 |



| | | |
|---|-------|----|
| 3 | Rojas | 50 |
|---|-------|----|

Todas las semillas, en los distintos ensayos, se situaron en una incubadora a 31° C y con un fotoperíodo de luz de 24 horas, se llevo a cabo el registro diario del número de semillas germinadas.

❖ *Desarrollo de plántulas en cámara de germinación*

Una vez iniciada la germinación se caracterizó morfológicamente a las plántulas midiendo a partir de su emergencia, cada tres días: longitud y diámetro de la radícula, largo y ancho del tallo, aparición de hojas, largo y ancho de las mismas y la altura total. Cada plántula fue asignada con un número para control de los datos.

❖ *Propagación por estaca*

Se preparó una solución con sustancias reguladoras para fomentar el crecimiento de raíz de los esquejes, para esto, en un matraz erlenmeyer con 50 ml de agua se diluyeron 5 gr. de ácido indol-3-butírico, 0.02 gr. de nitrofoska, 5 ml de vitaminas y 3 gr. de biopak F; las sustancias se obtuvieron del invernadero de producción masiva de árboles forestales de la empresa Agrícola Estrella.

Trabajo de vivero

Transcurridas tres semanas después de la germinación las plantas fueron llevadas a vivero para aclimatarlas. Después de tres días de aclimatación se trasplantaron a suelo en vasos de unicel sin fondo y se marcaron con el número correspondiente; dichos recipientes fueron colocados en camas de malla de alambre en la casa de sombra del vivero de la FES Iztacala y se regaron cada tercer día.

❖ *Desarrollo de plántulas*

El crecimiento de las plántulas en condiciones de vivero fue monitoreado durante seis meses, realizando mediciones dos veces por mes del diámetro y largo del tallo, así como el número de hojas, largo y ancho de las mismas, cobertura y la altura total de la planta.

❖ **Reproducción por estaca**

De las ramas colectadas en diferentes épocas del año y distintos estados fenológicos del árbol se seleccionaron un total de 150 estacas. Para los ensayos utilizados en la propagación vegetativa se emplearon 50 estacas como control. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estacas de *B. cuneata* empleadas para la reproducción vegetativa

| | Variantes | No. estacas | Largo | Diámetro |
|-------|-----------|-------------|----------|----------|
| F/SF | | 50 | 30-45 cm | 3-5 cm |
| LL/BF | Verdes | 30 | 10-15 cm | 1-2 cm |
| | Cafés | 30 | 15-30 cm | 3-5 cm |
| S/PF | | 40 | 20-40 cm | 3-5 cm |
| | Testigo | 50 | 30-40 cm | 3-5 cm |

F/SF: Época fría sin follaje

LL/BF: Época de lluvias con brote de follaje

S/PF: Época seca con presencia de follaje

A todos los esquejes se le realizó un corte en la parte basal, posteriormente se introdujeron en un matraz que contenía la solución de sustancias de crecimiento para después ubicarlas en recipientes con tierra. Los esquejes de la primera colecta se colocaron en recipientes pequeños llenos de tierra negra, las estacas de la segunda colecta se situaron en cajas enraizadoras con tierra de la zona de estudio y, por ultimo, las estacas de la tercer colecta se depositaron en bolsas de polietileno forestales con una mezcla 2:1 de tierra y agrolita.

Las estacas se mantuvieron en el invernadero de la FES-Iztacala a temperatura ambiente, regadas con abundante agua cada tercer día. Se revisaron cada cuatro semanas para evaluar el enraizamiento.

Análisis de datos

❖ **Propagación por semilla**

Se evaluó la capacidad y uniformidad germinativa, tiempo de germinación y el valor germinativo de Maguire de acuerdo a Camacho (1994). Las fórmulas empleadas para cada índice se observan en el cuadro 6 así como los componentes de cada fórmula



❖ *Desarrollo de plántulas en cámara de germinación*

Se ajustaron funciones para determinar el tipo de relación existente entre las variables tiempo (semanas en que se realizó el monitoreo hasta los seis meses de edad) y color de semillas para longitud de radícula, tiempo-color de semillas para altura de tallo y tiempo-color de semillas para altura total. Se utilizó el valor de R^2 para determinar si es o no adecuado el ajuste. Se realizaron gráficos de dispersión para los modelos obtenidos.

❖ *Desarrollo de plántulas en vivero.*

Con las mediciones de plántulas de *Bursera cuneata* monitoreadas durante seis meses se ajustaron funciones para determinar la relación existente entre las variables altura de tallo, cobertura, número de foliolos y altura total con respecto al tiempo. Además se realizó un ajuste de funciones para establecer la relación entre las variables número de foliolos y cobertura.

Asimismo se utilizó el valor de R^2 para determinar si es o no adecuado el ajuste, por ultimo, se realizaron gráficos de dispersión para los modelos obtenidos.

Cuadro 6. Fórmulas empleadas para la evaluación del comportamiento germinativo de *B. cuneata*.

| Índices | Fórmula | Componentes de la Fórmula |
|-----------|---------|---------------------------|
| CAPACIDAD | | CG= Capacidad Germinativa |

| | | |
|--|---|--|
| <p>GERMINATIVA</p> | $CG = (Ae \cdot 100) / M$ | <p>Ae= Germinación Acumulada M= Muestra evaluada</p> |
| <p>UNIFORMIDAD GERMINATIVA (Desviación Típica de los tiempos de germinación)</p> | $DTG = \sqrt{\frac{[SCG - (SPG \cdot SPG / SG)]}{(SG - 1)}}$ $SCG = \left(\sum_{i=1}^e P_i^2 \right) G_i$ $P_i = \frac{[T_i - (T_i - 1)]}{2}$ $SPG = \sum_{i=1}^e P_i$ $SG = \sum_{i=0}^e G_i$ | <p>DTG= Desviación Típica del Tiempo de Germinación SCG= Suma de los puntos Medios Cuadrados por germinaciones sencillas. SPG= Suma de los puntos Medios SG= Suma de las Germinaciones Sencillas ($G_1 + G_2 + \dots + G_e = Ae$) Pi= Punto Medio e= Número total de evaluaciones Ti= Tiempo transcurrido desde el establecimiento Gi= Germinación sencilla</p> |
| <p>TIEMPO DE GERMINACIÓN</p> | $TMG = \frac{SPG}{SG}$ | <p>TMG= Tiempo Medio de Germinación. SPG= Suma de los Puntos SG= Suma de Germinaciones Sencillas</p> |
| <p>CALIDAD GERMINATIVA (Índice de Maguire, 1962)</p> | $MG = \left(\frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \dots + \frac{G_i}{T_i} \right) \cdot \frac{100}{M}$ | <p>MG= Valor Germinativo. Gi= Germinación Sencilla. Ti= Tiempo transcurrido desde la siembra. M= Cantidad de semillas establecidas.</p> |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Información de herbario

Cada ejemplar de *Bursera cuneata* se anexó en una base de datos anotando herbario, estado, hábitat, altitud, colector, entre otras.

En los distintos herbarios se encontraron un total de 178 ejemplares de *Bursera cuneata*; en el herbario (IZTA) 2 ejemplares, en el (FAC) 32 ejemplares, en (MEXU) 75 y en (ENCB) se encontraron 69 ejemplares.

El mayor número de colectas realizadas fueron en Michoacán con 53 y Guerrero con 31, mientras que los estados donde hubo un menor número de colectas fueron en Puebla e Hidalgo, con dos ejemplares cada uno. Para el Valle de México se colectaron un total de 44 ejemplares, 21 en el Distrito Federal y 24 en el Estado de México (Cuadro 7).


Cuadro 7. Número de ejemplares de *Bursera cuneata* revisados por Herbario y por estado.

| | Distrito Federal | México | Guanajuato | Guerrero | Hidalgo | Michoacán | Morelos | Puebla | Total |
|----------------------------|------------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|------------|
| IZTA | | | 1 | | | | 1 | | 2 |
| FAC | 6 | | | 21 | | 2 | 3 | | 32 |
| MEXU | 11 | 9 | 11 | 6 | | 21 | 15 | 2 | 75 |
| ENCB | 4 | 14 | 5 | 4 | 2 | 30 | 10 | | 69 |
| Total de ejemplares | 21 | 23 | 17 | 31 | 2 | 53 | 29 | 2 | 178 |

B. cuneata es endémica de la parte centro-sur de México encontrándose de manera restringida en los estados de Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, México y Distrito Federal (Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992; Toledo, 1982) (Figura 3). Es posible su existencia en Querétaro (Rzedowski *et al.*, 1992; Rzedowski *et al.*, 2005) sin embargo no se ha colectado de acuerdo con el material revisado. La especie se ha colectado entre los 450 y los 2800 msnm se le conoce como “copal” o “copalillo”.



Figura 3. Distribución geográfica de *Bursera cuneata* en México



Con ayuda de los ejemplares revisados en los distintos herbarios se constató la presencia de la especie en el bosque de Tlalpan, cerro del Peñón viejo, cerro Chiquihuite, Ticomán y Zacatenco todos ellos en el Distrito Federal, además se revisó la colecta de especie en los municipios de Chiautla, Ecatepec, Texcoco y Tlanepantla, Estado de México, a una altitud que va de los 2200 a los 2800 msnm. Con estos datos se puede decir que *Bursera cuneata* esta bien distribuida en el Valle sin embargo la mayoría de los ejemplares revisados fueron colectados entre los años de 1960 y 1990, inclusive existen ejemplares que datan de 1864, 1909, 1912 y 1938. En el Valle de México se reporta su presencia para el Pedregal de San Ángel y la Sierra de Guadalupe (Bernal, 1999; Reiche, 1977).

En algunos estados los árboles de esta especie tienen distintas utilidades: su madera se utiliza para realizar artesanías (Michoacán), cubos para pulque (México), medicinal (Michoacán), inclusive tiene uso ornamental (Distrito Federal), su aromática resina se emplea como incienso (Michoacán), además los troncos y las ramas se cortan para consumirse en forma de leña o en combustible, como se corrobora con la información de Rzedowski *et al.*, (1992) y www.semarnat.gob.mx.

Trabajo de campo

❖ *Descripción del hábitat*

La zona de estudio está situada en el Cerro Petlecatl que pertenece a la localidad San Isidro Ixhuatepec, municipio de Tlalnepantla, entre los paralelos 19° 32' 0" y 19° 32' 21" de latitud Norte, 99° 06' 22" y 99° 06' 32" longitud Oeste, a una altura de 2 300 a 2 500 msnm y una pendiente que va de los 15 a los 28°. El suelo es pedregoso con poco espesor de tierra, además presenta afloramientos rocosos.

La composición florística de la zona estuvo integrada por 25 familias, 51 géneros y 57 especies de angiospermas. La familia mejor representada fue Gramineae con ocho géneros y nueve especies seguida por la familia Compositae con ocho géneros y ocho especies, Leguminosae, con seis géneros y siete especies (Figura 4). Se registró un número considerable de familias, géneros y especies en la zona de estudio, sin embargo no se han tenido reportes o investigaciones en cuanto a la flora del cerro Petlecatl, el trabajo encontrado se ha realizado para toda la Sierra de Guadalupe.

Bernal (1999) en su trabajo titulado "Guía ilustrada de la Sierra de Guadalupe" obtuvo que las familias mejor representadas fueron Graminea con 32 géneros y 52 especies, Compositae con 51 géneros y 112 especies y Leguminosae con 23 géneros y 52 especies.

En el cuadro 8 se observan las especies encontradas, la familia a la que pertenecen, la forma biológica y el nombre común que se le da a cada una.

