



# Universidad Nacional Autónoma de México

---

---

## Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Germinación y desarrollo plantular  
de diez especies nativas del Bosque  
Tropical Caducifolio en condiciones  
de invernadero

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

DAN GARCÍA PADILLA

DIRECTORA: M EN C. BALBINA VÁZQUEZ  
BENÍTEZ

CDMX., Septiembre 2017





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.

## Contenido

Índice de cuadros.....	3
Índice de figuras.....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
ANTECEDENTES .....	6
Características generales del BTC.....	7
Condiciones ambientales para la germinación.....	9
Importancia de las especies estudiadas .....	11
HIPÓTESIS .....	14
OBJETIVO GENERAL:.....	14
OBJETIVOS PARTICULARES:.....	14
MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
Material biológico .....	14
Prueba de germinación .....	16
Detección de latencia .....	17
Desarrollo plantular .....	18
RESULTADOS.....	18
Porcentaje de germinación .....	18
Latencia.....	23
Caracterización plantular .....	23
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA .....	40

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Porcentaje de germinación por especie .....	19
Cuadro 2. Diferencias estadísticas obtenidas entre la germinación con diferentes tratamientos para cada una de las especies. ....	23
Cuadro 3. Caracterización plantular de las especies .....	24
Cuadro 4. Altura de las especies en relación con los distintos sustratos a los 15 días después de la germinación. ....	27
Cuadro 5. Diferencias significativas de crecimiento entre diferentes sustratos utilizados .....	34

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa esquemático de la distribución geográfica del bosque tropical caducifolio en México (Fuente: Generación propia). ....	8
Figura 2. (Izq) Algodoncillo del género Ceiba, denominado comercialmente miraguano natural o kapok. (Der) Almohada de algodón orgánico, cortesía de ecocrianza (Ecocrianza, 2016). ....	12
Figura 3. Sitio de recolecta del germoplasma, en Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca. ....	15
Figura 4. Pretratamientos germinativos para cada una de las especies .....	17
Figura 5. Curvas de germinación de las 10 especies estudiadas del BTC. ....	21
Figura 6. Desarrollo temprano de <i>Acacia farnesiana</i> .....	28
Figura 7. Desarrollo temprano de <i>Agave karwinskii</i> .....	28
Figura 8. Desarrollo temprano de <i>Ceiba aesculifolia</i> .....	29
Figura 9. Desarrollo temprano de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .....	29
Figura 10. Desarrollo temprano de <i>Erythrina americana</i> .....	30
Figura 11. Desarrollo temprano de <i>Leucaena esculenta</i> .....	30
Figura 12. Desarrollo temprano de <i>Lysiloma acapulcensis</i> .....	31
Figura 13. Desarrollo temprano de <i>Pithecellobium dulce</i> .....	31
Figura 14. Desarrollo temprano de <i>Prosopis laevigata</i> .....	31
Figura 15. Desarrollo temprano de <i>Sapindus saponaria</i> .....	32
Figura 16. Crecimiento temprano en relación con diferentes sustratos de las 10 especies .....	33

## INTRODUCCIÓN

En México se encuentran representados casi todos los ecosistemas que hay a nivel mundial, desde las exuberantes selvas tropicales húmedas hasta los desiertos y las comunidades alpinas (Dirzo, 1992; Rzedowski, 1992). Esta condición lo inscribe en la posición número cinco entre los países con mayor megadiversidad, ya que alberga casi el 10 por ciento de la biodiversidad mundial de especies (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

Uno de los tipos de vegetación que sobresale por su relevancia biológica, es la selva baja caducifolia (Miranda y Hernández, 1963) o bosque tropical caducifolio (BTC) (Rzedowski, 1978). Rzedowski (1998) estimó que la composición florística en este tipo de vegetación es de alrededor de 6000 especies. El 25 por ciento de los géneros en estos ecosistemas son endémicos al igual que el 40 por ciento de las especies y contribuye con el 10 al 12 por ciento del reservorio florístico total que tiene la República Mexicana (Challenger y Soberón, 2008). El BTC ha sufrido grandes impactos, provocados principalmente por la presión antropogénica, y ha afectado gravemente el suelo y disminuido la cubierta vegetal.

A fin de establecer estrategias de aprovechamiento y conservación de los recursos vegetales del BTC, es necesario conocer la composición y estructura de este ecosistema, así como los patrones y procesos que la generan. Un enfoque que contribuye a ese conocimiento es la indagación del papel de la morfología del germoplasma y su relación en aspectos fisiológicos como la latencia y la germinación. Asimismo se requiere recabar datos sobre los factores que interactúan en el crecimiento plantular. Esta información es de utilidad para diseñar y ejecutar programas de rehabilitación y restauración ecológica en los ecosistemas con la finalidad de que los servicios ambientales que ofrece se preserven.

Aunque los estudios sobre germinación del germoplasma de especies del BTC, ha sido explorado por diversos autores (Godínez y Flores-Martínez, 1999; Capilla, 2011; Camacho, 2013), aún falta incorporar conocimientos sobre el crecimiento plantular que es la etapa más vulnerable del desarrollo vegetal y de la cual depende el reclutamiento de nuevos organismos en la comunidad vegetal.

La estrategia actual para la conservación de la diversidad biológica del BTC, es la protección de territorios a través de las “Áreas Naturales protegidas” (ANP). El BTC es uno de los tipos de vegetación menos representado en las ANP del país puesto que cubren apenas 120 000 hectáreas de la selva seca, lo que corresponde a menos del uno por ciento del territorio nacional (Ordoñez, 1995) y generalmente no cuentan con planes de manejo que permitan usar y conservar la riqueza biológica del área.

El estado de Oaxaca posee 28,746 km<sup>2</sup> de BTC, que ha sido mermado por actividades humanas (CONABIO, 1999). Lamentablemente la deforestación a nivel nacional es creciente y los orígenes se centran en el retiro de la cubierta vegetal para uso ganadero y/o agrícola. Al respecto la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) indica que la principal causa de la degradación de suelos del BTC a nivel nacional es la deforestación (SEMARNAT, 2002).

De acuerdo con la información proporcionada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la superficie forestal a nivel nacional registrada durante 1993 fue de 89, 456,871 ha, de las cuales se perdieron 3, 672,235 ha en el año 2002. En dicho periodo se dio un proceso de cambio en la superficie boscosa hacia otros usos de suelo. En el periodo comprendido de 1993 a 2000 se han registrado cambios hacia uso agrícola, pecuario y urbano. La pérdida neta de recurso forestal estimada a nivel nacional es de 367, 224 ha por año, mientras que las estadísticas del año 2010, indican que México perdió 155,000 hectáreas anuales de bosques y selvas y para el 2013, se tiene un registro de la pérdida de 192 mil hectáreas.

En este estudio se evalúan los porcentajes de germinación y se caracteriza el desarrollo plantular de diez especies de BTC: *Acacia farnesiana*; (L.) Willd. (1806), (huizache), *Ceiba aesculifolia*; (Kunth) Britten & Baker f. (pochotla), *Enterolobium cyclocarpum*; (Jacq.) Griseb. 1860 (guanacastle), *Erythrina americana*; Miller (zompantle), *Leucaena esculenta*; (Moc. Et Sessé ex Dc.) Benth, (guaje), *Lysiloma acapulcensis*; Kunth) Benth, (tepehuaje), *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, (guamuchil), *Prosopis laevigata* Humb. et Bonpl. ex Willd (mezquite), *Sapindus saponaria* (Michú) L (pipe), *Agave karwinskii* Zucc (cuishe).

## ANTECEDENTES

El BTC ha sido descrito por Miranda y Hernández (1963), Rzedowski (1978), Dirzo (1992), Trejo (1996) y Rocha-Loredo *et al.*, (2010).

Diversos estudios sobre la biología de la germinación y latencia en especies de BTC han sido abordados. Así, Guerrero y Herrera (1994) encontraron que la escarificación por 20 minutos rompe la latencia y favorece la germinación en *Sesbiana emerus*. Padma *et al.*, (1995) indicaron que el mejor tratamiento pregerminativo para especies de *Acacia* fue la escarificación con lija y la hidrólisis ácida. Prasads y Nautiyal (1996) encontraron que la escarificación mecánica aumenta la germinación de *Bahuinia racemosa*. Godínez-Álvarez y Flores-Martínez (1999) estudiaron 32 especies de las selvas secas de la costa de Guerrero y señalaron que la germinación de cualquiera de estas especies requiere de un tratamiento pregerminativo, que puede ser para las leguminosas el mecánico o químico, lo que sugiere que este grupo presenta latencia debido a la presencia de cubiertas duras que impiden el intercambio de agua y gases. Asimismo señalaron que la latencia de las semillas de la familia Asteraceae se debe a la presencia de inhibidores en el embrión o a la presencia de cubiertas impermeables. González-Hernández (2007) evaluó la sobrevivencia y crecimiento en condiciones naturales de *Acacia farnesiana*, *A. schaffneri*, *Buddleja cordata*, *Celtis pallida*, *Dodonaea viscosa*, *Eysenhardtia polystachya*, *Lysiloma divaricata*, *Prosopis laevigata*, *Senna polyantha*, y *Tecoma stans* especies nativas de BTC. Solamente *Acacia schaffneri*, *C. pallida*, *E. polystachya*, *P. laevigata* y *T. stans* presentaron capacidad de establecimiento en campo. Hernández-Oria (2011) evaluó el efecto de dos tratamientos pregerminativos en *Celtis caudata* y *Ptelea trifoliata* y encontró que presentaban latencia ya que manifestaron un aumento significativo de germinación al ser tratadas con osmoacondicionamiento y estratificación.

