



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO  
DE MORELOS**

---

---

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN  
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**

TÍTULO DE LA TESIS

**GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE *BURSERA*  
SOBRE SUELO NATIVO Y UN SUSTRATO DE VIVERO DE FORMA  
*IN SITU Y EX SITU.***

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA  
DE LA BIODIVERSIDAD Y LA  
CONSERVACIÓN**

PRESENTA:

**JUAN ANTONIO BARRIOS PAREJA**

**DIRECTOR: Dra. MARÍA LUISA ALQUICIRA ARTEAGA**



**CUERNAVACA, MORELOS.**

**DICIEMBRE, 2021**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este logro más en mi vida profesional:

A mis Papás:

Rosario Pareja Sánchez

Juan Barrios Hernández

A mis hermanos:

Maribel y Armando

A mis familiares que han estado presentes, así como  
aquellos que ya no se encuentran conmigo.

Gracias por acompañarme en cada paso que doy, gracias por motivarme a seguir  
superando los retos que nos pone la vida, por su apoyo y confianza.

A todos ustedes gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al posgrado en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por darme la oportunidad de pertenecer al Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC) y por ser parte de una etapa más en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme la beca de manutención, la cual me facilitó realizar los estudios de maestría.

Al laboratorio de Edafoclimatología del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) por permitirme trabajar en sus instalaciones.

A la Dra. María Luisa Alquicira Arteaga por dirigir ésta tesis y darme la oportunidad de trabajar con ella, por su apoyo, paciencia y por compartir sus conocimientos.

A la M. en C. María Eugenia Bahena Galindo por apoyarme en el procesamiento de las muestras en el laboratorio de Edafoclimatología.

A la comunidad de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos, por permitirme la entrada a las zonas de estudio.

A mi comité de síndicos.

Dra. María Luisa Alquicira Arteaga  
Dra. Silvia evangelista Lozano  
Mtro. Alejandro Flores Morales  
M. en C. María Eugenia Bahena Galindo

A mi novia Lucero Valenzuela Vázquez por apoyarme y alentarme para culminar esta etapa.

Y a mis amigos quienes me brindaron su apoyo en el trabajo de campo o invernadero.

## Índice

1.- Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	3
2.1. Descripción del género Bursera. ....	3
2.2. Distribución del género Bursera. ....	3
2.3. Propagación.....	4
2.3.1. Propagación asexual. ....	4
2.3.2. Propagación sexual. ....	5
2.4. Importancia ecológica y económica.....	6
2.5. El recurso suelo. ....	7
3. justificación.....	8
4. Hipótesis. ....	9
5. Objetivos. ....	9
5.1. Objetivo General. ....	9
5.2. Objetivos Particulares. ....	9
6. Materiales y métodos. ....	10
6.1. Área de estudio. ....	10
6.2. Colecta de frutos y selección de semillas. ....	12
6.3. Pruebas de viabilidad. ....	13
6.4. Tratamientos pregerminativos. ....	14
6.5. Análisis edafológicos. ....	15
6.5.1. Obtención de las muestras de suelo. ....	15
6.5.2. Parámetros físicos. ....	16
6.5.2.1 Densidad aparente Y real. ....	16
6.5.2.2. Porosidad. ....	17
6.5.2.3 Textura.....	18
6.5.2.4 Color.....	19
6.5.3. Parámetros químico.....	20
6.5.3.1. pH en agua y KCl. ....	20
6.5.3.2. Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno. ....	20
6.6. Germinación de semillas en laboratorio (ex situ). ....	22

6.7. Germinación (emergencia) de semillas en invernadero <i>ex situ</i> . .....	23
6.8. Germinación (emergencia) en campo ( <i>in situ</i> ).....	24
6.9. Análisis estadísticos. ....	26
7. Resultados. ....	27
7.1. Prueba de viabilidad. ....	27
7.1.1. Técnica de flotación.....	27
7.2.2. Técnica de disección. ....	27
7.2. Análisis edafológicos. ....	28
7.2.1. Parámetros físicos. ....	28
7.2.1.1. Densidad aparente y real. ....	28
7.2.1.2. Porosidad. ....	29
7.2.1.3. Textura. ....	30
7.2.1.4. Color.....	32
7.2.2. Parámetros químicos. ....	33
7.2.2.1. pH. ....	33
7.2.2.2. Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno. ....	34
7.3. Germinación en laboratorio <i>ex situ</i> . ....	36
7.4. Germinación (Emergencia) de semillas en invernadero <i>ex situ</i> .....	38
7.4.1. Altura y diámetro de plantas.....	39
7.5. Germinación (Emergencia) de semillas en campo <i>in situ</i> .....	42
7.5.1. Altura y diámetro de plantas.....	44
8. Discusión. ....	46
9. Conclusión. ....	51
10. Bibliografía. ....	52