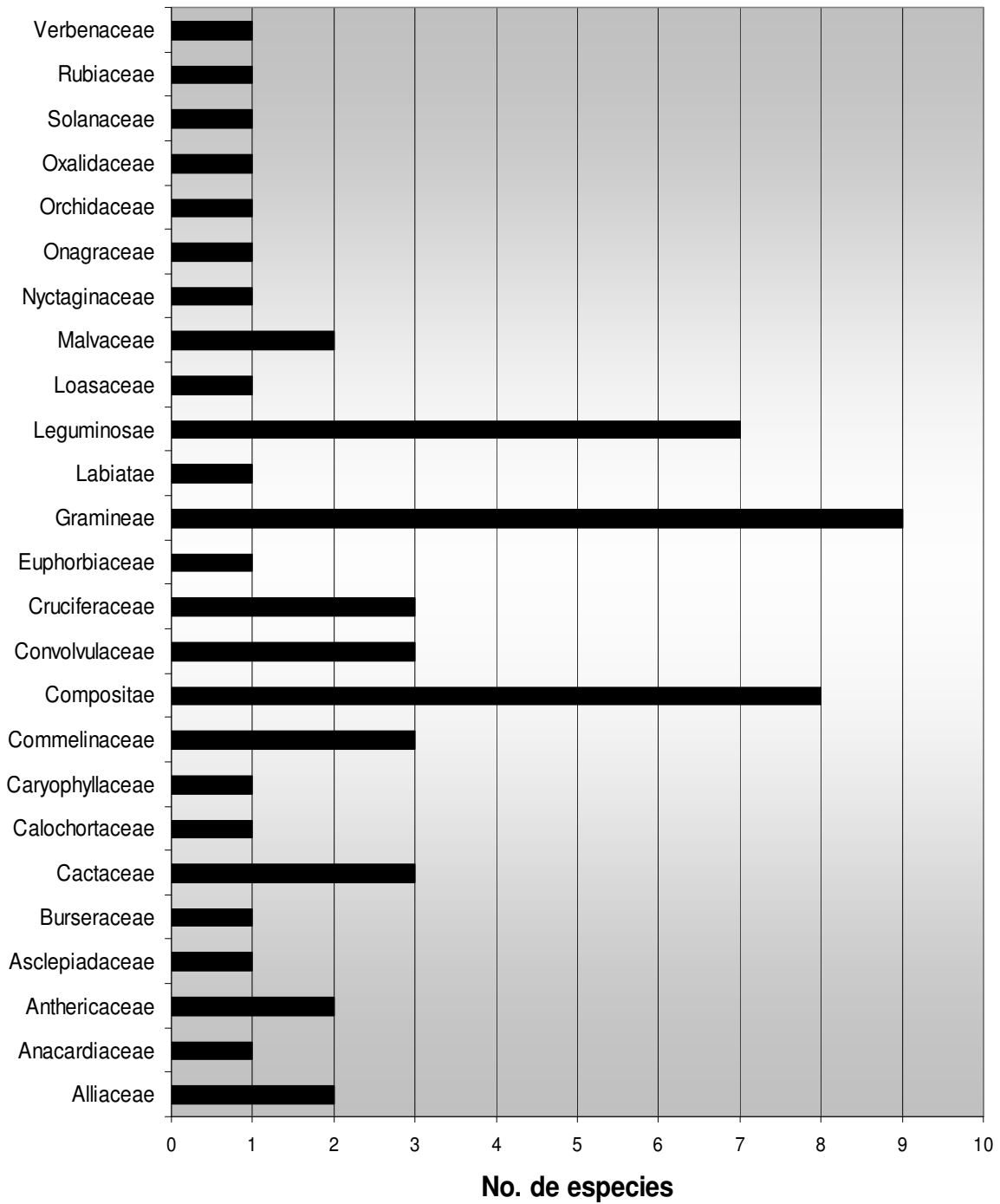


Figura 4. Número de especies por familia encontradas en el Cerro Petlecatl

Cuadro 8. Composición florística del Cerro Petlecatl, San Isidro Ixhuatepec, Tlalnepantla

| Espece | Nombre común | Forma biológica |
|--|------------------------|-----------------|
| Alliaceae | | |
| <i>Allium glandulosum</i> Link & Otto | --- | Herbácea |
| <i>Milla biflora</i> Cav. | Estrella de San Juan | Herbácea |
| Anacardiaceae | | |
| <i>Schinus molle</i> L. | Pirúl | Árbol |
| Anthericaceae | | |
| <i>Echeandia flavescens</i> (Schult. & Schult. F.) | --- | Herbácea |
| <i>Echeandia mexicana</i> Cruden. | --- | Herbácea |
| Asclepiadaceae | | |
| <i>Asclepias linaria</i> Cav. | Romerillo | Herbácea |
| Burseraceae | | |
| <i>Bursera cuneata</i> (Schlecht.) Engl. | Copál | Árbol |
| Cactaceae | | |
| <i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) Knuth. | Cardón | Herbácea |
| <i>Opuntia sarca</i> Griff. | Nopal | Herbácea |
| <i>Mammillaria magnimamma</i> Haw. | Biznaguita de chillito | Herbácea |
| Calochortaceae | | |
| <i>Calochortus barbatus</i> (H.B.K.) Painter | Ayatito | Herbácea |
| Caryophyllaceae | | |
| <i>Stellaria cuspidata</i> Willd. | --- | Herbácea |
| Commelinaceae | | |
| <i>Commelina difusa</i> Burm. | Hierba de pollo | Herbácea |
| <i>Commelina dianthifolia</i> DC. | Quesadilla | Herbácea |
| <i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlecht. | --- | Herbácea |
| Compositae | | |
| <i>Bidens odorata</i> Cav. | Té de milpa blanco | Herbácea |
| <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. | Amapola | Herbácea |
| <i>Dahlia coccinea</i> Cav. | --- | Herbácea |
| <i>Eupatorium enixum</i> Rob. | --- | Herbácea |

Continuación cuadro 8

| | | |
|--|----------------|----------|
| Compositae | Ojo de gallo | Herbácea |
| <i>Sanvitalia procumbens</i> Lam. | | |
| <i>Schkuhria schkuhrioides</i> (Link & Otto) | --- | Herbácea |
| Thellung. | | |
| <i>Tagetes lucida</i> H.B.K. | Pericón | Herbácea |
| <i>Zinnia peruviana</i> (L.) L. | Mal de ojo | Herbácea |
| Convolvulaceae | | |
| <i>Ipomoea emetica</i> Choisy. | --- | Herbácea |
| <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth. | Campanilla | Herbácea |
| <i>Ipomoea stans</i> Cav. | Manto | Herbácea |
| Cruciferaeae | | |
| <i>Brassica rapa</i> L. | Pata de cuervo | Herbácea |
| <i>Eruca sativa</i> Mill. | Jaramao | Herbácea |
| <i>Sisymbrium irio</i> L. | --- | Herbácea |
| Euphorbiaceae | | |
| <i>Euphorbia dentata</i> Michx. | --- | Herbácea |
| Gramineae | | |
| <i>Aegopogon tenellus</i> (DC.) Trin. | --- | Herbácea |
| <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. | --- | Herbácea |
| <i>Bouteloua repens</i> (H.B.K.) Scribn. & Merr. | --- | Herbácea |
| <i>Buchloë dactyloides</i> (Nutt.) Engelm. | Zacate chino | Herbácea |
| <i>Chloris virgata</i> Sw. | Barba de chivo | Herbácea |
| <i>Muhlenbergia rigida</i> (H.B.K.) Kunth. | Zacatón | Herbácea |
| <i>Paspalum convexum</i> H.B.K. | --- | Herbácea |
| <i>Pennisetum villosum</i> R. Br. | --- | Herbácea |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen | Zacate sedoso | Herbácea |
| Labiatae | | |
| <i>Salvia polystachia</i> Ort. | Romerillo | Herbácea |
| Leguminosae | | |
| <i>Acacia schaffneri</i> (S. Watts.) Hermann | Huizache | Arbusto |

Continuación cuadro 8

| | | |
|--|-------------|----------|
| Leguminosae | | |
| <i>Cologania obovata</i> Schlecht. | --- | Herbácea |
| <i>Dalea sp.</i> | --- | Arbusto |
| <i>Phaseolus pluriflorus</i> Marechal & al. | --- | Herbácea |
| <i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M.C. Johnst | Mezquite | Arbusto |
| <i>Trifolium goniocarpum</i> Lojac. | --- | Herbácea |
| <i>Trifolium mexicanum</i> Hesl. | --- | Herbácea |
| Loasaceae | | |
| <i>Mentzelia hispida</i> Willd. | Pegarropa | Herbácea |
| Malvaceae | | |
| <i>Anoda crenatiflora</i> Ort. | Amapolita | Herbácea |
| <i>Malva sylvestris</i> L. | --- | Herbácea |
| Nyctaginaceae | | |
| <i>Mirabilis longiflora</i> L. | Maravilla | Herbácea |
| Onagraceae | | |
| <i>Lopezia racemosa</i> Cav. | Perilla | Herbácea |
| Orchidaceae | | |
| <i>Spirantes cinnabarina</i> (Lex.) Hemsl. | --- | Herbácea |
| Oxalidaceae | | |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | Agritos | Herbácea |
| Rubiaceae | | |
| <i>Bouvardia terniflora</i> (Cav.) Schlecht. | Trompetilla | Herbácea |
| Solanaceae | | |
| <i>Physalis nicandroides</i> Schlecht. | --- | Herbácea |
| Verbenaceae | | |
| <i>Verbena amoena</i> Pastón. | --- | Herbácea |

Las herbáceas fueron la forma biológica que predominó en el área de estudio mientras que solo se encontraron dos especies de árboles y dos de arbustos (Figura 5).

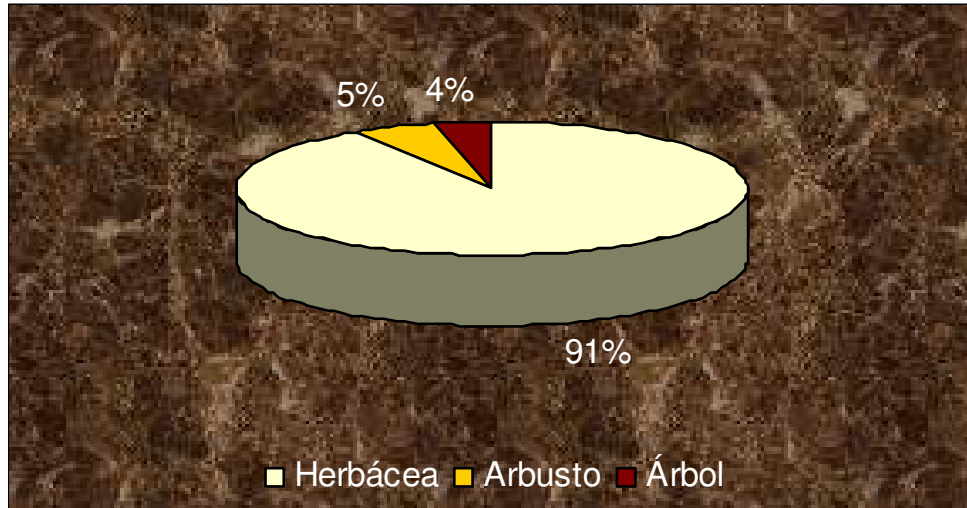


Figura 5. Porcentaje de las formas biológicas encontradas en el cerro Petlecatl

Muchas de las especies están ampliamente distribuidas en el Valle de México, tal es el caso de *Echeandia flavescens*, *Milla biflora*, *Schinus molle* y *Cosmos bipinnatus*, la mayoría de ellas son malezas ruderales y arvenses, como *Cosmos bipinnatus*, *Sanvitalia procumbens*, *Tagetes lucida* y *Brassica rapa* por citar algunos.

El tipo de vegetación presente en el lugar donde habita *Bursera cuneata* en el Cerro Petlecatl de la Sierra de Guadalupe comprende a pastizal, debido a que en este tipo de vegetación las gramíneas son el elemento vegetal que predominan (Bernal, 1999; Calderón *et al.*, 2001) y donde a menudo conviven en esta comunidad árboles espaciados de pirúl (*Schinus molle*) y algunos arbustos propios de matorral xerófilo (Calderón *et al.*, 2001) como *Acacia schaffneri* y *Prosopis laevigata* encontradas en este estudio.

Se ha reportado que *Bursera cuneata* es componente del bosque tropical caducifolio (Rzedowski *et al.*, 1992) y de matorral xerófilo teniendo como peculiaridad el encontrarse preferentemente en suelos someros de cerros con laderas de gran

pendiente (Rzedowski *et al.*, 1979; Toledo, 1982) y corriente de lava basáltica (Calderón *et al.*, 2001), sin embargo en este estudio se constató la presencia de la especie en pastizal, algo inédito porque nadie lo ha reportado con anterioridad.