## Características generales del BTC

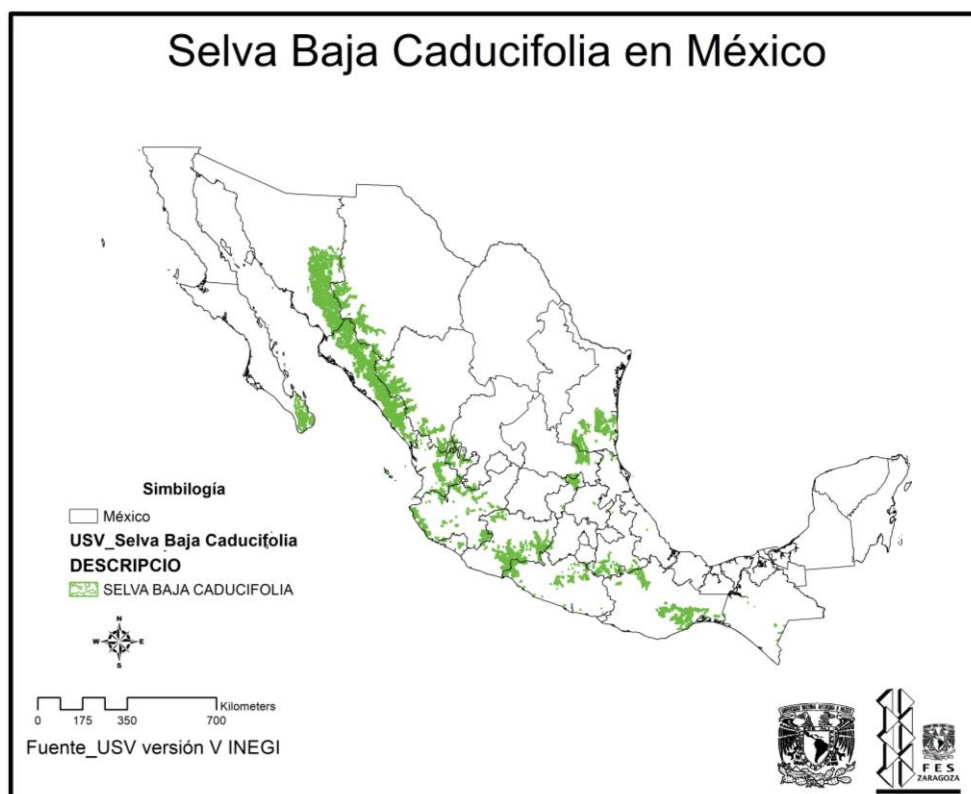
El BTC se caracteriza por la estacionalidad de su aspecto. Presenta una etapa seca que oscila alrededor de los seis meses y posteriormente la densidad vegetal se incrementa por efecto de la precipitación. Se ubica entre los 0 y 1900 m.s.n.m, frecuentemente por debajo de la cota de los 1500 m.s.n.m con una temperatura media anual entre los 20 y 29 °C. El clima es tropical con lluvias de verano (Aw), aunque hay algunos sitios con clima seco estepario (BS) y templado con lluvias en verano (Cw), con una precipitación que varía entre los 300 y 1800 mm (Rzedowski, 1978). Estos factores abióticos representan un papel importante en la funcionalidad del ecosistema pues participan en el establecimiento de las especies que lo habitan (Dunson y Travis, 1991).

En México el BTC se encuentra distribuido en la Península de Yucatán, en las llanuras costeras del Golfo, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, en la Depresión Central de Chiapas, en las estribaciones de la Sierra Madre del Sur, en el Istmo de Tehuantepec, en la cuenca del Balsas y del Tepalcatepec, en la base poniente de la Sierra Madre Occidental y en la parte sur de la Península de Baja California (figura 1) (INEGI, 2009). Entre los componentes florísticos más frecuentes se encuentran las leguminosas (*Lysolima divaricata*, *Conzattia multiflora*) y las burseras (*Bursera bipinnata*, *B. copallifera*), ambos elementos representan más del 80 % del total de especies que habitan estos ecosistemas.

Un instrumento que permite la conservación de los recursos biológicos del BTC es el ordenamiento del territorio. En México se promulgó el decreto de ordenamiento nacional en el año 2012. Actualmente, sólo 14 de las 32 entidades que componen el territorio nacional poseen un ordenamiento ecológico estatal (43.75 %), 23 poseen un ordenamiento municipal y/o forman parte de uno regional (71.875 %) y 5 no poseen ningún instrumento que defina el uso del suelo que poseen (15.625 %). Con este instrumento se protegen las áreas forestales ya que categoriza los usos de las regiones con base a su



vocación (SEMARNAT, 2013) y respalda las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.



**Figura 1. Mapa esquemático de la distribución geográfica del bosque tropical caducifolio en México (Fuente: Generación propia).**

La deforestación a nivel nacional muestra una tendencia creciente que repercute en la disminución de la superficie de los ecosistemas naturales. Entre 1976 y 1980 la pérdida forestal anual nacional fue de 160,000 ha/año (Masera *et al.*, 1997) y actualmente la media de la cubierta arbolada *per capita* nacional está por debajo de lo esperado: 0.5 ha, de las 0.7 ha recomendadas. Se estima que se transforman alrededor de 50 000 ha de vegetación semiárida por año (Challenger, 1998). La tasa de deforestación que impera a nivel nacional con respecto a las selvas secas se ubica entre el 1.4 y el 2 por ciento (Masera, *et al.*, 1997; Trejo y Dirzo, 2000). A este paso los analistas pronostican que para la década comprendida entre el 2040 y el 2050 muchos de los recursos que se encuentran en las selvas secas se habrán consumido (Serrano, 2002).

### **Condiciones ambientales para la germinación**

La germinación es un proceso que requiere de una serie de condiciones ambientales para llevarse a cabo. Además la semilla debe encontrarse en estado de quiescencia. Así, pueden existir condiciones ambientales ideales tales como la humedad, temperatura, oxígeno y luz, pero si la semilla presenta latencia la germinación no ocurrirá.

El estado de latencia es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. La latencia se establece durante la formación de la semilla y posee una importante función que consiste en restringir la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula. Es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia, que va desde la latencia “total, en la cual la germinación no se produce bajo ninguna condición, pasando por intensidades intermedias, donde las semillas pueden germinar en un rango de condiciones ambientales estrecho (por ejemplo cuando se incubaba a cierta temperatura), hasta el extremo donde no hay latencia y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales (Varela y Arana, 2011).

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas, con el año de cosecha y varía incluso dentro de un mismo lote de semillas, de manera que en condiciones naturales, la emergencia de las plántulas ocurre en “pulsos” en un rango de espacio y tiempo, lo que favorece el desarrollo de los nuevos individuos en ambientes ligeramente distintos, contribuyendo así las posibilidades de regeneración y supervivencia de la especie. La latencia restante (Varela, 2011), puede clasificarse en:

a) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena:

Latencia física. El embrión está encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.

Latencia mecánica. Las cubiertas duras de la semilla impiden la expansión del embrión durante la germinación.

Cuando tienen inhibidores en la testa, bien se puede clasificarse como latencia química, la cual consiste en la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación en las cubiertas de las semillas.

Latencia morfológica o endógena: El embrión no concluye su formación y su desarrollo se completa después de la dispersión. Dentro de esta categoría hay dos grupos:

Embriones rudimentarios. El embrión se encuentra en etapa de proembrión y en el tejido de endospermo existen inhibidores químicos de la germinación que se vuelven activos con altas temperaturas.

Embriones no desarrollados. Los embriones se encuentran desarrollados hasta la etapa de torpedo y su inmadurez impide la germinación.

- b) Latencia interna: En muchas especies la latencia es controlada en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo (Varela, 2011).

La latencia impone algunos inconvenientes como el retraso y la irregularidad en la germinación. Existen métodos artificiales que se utilizan para eliminar la latencia, entre los que se encuentran:

- a) Estratificación

Este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita en frío o calor (Patiño *et al.*, 1983).

- b) Escarificación

La escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases. Las cubiertas pueden ser lijadas, limadas o quebradas con un martillo o pinzas y el

tratamiento aplicado corresponde a una escarificación mecánica. Las semillas también pueden ser remojadas durante periodos de tiempo variable con compuestos químicos (Goor y Barney, 1976; Varela, 2011), o en agua para remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta (Patiño *et al.*, 1983).

c) Hormonas y otros estimulantes químicos

Existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) y citokininas, entre otros. Este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de exposición, dependiendo de la especie de la que se trate (Varela, 2011).

Según Hartmann y Kester (1995), la germinación requiere que la semilla sea viable y que estén presentes las condiciones ambientales favorables para la germinación y, en caso de presentarse, eliminar la latencia.

### **Importancia de las especies estudiadas**

Varias de las especies aquí estudiadas se emplean en la industria de la construcción y de la ebanistería. En *Ceiba pentandra* se extrae la fibra algodonosa que rodea a la semilla, conocida como miraguano o kapok que se utiliza para la elaboración de almohadas (Figura 2), peluches orgánicos, salvavidas de bajo peso y prendas finas, entre otros usos (Lascurain *et al.*, 2010). En cuanto a las hojas, se recomienda para los trastornos digestivos y como purgante, mientras que la corteza de la planta fermentada se usa en baños para casos de insolación. De manera general, interviene en el tratamiento de la debilidad, dermatitis, los espasmos y las mordeduras de víbora, así como diurético (UNAM, 2009). En cuanto al uso que tienen las semillas, se extrae en Asia un aceite amarillo con buen olor y sabor que se emplea para cocinar, hacer jabón, como lubricante y como suplemento alimenticio para animales. También se ha evaluado su potencial como biocombustible y como solvente en la producción de pinturas (Mari, 2015).



**Figura 2. (Izq) Algodoncillo del género *Ceiba*, denominado comercialmente miraguano natural o kapok. (Der) Almohada de algodón orgánico, cortesía de ecocrianza (Ecocrianza, 2016).**

Rodríguez (2009) indica que en el municipio de La Unión de Isidoro Montes de Oca, Gro., *Enterolobium cyclocarpum* se emplea en la industria del mueble, pero la madera se obtiene de forma clandestina. La madera de esta especie suele emplearse para la elaboración de artesanías, canoas, carpintería, carretas, construcciones rurales, chapa, decoración de interiores, duela, ebanistería, embarcaciones, lambrín, madera aserrada, muebles, paneles, postes, ruedas de carretas, triplay y utensilios de cocina (Robles, 1978; Guridi, 1980; Pennington y Sarukhán, 2005; Silva, 2008; Román et al., 2011).

*Acacia farnesiana*, es una especie forrajera y forma parte del grupo de las leguminosas, que son plantas que tienen un papel importante en la alimentación del ganado debido a su alto contenido proteico, el cual se fundamenta en la composición de sus aminoácidos constitutivos. Estos recursos han resuelto las restricciones de alimento en épocas críticas de sequía (Hermosillo et al., 2008). A este respecto, las leguminosas se han destacado como un sustituto eficaz a la proteína animal (Famurewa y Raji, 2005). Frecuentemente, el follaje y las vainas se aprovechan para alimentar el ganado bovino y caprino de las regiones áridas de México (Velázquez et al., 2005; Velázquez et al., 2011).

El contenido de taninos en hojas, corteza y fruto en el huizache lo convierte en una opción para su empleo en la industria de la curtiduría. (Ephraim et al., 2005)

El huizache es un recurso vegetal de amplia biodisponibilidad que no ha sido totalmente aprovechado, que podría ser una opción de bajo costo para alimentar ganado en épocas críticas.