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (INEGI, 2009). Comunidad de San Andrés de la Cal perteneciente al municipio de Tepoztlán, Morelos. _____	10
Figura 2. Características físicas utilizadas para la selección de los frutos en campo de las tres especies de <i>Bursera</i> . _____	12
Figura 3. Selección de semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> un mes después de haberse puesto a secar los frutos. _____	13
Figura 4. Semillas seleccionadas para el diseño experimental de <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> con base en la coloración. _____	14
Figura 5. Presencia de embrión en semillas consideradas viables de las tres especies de <i>Bursera</i> realizando una disección y vistas al microscopio. _____	14
Figura 6. Extracción de muestra de suelo. A. Obtención de muestra de suelo compuesta de 5 a 20 cm de profundidad de la zona 2 caliza. B. Transporte de 2 kg de muestra en bolsas para posteriormente ponerlas a secar. _____	15
Figura 7. Densidad real y aparente. A. Proceso para densidad real, suelo más agua reposando en los picnómetros por 30 minutos antes de llenar con agua destilada. B. Determinación de la densidad aparente, llenado de la probeta de 10 ml con suelo para ser pesado. _____	17
Figura 8. Determinación de texturas del suelo. A. Reposo de las muestras una vez obtenida la primera lectura. B. Obtención de la segunda lectura dos horas después de reposar. _____	19
Figura 9. Determinación de la coloración de las muestras de suelo utilizando las cartas de Munsell (Munsell, 1992). _____	19
Figura 10. Puesta y germinación de semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> en laboratorio. A. Semillas puestas sobre cajas Petri dentro de la cámara de germinación. B. Presencia de radícula de <i>B. grandifolia</i> . C. Presencia de radícula de <i>B. copallifera</i> . D. Presencia de radícula de <i>B. fagaroides</i> . _____	22
Figura 11. A. Siembra de las semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> en invernadero; B1, B2 y B3. Semillas puestas en charolas de <i>B. fagaroides</i> , <i>B. copallifera</i> y <i>B. grandifolia</i> , respectivamente. _____	23
Figura 12. Emergencia y desarrollo de las plántulas de las tres especies de <i>Bursera</i> en invernadero. A1, A2 y A3. Emergencia de las plántulas de <i>B. copallifera</i> , <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> respectivamente. B1, B2 y B3. Presencia del segundo par de hojas verdaderas en las plántulas, el cual fue el indicador para el trasplante a bolsas. C1, C2 y C3. Plantas de las tres especies de <i>Bursera</i> en bolsas, de las cuales se tomaron los datos de altura y diámetro por un año. _____	24
Figura 13. Emergencia y desarrollo de las plántulas de las tres especies de <i>Bursera</i> en campo. A1, A2 y A3. Registro de emergencia de las plántulas de <i>B. copallifera</i> , <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> respectivamente. B1, B2 y B3. Registro de mortalidad de las plántulas por herbívora de las tres especies de <i>Bursera</i> . C1,	

C2 y C3. Registro de la diámetro y altura de los Individuos después de un año de la siembra de semillas.	25
Figura 14. Porcentaje de viabilidad de semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> por medio de la técnica de disección.	27
Figura 15. Comparación de los promedios obtenidos de la densidad real y aparente durante la época de secas y lluvias para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zona.	28
Figura 16. Porcentaje de porosidad para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zona para la época de secas y época de lluvias.	30
Figura 17. Porcentajes de arena, arcillas y limos en las diferentes parcelas y épocas del año.	31
Figura 18. Valores de pH en agua y KCl por parcela y sustrato de vivero entre la época de secas y la época de lluvias.	34
Figura 19. Valores de porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno por parcelas entre cada zona y el sustrato de vivero.	35
Figura 20. Curva de germinación acumulada de las semillas de tres especies de <i>Bursera</i> en laboratorio, en cámara de germinación a 25.7 °C con un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, durante un mes de monitoreo en periodo de junio a julio de 2017.	36
Figura 21. Porcentaje de emergencia de las tres especies de <i>Bursera</i> en condiciones de invernadero en los meses de julio, agosto y septiembre de 2017.	38
Figura 22. Emergencia de plántulas de <i>B. copallifera</i> , <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> con tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica y escarificación química) evaluado en invernadero.	39
Figura 23. Evaluación de la altura y diámetro de las plantas de <i>B. copallifera</i> , <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> entre el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero, después de un año de monitoreo en invernadero.	421
Figura 24. Porcentaje de emergencia de las tres especies de <i>Bursera</i> en campo, durante los meses de julio y agosto de 2017.	432
Figura 25. Evaluación de la emergencia de plántulas de <i>B. copallifera</i> , <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> con tratamiento pregerminativos (escarificación mecánica y escarificación química) <i>in situ</i> .	453
Figura 26. Evaluación de altura y diámetro de las plantas de <i>B. copallifera</i> y <i>B. grandifolia</i> en zona lava y caliza ( <i>in situ</i> ).	45