Desgraciadamente el pastizal es una de las comunidades más perturbadas (Contreras, 1999). Particularmente, el cerro Petlecatl está sufriendo una afectación en el hábitat ocasionada, en primer lugar, por los asentamientos humanos que existen en la zona incitado por la aceleración demográfica en la que se ha visto envuelto el Valle, además durante la realización de este trabajo se observó la expansión de un complejo habitacional, como “Lomas Lindavista El Copal”, que cuenta con un club de golf, lo que ha provocado que se hayan derribado individuos de *B. cuneata* que se encuentran cerca de dicha construcción, incluso hubo un árbol que murió de pie debido a que las personas que realizaban la construcción preparaban cerca de él su mezcla.

A pesar de que la zona esta rodeada por una barda en la parte donde se encuentran los asentamientos urbanos, existe facilidad para entrar y salir ya que existen senderos que comunica la colonia San Isidro Ixhuatepec con la colonia San Lázaro, además cerca de ahí se localiza una escuela preparatoria. Debido a esto, otra problemática apreciada en la zona fueron los incendios inducidos por la gente que pasa a menudo por el lugar, muchas veces realizados por maldad, en una salida se observó toda la zona de estudio en ceniza, no había prácticamente nada de vegetación solo los individuos de *B. cuneata*, muchos de ellos dañados en la parte del tronco. Asimismo se observó la gran cantidad de basura depositada en el lugar por los mismos vecinos.

Otra cuestión observada en la zona es el cultivo de nopales y maizales presentes en buena parte del terreno para venta y consumo personal lo que ocasiona la reducción del hábitat de *B. cuneata*.

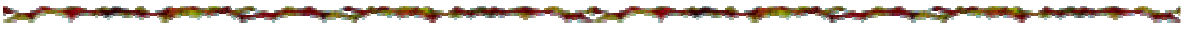
La especie en estudio es un componente importante de la vegetación del Cerro Petlecatl no importando el grado de perturbación presente en el sitio, tomando en cuenta que las especies del género *Bursera* no se presentan o son poco frecuentes en sitios perturbados (Rzedowski *et al.*, 1979).

❖ *Distribución espacial*

En la ladera sur del Cerro Petlecatl se encontraron un total de 98 árboles de *Bursera cuneata* (Figura 6) distribuidos de manera dispersa a una altitud que va de los 2 368 a los 2 590 msnm., la mayor concentración de árboles se encontraron entre los 2 400 y 2 500 msnm



Figura 6. Distribución espacial de los individuos de *B. cuneata* en el cerro Petlecatl, San Isidro Ixhuatepec en Tlanepantla.



En la figura 6 se puede observar la problemática que sufre el hábitat de *Bursera cuneata* debido a la aceleración demográfica. A pesar del disturbio presente la población se mantiene estable tomando en cuenta que la especie disminuye su frecuencia en sitios alterados (Rzedowski *et al.*, 1979; Toledo, 1982). A excepción de un ejemplar joven, todos los individuos encontrados son adultos, además de que no se observó reclutamiento alguno por parte de los padres.

En los alrededores del Cerro Petlecatl no se encontró otra población de *Bursera cuneata*, la población mas cercana se encuentra en la reserva del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria.

El flujo génico es un componente importante de la estructura poblacional ya que determina hasta que grado una población local de una especie es una entidad evolutiva independiente. Si hay mucho flujo génico las poblaciones evolucionan conjuntamente y si hay poco, cada población evoluciona de manera independiente (Valle, 1996). Para *B. cuneata* existe un patrón de aislamiento por distancia, ya que las poblaciones que presentan identidades genéticas más altas son las poblaciones que se encuentran más cercanas entre si en lo que a distancia geográfica se refiere (Valle, 1996). Algunas poblaciones de *Bursera* presentan aislamiento y diferenciación de especies (Kohlmann *et al.*, 1984).

Debido a lo anterior se piensa que la población de *B. cuneata* en el Cerro Petlecatl evolucionó de manera independiente y se puede constatar por las variables medidas, tales como altura, cobertura y diámetro a la altura del pecho. La altura de los individuos en esta localidad se encuentra entre dos y nueve metros; de los 98 individuos hallados 26 de ellos miden entre cinco y seis metros, 22 miden de cuatro a cinco metros y 21 individuos miden entre seis y siete metros de altura (Cuadro 9). En cuanto a la cobertura, esta se encuentra entre dos punto ocho y los 12 metros; de los 98 individuos 19 presentan un cobertura de seis a siete metros, 14 de cinco a seis metros y diez individuos presentan una cobertura de siete a ocho metros (Cuadro 10).

Cuadro 9 Número de individuos de *Bursera cuneata* por clase de altura

| Clase | Individuos |
|---------|------------|
| 2-3 m | 1 |
| 3.1-4 m | 5 |
| 4.1-5 m | 22 |
| 5.1-6 m | 26 |
| 6.1-7 m | 21 |
| 7.1-8 m | 17 |
| 8.1-9 m | 6 |

Cuadro 10 Número de individuos de *Bursera cuneata* por clase de cobertura

| Clase | Individuos |
|-----------|------------|
| 2-3 m | 3 |
| 3.1-4 m | 4 |
| 4.1-5 m | 14 |
| 5.1-6 m | 14 |
| 6.1-7 m | 19 |
| 7.1-8 m | 10 |
| 8.1-9 m | 18 |
| 9.1-10 m | 6 |
| 10.1-11 m | 7 |
| 11.1-12 m | 3 |

Por bibliografía y después de haber revisado los ejemplares en los distintos herbarios, los árboles de esta especie miden entre tres y ocho metros, llegando a medir en Michoacán hasta 10 m (Rzedowski, 1992). En cuanto a la cobertura de estos no se encontró reporte alguno.

Con referente al diámetro a la altura del pecho, los individuos de este estudio presentaron un DAP de entre 20 a 74 cm. De los individuos hallados 40 mostraron un diámetro de 41 a 50 cm, 39 midieron de 51 a 60 cm y 11 midieron de 61 a 70 cm (Cuadro 11).

Cuadro 11. Número de individuos de *Bursera cuneata* por clase de DAP

| Clase | Individuos |
|---------|------------|
| 20-30cm | 1 |
| 31-40cm | 6 |
| 41-50cm | 40 |
| 51-60cm | 39 |
| 61-70cm | 11 |
| 70-80cm | 1 |

El DAP reportado para esta especie es de hasta 40 cm (Rzedowski *et al.*, 1992) de manera que los individuos en el Cerro Petlecatl presentan un diámetro en el tronco mucho mayor (entre 50 a 70 cm). Otra característica peculiar que presentaron los árboles en la zona de estudio y por la cual se piensa que esta población evolucionó de manera independiente, es la coloración de la corteza externa; Rzedowski *et al.*, (1992) mencionó que presentan corteza de gris a roja, los árboles de esta zona presentan corteza de color rosa.



















❖ *Fenología*

Las salidas al campo se realizaron dos veces cada mes durante dos años, y dentro de este tiempo se apreciaron los distintos estados fenológicos en los que se encontraban los individuos de *Bursera cuneata*.

B. cuneata florece entre los meses de abril a julio, permaneciendo con follaje de abril a noviembre, mientras que los frutos aparecen entre los meses de agosto hasta diciembre, las semillas toman una coloración, en el pseudoarilo, de un rojo intenso en los meses de octubre a diciembre (Cuadro 12).

El cuadro 12 es importante para el área ya que permite saber con exactitud los distintos estados fenológicos en los que se encuentran los árboles en general y en esta zona en particular, de esta manera se puede realizar un plan de manejo y realizar colectas de ejemplares para herbario con flor y fruto. Debido al poco conocimiento de los componentes de *Bursera*, el arreglo taxonómico propuesto descansa fuertemente en la morfología de las hojas ya que en muchos casos se carece de buenas características de flores y frutos para separar las especies (Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005). Además de esto se conoce el momento idóneo para la colecta de semillas y efectuar su propagación.

Cuadro 12. Estado fenológico de los individuos de *B. cuneata*

| | ene | feb | mzo | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
|--------------|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Flor | - | - | - |  |  |  |  | - | - | - | - | - |
| Fruto | - | - | - | - | - | - |  |  |  |  |  |  |
| Hoja | - | - | - |  |  |  |  |  |  |  |  | - |

Trabajo de laboratorio

❖ *Peso de frutos y semillas*

Los frutos son drupas, de color verde con vino, bivalvados, ovoide (Figura 7A). y dehiscentes al madurar, miden de 0.75 a 1 cm de largo y de 0.62 a 0.96 cm de ancho, tienen un peso de 2.92 a 4.96 g, las drupas tienen una sola semilla. Los frutos presentan una resina transparente de olor agradable pero sumamente pegajosa, lo que hace complicada la escarificación.

El término dehiscente hace referencia a que los frutos al madurar separan su doble valva dejando expuesta a la semilla (Montaño, 2003). El fruto bivalvado se deriva de un ovario trilobular donde uno de los lóbulos aborta (Bullock, 1936; Mc Vaugh, 1965).

De manera general el pericarpo de un fruto, en este caso una drupa se compone de tres capas: un exocarpo carnoso, mesocarpo y un endocarpo óseo y conforme madura el fruto es desplazado por una estructura que asume el papel de un pseudoarilo de color llamativo que comúnmente es una variante de anaranjado a rojo. En el interior del endocarpo existen tres lóculos y solo uno de ellos se desarrolla. En este se encuentra de una y a menudo dos semillas (Becerril, 2003; Montaño, 2003).

Bursera cuneata es una especie dioica (Calderón *et al.*, 2001; Rzedowski *et al.*, 1992) y los individuos de esta especie se cruzan entre sí (Valle, 1996). El entrecruzamiento se da con ayuda de insectos del orden Hymenoptera particularmente abejas.

Las semillas tienen una forma de corazón, miden de 0.47 a 0.71 cm de largo y de 0.4 a 0.65 cm de ancho, tienen un peso de 0.046 a 0.093g; en estado inmaduro son claras mientras que al madurar el pseudoarilo es de color rojo intenso y la parte descubierta es de color negro (Figura 7B).

El pseudoarilo presente en semillas de esta especie es del tipo que cubre el endocarpo por todas partes salvo un punto o una pequeña área en la parte terminal de este (Montaño, 2003). El pseudoarilo parece constituir una adaptación a la dispersión de las semillas a través de aves (Trainer *et al.*, 1984; Vereá *et al.*, 2001).

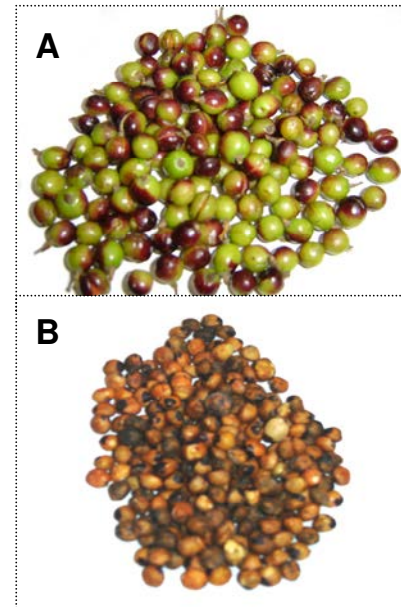


Figura 7. Frutos (A) y semillas (B) de *B. cuneata*.

El pseudoarilo, desde el punto de vista taxonómico, es importante ya que por medio de este se han diferenciando grupos de especies con base en la cobertura de éste a la semilla y puede utilizarse para diferenciar otros grupos o establecer relaciones de parentesco entre especies (Becerril, 2003).

De manera general hay dos semillas por lóculo en etapas inmaduras del fruto, posteriormente tres semillas detienen su crecimiento y una de ellas se desarrolla hasta la madurez, además la semilla o endocarpo está conformado por cuatro capas (Becerril, 2003; Montaña, 2004).

Los resultados obtenidos en cuanto a peso y talla tanto de frutos como de semillas de *Bursera cuneata* permitieron observar que en tamaño y en peso ambos presentan datos muy pequeños, sin embargo al tomar solo promedios de las medidas obtenidas, se enmascaró la gran variación en peso y talla que las semillas y los frutos presentan en forma natural (Rubio, 2006). Además se notó un menor tamaño y peso de las semillas en comparación con los frutos, esta diferencia tan marcada se debe a las sustancias alimenticias y resina presentes entre el mesocarpo y el endocarpo (Becerril, 2003; Montaña, 2004).

❖ *Propagación por semilla*

En el primer ensayo donde no se realizó tratamiento alguno, de las 56 semillas que se establecieron, solo una germinó, el resto fueron infectadas por hongos. El tiempo de germinación de esta semilla fue de 29 días, tuvo una capacidad germinativa de 1.70 %, mientras que el valor germinativo de Maguire fue de 0.057.