Los retoños y flores de *Erythrina americana* son comestibles, las plantas de esta especie suelen cultivarse como ornamentales en parques y jardines, su madera se emplea en la elaboración de artesanías como máscaras para danzantes en ceremonias religiosas (Brito, 2005). Las semillas se usan en joyería artesanal (García-Mateos *et al.*, 2001).

*Leucaena leucocephala*, se emplea para obtener aceites esenciales aromáticos, sus semillas se utilizan para elaborar collares artesanales y obtener colorantes textiles, su madera se emplea en la construcción rural y como leña y carbón los cuales son de excelente calidad. Los frutos de *Leucaena leucocephala* son muy apreciados por su alto contenido en vitamina A y proteínas (46%), se emplea como forraje y alimento humano. Las semillas maduras son empleadas como sustituto de café. (CONAFOR, 2001).

*Lysiloma acapulcensis*, se emplea como combustible, postes para cercos y construcción así como forraje (Boyás *et al.*, 1993).

*Pithecellobium dulce*, es forrajero, los frutos son comestibles, se emplea como abono verde, medicinal, controla la erosión y mantiene la fertilidad del suelo (Krisnamurthy y Ávila, 1999).

El fruto de *Prosopis laevigata* es forrajero y también se utiliza para consumo humano, es consumido como fruto fresco, una vez seco, se obtiene un polvo farináceo que se consume como pinole o se emplea para elaborar dulces compactos como el piloncillo. La madera de mezquite es muy apreciada para la fabricación de muebles, parquet y artesanías, también se emplea como leña. La goma de color ámbar que exuda el mezquite, parecida a la goma arábica, se utiliza para afecciones de la garganta y la goma oscura es astringente, por el tanino que contiene y se utiliza para la fabricación de tintas. El follaje, goma y corteza se emplean como antiséptico y emoliente, así como contra la disentería y diarrea (Borrayo, 2002).

La madera de *Sapindus saponaria* se emplea para construcciones rurales, leña y para la fabricación de herramientas y postes. La pulpa de los frutos contiene gran cantidad (30%) de saponinas. Al estrujar los frutos estos hacen espuma que antes se usaba como jabón para lavar ropa. También tiene

uso en la perfumería y farmacia (tinturas y emplastos). De la almendra se extrae un aceite que puede quemarse para alumbrado. El cocimiento de la corteza se puede usar como sudorífico y diurético. Las semillas molidas han servido para pescar, y como insecticidas. Debido a su dureza, se han usado en artesanías para hacer collares, rosarios y canicas. .

## **HIPÓTESIS**

Debido a la marcada estacionalidad de los BTC, el germoplasma de las diez especies estudiadas aquí distribuidas en este ambiente, distribuidas en este ambiente, no presentarán latencia y se encontrarán en espera de una humedad apropiada para iniciar la germinación

## **OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar la germinación y desarrollo plantular de diez especies del bosque tropical caducifolio (BTC) en condiciones de invernadero.

## **OBJETIVOS PARTICULARES:**

1. Determinar el porcentaje de germinación de *Agave karwinskii*, *Acacia farnesiana*, *Ceiba aesculifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina americana*, *Leucaena esculenta*, *Lysiloma acapulcensis*, *Pithecellobium dulce*, *Prosopis laevigata* y *Sapindus saponaria*
2. Detectar presencia y tipo de latencia en las especies a estudiar.
3. Caracterizar el desarrollo plantular en diez especies de BTC.
4. Evaluar el porcentaje de supervivencia plantular de las especies a estudiar en tres sustratos distintos

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Material biológico**

El germoplasma se recolectó en Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca. Los sitios de recolecta se definieron en un área cercana a la localidad denominada "La Pila", cuyas coordenadas UTM son: 755609.58 m E 1816903.80 m N, al norte de la localidad Mengolí de Morelos (Figura 3).



**Figura 3. Sitio de recolecta del germoplasma, en Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca.**

El germoplasma maduro se recolectó de plantas en pie. La madurez fue verificada a través del contenido de humedad y el cambio de coloración. Para el caso de ejemplares de más de tres metros de altura, los frutos se recolectaron con ayuda de una garrucha aérea y de pinzas de podar. Se muestrearon en promedio cinco plantas por especie. Los frutos dehiscentes recolectados fueron colocados en sacos de manta en un lugar sombreado y ventilado en donde se guardaron temporalmente para que se llevara a cabo la dispersión de semillas. En el caso de *Agave karwinskii* se esperó a que los frutos abrieran naturalmente y posteriormente fueron golpeados con suavidad para extraer la totalidad de las semillas.

El beneficio en frutos indehiscentes se realizó manualmente. Las semillas fueron extraídas y secadas durante 12 horas, envasadas en frascos de vidrio color ámbar y fueron etiquetados con datos de la especie, procedencia, fecha de recolecta y nombre del recolector. Los frascos se guardaron en un lugar seco y sombreado. Los frutos deformes, plagados o con señales de enfermedad fueron descartados.



### **Prueba de germinación**

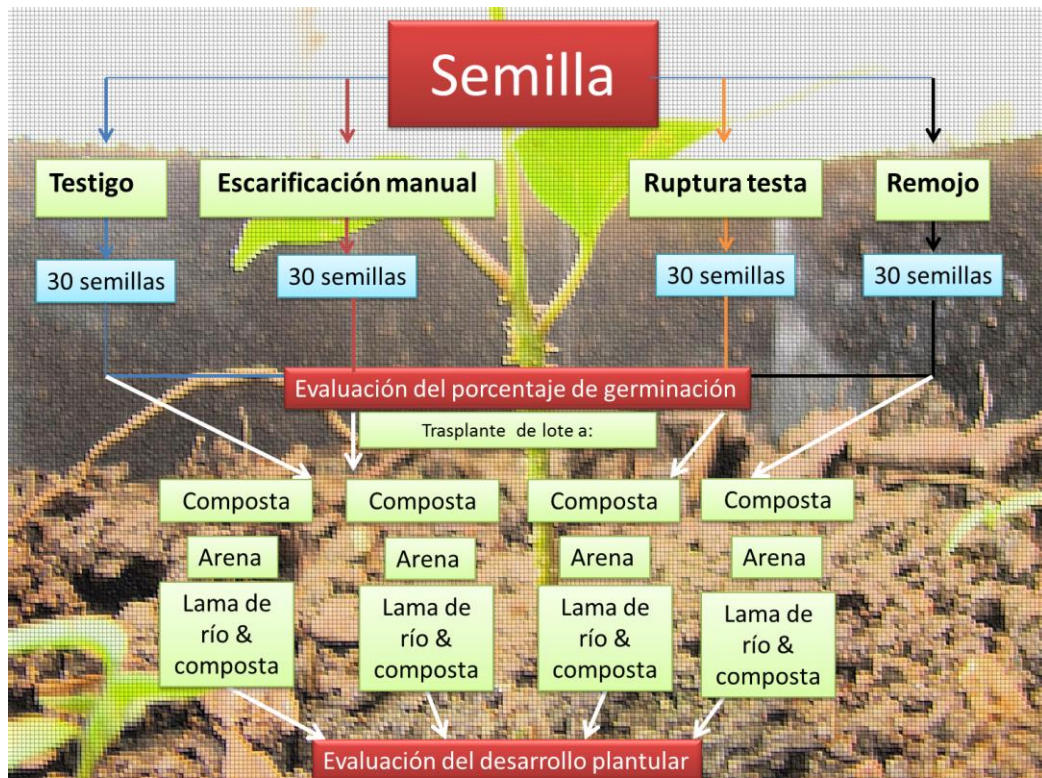
Para la prueba de germinación se emplearon 30 semillas de cada una de las diez especies estudiadas. La prueba de germinación se realizó con una repetición. Las semillas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 10 por ciento durante 20 minutos. Después se enjuagaron tres veces con agua potable para eliminar los residuos de cloro.

En charolas de plástico transparentes con tapa, se colocó en la base una porción de 1 cm de algodón esterilizado y sobre éste, se puso una lámina de papel filtro. Encima del papel filtro, se acomodaron las semillas desinfectadas. La humedad de las charolas se verificó diariamente a través de inspección visual. El riego se efectuó con agua potable vertida con un aspersor común.

Las charolas se colocaron en un invernadero *in situ* en la localidad de Miahuatlán. La germinación fue evaluada con la emergencia de la radícula. La respuesta germinativa fue relacionada con el tiempo a través de una curva de germinación acumulada. Se consideró concluido el proceso cuando la curva se volvió asíntota. El porcentaje de germinación se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Total de semillas germinadas (testigo + repetición)}}{60} \times 100$$

Las semillas fueron tratadas como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4. Pretratamientos germinativos para cada una de las especies**

### **Detección de latencia**

Para conocer si las semillas presentaban latencia, se formaron lotes de 30 semillas para cada una de las especies. Se experimentó con tres pretratamientos. El primero consistió en una escarificación manual, que consistió en lijar la cubierta de la semilla. En el segundo tratamiento se rompió y quitó la testa. El tercer tratamiento se basó en un remojo de las semillas con agua caliente durante cinco minutos, aproximadamente a 85 °C.

Las semillas fueron colocadas en charolas de plástico transparente, con una capa de algodón y papel filtro. La humedad se revisó diariamente y la germinación fue evaluada con la emergencia de la radícula. Cada uno de los pretratamientos se aplicó a todas las especies, con una repetición.

Los datos obtenidos de la germinación de los diferentes tratamientos fueron graficados y comparados con la curva de germinación acumulada por especie. El porcentaje de germinación de cada uno de los pretratamientos se obtuvo con la misma fórmula empleada para la prueba de germinación.

## **Desarrollo plantular**

Se eligieron cinco germinados de cada especie (al azar) que fueron plantadas en bolsas de plástico de 40\*45 cm, las cuales se llenaron con tres tipos de sustratos y fueron regadas diariamente.

El primer sustrato estuvo compuesto por composta al 100 por ciento, la cual fue producida en el vivero. El segundo fue de arena de río (al 100%) y, el tercero consistió en lama de río con composta.

Durante 15 días se registraron las estructuras que emergieron del embrión y se indicó si se trató de un desarrollo plantular epigeo o hipogeo. El desarrollo de la plántula se determinó con la formación del primer fitómero o la senescencia de los cotiledones en el desarrollo epigeo (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Para cada especie se hizo una relación del desarrollo de las estructuras plantulares en relación con el tiempo.

Se verificó que los datos obtenidos de germinación y de desarrollo plantular tuvieran distribuciones normales a través de la visualización de histogramas. Cuando no cumplieron con la condición de normalidad se aplicaron transformaciones no lineales. Los datos se analizaron con diagramas de caja y bigote para conocer la distribución de los datos, la media aritmética y definir si había diferencias significativas en el crecimiento plantular de las especies estudiadas en relación con los sustratos así como entre cada tratamiento utilizado. De igual manera se utilizó el análisis estadístico ANOVA para saber si existían diferencias significativas.