## Índice de tablas

Tabla 1. Características específicas de las parcelas correspondientes a cada una de las dos zonas del área de estudio. _____	11
Tabla 2. Determinación del color del suelo para cada parcela en época de secas y lluvias. _____	33
Tabla 3. Porcentaje de germinación de semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> bajo diferentes tratamientos pregerminativos en cámara de germinación. _____	37
Tabla 4. Porcentaje de emergencia de plantas de las tres especies de <i>Bursera</i> en invernadero. _____	38
Tabla 5. Altura y diámetro de las plantas de las tres especies de <i>Bursera</i> , después de un año de monitoreo, promedio entre zonas para las tres especies de <i>Bursera</i> . _____	40
Tabla 6. Porcentaje de emergencia de plantas de las tres especies de <i>Bursera</i> por tratamiento en campo. _____	43
Tabla 7. Altura y diámetro de las plantas a los cuatro meses de monitoreo en campo, promedio entre zonas para las tres especies de <i>Bursera</i> . _____	44

## Resumen

La selva baja caducifolia (SBC) se encuentra ampliamente distribuida en el estado de Morelos, las especies del género *Bursera* se distribuyen en este tipo de vegetación y debido a su importancia ecológica, cultural y económica entre otras, estas pueden ser consideradas especies potenciales para la restauración ecológica, por ello es necesario realizar estudios que nos permitan conocer el desarrollo de las especies. En este trabajo se evaluó la germinación, emergencia y desarrollo de tres especies de *Bursera* (*B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides*) de forma in situ y ex situ bajo tres tratamientos pregerminativos (escarificación química, escarificación mecánica y control) sobre un sustrato de vivero y el suelo nativo de dos zonas (zona 1 lava y zona 2 caliza) pertenecientes al poblado de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos, México. Se encontró que la proporción de semillas vanas para *B. grandifolia* y *B. fagaroides* es alta. Los resultados de germinación en la cámara presentaron valores por debajo del 15% para las semillas de las tres especies; la germinación (emergencia) en invernadero presentó valores similares a los obtenidos en la cámara de germinación, en campo el porcentaje de emergencia para *B. copallifera* aumentó ligeramente obteniendo un 17.9% a comparación de los registrados en laboratorio e invernadero. Los tratamientos pregerminativos no presentaron diferencias significativas en la germinación de semillas en las tres especies de *Bursera*. Las propiedades fisicoquímicas del suelo de la zona 1 lava, presentó diferencias en comparación con el suelo de la zona 2 caliza y el sustrato de vivero. Las características fisicoquímicas del sustrato de vivero favorecieron el desarrollo en altura y diámetro de las plantas de *B. copallifera* en invernadero; el suelo de la zona 1 lava, presentó diferencias fisicoquímicas que pudieran favorecer el establecimiento y desarrollo inicial de las plantas de *Bursera* en condiciones naturales.

## **1.- Introducción.**

En Morelos el bosque tropical caducifolio o selva baja caducifolia está constituido principalmente por especies que pierden sus hojas en épocas de secas la cual puede variar de cinco a ocho meses, dicha vegetación está ampliamente distribuida en el estado. La temperatura y la humedad son factores que delimitan su distribución, con una temperatura media anual de 20 a 29 °C y una precipitación media anual que varía entre 300 y 1800 mm (Rzedowski, 2006).

La actividad humana, la deforestación a gran escala, el cambio de uso de suelo y el fomento agropecuario han transformado áreas forestales en distritos de riego y tierras para la ganadería extensiva, con lo que han provocado cambios en las áreas originalmente cubiertas por selva baja caducifolia (Trejo y Dirzo, 2000), la diversidad biológica, es considerada como un indicador de cambios en la naturaleza y permite conocer la severidad de las perturbaciones humanas (Díaz, 1998; Tréllez, 2004). La biodiversidad ecológica o ecodiversidad se refiere a la variedad de tamaño, forma y contexto que caracteriza a un patrón de paisaje e incluye aspectos de la vegetación, suelo, drenaje, áreas urbanas, entre otros patrones. (Neiff, 2001).

El suelo es una estructura fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas, en el cual, se llevan a cabo funciones como los ciclos biogeoquímicos, la captura de agua, degradación de materia orgánica y funcionan como un amortiguador de los efectos de diversos contaminantes entre otros. Asimismo, proporcionan servicios de los cuales las poblaciones se benefician. En México podemos encontrar 26 de los 32 grupos de suelos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (SEMARNAT, 2013). La degradación de suelos para México ha ido en aumento, tanto en extensión, como en intensidad, afectando poblaciones rurales y urbanas, ya que se presenta una disminución de los servicios que proporciona este recurso (Cotler *et al*, 2007).