Para el segundo ensayo que consistió en depositar las semillas en agua para hidratarlas, no se obtuvo resultado alguno después de haber sido monitoreadas en la cámara germinadora durante mes y medio.

En el tercer ensayo donde se efectuaron inmersiones en agua a diferente temperatura y por distinto tiempo y en ácido sulfúrico a diferente tiempo, germinaron dos semillas del tratamiento en inmersión en agua a 30° C por diez minutos presentando una capacidad germinativa de 8%, un tiempo de germinación de 25 días y un valor germinativo de 0.296. Además, germinó una semilla en inmersión en agua a 30° C durante 15 minutos, su capacidad germinativa fue de 4 %, el tiempo de germinación fue de 29 días presentando un valor de Maguire de 0.129. Después de monitorearlas durante mes y tres semanas, las semillas restantes de los distintos tratamientos no germinaron.

Para el cuarto ensayo donde solo se efectuaron inmersiones en agua a diferente temperatura y por distinto tiempo germinaron dos semillas del tratamiento en inmersión en agua a 30° C durante diez minutos, estas presentaron una capacidad germinativa de 13.33%, un tiempo de germinación de 23 días, la uniformidad germinativa fue de 2.82 días mientras que el valor germinativo de Maguire fue de 0.533. Las semillas restantes no germinaron después de haber sido monitoreadas durante mes y tres semanas.

En el quinto ensayo, donde se realizó una pequeña incisión en la unión de las valvas, no germinó ninguna de las 50 semillas empleadas, en este ensayo se monitorearon durante mes y medio.

La propagación por semilla fue sumamente complicada debido a que se utilizaron frutos inmaduros, no se contaba con el material vegetal suficiente para efectuar más pruebas. Las semillas de *Bursera cuneata* esta relacionada con la madurez de esta.

Se observó que para los primeros cinco ensayos la capacidad germinativa fue nula y en algunos casos, donde hubo germinación, la capacidad fue muy baja mientras que el tiempo de germinación fue elevado. En estos ensayos se utilizaron frutos que presentaban una coloración verde en la totalidad de este, así como frutos que presentaban una pequeña mancha vino en una parte del mismo.

Para los últimos dos ensayos se emplearon semillas colectadas directamente del árbol y que presentaban cierta coloración lo que presumía que presentaban algún grado de madurez, en estos, la capacidad germinativa aumentó considerablemente y el tiempo de germinación en algunos casos fue mucho menor en comparación con los ensayos anteriores.

En el sexto ensayo germinaron únicamente las semillas separadas por coloración. Las semillas que presentaron una tonalidad roja en el pseudoarilo mostraron un mayor porcentaje (Figura 8) en comparación con las semillas naranjas y las claras, además de que la calidad de germinación fue mejor en estas y el tiempo de germinación fue mucho menor (Cuadro 13).

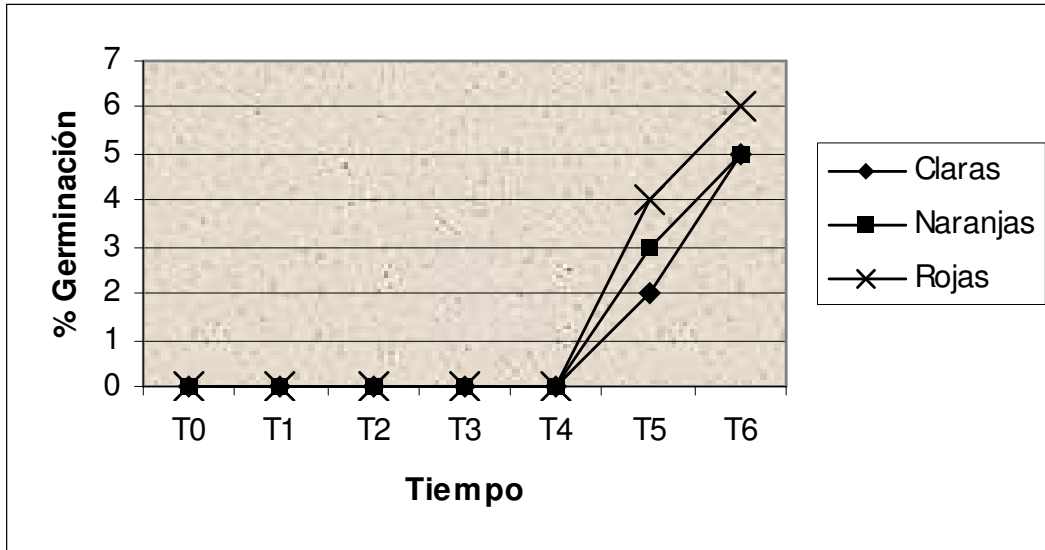


Figura 8. Porcentaje de germinación acumulada a diferentes tiempos de semillas de *Bursera cuneata*.

Cuadro 13. Índices de germinación de semillas de *B. cuneata* para el ensayo seis

| | Claras | Naranjas | Rojas |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Capacidad germinativa | 20% | 23,80% | 37,50% |
| Tiempo de germinación | 23,4 días | 21,8 días | 20,3 días |
| Uniformidad germinativa | 2,19 días | 1,78 días | 3,01 días |
| Índice de Maguire | 0,792 | 1 | 1,7 |

Para el séptimo ensayo se observó un mayor número de semillas germinadas. En este ensayo, la curva de germinación muestra un mayor porcentaje para las semillas que presentaron una coloración roja (Figura 9). De acuerdo a los índices realizados las semillas rojas presentaron una mejor calidad en cuanto a comportamiento germinativo (Cuadro 14) Esto último se evidencia porque posee un tiempo medio de germinación menor, la uniformidad resultó ser menor y el valor germinativo de Maguire fue mucho mayor en comparación con las semillas claras y naranjas.

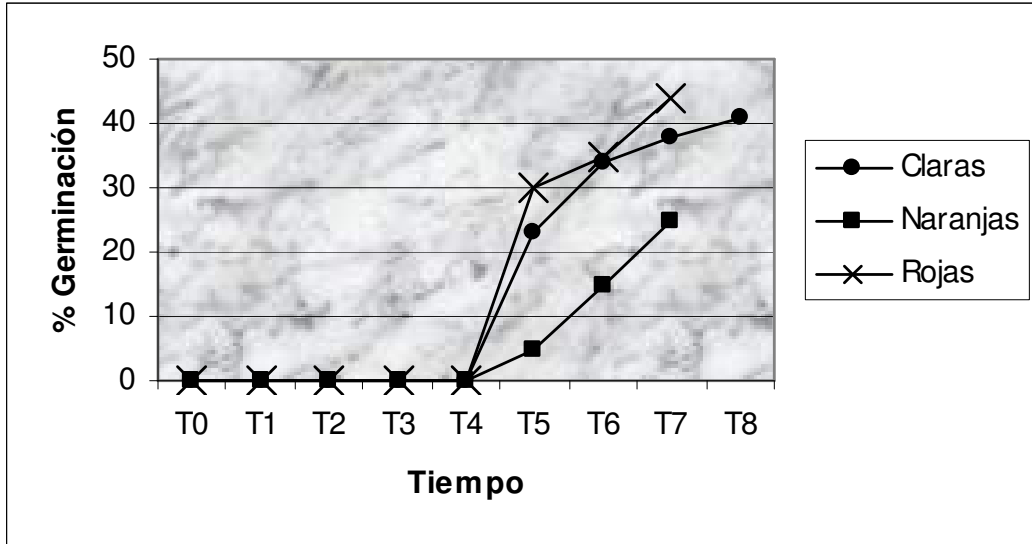



Figura 9. Porcentaje de germinación acumulada a diferentes tiempos de semillas de *Bursera cuneata*

Las semillas que presentaban una coloración en el pseudoarilo germinaron a los 23 días (T5) después de haber sido establecidas. Las semillas rojas y naranjas lograron su máximo porcentaje (88 y 50% respectivamente) a los 31 días (T7) después de haber sido establecidas mientras que para las semillas claras el máximo porcentaje de germinación lo obtuvo a los 35 días (T8) después de ser establecidas.

Cuadro 14. Índices de germinación de semillas de *B. cuneata* para el ensayo siete

| | Claras | Naranjas | Rojas |
|-------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| Capacidad germinativa | 82% | 50% | 88% |
| Tiempo de germinación | 23,73 días | 25,8 días | 22,72 días |
| Uniformidad germinativa | 3,73 días | 3,05 días | 2,78 días |
| Índice de Maguire | 3,2 | 1,8 | 3,58 |



En este estudio se emplearon un total de 975 semillas en los diferentes ensayos y con sus respectivos tratamientos conocer el comportamiento germinativo de la especie. El modo de germinación de las semillas de *Bursera cuneata* es faneroépigea, es decir, la semilla se desarrolla sobre la superficie del suelo (Andrés, 1997; Andrés, *et al.*, 2002).

Durante la propagación por semilla se realizaron distintos tratamientos para conocer el comportamiento germinativo de *Bursera cuneata*, además, estos se efectuaron conforme se colectaron los frutos y las semillas en campo durante la época de fructificación y en vista de los resultados observados.

Una característica peculiar de los árboles del género *Bursera* es que secretan una resina conformada por terpenos principalmente a través de canales, en algunos casos con el objetivo de defenderse de insectos, hongos y bacterias patógenas (Evans *et al.*, 2006; Becerra *et al.*, 1999; Becerra *et al.*, 2001), estos canales resiníferos están presentes en los frutos de *Bursera* además de otras sustancias como almidones (Becerril, 2003; Montaña, 2004). Debido a lo anterior, la escarificación de los frutos fue sumamente complicada debido a la resina adherente que impedía el libre trabajo.

Otro problema apreciado en este estudio fue la invasión de la semilla por hongos debido a la resina que persistía en la parte dura de estas. En todos los ensayos los hongos atacaban al tercer día de haber sido establecidas en la cámara germinadora, para erradicar esto las semillas se desinfectaron sumergiéndolas durante un brevísimo tiempo en hipoclorito de sodio al diez por ciento cada vez que eran afectadas por el hongo.

El objetivo de los tratamientos fue para modificar las cubiertas duras e impermeables de las semillas de *Bursera cuneata* y remover los inhibidores, con el propósito de elevar la capacidad germinativa y reducir el tiempo de germinación.

Cabe señalar que los frutos y las semillas con las que se realizaron los primeros seis ensayos no estaban lo suficientemente maduras para la germinación en comparación con las utilizadas en los últimos dos ensayos, las cuales se recolectaron con el pseudoarilo expuesto.

El porcentaje de germinación es generalmente bajo para todas las especies de *Bursera* y solo se alcanzan condiciones adecuadas en un intervalo no menor de 25° C a 35° C, mediante tratamiento pregerminativo de escarificación mecánica haciendo una pequeña incisión en la unión de las valvas (Andrés, 1997; Andrés *et al.*, 2002), sin embargo en este estudio no se obtuvo resultado alguno con los

tratamientos pregerminativos mencionados ni al colocar las semillas en una cámara germinadora a una temperatura de 30° C y con un fotoperiodo de luz por 24 horas.

Andrés *et al.*, (2002) obtuvieron que dos especies de la sección *Bullockia* presentaron un porcentaje de germinación alto (38 y 28%); Montes (2006) en su trabajo obtuvo un 11.7 % de germinación

En comparación con este estudio el porcentaje de germinación más alto fue para semillas con coloración roja en el pseudoarilo (88%), además de que el comportamiento y la calidad germinativa fueron mucho mejores para estas semillas. El porcentaje de germinación se eleva considerablemente cuando se seleccionan semillas que presentan frutos con valvas abiertas y pseudoarilo expuesto.

La coloración roja presente en semillas de *B. cuneata* indican la madurez de estas, por lo que el éxito de la germinación de las semillas de *Bursera* depende fundamentalmente de su estado de madurez. El color del pseudoarilo puede ser un indicativo de la viabilidad, mientras sea más pronunciado desde naranja a rojo presenta un porcentaje de germinación mayor, sin embargo las semillas de *B. cuneata* que presentaron una coloración naranja en el pseudoarilo tuvieron un porcentaje menor tal vez causado a que el embrión se encontraba poco desarrollado (Andrés, 1997).