## **RESULTADOS**

### **Porcentaje de germinación**

En el cuadro 1 se observan los porcentajes de germinación obtenidos en las diez especies estudiadas incluyendo los de los tratamientos pregerminativos. Los porcentajes de germinación más altos se obtuvieron en *Acacia farnesiana* (86.7 %), *Leucaena esculenta* (80 %) y *Lysiloma acapulcensis* (76.7 %) y los porcentajes más bajos de germinación se obtuvieron en *Agave karwinskii* (0 %), *Ceiba aesculifolia* (13.3 %) y *Sapindus saponaria* (6.7 %).

Las especies que incrementaron el porcentaje de germinación a través de un pretratamiento germinativo fueron *Enterolobium cyclocarpum* que pasó

de un porcentaje de 33.3 a 83.3 por ciento. *Ceiba aesculifolia* incrementó su porcentaje de 13.3 a 73.3 por ciento. Así mismo, *Prosopis laevigata* aumentó su porcentaje de 33.3 a 86.7 por ciento, al igual que *Agave karwinskii* que cambió de 0 a un 83.3 por ciento.

En *Acacia farnesiana* los porcentajes de germinación del lote testigo y de los tratamientos pregerminativos fueron similares (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Porcentaje de germinación por especie**

Nombre-científico	Nombre común	Escarificación manual de la testa %	Ruptura manual de la testa %	Remojo en agua caliente por 5 minutos %	Testigo %
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	86.7	80	73.3	86.7
<i>Agave karwinskii</i>	Cuishe	16.7	83.3	3.3	0.0
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochotla	73.3	70	20	13.3
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	83.3	73.3	83.3	33.3
<i>Erythrina americana</i>	Zompantle	20.0	26.7	33.3	40.0
<i>Leucaena esculenta</i>	Guaje	53.3	86.7	53.3	80.0
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepehuage	83.3	60.0	80.0	76.7
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	83.3	66.7	53.3	53.3
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	63.3	73.3	86.7	33.3
<i>Sapindus saponaria</i>	Pipe	3.3	96.7	56.7	6.7

En la Figura 5, se muestran los resultados del desarrollo plantular durante 15 días posteriores a la siembra del germoplasma. Para el caso de *Ceiba aesculifolia* el mejor resultado se obtuvo al escarificar manualmente la semilla mientras que el testigo fue el que presentó menor cantidad de semillas germinadas (Figura 5 y Cuadro 1) la germinación inició desde el tercer día en el lote testigo y concluyó el día 13, mientras que en el resto de los tres tratamientos inició el segundo día y finalizó el día 12. *Enterolobium cyclocarpum* obtuvo el mayor porcentaje de germinación (83.3%) con el tratamiento de remojo y con la escarificación mecánica. Con el tratamiento de

escaldado, la germinación inició el segundo día después de la siembra y concluyó el día 12, como en el caso del testigo, mientras que con los tratamientos de ruptura de la testa y remojo, la germinación comenzó el primer día y terminó en el día 14.

En *Erythrina americana*, la mayor germinación, se obtuvo con el testigo, es decir hasta 40% (cuadro 1) y la menor con la escarificación de la semilla. La germinación inició al segundo día en el caso del testigo, y al día 14 con el tratamiento de la escarificación de la ruptura de la testa. En *Leucaena esculenta* la mayor germinación se presentó en el testigo y con la ruptura de la testa, y las menores fueron con el remojo y la escarificación manual. En esta especie se obtuvieron resultados de germinación a partir del segundo día en todos los tratamientos, concluyendo en el día 13. *Lysiloma acapulcense* presenta valores de germinación similares con los tres tratamientos y el testigo, aunque la escarificación manual superó a los demás tratamientos, la germinación en el testigo inició el día cuatro y concluyó el día 14, para el resto de los tratamientos inició a partir del segundo día y terminó el día 14.

En *Sapindus saponaria*, el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con el tratamiento de la ruptura de la testa y los menores se obtuvieron con la escarificación manual (3.3 por ciento) y con el testigo (6.6 por ciento). La germinación del testigo inició a los 14 días y en la escarificación manual a los 12 días concluyendo en el día 15, por su parte, con la ruptura de la testa y con el remojo la germinación inició el día 2 y concluyeron en el día 13.



Figura 5. Curvas de germinación de las 10 especies estudiadas del BTC.

Para *Agave karwinskii*, el mayor porcentaje de germinación (83.3 %) se alcanzó con el tratamiento de ruptura de la testa, la germinación inició el día dos con el tratamiento de ruptura de la testa, el día cinco con escarificación y el día 12 con el remojo y concluyó el día 15 (Figura 5 y Cuadro 1).

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en *Acacia farnesiana* ni en *Lysiloma acapulcensis* a un nivel del 95.0% de confianza (cuadro 2).

En *Ceiba aesculifolia* hubo diferencias significativas entre el tratamiento de escarificación manual de la testa y el remojo en agua caliente por 5 minutos y el testigo. También se presentaron diferencias entre la ruptura manual de la testa y el testigo y finalmente entre el remojo en agua caliente por 5 minutos y la escarificación manual de la testa (cuadro 2).

En *Enterolobium cyclocarpum*, las diferencias significativas se encuentran entre la escarificación manual de la testa, la ruptura manual de la testa, el remojo en agua caliente por 5 minutos contra el testigo (Cuadro 2).

En *Erythrina americana* y *Pithecellobium dulce* las diferencias significativas están entre la escarificación manual de la testa contra el remojo en agua caliente por 5 minutos, la ruptura manual de la testa así como con el testigo. Por su parte *Leucaena esculenta* solamente presenta diferencia significativa entre la escarificación manual de la testa contra el testigo (Cuadro 2).

Las especies en donde hubo un mayor número de diferencias significativas con respecto a los tratamientos utilizados fueron *Prosopis laevigata*, *Sapindus saponaria* y *Agave karwinskii*. En *Prosopis laevigata* hay diferencia significativa entre la escarificación manual de la testa contra el remojo en agua caliente por 5 minutos y el testigo. En la ruptura manual de la testa contra el testigo y finalmente en el remojo de agua caliente por 5 minutos contra la ruptura manual de la testa y el testigo (Cuadro 2).

Para *Sapindus saponaria* las diferencias están entre la escarificación manual de la testa contra el remojo en agua caliente por 5 minutos y la ruptura manual de la testa. Así mismo entre la ruptura manual de la testa y el testigo y finalmente entre el remojo en agua caliente contra el testigo (Cuadro 2).

Por último, *Agave karwinskii* presenta diferencias significativas entre la escarificación manual de la testa contra el remojo en agua caliente por 5 minutos, la ruptura manual de la testa y el testigo. También hay diferencias significativas entre la ruptura manual de la testa y el testigo. En último lugar el remojo en agua caliente por 5 minutos presentó diferencias significativas contra la ruptura manual de la testa y el testigo (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Diferencias estadísticas obtenidas entre la germinación con diferentes tratamientos para cada una de las especies.**

Nombre científico	Nombre común	Tratamientos analizados por el ANOVA			
		a	b	c	d
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache				
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochotla	c,d	d	b	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	d	d	d	
<i>Erythrina americana</i>	Zompantle	b,c,d			
<i>Leucaena esculenta</i>	Guaje	d			
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepehuage				
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	d			
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	c, d	d	b, d	
<i>Sapindus saponaria</i>	Pipe	c, b	d	d	
<i>Agave karwinskii</i>	Cuishe	b, c, d	d	b, d	

- a) Escarificación manual de la testa
- b) Ruptura manual de la testa
- c) Remojo en agua caliente por 5 minutos
- d) Testigo

En aquellas casillas vacías no se encontraron diferencias significativas mientras que en las letras que se repiten sí se encontraron diferencias significativas.

### Latencia

Con base en el Cuadro 2 se puede establecer aquellas especies que presentan latencia. Así, *Acacia farnesiana* y *Leucaena esculenta* no presentan latencia. El resto de las especies presentan latencia ya que hay diferencia significativa entre tratamientos con respecto al testigo (d).

Las especies que incrementaron el porcentaje de germinación después de aplicar un tratamiento germinativo fueron *Ceiba aesculifolia* (de 13.3% a 73.3%), *Enterolobium cyclocarpum* (de 33% a 83.3%), *Leucaena esculenta* (de 80% a 86%), *Lysiloma acapulcensis* (de 76.7% a 83.3%), *Pithecellobium dulce* (de 53.3% a 83.3%), *Prosopis laevigata* (de 33.3% a 86.7%), *Sapindus saponaria* (de 6.7% a 96.7%), y *Agave Karwinskii* (de 0% a 83.3%). La latencia que presentaron estas especies fue debida a la cubierta seminal.

### Caracterización plantular

En el Cuadro 3 se concentra la información sobre el desarrollo plantular por especie. Las características de las estructuras plantulares por especie



están esquematizadas en las figuras 6 a la 15, mientras que la figura 16 resume el crecimiento de las especies en relación con los diferentes sustratos.

**Cuadro 3. Caracterización plantular de las especies**

Especie	Tipo de desarrollo plantular	Hipocótilo	Cotiledones	Hojas
<b><i>Acacia farnesiana</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge a los 4 días después de la germinación, erecto, circular de 2.0 a 2.7 cm. de longitud, glabro.	Carnosos de aproximadamente 1 a 1.5 cm de longitud, de color verde. Ápice redondeado, opuestos y base curvada	Compuesta de 4 a 6 pares de pinnas, color verde claro, de no más de 0.5 cm de largo
<b><i>Agave karwinskii</i></b>	Criptocotilar hipogea	Emerge a los 5 días después de la germinación, curvado, verde claro, 2.5 cm de largo	Uno, color verde oscuro a pardo cenizo, de no más de 1 cm de largo.	Una, acicular, color verde cenizo de no más de 4 cm de largo
<b><i>Ceiba aesculifolia</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge a los 3 días después de la germinación, erecto, circular de 2.5 a 3 cm de largo, glabro.	Foliáceos, opuestos, bien desarrollados, verde oscuro, 1.1 cm de largo, ápice redondeado, opuestos y base curvada	Digitado-compuestas agrupadas alternamente, con 5 a 7 folíolos sésiles
<b><i>Enterolobium cyclocarpum</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge a los 3 días después de la germinación, erecto, de 3 a 5 cm de largo, glabro.	De hasta 3 cm de largo, carnosos, verde claro, ápice redondeado, opuestos y base curvada.	Hojas bipinnadas con 4 a 15 pares de pinnas opuestas, de 5 a 8 cm de largo, folíolos numerosos (10 a 20 pares por pinna) verde brillante, plegadas durante la noche.