La restauración ecológica es una práctica establecida para la conservación de la biodiversidad, ya que permite la reparación del daño ecológico y mejora la

condición humana (Gann, 2006). Vázquez-Yanes *et al.* (2001) mencionan que dentro de la restauración ecológica se pueden distinguir tres enfoques relacionados con esta, en donde: 1) Se puede regresar a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales, donde se logra cierta estabilidad sin necesidad de realizar un manejo del área posteriormente; 2) Recuperar las funciones ambientales del ecosistema original aunque parte de la diversidad se haya perdido, lo que permite la conservación del suelo y los ciclos hídricos y 3) Restaurar el paisaje teniendo como finalidad un panorama atractivo y saludable.

Las especies del género *Bursera* al ser elementos dominantes o codominantes en las áreas donde se distribuyen son de importancia ya que estas cumplen diversas funciones dentro del ecosistema, generando nichos para ciertas especies de polinizadores, así mismo funcionan como facilitadores para el establecimiento de algunas especies de epifitas (Flores y Vergara, 2010; Rivas *et al.*, 2015). Algunas especies de este género son de importancia económica y cultural para el hombre, ya que las resinas que secretan son utilizadas en la industria para la elaboración de aromatizantes, perfumes y combustibles, estas resinas desde las épocas prehispánicas eran utilizadas en ceremonias y dentro de la medicina tradicional (Monroy y Ayala, 2003; Purata, 2008; Montufar, 2016). Por lo antes mencionado podrían ser consideradas como especies potenciales para la restauración ecológica.

Cada especie tiene mecanismos de germinación característicos, que responden al efecto de la selección natural inducida por las condiciones ambientales predominantes sobre la naturaleza y fisiología de las semillas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Debido a la importancia de estas especies de *Bursera* y para poder emplearlas en programas de restauración ecológica es importante conocer el comportamiento de germinación y desarrollo de estas especies, por lo cual en este trabajo se propuso como objetivo evaluar la germinación, emergencia y desarrollo de tres especies del género *Bursera* de forma *in situ* y *ex situ*.

## **2. Antecedentes.**

### **2.1. Descripción del género *Bursera*.**

El género *Bursera* pertenece a la familia *Burseraceae*, la cual está constituida por 20 géneros y 600 especies aproximadamente, distribuidas en América, África y Asia tropical (Rzedowski y Calderón, 2001). Las plantas pertenecientes al género *Bursera* son árboles o arbustos generalmente deciduos, dioicos o poligamodioicos, presentan corteza externa exfoliante roja o amarillenta que se desprenden en láminas grandes o pequeñas (cuajiotos), la corteza interna con tonos diversos de verde o corteza no exfoliante lisa y gris (copales), con resinas aromáticas y frecuentemente con ramas cortas. Florecen al mismo tiempo en que van apareciendo las hojas tiernas, las hojas sin estípulas a menudo dispuestas en forma de roseta, otras veces alternas y en la mayor parte de las especies imparipinnadas y con folíolos opuestos, inflorescencias axilares, flores unisexuales, rara vez funcionalmente hermafroditas, frutos drupáceos, 2-3 valvados, ovoides, elipsoidales a esferoidales, hueso parcial o totalmente cubierto por un pseudoarilo rojo, anaranjado o amarillo, generalmente una semilla por fruto (Rzedowski *et al.*, 2004).

### **2.2. Distribución del género *Bursera*.**

Se estima que la riqueza de *Bursera* para México rebasa las 100 especies, resaltando la vertiente del Pacífico y la Cuenca del Balsas con 80 especies (Rzedowski *et al.*, 2005), las cuales pueden ser elementos dominantes o codominantes asociadas con el bosque tropical caducifolio (Rzedowski y Calderón, 2001). El género se encuentra ampliamente distribuido en la selva baja caducifolia, su distribución puede estar restringida por el tipo de clima, siendo la temperatura uno de los factores que pudiera determinar la distribución espacial (Hernández *et al.*, 2011). Rzedowski (2005) menciona que en Morelos se encuentran 17 especies, por su parte Domínguez (2014) reporta 16 especies. Las especies representativas en el género *Bursera* son árboles o arbustos de hojas deciduas y se distribuyen en altitudes entre los 0 y 2000 msnm (Rzedowski *et al.*, 2004; Domínguez, 2014).

## **2.3 Propagación.**

### **2.3.1. Propagación asexual.**

La reproducción por clones favorece la propagación de nuevos individuos, debido a que en este proceso se elimina el periodo prolongado de las plantas juveniles obtenidas de la propagación por semilla (Hartmann *et al.*, 1990), lo que permite tener un gran número de individuos en un menor lapso de tiempo. Sin embargo, este tipo de propagación limita a la población de clones, debido a que presentan una menor tolerancia a los cambios en el ambiente en que se desarrollan (González *et al.*, 2004).