La germinación de semillas de *B. cuneata* es difícil de lograrse debido, tal vez, a que las semillas se encontraban sin embrión (Johnson, 1992) o sencillamente porque el embrión no terminó por desarrollarse y abortó.

Un factor que influye en la baja capacidad germinativa mencionado por Andrés (1997) fue la época de recolecta inadecuada, por lo que es importante el conocer el momento idóneo de colecta de frutos maduros y esto se hace con cuadros fenológicos, en este caso se recomienda coleccionar entre los meses de Noviembre y Diciembre, tiempo que los pseudoarilos están expuestos con colores que van de naranja a rojo.

Desgraciadamente los trabajos de Andrés (1997) y Andrés *et al.* (2002) han sido los únicos en los que se ha tocado el tema de tratamientos pregerminativos por lo que este estudio es una contribución amplia para conocer un poco más acerca de este rubro con la finalidad de conservación ya que se ha abordado mucho en el tema taxonómico y morfológico principalmente de las especies del género *Bursera*.

❖ *Desarrollo de plántulas en cámara de germinación*

Con base a los resultados obtenidos con las semillas que presentaban una coloración de claro a rojo en el pseudoarilo (séptimo ensayo), se realizó el ajuste de funciones para describir el tipo de relación existente entre la longitud y ancho de la radícula con respecto al tiempo transcurrido después de la germinación, mostrando un modelo de regresión polinomial de primer orden (lineales).

De acuerdo a los valores que arroja el coeficiente de determinación (R^2) el ajuste realizado para las semillas con las coloraciones presentes para la longitud de raíz es bueno (Fig 10). Las semillas claras, naranjas y rojas alcanzaron la máxima longitud de la radícula a los 21 días después de haber sido germinadas.

Sin embargo los valores mostrados a través del coeficiente R^2 para la relación tiempo-color de semillas para longitud de raíz indican que el ajuste empleado no es bueno. Para las semillas claras se observó un decremento en el ancho de raíz ($b_2= 0.0004$) (Figura 11).

Pasado un día después de haber sido germinadas las semillas, emergieron tanto el tallo como las hojas cotiledonares por lo que se efectuaron ajustes de funciones para describir la relación tiempo-color de semillas para altura de tallo y tiempo-color de semillas para altura total en cámara germinadora.

Los resultados mostraron un modelo de regresión polinomial de primer orden para largo y ancho de tallo con respecto al tiempo en comparación entre las tonalidades presentes en el pseudoarilo. Las semillas de coloración clara mostraron un mejor ajuste de modelo de acuerdo al coeficiente de determinación ($R^2=0.862$) (Figura 12). Las semillas claras y rojas alcanzaron su máxima longitud de tallo a los 21 días mientras que las semillas naranjas lo obtuvieron a los 18 días después de haber germinado.

En cuanto al ancho de tallo el ajuste fue malo de acuerdo al coeficiente de determinación para todas las semillas, mostrando que las semillas naranjas presentaron el nivel más bajo de coeficiente ($R^2=0.052$), presentado un retroceso en su crecimiento ($b_2=-0.072$), mientras que el mejor ajuste se encontró en las semillas claras ($R^2= 0.442$) (Figura 13).

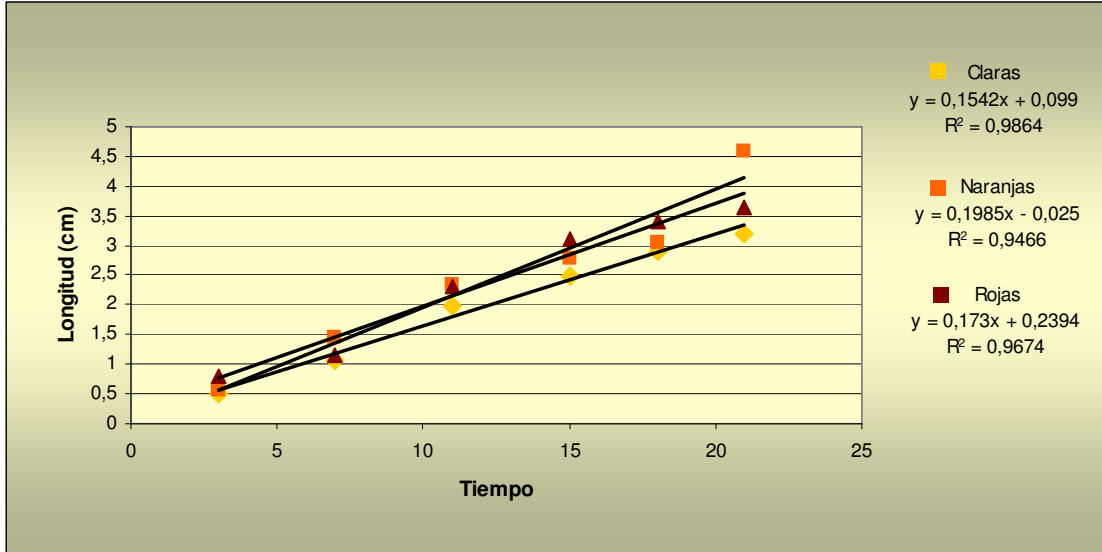


Figura 10. Ajuste realizado con relación tiempo-color de semillas para longitud de raíz

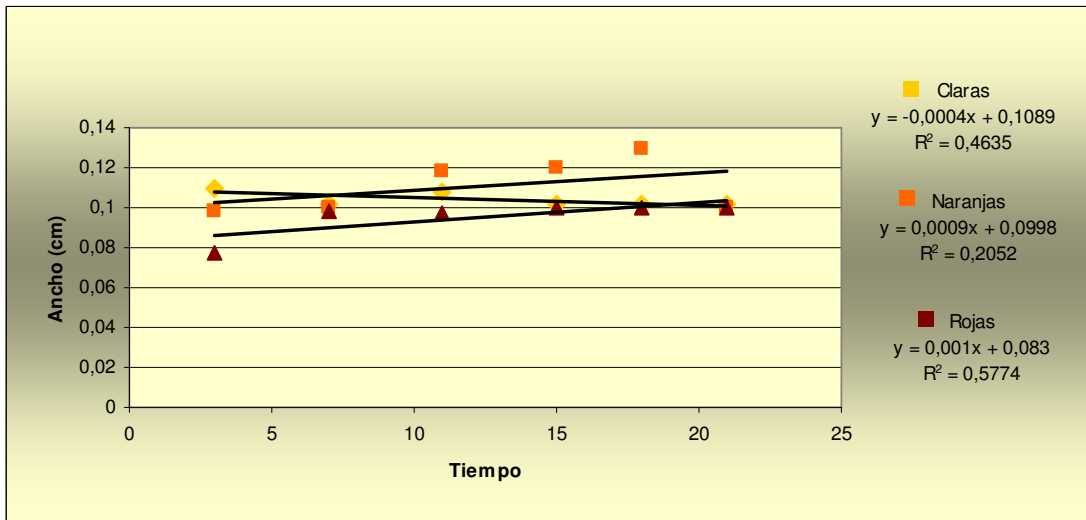


Figura 11. Ajuste realizado con relación tiempo-color de semillas para ancho de raíz

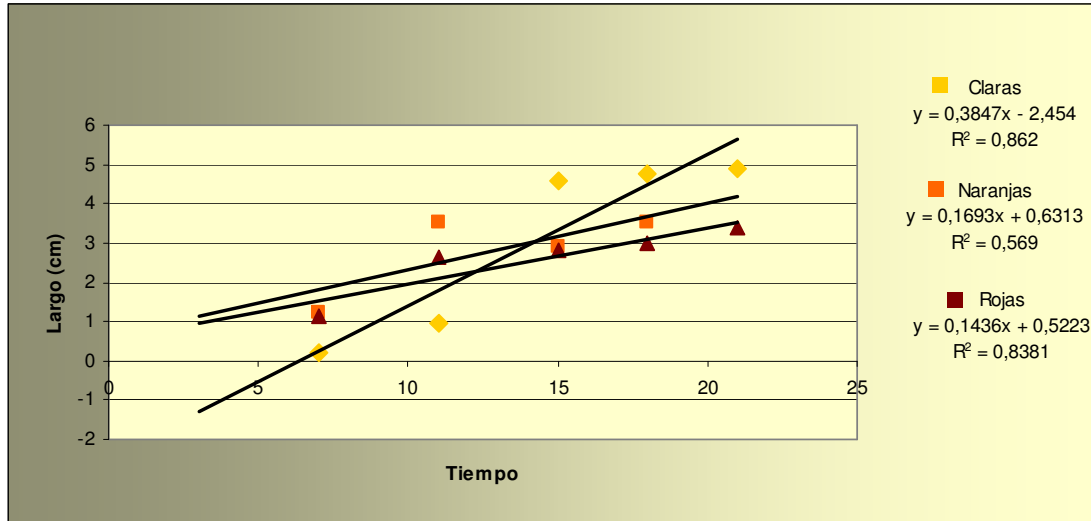


Figura 12. Ajuste realizado con relación tiempo-color de semillas para largo de tallo

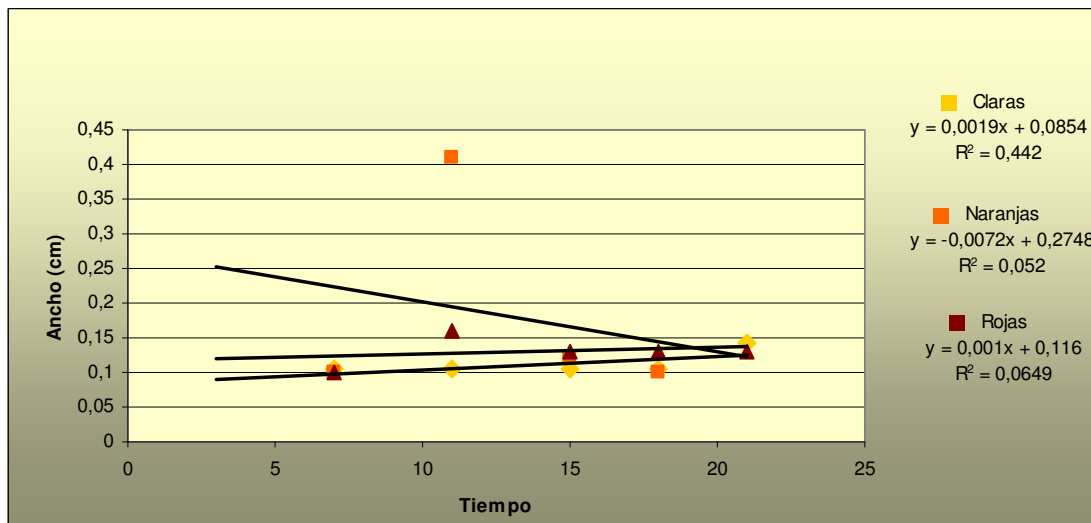


Figura 13. Ajuste realizado con relación tiempo-color de semillas para ancho de tallo

Con respecto a la relación tiempo y altura total, el modelo de regresión polinomial también fue de primer orden. De acuerdo a los valores de R^2 el modelo empleado fue bueno para las semillas con diferentes tonalidades en el pseudoarilo (Figura 14). Las semillas claras, naranjas y rojas obtuvieron la máxima altura total a los 21 días.