Especie	Tipo de desarrollo plantular	Hipocótilo	Cotiledones	Hojas
<b><i>Erythrina Americana</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge entre los 2 y 3 días, erecto circular, glabrescente, 0.5- 0.7 cm. de largo, anillado apicalmente	Carnosos de 2.5 cm de largo, ápice redondeado, opuestos y base. curvada	Bifoliadas cuando recién aparecen, alternas, peciolo 2 cm de largo 2 cm.
<b><i>Leucaena esculenta</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge entre los 3 ó 4 días posteriores a la germinación, 1 cm, recto, verde pálido, ensanchado desde la base.	Verdes claro, opuestos, 0.7 a 1.1 cm de largo. Un tanto carnosos. Ápice redondeado, opuestos y base curvada	13 a 15 pares de pinnas, verde claro, 3 cm de largo.
<b><i>Lysiloma acapulcense</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge entre el día 3 y 5 posteriores a la germinación, hipocótilo entre 1 y 2.3 cm de alto, recto, verde, ensanchado de manera homogénea desde la base.	Verde claro, ápice redondeado, opuestos base curvada, de 0.9 a 1.2 cm de alto, carnosos-	Compuestas de 6 a 9 pares de pinnas, verde claro, de hasta de 2 cm de largo.
<b><i>Pithecellobium dulce</i></b>	Criptocotilar hipogea	Emerge a los 6 días después de la germinación, recto, verde opaco, de hasta 1 cm de alto.	Verde oscuro, de hasta 1 cm de largo.	Compuestas con 4 foliolos, 2.5 cm de largo, rosado-rojizas, peciolo corto.
<b><i>Prosopis laevigata</i></b>	Fanerocotilar epigea	Emerge entre el día 3 y 5 posteriores a la germinación, 1 a 2.3 cm de largo, curvado, verde, ensanchado de manera	Verde opaco, ápice redondeado, opuestos, base oblicua 0.9 y 1.2 cm de largo, carnosos.	Compuestas, alternas bipinnadas, con 1 a 3 pares de pinnas, 12 a 25 pares de foliolos de 9 a 12 cm de largo, verde oscuro ,

Especie	Tipo de desarrollo plantular	Hipocótilo	Cotiledones	Hojas
		homogénea desde la base		con envés más claro
<b><i>Sapindus saponaria</i></b>	Fanerocotilar Hipogea	Curvado, 5-6 cm. de largo, ensanchado en la base, comprimido hacia el ápice, glabro.	Foliaceos, lámina ovado-elíptica, ápice redondeado, base ligeramente cordada,	Hojas alternas, simples, lámina lanceolada, elíptica, base y ápice agudos margen ligeramente aserrado.

La mayoría de las especies presentaron desarrollo fanerocotiledonar a excepción de *Pithecellobium dulce* y *Agave karwinskii*. El hipocótilo y los cotiledones son visibles en promedio a los 6 días. La forma de los cotiledones varía de oblonga a elíptica. La forma carnosa se encuentra en las especies *Acacia farnesiana*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina Americana*, *Leucaena esculenta*, *Lysiloma acapulcensis* y *Prosopis laevigata* y la foliacea en *Sapindus saponaria* y *Ceiba aesculifolia*. Las hojas verdaderas aparecen después de la emergencia del cotiledón, aproximadamente entre 1 y 5 días posteriores a la aparición de éste último.

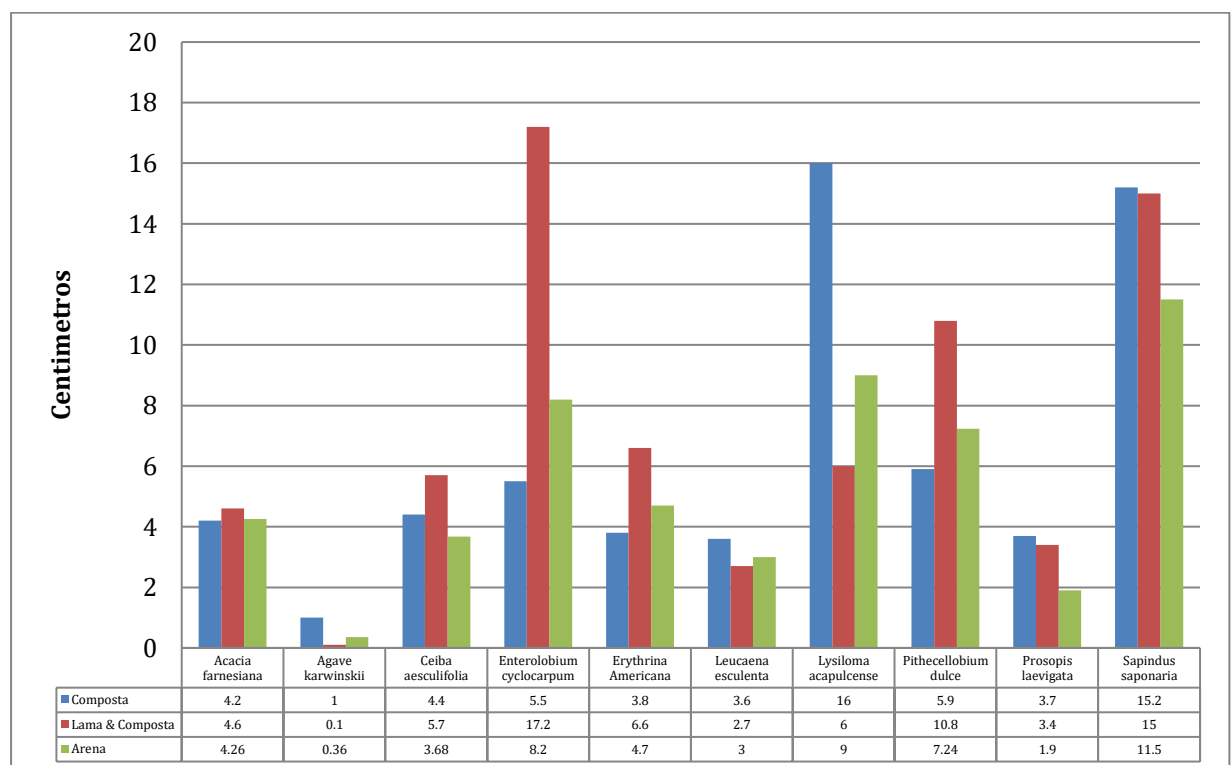
En *Acacia farnesiana* el crecimiento plantular no mostró diferencias estadísticas entre los sustratos utilizados y las medidas alcanzadas en cada sustrato se pueden ver reflejadas en el cuadro 4 y 5. El mejor resultado se obtuvo en el sustrato de lama y composta con 4.6 cm de altura, mientras que en composta y arena se alcanzó 4.2 cm en cada uno. En el caso de *Ceiba aesculifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina americana*, *Leucaena esculenta*, *Lysiloma acapulcensis*, *Pithecellobium dulce*, y *Agave karwinskii* hubo diferencias significativas entre la composta y lama y composta (cuadro 4 y cuadro 5), y se percibe claramente que las mayores alturas para *Ceiba aesculifolia* (5.7 cm), *Enterolobium cyclocarpum* (17.2 cm) y *Erythrina americana* (6.6 cm) se obtuvieron sobre lama y composta.

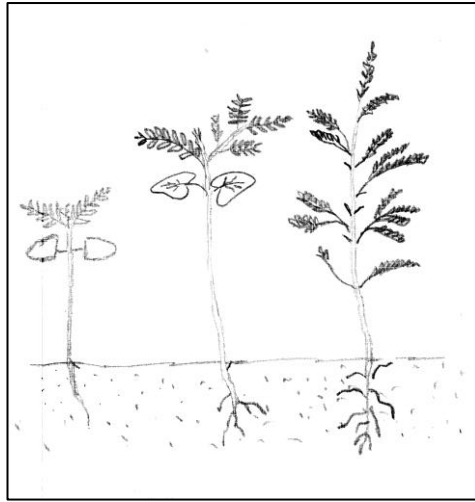
Por su parte, *Ceiba aesculifolia*, *Leucaena esculenta*, *Lysiloma acapulcensis*, *Sapindus saponaria* y *Agave karwinskii* presentaron diferencias

significativas en el estrato arena con composta y con lama y composta. Las longitudes de éstas especies se pueden apreciar en el cuadro 4, en el cual se observa que *Ceiba aesculifolia* obtuvo 4.4 cm de altura sobre la composta y 3.6 cm sobre arena. Por su parte, en *Leucaena esculenta* fue de 3.6 cm sobre composta, 2.7 cm en lama & composta y 3 cm en arena. En *Lysiloma acapulcensis* el valor más alto se obtuvo sobre la composta (16 cm) y el menor en lama & composta (6 cm), mientras que en arena la altura fue de 9 cm. En *Sapindus saponaria*, la altura de las plántulas fue de 15.2 cm en composta, 15 cm en lama y composta y 11.5 cm en arena. En *Agave karwinskii*, la mayor altura correspondió a la composta con 1 cm, mientras que en lama & composta alcanzó 0.1 cm y 0.36 cm en arena.

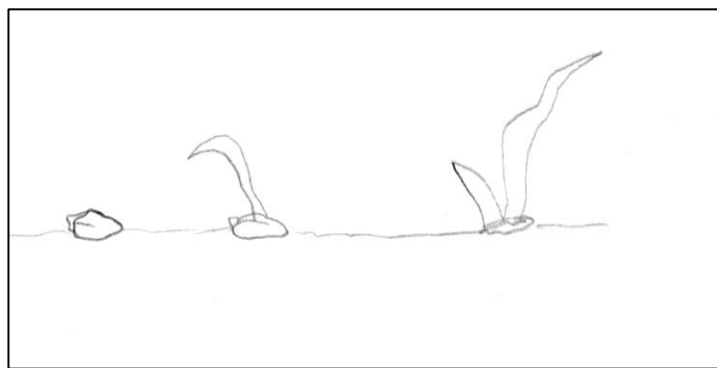
Por último, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis laevigata* presentaron diferencias significativas entre el sustrato de arena y composta (cuadro 4 y cuadro 5). La altura mayor para *Enterolobium cyclocarpum* fue de 5.5 cm en composta y 8.2 cm en arena, en *Pithecellobium dulce* la altura fue de 5.9 cm en composta y 7.24 cm en arena. En *Prosopis laevigata* se alcanzó una altura de 3.7 cm en composta y 1.9 cm en arena.