La propagación asexual para especies del género *Bursera* se da a partir de estacas, las cuales pueden verse influenciadas en el proceso de enraizamiento por la presencia de resinas, por lo cual, la época del año es fundamental en la extracción de estacas para este género, siendo en periodo de estiaje el ideal para la obtención de estacas (Díaz *et al.*, 2013).

La propagación de especies por medio de clones a partir de estacas ha demostrado en algunas especies un rendimiento aceptable como puede ser en *Bursera fagaroides* con un 70%, mientras que *B. glabrifolia*, *B. bipinnata*, *B. lancifolia* y *B. copallifera* presentaron porcentajes promedio entre 50 %, algunas presentan menores resultados en el proceso de enraizamiento como *B. bicolor* con un 18% y *B. longipes*, presentaron menores porcentajes al 18%, por lo cual la utilización de clones de *Bursera* puede ser factible para la restauración de sitios perturbados (Bonfil *et al.*, 2007).

### **2.3.2. Propagación sexual.**

La propagación de plantas por semilla presenta grandes ventajas a nivel poblacional ya que permite la adaptación de la población a los cambios ambientales, sosteniendo mayor variabilidad genética (Jiménez y Matías, 2010).

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas: 1) la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa; 2) inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de reservas alimentarias en zonas de desarrollo del embrión y 3) la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plántula (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

En la mayoría de las semillas, el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula. Existen básicamente dos tipos de germinación: la epigea y la hipogea. En la germinación epigea, el hipocótilo se alarga y aleja a los cotiledones del suelo, posteriormente surgen las hojas cotiledonarias que frecuentemente son de color verde y realizan funciones fotosintéticas durante el crecimiento temprano de la plántula. En tanto, en la germinación hipogea el hipocótilo no se desarrolla y los cotiledones permanecen bajo el suelo o ligeramente sobre éste y las hojas cotiledonarias solo almacenan nutrientes (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

En cada ecosistema las semillas están expuestas a tratamientos naturales que propician su germinación, tales como hormonas vegetales o exposición a jugos gástricos del tracto digestivo de algún animal. Para la propagación en vivero, muchas veces es necesario tratar o escarificar a las semillas para activar la germinación. La escarificación mecánica consiste en romper, rayar, alterar o ablandar las cubiertas de las semillas para que sean permeables al agua y a los gases, y posteriormente iniciar el proceso de germinación (Hartman *et al.*, 1990). Existen diversos métodos de escarificación mecánica como son: agua caliente, almacenamiento en seco, calentamiento en seco, ácidos, congelamiento, control de luz y temperatura, enfriamiento en húmedo, hormonas vegetales, remojo y exposición de luz (Del Amo Rodríguez *et al.*, 2002).

Los estudios del género *Bursera* se han enfocado en conocer el proceso de desarrollo de las especies a partir de la semilla, los resultados publicados evidencian que la velocidad de germinación de especies de este género es lento al inicio y se incrementa entre los 9 y 20 días posteriores, observando una estabilidad un mes después de la siembra (Hernández, 2015). Se ha observado que la tasa de germinación varía entre las especies de *Bursera* y que la exposición de semillas a temperaturas fluctuantes de 18° a 32° C puede llegar a favorecer la germinación de algunas especies (Bonfil *et al.*, 2008).

Al presente se han realizado diversos estudios para describir las características apropiadas para la propagación de especies nativas de selva baja caducifolia, así como la elaboración de manuales y guías para la propagación de especies propias de estas áreas (Arriaga *et al.*, 1994; Guzmán y Cruz, 2014).

#### **2.4. Importancia ecológica y económica.**

Este grupo de plantas tiene importancia ecológica ya que facilitan el establecimiento de especies de epifitas llegando a ser consideradas hospederos preferidos (Flores y Vergara, 2010). Son consideradas como especies de importancia cultural, debido a que se realizaba la extracción de resinas aromáticas utilizadas en ceremonias religiosas prehispánicas y eran tributos para los dioses, actualmente siguen siendo utilizada en ceremonias tanto en zona rurales como urbanas (Linares y Bye, 2008; Purata, 2008). Dentro de la importancia económica que representan estas especies, la extracción y venta de resinas aromáticas de especies del género *Bursera*, ha formado parte de las entradas económicas de copaleros que complementan sus ingresos con esta actividad (Purata, 2008). Purata (2008) menciona que las resinas son utilizadas con fines medicinales en la elaboración de té para la bronquitis y aplicación de forma local para la tos y reumas.

## 2.5. El recurso suelo.

El suelo es fundamental para que se lleven a cabo diversos ciclos biogeoquímicos que favorecen y regulan los ecosistemas. En los últimos años la transformación de los ecosistemas ha ido en aumento, esta transformación impacta en los procesos ambientales locales, regionales y globales, provocando así la pérdida de servicios ambientales. La degradación de suelos en México ha ido en aumento y la respuesta por parte de las dependencias pertinentes podría no tener el enfoque adecuado, esto debido a la escasa importancia que se le presta al recurso, el cual debiera ser sujeto a un aprovechamiento sustentable, asimismo las investigaciones han tenido un mayor enfoque hacia la conservación de suelos agrícolas (SEMARNAT, 2013; Cotler *et al.*, 2007).