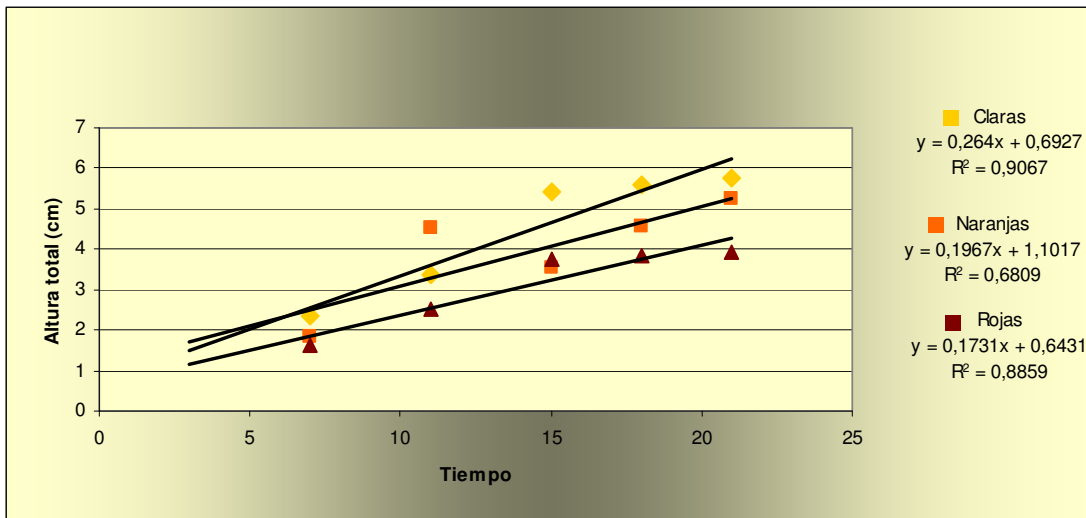



Figura 14. Ajuste realizado con relación tiempo-color de semillas para altura total

Durante la elongación, las raíces de las plántulas de *Bursera cuneata* crecen de manera simultánea sin distinción de coloración entre las semillas. El modelo de crecimiento obtenido para la longitud de raíz muestra una elongación mayor con respecto al tiempo, sin embargo para el ancho de tallo el modelo arrojado para su crecimiento no fue bueno ya que no mostró variación con respecto al tiempo para todas las semillas, además las semillas claras presentaron un retroceso en su crecimiento.

Las plántulas del género *Bursera*, sección *Bullockia* no presentan engrosamiento en la raíz (Andrés, 1997; Hernández, 2001; Andrés *et al.*, 2002).

Pocos días después de la germinación emergieron las hojas cotiledonares y el tallo. Las hojas cotiledonares presentan margen entero y son trilobadas, carácter representativo de las especies de la sección *Bullockia* (Toledo, 1982). El tallo de plántulas de *B. cuneata* presenta una coloración roja.



El modelo arrojado para la elongación de tallo muestra un crecimiento a través del tiempo para todas las semillas, mientras que para el ancho del tallo el crecimiento se mantuvo estable ya que no se encontró variación en el ancho durante el tiempo que fueron monitoreadas en cámara germinadora, para ambos casos concuerda con Andrés (1997), Andrés *et al.* (2001) y Hernández (2001), ya que mencionan que todas las plántulas de la sección *Bullockia* presentan tallo delgado. El modelo empleado para todas las semillas fue malo obteniendo valores bajos, observando un decremento en el crecimiento para las semillas naranjas.

Con lo que respecta a la altura total el modelo arrojado muestra que el tiempo es factor importante para que se dé una mayor altura.

A pesar de que el crecimiento en la cámara germinadora fue similar para las tres coloraciones presentes en las semillas, todos los modelos obtenidos para el desarrollo mostraron un ajuste mejor para las semillas claras.

❖ *Sobrevivencia*

De las semillas empleadas en los distintos tratamientos pregerminativos germinaron un total de 107 plántulas de *Bursera cuneata*, sin embargo estas

presentaron una baja sobrevivencia; de las plántulas emergidas sobrevivieron un total de nueve individuos durante los seis meses de haber sido monitoreadas, lo que representa el 8.4% del total de plántulas emergidas.

A través del monitoreo se observó un alto porcentaje de sobrevivencia de las plántulas en la cámara germinadora, con un 90.66 %, el 9.34 % corresponde a una ligera mortalidad.

Sin embargo, en vivero se obtuvo una sobrevivencia muy baja durante el tiempo en que fueron monitoreadas, 8.24 %, mientras que el 91.76 % representa el porcentaje de plántulas muertas en vivero.

Montes (2006) en su trabajo crecimiento y supervivencia de plántulas de *Bursera glabrifolia* obtuvo un 47.5 % de mortalidad, esta baja mortalidad es debida a la aplicación de nutrientes en las plantas.

La ligera mortalidad observada en la cámara germinadora fue provocada a la presencia de hongos en las semillas infestando a las plántulas que ya habían emergido; a pesar de que se realizaron desinfecciones en las semillas para erradicarlos, estos hongos aparecían después de tres días de haber hecho la desinfección.


Con respecto a la baja sobrevivencia en vivero esto pudo deberse a que las plántulas no se adaptaron a las condiciones de vivero o tal vez a que necesitaron mayor tiempo para aclimatarlas, en este estudio se intentó aclimatar a las plántulas en condiciones de vivero por tres días.

Trabajo de vivero

❖ *Desarrollo de plántulas*

Con las mediciones obtenidas de plántulas de *Bursera cuneata* en vivero se ajustaron modelos para describir la relación existente de las variables largo de tallo, cobertura, número de folíolos y altura total a través del tiempo.

Para todos los ajustes se obtuvo un modelo de regresión polinomial de segundo orden.



Con referente a largo de tallo las plántulas se mantienen casi estables mostrando una relación significativa ($R^2= 0.6703$) a pesar de que se observa un decremento de -0.048 (Figura 15). En las primeras semanas, el tallo crece considerablemente sin embargo conforme pasa del tiempo, el crecimiento se mantiene casi estable.

Para la relación número de foliolos el modelo fue bueno presentando un coeficiente de determinación de $R^2= 0.9434$, además se observó un decremento en el número de foliolos de -0.0122 , cabe señalar que este ajuste fue el mejor en comparación con las demás variables presentadas (Figura 16). El ajuste empleado para la relación entre la cobertura y tiempo es bueno ($R^2=0.862$), sin embargo se presenta un decremento ($b_2= 0.046$) (Figura 17). Para ambos modelos se observa que el número de foliolos y la cobertura incrementan a través del tiempo.

La relación existente entre la altura total y el tiempo se mantiene casi estable y de acuerdo al coeficiente de determinación el modelo presentado es bueno ($R^2= 0.8665$), sin embargo se observa un decremento mínimo ($b_2=-0.0033$) (Figura 18).

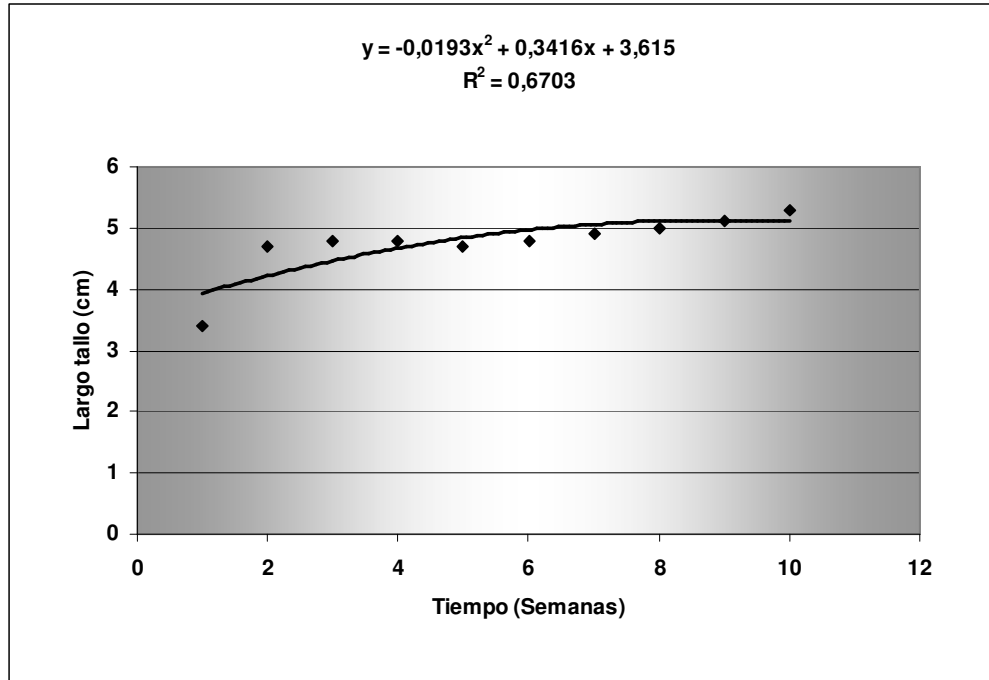


Figura 15. Ajuste realizado para largo de tallo con relación al tiempo de plántulas de *B. cuneata* en vivero

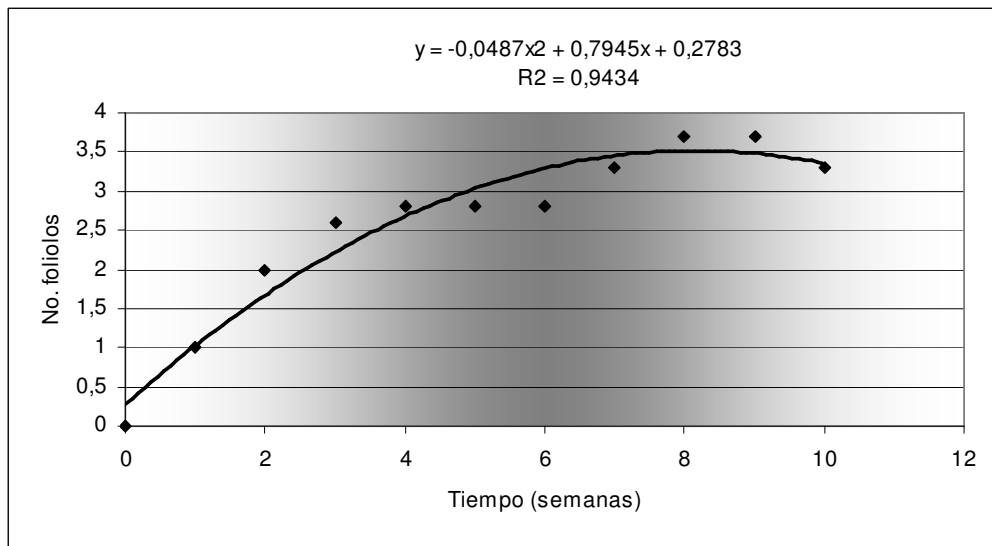


Figura 16. Ajuste realizado para número de folíolos con relación al tiempo en plántulas de *B. cuneata* en vivero

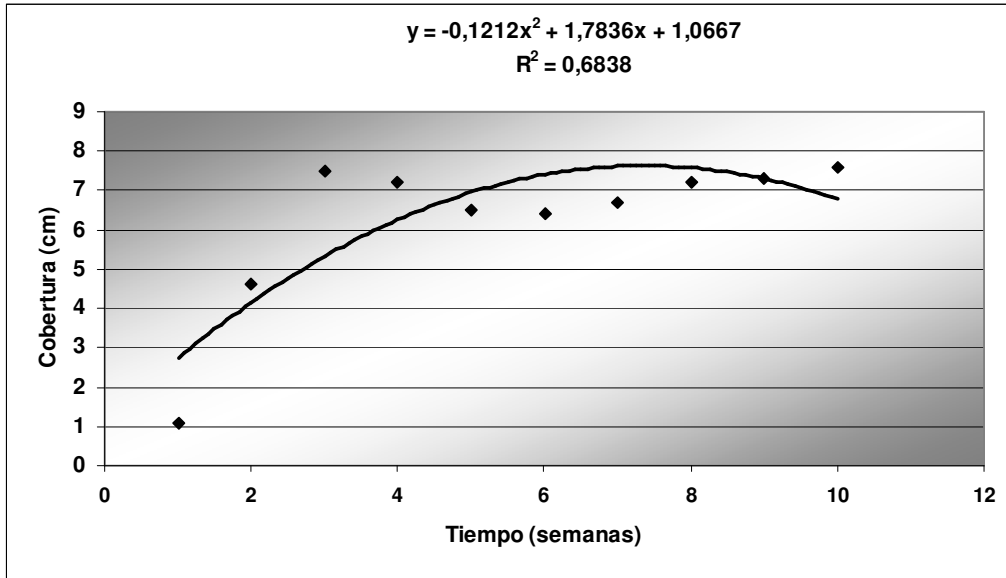


Figura 17. Ajuste realizado para la cobertura con relación al tiempo en plántulas de *B. cuneata* en vivero