**Cuadro 4. Altura de las especies en relación con los distintos sustratos a los 15 días después de la germinación.**

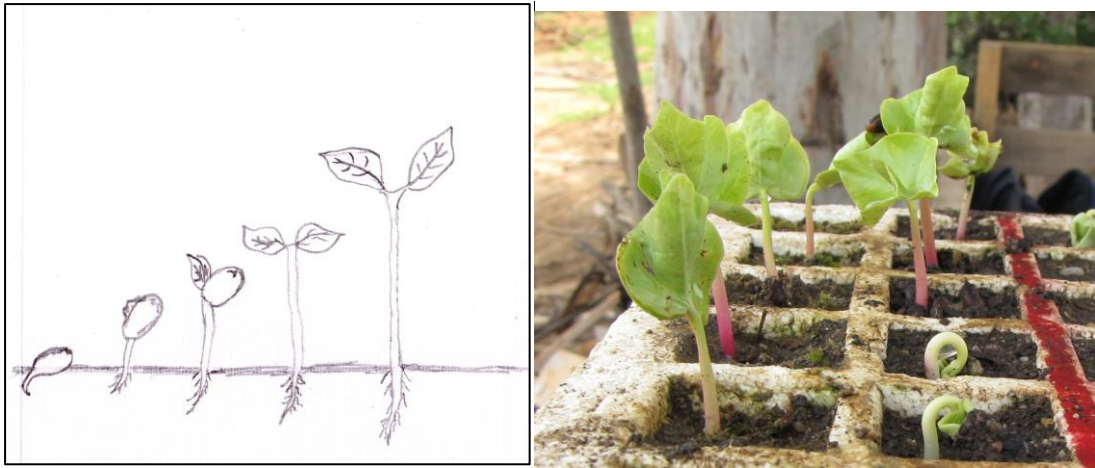




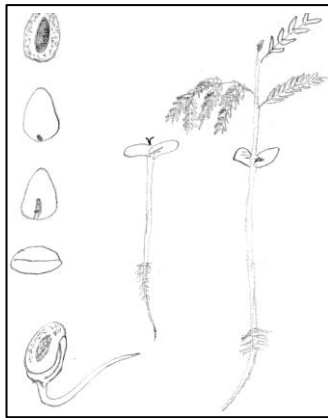
**Figura 6. Desarrollo temprano de *Acacia farnesiana***



**Figura 7. Desarrollo temprano de *Agave karwinskii***



**Figura 8. Desarrollo temprano de *Ceiba aesculifolia***



**Figura 9. Desarrollo temprano de *Enterolobium cyclocarpum***

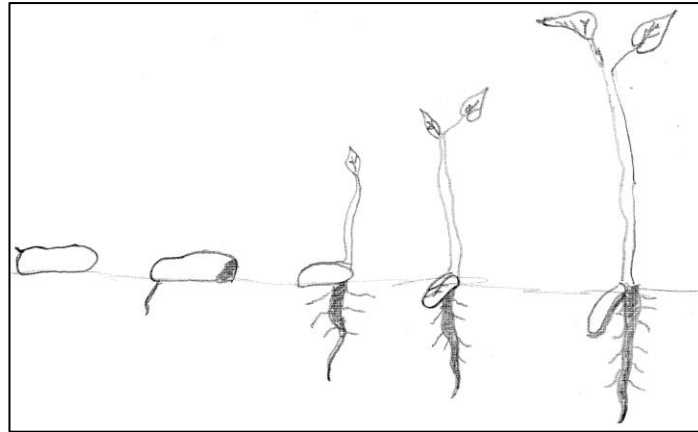


Figura 10. Desarrollo temprano de *Erythrina americana*

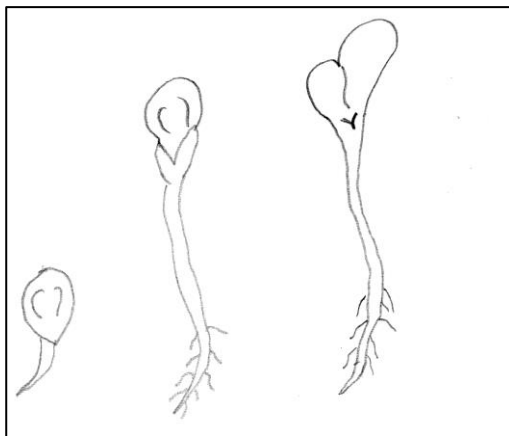


Figura 11. Desarrollo temprano de *Leucaena esculenta*

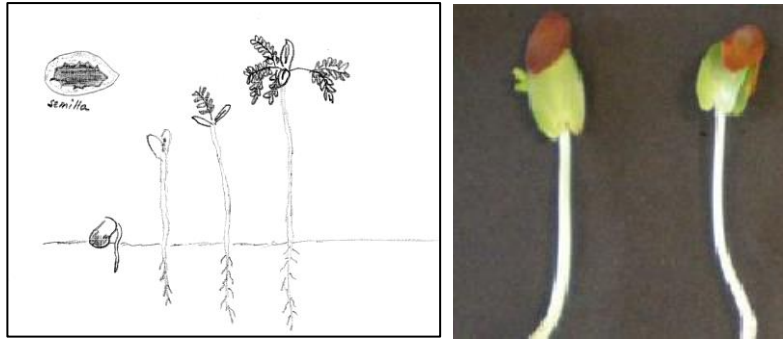


Figura 12. Desarrollo temprano de *Lysiloma acapulcensis*

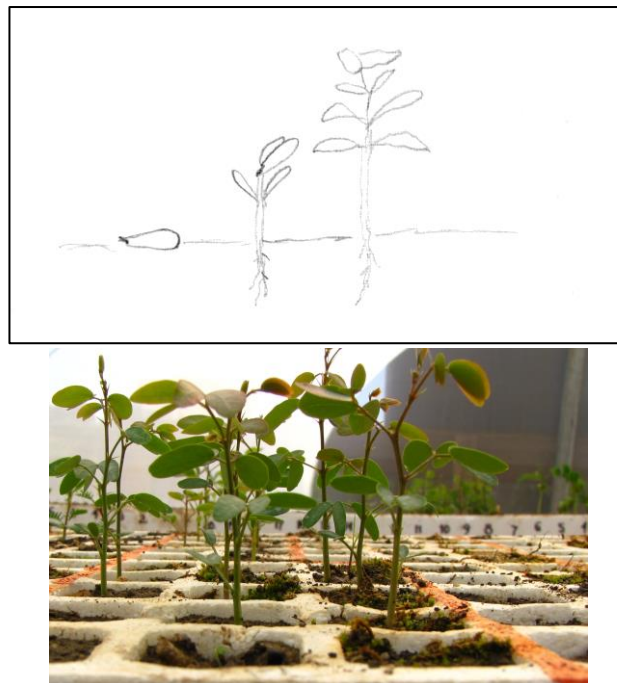


Figura 13. Desarrollo temprano de *Pithecellobium dulce*



Figura 14. Desarrollo temprano de *Prosopis laevigata*





**Figura 15. Desarrollo temprano de *Sapindus saponaria***

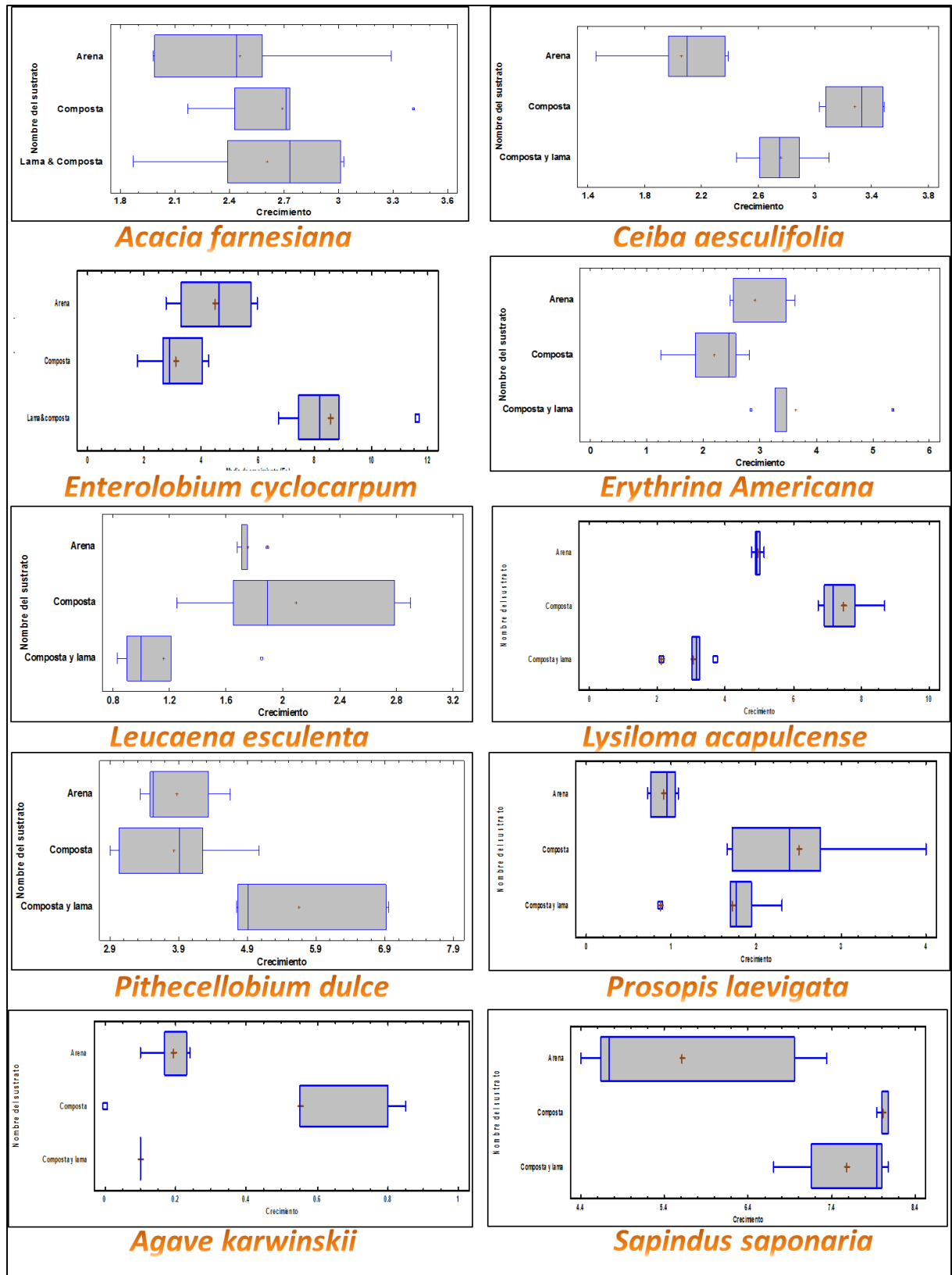


Figura 16. Crecimiento temprano en relación con diferentes sustratos de las 10 especies

**Cuadro 5. Diferencias significativas de crecimiento entre diferentes sustratos utilizados**

Nombre científico	Nombre común	Sustrato analizados por el ANOVA		
		Arena	Composta	Composta y lama
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	x	x	x
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochotla	B,C	C	x
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	C	C	x
<i>Erythrina americana</i>	Zompantle	x	C	x
<i>Leucaena esculenta</i>	Guaje	B, C	C	x
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepehuage	B, C	C	x
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	C	C	x
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	B	x	x
<i>Sapindus saponaria</i>	Pipe	B, C	x	x
<i>Agave karwinskii</i>	Cuishe	B, C	C	x

Dónde: Arena= A Composta=B Composta y lama=C; x= Sin diferencia significativa

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La mayoría de las especies estudiadas aquí presentan latencia seminal, lo que significa que las semillas una vez maduras y listas para la dispersión, no germinan inmediatamente ya que no están quiescentes. El BTC se caracteriza por tener una época de sequía bien definida, la falta de agua restringe la germinación ya que al carecer de humedad no se activa el proceso de imbibición (Doria, 2010).