A pesar de los enfoques dirigidos a la conservación de suelos agrícolas, se han desarrollado estudios para establecer las relaciones entre los suelos forestales y la asociación que tienen con elementos vegetales. Ruiz (2004) realizó una evaluación del cambio de uso de suelo y su impacto en suelos forestales, estableciendo que se presenta una disminución en los macronutrientes al realizar el cambio de uso de suelo de un bosque de pino a zona agrícola, remarcando que el ecosistema de oyamel puede llegar a ser más vulnerable que uno de pino, debido a que este presentó un mayor cambio en su estructura edáfica física y química al transformarse en zona agrícola. Por otro lado la implementación de estrategias de restauración, para la conservación, ha fomentado el interés por conocer factores del suelo que pudieran favorecer el establecimiento de especies de sucesión temprana, obteniendo así, que la implementación de fertilizantes con fosforo, pudiera ser una estrategia en proyectos relacionados con la restauración del bosque tropical seco, según investigaciones realizadas en este ecosistema para Yucatán (Gamboa, 2005). Jara (2005) establece la importancia que puede llegar a tener la utilización de especies nativas para la restauración, en procesos de sucesión temprana y tardía, mejorando así las características edáficas. Al implementar *A. cochliacantha* e *Ipomoea arborescens* en bosques secundarios joven o áreas perturbadas permite una mayor disponibilidad de nitrógeno y fosforo que favorecerá al establecimiento de especies de sucesión tardía.

### **3. Justificación.**

Ya que el género *Bursera* es de importancia para el ecosistema así como para el ser humano, es necesario conocer y generar información que favorezca e incentive la utilización para la propagación de estas especies en los programas para la restauración ecológica. Por lo cual en este trabajo se plantea la evaluación de la germinación, emergencia e importancia del suelo en el desarrollo de plantas de tres especies de *Bursera*, analizando tanto el suelo donde se desarrollan de forma silvestre, así como un sustrato utilizado en viveros forestales. Lo anterior, con el objetivo de reforzar la información y explorar la posibilidad de que se empleen estas especies en la restauración ecológica, y estimular el interés local de las comunidades para su propagación.

#### **4. Hipótesis.**

La germinación de semillas de las tres especies del género *Bursera* se verán beneficiadas por al menos uno de los diferentes tratamientos pregerminativos a las que serán sometidas, mientras que la emergencia y desarrollo de las plantas estará influenciado por el suelo de las diferentes zonas evaluadas (*in situ*) y un sustrato de vivero (*ex situ*).

#### **5. Objetivos.**

##### **5.1. Objetivo General.**

Comparar el potencial de germinación y emergencia de las plántulas de tres especies del género *Bursera* sometidas con diferentes tratamientos pregerminativos, así como, comparar el desarrollo de las plantas en diferentes suelos (*in situ* y *ex situ*) y sustrato de vivero.

##### **5.2. Objetivos Particulares.**

- Evaluar la viabilidad de las semillas de las tres especies de *Bursera*.
- Determinar y comparar las propiedades fisicoquímicas del sustrato de vivero y del suelo nativo de dos zonas para la época de secas y lluvias
- Evaluar la germinación de semillas de *Bursera* con diferentes tratamientos pregerminativos sobre suelos nativos y un sustrato de vivero forestal.
- Comparar la germinación (emergencia) de las tres especies de *Bursera* entre las dos zonas del área de estudio (*in situ*) y un sustrato de vivero (*ex situ*).
- Evaluar el desarrollo de las plantas mediante la medición de altura y diámetro de las tres especies del género *Bursera in situ* y *ex situ*.