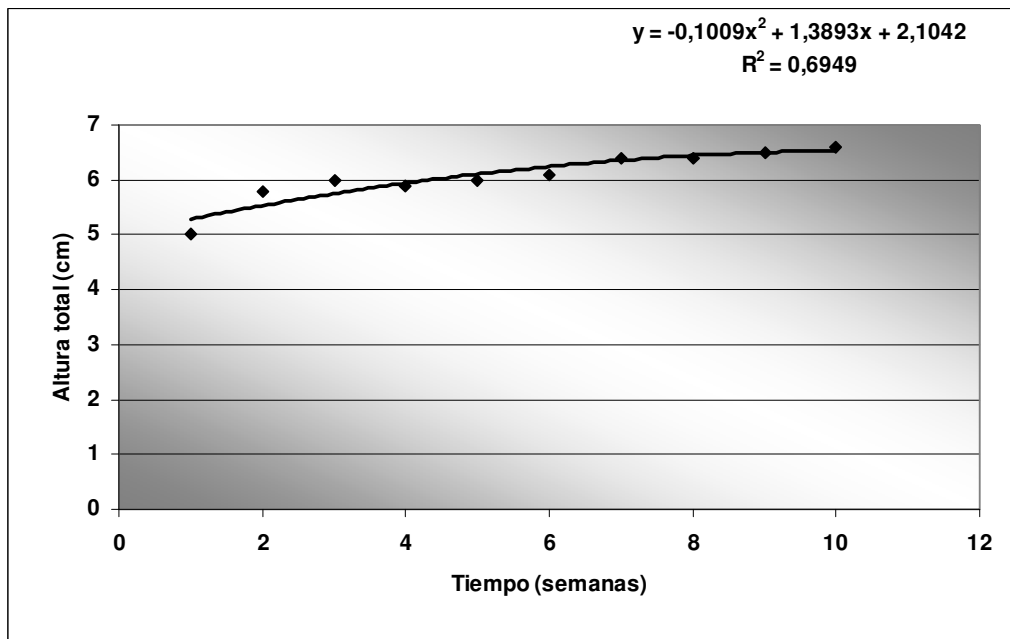


Figura 18. Ajuste realizado para la altura total con relación al tiempo en plántulas de *B. cuneata* en vivero

De las variables medidas se obtuvo un modelo para estimar la relación existente entre la cobertura y el número de foliolos. El modelo empleado fue polinomial de segundo orden presentando un coeficiente de determinación bueno ($R^2 = 0.9423$), observando un decremento en la cobertura ($b_2 = -1.0443$).

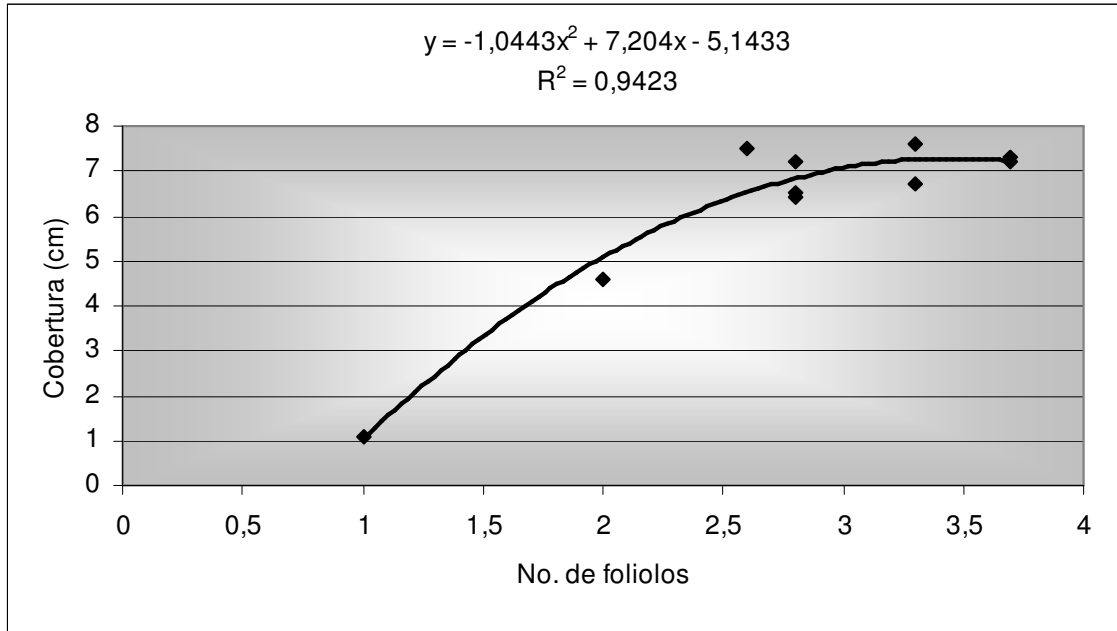



Figura 19. Ajuste realizado para la cobertura en relación con el número de foliolos en plántulas de *B. cuneata*.

Las plántulas de *Bursera cuneata* en vivero mostraron un crecimiento lento durante los seis meses en que fueron monitoreadas. Estas mantuvieron un ligero crecimiento en el tallo durante las primeras semanas, conforme fue pasando el tiempo el largo se mantuvo casi estable, no encontrando variación entre las primeras semanas y las últimas.

No se obtuvo un modelo para el ancho de tallo debido a que este no presentó una variación significativa en cuanto al diámetro de las plántulas medidas, el valor máximo fue de 0.13 cm, esto es curioso ya que Andrés, 1997 menciona que las plántulas de la sección *Bullockia* muestran un engrosamiento en el tallo conforme avanza el crecimiento y esto es una característica distintiva que separa este grupo de *Bursera*.

Los foliolos de las plántulas aparecen a las tres semanas de haber germinado las semillas, estos son trifoliados y de margen aserrado. En plántula, esta especie



no presenta muchos folíolos durante los primeros seis meses de vida (4 folíolos). La cobertura se incrementó con el tiempo, observando un decremento en las últimas semanas en que duró el monitoreo.

A través de los modelos obtenidos se puede observar que todas las variables aquí empleadas guardan una estrecha relación con el tiempo, entre más tiempo va pasando, el incremento será mayor.

Con respecto al modelo obtenido para cobertura y número de folíolos se puede decir que la cobertura tiene una relación estrecha con el número de folíolos, así que entre mayor sea el número de folíolos presentes en plántulas mayor será la cobertura y viceversa, si decrece el número de folíolos, la cobertura será menor.

La altura total se mantuvo casi estable durante el tiempo en que fueron monitoreadas, registrando una altura total máxima de 6.6 cm a los cinco meses. Montes (2006) registró un incremento en altura de 30 cm en plántulas sometidas con bajos niveles de nutrientes y en sombra. En este estudio, las plántulas se mantuvieron en un lugar soleado y donde le daba poca sombra.

Existe un estudio sobre crecimiento de plántulas de *Bursera glabrifolia* donde obtiene incrementos considerables, en 125 días, en la altura, ancho de tallo cobertura y área foliar con ayuda de nutrientes y exposiciones a luz solar (Montes, 2006). Por lo que se recomienda la utilización de nutrientes en plántulas de *Bursera cuneata* y exposiciones a luz solar para incrementar su desarrollo en poco tiempo.

Los estudios sobre crecimiento y desarrollo en vivero de plántulas de *Bursera* son sumamente escasos, solo se han realizado estudios sobre morfología y arquitectura foliar para contribuir al esclarecimiento taxonómico del género.

Debido a todos los puntos expuestos en este estudio, *Bursera cuneata* no es candidata para cuestiones de restauración ecológica ya que presenta dificultades como su propagación, baja sobrevivencia de plántulas y el lento crecimiento que posee en su desarrollo, sin embargo se pone de manifiesto la importancia de introducir a la especie en su hábitat para que no desaparezca en la Sierra de Guadalupe..

Para que una planta sea candidata para la restauración ecológica debe ser de rápida propagación y tener rápido crecimiento entre otras (Gómez, 1985).

❖ **Reproducción por estaca**

Para la reproducción vegetativa a través de esquejes se utilizaron un total de 150 ramas y de estas en ninguna hubo presencia de raíz después de haber sido evaluadas a las cuatro semanas de establecerlas en sustrato; todos los esquejes fueron monitoreados durante 4 meses.


En las 50 estacas de la primera colecta que se realizó en época fría y con pérdida de follaje, no enraizó estaca alguna.

Para las ramas verdes y café se procedió a utilizar suelo de la zona de estudio, observando la presencia de retoño de hojas en ocho estacas después de cuatro días de haberlas colocado en las cajas enraizadoras. Al realizar la primer evaluación no se presentó raíz, posteriormente de esta evaluación las hojas presentes en los esquejes se secaron. Para las evaluaciones subsecuentes no se observó presencia de raíz ni de hojas (Figura 20 A).

Mientras que en estacas de la ultima colecta no hubo presencia de raíz durante las evaluaciones efectuadas en el tiempo antes mencionado, solo se observo el amarillamiento de las hojas después de una semana de establecerlas en bolsa, además de la caída de las mismas después de mes y medio de establecidas en el vivero (Figura 20 B).



Figura 20. Estacas de *Bursera cuneata* empleadas para la reproducción vegetativa. A. Estacas en cajas enraizadoras con yema verde B. Estacas con hojas amarillentas



Las especies de *Bursera* se han utilizado para la construcción de cercas vivas (Toledo, 1982). A pesar de la diversidad e importancia del género *Bursera* en México, existen muy pocos reportes publicados sobre su propagación y solo es posible obtener información no documentada sobre la propagación vegetativa de especies de importancia económica como *Bursera linanoe* (Rzedowski *et al.*, 2005) y *B. simaruba* (Bonfil *et al.*, 2007; Carvajal, 2005).

Se ha reportado la propagación vegetativa de *Bursera bicolor*, *B. bipinnata*, *B. copallifera*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. lancifolia*, *B. longipes* y *B. simaruba* con el uso de hormonas, tales como ácido indolbutírico (AIB) para inducir la formación de callos y raíces con resultados satisfactorios (Bonfil *et al.*, 2007; García, 2002). Sin embargo en este estudio las estacas de *Bursera cuneata* no enraizaron al emplear una fórmula de hormonas, esto pudo deberse a diferentes factores tales como se mencionan a continuación:

La metodología de este estudio presenta desventajas, como el transporte del material vegetal al laboratorio y el tiempo que transcurre entre la colecta y la introducción del mismo a la solución de hormonas y al sustrato, en este estudio se colocaron en sustrato un día después de haber sido colectadas. A medida que el tiempo transcurrido entre la colecta y el estacado sea menor, se incrementará la probabilidad de éxito y formación de callos y raíces (García, 2002).

Las condiciones ambientales en las que se encontraron las estacas en el vivero de la FES Iztacala fue tal vez un factor que influyó en el enraizamiento de esquejes de *Bursera cuneata*.

La utilización de esquejes de menor tamaño, el tamaño de la estaca puede ser fundamental en el enraizamiento. Esto se debe a que las reservas energéticas que se encuentran en la estaca son menores en aquellas de 30 cm evitando la formación de raíz (García, 2002). Algunos pobladores de Yucatán y Veracruz utilizan estacas de 1.5 m y 2.20 m de alto para construir cercos vivos (Carvajal, 2005; García, 2001).

La hora en que se realizó la colecta en este estudio fue entre las once de la mañana y la una de la tarde, el momento idóneo para colectar es temprano en la mañana o poco antes del anochecer, ya que esto garantiza una mayor turgencia de las células del esqueje y por lo tanto, mayor frescura y posibilidad de prendimiento (Hartmann *et al.*, 1999).

El posible escurrimiento de la mezcla de hormonas al regarlas con agua cada tercer día, se ha visto que al emplear solo el ácido indolbutírico en forma de

polvo y a diferentes concentraciones (10 000 y 15 000 ppm) se obtienen resultados favorables tanto para la formación de callos como raíces.

El desenterramiento prematuro de las estacas para realizar las evaluaciones, pues se observó que después de esta las hojas se secaron.

Por lo anterior se recomienda efectuar una metodología eficaz para llevar a cabo la propagación vegetativa de *Bursera cuneata* a través de esquejes.

CONCLUSIONES

➤ *Bursera cuneata* se distribuye en los estados de Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Puebla, Hidalgo, Morelos, México y Distrito Federal. En el Valle de México se constató su presencia en el bosque de Tlalpan, cerro del Peñón viejo, cerro Chiquihuite, Ticomán y Zacatenco, además se encontró en los municipios de Chiautla, Ecatepec, Texcoco y Tlanepantla, Estado de México.

➤ Si bien se encontró un número considerable de ejemplares de *Bursera cuneata* en los distintos herbarios, aun son insuficientes las colectas en estados como Hidalgo y Puebla, además se deben visitar los lugares ya colectados para obtener el estado actual de las poblaciones.