Un mecanismo que suelen desarrollar las semillas para permanecer por períodos prolongados en el banco de semillas del suelo es la cubierta dura y hasta impermeable al agua y gases (Doria, 2010). Esta característica fue observada en *Agave karwinskii*, *Ceiba aesculifolia*, *Leucaena esculenta*, *Pithecellobium dulce* y *Sapindus saponaria*.

CONABIO (2000) y Ledesma *et al.*, (1993), encuentran valores similares de germinación, para *Ceiba* a los arrojados en este estudio. Las diferencias significativas entre tratamientos en esta especie, indican presencia de latencia debida a cubierta, misma que fue ablandada con los tratamientos de escarificación y de ruptura manual. Molina (2011) reporta para *Erythrina americana* 36 por ciento de germinación que es similar a este estudio con el tratamiento de remojo en agua. En el caso de *Prosopis laevigata*, CONAFOR (2001), reporta valores similares (80-90 por ciento) cuando se rompe o retira la cubierta de la semilla.

Cuando la semilla tiene la testa dura y gruesa, dificulta la absorción de agua y por consiguiente el inicio del proceso de germinación. Si existe poca agua en el ambiente como la producida por una lluvia ligera y su permanencia en la matriz edáfica es temporal, no se produce ablandamiento o hidratación de la cubierta y se bloquea la germinación. En cambio, un remojo prolongado conlleva un ablandamiento de las cubiertas duras y además impermeables que imponen latencia. Por ello, en *Acacia farnesiana*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Lysiloma acapulcensis* y *Prosopis laevigata*, con este tratamiento se rompió la latencia debida a cubiertas duras.

CONAFOR (2001) indica que *Acacia farnesiana* presenta latencia debido a las cubiertas duras de sus semillas, por lo que recomienda un tratamiento de lijado. En el presente estudio, se obtuvieron porcentajes de germinación altos en todos los tratamientos incluido el testigo, lo que significa que esta especie no presenta latencia. CONAFOR (2001), reporta para *Enterolobium cyclocarpum* un incremento de la germinación cuando la cubierta de las semillas es desgastada por diversos tratamientos. Esta especie presenta un pleurograma en la cubierta seminal que se fractura lentamente con los cambios de temperatura y facilita la absorción de agua. Una forma de acelerar la imbibición es ablandar o romper la cubierta para que el agua sea absorbida uniformemente y a mayor velocidad.

La latencia es un proceso dinámico, en continuo cambio y constante respuesta a las condiciones variantes de un ambiente determinado. Así, es posible explicar que en especies como *Leucaena esculenta* con testa de textura leñosa y dura no siempre presenta el mismo porcentaje o nivel de latencia. Este proceso depende de la, procedencia, época y año de colecta.

Sánchez (2002), encontró que el tratamiento de remojo en agua caliente para *L. esculenta*, incrementa el porcentaje de germinación y en este estudio se obtuvieron los menores porcentajes con este tratamiento. De hecho, en esta investigación no fue detectada latencia debida a la cubierta. En *Lysiloma acapulcensis* no se detectó latencia, ya que no se encontraron diferencias significativas en la germinación entre el testigo y los tratamientos ensayados y al igual que en *Leucaena esculenta*, el porcentaje de germinación puede variar en función de la accesión. La germinación en esta especie puede alcanzar valores del 98.8 por ciento, como lo indica El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007) cuando se someten las semillas a escarificación mecánica.

El ablandamiento de la cubierta seminal facilita la penetración de agua y la hidratación del protoplasma de las semillas, se activan las mitocondrias y hormonas como las giberelinas que estimulan la producción de hidrolasas y con estas enzimas se inicia la degradación de sustancias almacenadas en los tejidos de almacenamiento. Se incrementa la respiración, se reparan las membranas plasmáticas y se reactiva la función de los meristemas primarios, en particular el meristemo radicular, cuyas células se elongan y emergen, constituyendo el final de la germinación e inicio del desarrollo plantular según Come (1982). Durante el proceso de deshidratación, el hilum puede favorecer el paso de los gases y a veces facilita la salida de la radícula, actúa como una válvula higroscópica permitiendo que la semilla retenga secos los cotiledones (Hyde, 1954; Leopold y Kriedemann, 1975; Rolston, 1978).

Las características de la testa en términos de dureza, grosor y color determinan el inicio de la germinación a través de la imbibición, pues es cuando se franquea la barrera externa (cubierta) y se continúa con el proceso de digestión enzimática hacia el interior de la semilla (Doria, 2010).

En el ambiente natural, la hidratación se lleva a cabo en la época de lluvias, misma que ocurre después de que muchas plantas han dispersado la semilla. Aquellas que no logran ser hidratadas para germinar permanecen en el suelo, en donde el intemperismo hará las veces de la escarificación mecánica, es decir, la disminución gradual del grosor de la testa se realizará por acción del viento, de la lluvia o cuando las semillas ruedan en alguna pendiente y las rocas "lijan" la testa. Por su parte el sol seca la testa y cuando

llega la temporada pluvial, la testa estará desgastada por los agentes de intemperismo y al humedecerla se aumentan las probabilidades de que emerja la plántula.

CONAFOR (2001) y CONABIO (2000), registraron para *Pithecellobium dulce* la ausencia de la latencia, sin embargo, en este estudio se encontró que estas semillas presentan latencia debida a cubierta. Cuando la cubierta fue desgastada a partir de escarificación manual se incrementó el porcentaje de germinación. Una variable que suele influir en la viabilidad y en la germinación es el origen de la semilla, en cuanto a si provienen del árbol en pie o del piso forestal donde están sucediendo procesos de escarificación húmeda y/o mecánica, conducentes al rompimiento de la latencia o bien a la pérdida de viabilidad por forrajeo de las semillas.

Bonilla (2007), encontró que en *Sapindus saponaria* la cubierta está formada por varias capas, la más externa lignificada y de color negro, regula el intercambio líquido y gaseoso a través del micrópilo, que es la región en donde no sellaron los tegumentos del óvulo y que después dieron origen a la testa. Por su naturaleza, el micrópilo representa una entrada de agua hacia el interior de la semilla y la ampliación del micrópilo con una escarificación aumenta el ingreso de agua. En ésta especie, uno de los problemas que se presentan para la germinación es el rompimiento de la testa de textura pétreo. Al desgastar la cubierta, la germinación se incrementa notablemente.

En las plántulas denominadas epigeas, los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo que es la porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones. Posteriormente, en los cotiledones se diferencian cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fueran hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo que es la porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas.

Con respecto al desarrollo plantular, *Sapindus saponaria*, *Pithecellobium dulce* y *Agave karwinskii* presentaron un desarrollo hipogeo y el resto de las especies estudiadas epigeo, lo que implica que los cotiledones desempeñan una valiosa función de fotosíntesis durante las primeras fases de crecimiento. La plántula pasa por un estado de transición durante el cual

produce algunos asimilados pero aún depende del desdoblamiento de las sustancias de reserva. En la medida que la plántula se fija firmemente en el suelo y gradualmente se independiza de los tejidos de reserva, ya exhaustos, se completa el proceso. De este modo, cuando la plántula comienza a absorber agua y a fotosintetizar en forma completamente autónoma, es posible afirmar que ha completado el proceso de germinación y se ha establecido convirtiéndose en un organismo autótrofo (CyTA, 2016).

## CONCLUSIONES

De las diez especies utilizadas en el presente estudio, ocho presentan latencia *Agave karwinskii*, *Ceiba aesculifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina americana*, *Lysiloma acapulcensis*, *Pithecellobium dulce*, *Prosopis laevigata* y *Sapindus saponaria*, mientras que *Acacia farnesiana* y *Leucaena esculenta* no la presentan. Esto indica que las estrategias de las especies del BTC para responder a la germinación son diversas. Así, la mayoría de las especies estudiadas aquí presentan latencia debida a cubierta y de esta manera bloquean la germinación en la estación seca de estos ambientes. Durante la temporada de lluvias, la cubierta de las semillas es remojada y ablandada, el agua es absorbida por las semillas y de esta forma inicia el proceso de germinación.

El patrón plantular dominante fue fanerocotilar epigea (*Acacia farnesiana*, *Ceiba aesculifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina Americana*, *Leucaena esculenta*, *Lysiloma acapulcensis* y *Prosopis laevigata*) mientras que *Sapindus saponaria* presentó un desarrollo plantular de tipo fanerocotilar hipogea y solamente *Agave karwinskii* y *Pithecellobium dulce* se desarrollaron de manera criptocotilar hipogea. La estrategia fanerocotilar epigea permite que las especies desplieguen y expongan sobre el suelo a los cotiledones para que fotosinteticen y pronto la plántula se torne autótrofa.

En relación con la ecofisiología de las especies estudiadas, existen datos para mencionar que las áreas que actualmente están representadas a nivel nacional con el BTC no solo enfrentan problemas de manejo, sino que a partir de los resultados, el desarrollo y permanencia de éste tipo de vegetación se dificulta aún más, debido a que la mayoría de las especies presentan

latencia, lo que retarda la germinación y con ello la revegetación con especies nativas.