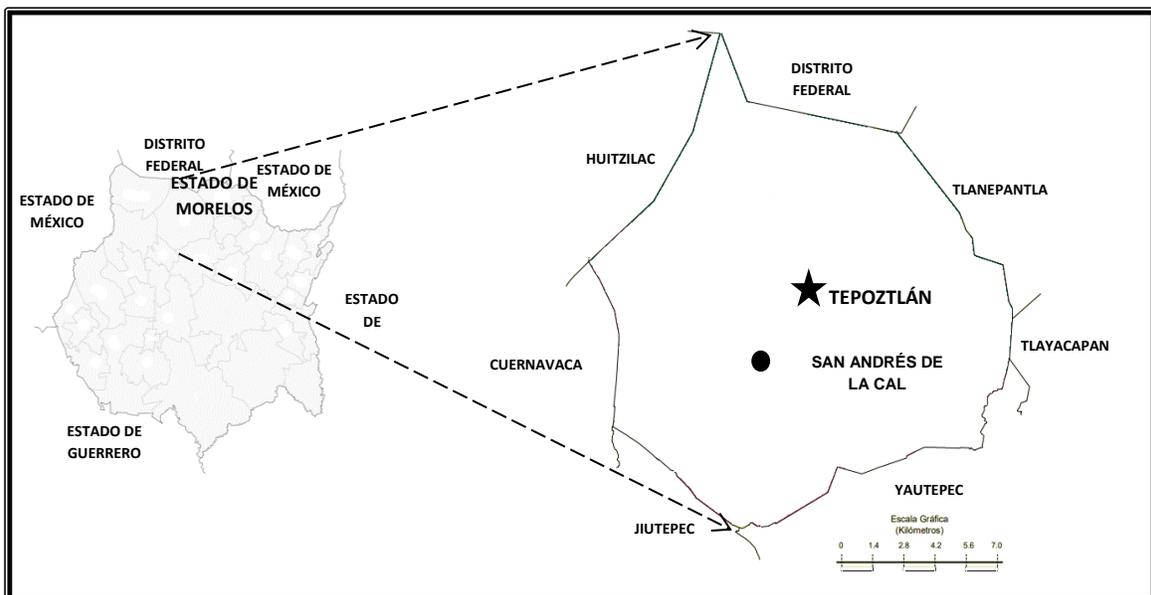
## 6. Materiales y métodos.

### 6.1. Área de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en el poblado de San Andrés de la Cal perteneciente al municipio de Tepoztlán, Morelos, México. Este se encuentra ubicado entre los paralelos  $18^{\circ}57'22.2''$  O y los  $99^{\circ}06'50.2''$  N (Figura 1). Con una altitud que va de 1480 a 1670 m.s.n.m. El tipo de clima que se presenta es el semicálido subhúmedo (A) Cw2 (W), el más cálido de los templados subhúmedos, con lluvia en verano e invierno, el promedio de precipitación anual oscila entre los 800 y 1 500 mm con una temperatura promedio de  $20^{\circ}\text{C}$ , (Ruiz, 2001; INAFED, 2010).

La vegetación es característica de la zona ecológica de la selva baja caducifolia. El tipo de suelo que domina para la zona es el Leptosol con roca caliza el cual se distribuye sobre los cerros y en menor abundancia Leptosol sobre derrame de lava (Ruiz, 2001; INEGI 2009).

**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio (INEGI, 2009). Comunidad de San Andrés de la Cal perteneciente al municipio de Tepoztlán, Morelos.



El área de colecta forma parte del Parque Nacional el Tepozteco perteneciente al corredor biológico el Chichinautzin, donde se presenta vegetación del tipo selva baja caducifolia. En esta área se distribuyen seis especies del género *Bursera* (Cortez, 2015), de las cuales se eligieron las especies más abundantes y que presentaban frutos en esa temporada. Se seleccionaron dos zonas de muestreo: Zona 1 Lava y Zona 2 Caliza para la colecta de semillas, estas presentan el mismo tipo de vegetación SBC, pero con diferente piedra de origen, siendo la zona 1 planicie con piedra de origen lava y la zona 2 cerril con piedra de origen de tipo caliza.

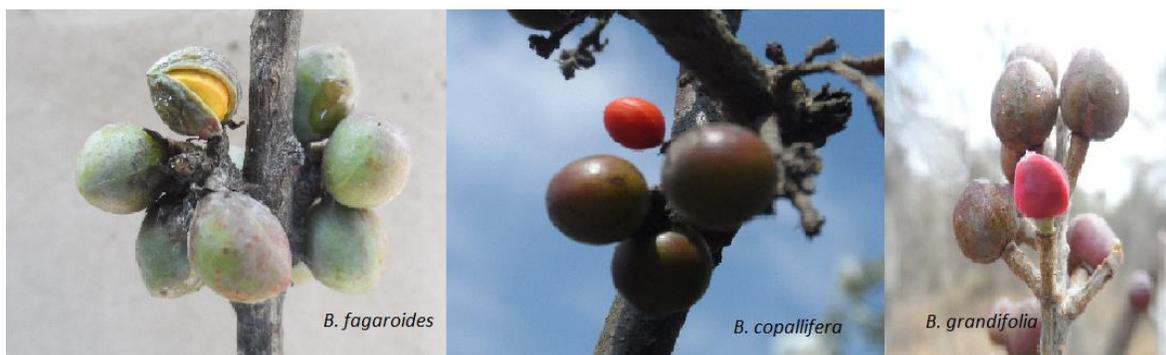
Durante el mes de mayo y junio de 2017 con la autorización de las autoridades correspondientes del poblado de San Andrés de la Cal, se delimitaron tres parcelas al azar por zona, donde se realizó la puesta de germinación de las semillas de las tres especies de *Bursera*, las parcelas median 5 x 5 m cada parcela (25m<sup>2</sup>), la mayoría eran parcialmente abiertas a cerradas con respecto a la vegetación circundante las parcelas se ubicaron alejadas de las veredas principales utilizadas por los pobladores para transitar (Tabla 1); para la zona 2 caliza, todas presentaron una pendiente debido a que se establecieron en el cerro.