➤ El hábitat de *B. cuneata* en el cerro Petlecatl pertenece a pastizal, sin embargo ha sido ampliamente destruido debido a la construcción de viviendas, incendios inducidos, vandalismo y al cultivo de nopales y maizales.

➤ Se registró un número considerable de familias, géneros y especies en la zona de estudio, sin embargo no se han tenido reportes o investigaciones en cuanto a la flora del cerro Petlecatl.

➤ Los individuos de *B. cuneata* en el cerro Petlecatl se encuentran separados entre si y a pesar del disturbio presente la población se mantiene estable.

➤ El éxito de la germinación de semillas de *B. cuneata* depende enteramente al estado de madurez, sobre todo a aquellas que exhiben en el pseudoarilo una coloración roja presentan un mejor comportamiento y calidad germinativa. Se recomienda hacer una observación previa de semillas antes de germinarlas para saber si tienen embrión o no.

➤ *B. cuneata* no presenta condiciones adecuadas para propagación masiva en vivero ya que se obtienen bajos porcentajes de sobrevivencia tanto en cámara germinadora como en vivero.

➤ Las plántulas de *Bursera cuneata* son de lento crecimiento presentando una altura total de 6.6 cm a los seis meses.

➤ Existen una estrecha relación entre largo de raíz y tallo, foliolos, cobertura y altura total de plántulas de *B. cuneata* con respecto al tiempo. Sin embargo el ancho de raíz y tallo no mostraron variaciones a través del tiempo.

➤ La cobertura en plántulas esta estrechamente ligada con el número de foliolos.

➤ A pesar de los logros obtenidos en cuanto a propagación, mediante esquejes con ayuda del AIB de algunas especies de *Bursera* en este estudio, las estacas de *Bursera cuneata* no enraizaron debido al transporte del material vegetal al laboratorio y el tiempo que transcurre entre la colecta y la introducción al sustrato, la utilización de esquejes de menor tamaño, la hora en que se realizó la colecta y el posible escurrimiento de la mezcla de hormonas al regarlas con agua.

➤ Debido al tiempo que tarda en germinar las semillas, aunado a la baja sobrevivencia de plántulas y al lento crecimiento que posee en su desarrollo *Bursera cuneata* no es candidata para cuestiones de reforestación.

RECOMENDACIONES

Debido a las problemáticas mencionadas en los respectivos puntos se hacen algunas recomendaciones para llevar a cabo un trabajo adecuado y de esta manera conocer elementos importantes como germinación, sobrevivencia y desarrollo de plántulas de *Bursera cuneata*. En este contexto es fundamental conocer la biología de la especie en estudio con el objetivo de contribuir a su mejor manejo y explotación.

Si bien se encontraron un buen número de ejemplares de *Bursera cuneata* en los herbarios, aun es insuficiente para llegar a conocer bien la especie, además se deben visitar los lugares ya colectados para obtener el estado actual de las poblaciones, debido a que todos los ejemplares encontrados datan de 1960 a 1990, incluso existen ejemplares que son de 1864, 1909, 1912 y 1939, esto con el fin de saber si todavía existen poblaciones en esas zonas o han sido desaparecidas por el crecimiento urbano.

Debido a la problemática que está sufriendo el hábitat de *Bursera cuneata* en el Cerro Petlecatl, debe implementarse un programa para regular los asentamientos humanos, tal vez no se lleguen a quitar los existentes pero se puede impedir la construcción de más. Además se debe restringir el acceso a las personas para evitar incendios y tiradero de basura disminuyendo de esta forma el gran deterioro que existe.

Cabe resaltar que en este trabajo se realizan por primera vez las técnicas de propagación por semilla y a través de estacas, así como el comportamiento germinativo de las semillas de *Bursera cuneata*, por lo que es importante considerar que antes de efectuar cualquier tratamiento pregerminativo o más aún, antes de germinar semillas de especies de *Bursera* se recomienda tomar una muestra de semillas para hacer una observación previa antes de germinarlas con el fin de saber si están huecas o no.

Para un mejor porcentaje de germinación de *B. cuneata* se deben coleccionar las semillas directo del árbol entre los meses de noviembre a diciembre, ya que en este tiempo las semillas maduran presentando una coloración roja en el pseudoarilo.

Otra recomendación propuesta en este estudio es hacer una prueba de viabilidad con semillas a diferentes tiempos y por periodos de estratificación para conocer por cuanto tiempo de almacén llegan a germinar.

Debido a que las plántulas de *Bursera cuneata* presentan baja sobrevivencia en vivero, se recomienda seguir estudiando el establecimiento temprano de esta especie para su posterior reintroducción en zonas deforestadas.

Para un óptimo y acelerado desarrollo de las plántulas de *B. cuneata* en vivero, se recomienda la utilización de nutrientes y exposiciones a luz solar.

Con respecto a la propagación por estaca se propone realizar las colectas temprano en la mañana o poco antes del anochecer, colocándolas en una hielera con tierra y humedeciéndolas con abundante agua para trasladarlas al lugar donde se realizará la propagación y, de esta manera, evitar el estrés y la deshidratación de la estaca. Además se propone realizar la propagación el mismo día en que se colectó el material vegetal.

En este estudio se plantea la utilización de ácido indolbutírico (AIB) en polvo y sobretodo un adherente para evitar el escurrimiento del ácido por el riego. Asimismo realizar la primera evaluación de raíces después de tres meses.

LITERATURA CITADA

- Andrés, A. 1997. Análisis morfológico en plántulas de 11 especies del género *Bursera* Jacq ex L. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 53 pp.
- Andrés, A. 2001. Análisis y descripción de estructuras foliares de especies del género *Bursera* Jacq. ex L. que se distribuyen en la cuenca del Río Balsas, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Vegetal). Facultad de Ciencias. UNAM. 82 pp.
- Andrés, A, y D. Espinoza. 2002. Morfología de plántulas de *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. Bol. Soc. Bot. Mex. 70:5-12 p.
- Becerra, J. and L. Venable. 1999. Nuclear ribosomal DNA phylogeny and its implications for evolutionary trends in Mexican *Bursera* (Burseraceae). American Journal of Botany. 86(7): 1047-1057.
- Becerril, F. 2003. Morfología y anatomía del fruto de dos especies del género *Bursera* Jacq ex L. sección *Bursera* (Burseraceae) Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 48 pp.
- Bernal, A. 1999. Guía ilustrada de la Sierra de Guadalupe. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. 254 pp.
- Bonfil, C, Mendoza, P. y Ulloa, J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. Agrociencia. 41(001): 103-109 p.
- Brumm, F. 1970. La multiplicación de las frondosas y de las coníferas. Editorial Blume. Barcelona. España. 139 pp.
- Bullock, A. 1936. Contributions to the Flora of Tropical America. XXXVII. Notes on the Mexican species of the genus *Bursera*. Kew Bull.:346-387
- Calderón G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología. Pátzcuaro. Michoacán. 1406 pp.
- Camacho, F. 1994. Fisiología de la germinación. *En Semillas forestales*. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. México. 12-31 p.

- Carvajal, J. 2005. Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. *Livestock Research for Rural Development*. 17(2).
- Castillo, S., Montes, G., Romero, M., Martínez, Y., Guadarrama, P., Sánchez, I., Núñez, O. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Bol. Soc. Bot. Mex.* 74:51-75 p.
- Contreras, J. 1999. Estudio preliminar de la avifauna del parque natural Sierra de Guadalupe, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. 45 pp.
- Correa, G. 2002. Estudio de impacto ambiental en la subcuenca Llanetes del Parque Estatal Sierra de Guadalupe ubicada en el municipio de Coacalco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. 103 pp.
- Desai, B., Kotecha M. and Salunkhe, K. 1997. *Seeds handbook; biology, production, processing and storage*. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. 627 pp.
- Díaz, H. Reproducción de especies arbóreas potencialmente útiles y otras amenazados localmente en la Cuenca de Pátzcuaro. <http://tariacuri.crefal.edu.mx>.
- Evans, P. and Becerra J. 2006. Non-terpenoid essential oils from *Bursera chemapodicta*. *Flavour and Fragrance Journal*. 21:616-618 p.
- García, X. 2002. Efectos de ácido indolbutírico y de la estratificación en la formación de callos y de raíces en estacas de *Bursera simaruba* (L) Sarg. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. ex Walp. y *Omphalea oleifera* Hemsl., tres especies potencialmente útiles para restauración ecológica. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 65 pp.
- Gifre, E. 1965. *Botánica económica, plantas útiles y productos vegetales*. Ediciones OMEGA. España. 616 pp.
- Gómez A. y S. del Alamo. 1985. *Investigaciones sobre regeneración de selvas*. Vol. II. Editorial Alhambra. México.
- Guevara, F. 2004. El género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Michoacán (México). Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Estado de Michoacán. México. Abstract.

- Hartmann, H. and D. Kester. 1999. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental. México. 760 pp.
- Hernández, A. 2001. Arquitectura foliar de 13 especies del género *Bursera* Jacq. ex L. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 52 pp.
- INEGI. 1979. Carta geológica. 1:50000.
- INEGI. 1979. Carta de uso de suelo. 1:50000.
- INEGI. 1982. Carta edafológica. 1:50000.
- INEGI. 1982. Carta topográfica. 1:50000.
- Jankiewicz, L. y A. Urbáńczyk. 1997. Reguladores del crecimiento; desarrollo y resistencia en plantas. Propiedades y acción. Ediciones Mundi-Prensa. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 487 pp.
- Johnson, M. 1992. The genus *Bursera* (Burseraceae) in Sonora an Arizona. U.S.A. Desert Plants. 10(3):126-144 p.
- Kohlmann, B. y Sánchez, S. 1984. Estudio aerográfico del género *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) en México: una síntesis de métodos. In: Ezcurra. *Et al.* Métodos cuantitativos en la biogeografía. Publicación No 13. Instituto de Ecología. México. 41-120 pp.
- Martínez, M. y E. Matuda. 1979. Flora del Estado de México. Tomo I. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México. 270-274 p.
- Mc Vaugh, R and J. Rzedowski. 1965. Synopsis of the genus *Bursera* L. in western Mexico, with note on the material of *Bursera* collected by Sesse. Mosiño. Kew Bull. 18:317-382 p.
- Montaño, G. 2003. Morfología y anatomía del fruto de dos especies del género *Bursera* Jacq ex L. sección *Bullockia* (Burseraceae) Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 48 pp.
- Montes, L. 2006. Crecimiento y supervivencia de plántulas de *Bursera glabrifolia* en respuesta a diferentes condiciones ambientales. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 71 pp.
- Niembro, A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México, naturales e introducidos. Editorial Limusa. México. 19-22 p.
- Reiche, C. 1977. Flora excursoria en el valle central de México. Editorial Porrúa. México. 303 pp.

- Rubio, L. 2006. Estudio ecológico de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. y *Quercus candicans* Neé (Fagaceae) en bosque de encino del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 155 pp.
- Rzedowski, 1968. Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero (México). An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 17: 17-36 p.
- Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Editorial LIMUSA. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. y H. Kruse. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). Taxón 28:103-116 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Ac. Bot. Mex. 14: 3-21 p
- Rzedowski, J. y F. Guevara-Féfer. 1992. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 3. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro. Michoacán. México.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2002. Dos especies nuevas de *Bursera* (Burseraceae) del estado de Oaxaca (México). Act. Bot. Mex. 59: 81-90 p.
- Rzedowski, J., R. Medina, y G. Calderón. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). Act. Bot. Mex. 66:23-141 p.
- Rzedowski, J., R. Medina, y G. Calderón. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Act. Bot. Mex.70: 85-111 p.
- Sánchez O. 1969. La flora del Valle de México. 232-233 p.
- Semarnat. 1998. Diagnóstico de la deforestación en México.
- Shreve, F. And Ira, W. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Vol. I. Sanford University Press. California. U.S.A. 755-756 p.
- Toledo, C. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Guerrero (México). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 182 pp.
- Trainer, J and T. Will. 1984. Avian methods of feeding on *Bursera simaruba* (Burseraceae) fruits in Panama. Ann. Arbor. Michigan. USA. 193-195 p.

Valle, M. 1996. Estructura genética de poblaciones de *Bursera cuneata* (Burseraceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Verea, C. And A. Solórzano. 2001. La comunidad de aves del sotobosque de un bosque deciduo tropical en Venezuela. *Ornitología neotropical*. 12:235-253 p.

www.semarnat.gob.