Se espera que la información técnica del presente trabajo sirva de base en futuros proyectos restauradores del BTC de México, pues la labor de recuperar las áreas forestadas con este tipo de vegetación requiere de conocimiento preciso que este respaldado por trabajos con resultados veraces.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2ed. Barcelona, España: McGraw Hill Interamericana.
2. Bonilla C. (2007) .Morfoanatomía y respuesta fisiológica de las semillas de chambimbe a condiciones de crioconservación. *Acta Agronómica*, 56, 8.
3. Borrayo, R. (2002). Sustentabilidad y desarrollo económico. México, McGraw-Hill.
4. Boyás, D., Cervantes, S., Javelly, G., Linares, A., Solares, A., Soto, E., Naufal, T., Sandoval, C. (1993). Diagnóstico Forestal del Estado de Morelos. México, D.F., México: SAGAR, INIFAP, CIECE.
5. Brito, F. (2005). Zompante o colorín (*Erythrina americana Miller*). *Revista Tlahuimedica*. 20.
6. Camacho C. A (2013). Restauración forestal de campos abandonados en ambientes tropicales montanos al sur de México. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
7. Capilla G. W. (2011). Germinación y propagación de *Senna septemtrionalis* con fines de restauración ecológica del ANP del cerro del Punhuato. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia.
8. Challenger, A., y J. Soberón. (2008). Los ecosistemas terrestres. En (Capital natural de México, vol. I): Conocimiento actual de la biodiversidad. (pp. 87-108). México, D.F., México: CONABIO.
9. Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. México, D.F. México: Comisión Nacional para la Biodiversidad-Instituto de Biología UNAM Agrupación Sierra Madre.
10. Come, D. (1982). Germination. In Mazliak, P. (Ed). *Croissance et Développement. Hermann*, (pp. 129-225). Paris, Francia: Collection Méthodoes, Paris.
11. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1999). "Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO". Escala 1: 1 000 000. México, D.F., México: CONABIO.
12. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2000). Fichas de especies. Forestales. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/45-legum38m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/45-legum38m.pdf)> Consultado: 18 de agosto de 2014
13. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), (2001). Paquetes tecnológicos, Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx>:
14. CyTA. (2016). Germinación y plántula. Recuperado de <http://www.cyta.com.ar/semilla/germinacion/germinacion.htm> Consultado: 10 de septiembre de 2017
15. Dirzo, R. (1992). Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. En J. K Sarukhán y R. Dirzo (Eds.), México ante los retos de la biodiversidad (pp. 251-258). Ciudad de México, México: CONABIO.

16. Doria J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31, 74-85.
17. Dunson, W. A. y J. Travis (1991). The Role of Abiotic Factors in Community Organization, *Am. Nat.* 138:1067-1091.
18. Ecocrianza (2016). Recuperado <http://www.ecocrianza.com/index>. Consultado: 22 de marzo de 2016
19. Ephraim, E., A. Odenyo y M. Ashenafi. (2005). Isolation and characterization of tannin-degrading bacteria from faecal samples of some wild ruminants in Ethiopia. *Animal Feed Science and Technology*, 118 (3-4):243-253.
20. Famurewa J., A.V. y A.O. Raji. (2005). Parameters affecting milling qualities of undefatted soybeans (*Glycine max* L. Merrill) (1) Selected thermal treatment. *Int J Food Eng* 1:1.
21. García- Mateos, M., Soto, H. Vibrans, H. (2001). *Erythrina Americana* Miller ("Colorín" Fabaceae) a versatile resource from Mexico. *Economic Botany*, 55 (3): 391- 400.
22. Godínez-Álvarez, A., y A. Flores- Martínez. (1999). Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica*, 11:1-29.
23. González-Hernández, M.E. (2007). Establecimiento y crecimiento en sus primeras etapas de diez especies arbustivas nativas, en la microcuenca de Santa Rosa Jáuregui, Querétaro. Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Querétaro, México.
24. Goor, A. y Barney, C. (1976). *Forest tree planting in arid zones* 2nd ed. New York. USA: The Ronald Press.
25. Guerrero, M. y J. Herrera. (1994). The germination of *Sesbania emerus* (Fabaceae): Effect of immersion in sulphuric acid. *Revista de Biología Tropical*, 42:461-466.
26. Guridi G., L. (1980). La madera en las artesanías del Estado de Michoacán. *Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For.* 50.
27. Hartmann, H. y Kester, E. (1995). *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*. 4ª. Ed. México. CDMX., México: Continental.
28. Hermosillo G., y., J. Aguirre O., R.A. Rodríguez, C. Ortega A., A. Gómez G. y R. Magaña M. (2008). Métodos inductivos para maximizar la germinación de semilla de germoplasma nativo en vivero para sistemas silvopastoriles en Nayarit, México. *Zootecnia Trop.* 26(3):355-358.
29. Hernández-Oria. (2011). Efecto de dos tratamientos pregerminativos en las semillas de *Celtis caudata* Planch. Y *Ptelea trifoliata* L., especies nativas de la vegetación del bajo Queretano, México." *Foresta Veracruzana*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/>-Fecha de consulta: 27 de junio de 2016
30. Hyde, E.O.G (1954). The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed. *Ann . Bot.* 18. 241
31. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2007). Reforestación productiva con leguminosas nativas, en el ejido de Amapilca municipio de Alcozauca,

Guerrero. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/> [Consulta 18 agosto 2014].

32. Instituto Nacional de Estadística y Geografía México. (2009). Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación escala 1:250,000: Serie III/Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
33. Krisnamurthy, L., Ávila, M. (1999). Agroforestería Básica. Serie de textos para la formación ambiental. México, D.F., México: PNUMA.
34. Lascurain, M., S. Avendaño, S. del Amo y A. Niembro. (2010). Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz. México, D.F., México: Conafor-Conacyt.
35. Ledesma P, Polito Ch, Morfin C. (1993). Germinación de semillas de especies de vegetación primaria y secundaria (Estudios comparativos). *Revista Ciencia Forestal en México*, 18 73.
36. Leopold, A.C. y Kriedemann, P (1975). Plant growth and development. 2 ed. (New York, E.U.A, McGraw-Hill) McGraw Hill Publishing,
37. Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. (2008). Estado del conocimiento de la biota. En (Capital natural de México, vol. I): Conocimiento actual de la biodiversidad (pp. 283-322). Ciudad de México, México: Conabio,
38. Mari M. J. (2015). El árbol de ceiba. Costa Rica: Ediciones digitales.
39. Masera, O.R, M, Ordoñez, M.J., y R. Dirzo. (1997). Carbon emissions from Mexican Forest: current situation and long-term scenarios, *Climate change*, 35: 265-295.
40. Miranda, F. y E. Hernández X. (1963). Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot*, 28, 29-179.
41. Molina A. (2011). Diagnóstico, propagación y alternativas biotecnológicas de *Erythrina americana* mediante el empleo de rizobacterias. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. México.
42. Ordóñez, M.J. (1995). Áreas naturales protegidas. México, D.F., México: PRONATURA.
43. Padma, V., B. M. Reddy y G. Satyanarayana. (1995). Breaking dormancy in certain *Acacia* spp. by pre-sowing seed treatments. *Seed Research*, 21:26-30.
44. Patiño F., De la Garza, P., Villagómez, Y., Talavera, I. Camacho, F. (1983). Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
45. Pennington, T.D. y J. Sarukhán. (2005). Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. México, D.F., México: UNAM-FCE.
46. Prasads, P. y A. R. Nautiyal. (1996). Physiology of germination in *Bahuinia*: Involvement of seed coat in inhibition of germination in *B. racemosa* Lam. seeds. *Seed Science and Technology*, 24:305-308.
47. Rocha-Loredo A., L, Ramírez, M., y González M, (2010). Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la depresión central de Chiapas. *Bol. Soc. Bot.*, 87: 89-103.

48. Robles, F. (1978). Propiedades y usos de 14 especies tropicales de rápido crecimiento del campo experimental forestal El Tormento. *Bol. Inst. Nac. Invest. For.* 16.
49. Rodríguez, A. (2009). Caracterización de la fabricación de muebles de madera en el municipio de La Unión del estado de Guerrero. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México.
50. Rolston, P.M. (1978). Water impermeable seed dormancy. *Botanical Review*, 44 (3): 365-395.
51. Román, L., A. Mora y A. Gallegos. (2011). Árboles tropicales de uso múltiple en la costa de Jalisco, México. En J.I. Valdez, A. Mora y R. Endara (Eds.). *Bosques y árboles del trópico mexicano: estructura, crecimiento y usos* (pp. 15-25). Ciudad, México: Prometeo
52. Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. México, D.F, México: Limusa-
53. Rzedowski, J. (1992). Diversidad del Universo vegetal de México: Perspectivas de un conocimiento sólido. En J. Sarukhán y R. Dirzo (Eds.), *México ante los retos de la biodiversidad* (pp. 251-257). Ciudad de México, México: CONABIO.
54. Rzedowski, J. (1998). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, En T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.* (pp. 129-145). México, D.F., México: UNAM.
55. Sánchez, G. A. J. (2002). Efecto del tratamiento con agua caliente e imbibición sobre la germinación de semillas de *Leucaena Leucocephala*. Falcón, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,
56. SEMARNAT (2002). "*Degradación de suelos: Superficie afectada por zona ecológica seleccionada y causa de degradación*" Inventario Nacional de Suelos, México. Recuperado de [http:// semarnat.gob.mx](http://semarnat.gob.mx) [Consulta 20 Junio 2013]
57. SEMARNAT (2013). *Ordenamientos Ecológicos Decretados*. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/>[Consulta 26 Junio 2013]
58. Serrano, E. (2002). Contribución al conocimiento del México Forestal. Recuperado de <http://www.inegi.gob.mx/> [Consulta 17 Junio 2012]
59. Silva, J.A. (2008). Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. México, D.F., México: CONAFOR.
60. Trejo, I. (1996). Características del Medio Físico de la Selva Baja Caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín*, Num. Especial 4 Instituto de Geografía UNAM. Recuperado de Dirección URL: <http://www.igeograf.unam.mx/>[Consulta 17 Junio 2013]
61. Trejo, I. y R. Dirzo. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México, *Biological Conservation*, 94: 133-142.
62. UNAM. (2009). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Recuperado de <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/> Consultada 10 de septiembre de 2017.
63. Varela, S., Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. México, D.F. México: INTA

64. Velázquez, A.J., R. Perezgrovas, M.E. Velasco, L. Zaragoza y G. Rodríguez. (2005). Evaluación de vainas de quebracho (*Acacia farnesiana*) en Alimentación de Ganado lanar. *Archivos de Zootecnia* 54(206-207):535-540.
65. Velázquez, A.J., M. González, J. Bórquez, I.A. Domínguez y R. Perezgrovas. (2011). Composición química y producción de gas in vitro de dietas con vainas de *Acacia farnesiana*. *Arch. Zootec*, 60: 1-9.