**Tabla 1.** Características específicas de las parcelas correspondientes a cada una de las dos zonas del área de estudio.

Zona	Parcelas	Coordenadas	Altitud	Características
Zona 1 Lava	P1	18°56'28.14"N 99° 7'2.89"O	1485 msnm.	Zona parcialmente abierta, suelo poco profundo y con acceso.
	P2	18°56'25.38"N 99° 6'59.16"O	1482 msnm.	Zona parcialmente cerrada, acceso moderado con suelo poco profundo.
	P3	18°56'31.61"N 99° 6'58.27"O	1487 msnm.	Zona parcialmente abierta, acceso moderado y con suelo poco profundo.
Zona 2 Caliza	P1	18°56'48.40"N 99° 6'34.87"O	1603 msnm.	Zona parcialmente abierta, acceso moderado, suelo poco profundo y con pendiente.
	P2	18°57'3.39"N 99° 6'34.36"O	1624 msnm.	Zona parcialmente cerrada, acceso moderado, suelo poco profundo y con pendiente.
	P3	18°56'56.89"N 99° 6'31.69"O	1649 msnm.	Zona parcialmente abierta, acceso moderado, suelo poco profundo y con pendiente.

## 6.2. Colecta de frutos y selección de semillas.

La colecta de los frutos de las tres especies de *Bursera* se realizó en las dos zonas entre los meses de diciembre del 2016 y abril del 2017. Se seleccionaron mínimo 10 individuos al azar por especie, los cuales fueron marcados con placas de aluminio colocando el número de ejemplar, la especie y número de zona, se colectaron un mínimo de 200 frutos por individuo y un máximo de 500. Se cortaron los frutos subiendo al árbol o con ayuda de un carrizo con pinzas de jardinero; el criterio de selección de frutos fue que presentaran una coloración rojiza y ceniza brillante así como aquellos que presentaban abertura de las valvas y exposición de la semilla (Figura 2). Se depositaron en bolsas de papel para ser transportados a Yautepec Morelos, posteriormente se pusieron a secar bajo sombra a temperatura ambiente sobre papel periódico en pequeñas cajas de cartón durante un mes (Arriaga *et al.*, 1994) y se transportaron al Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autonomía del Estado de Morelos.



**Figura 2.** Características físicas utilizadas para la selección de los frutos en campo de las tres especies de *Bursera*.

Para la selección de semillas, se separaron los residuos de las capas externas de los frutos (exocarpio) y se seleccionaron aquellas que no presentaron alteraciones como destrucción por larvas de insectos (Figura 3). Se depositaron en bolsas de papel y se mantuvieron guardadas en un lugar seco para su posterior utilización (Gold *et al.*, 2004).



**Figura 3.** Selección de semillas de las tres especies de *Bursera* un mes después de haberse puesto a secar los frutos.

### 6.3. Pruebas de viabilidad.

Para conocer la viabilidad de las semillas se emplearon dos técnicas: flotación y disección.

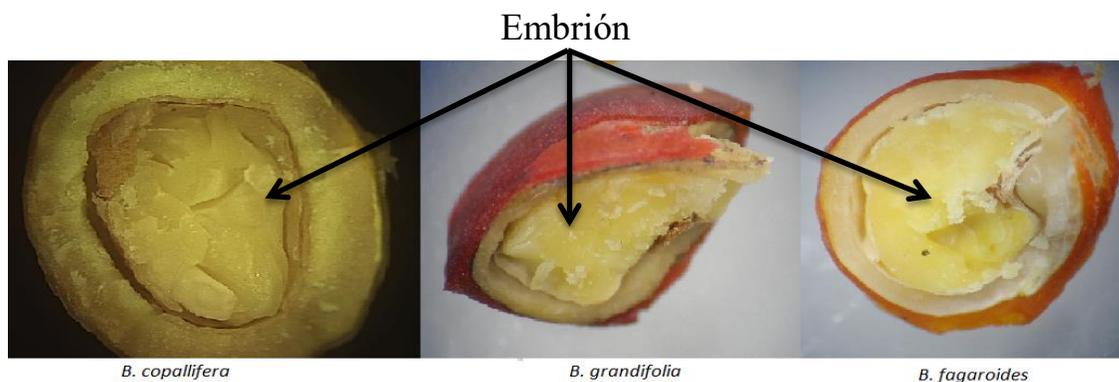
La técnica de flotación permite separar las semillas llenas de las vanas (Bonfil *et al.*, 2008), la cual consiste en colocar agua en un recipiente e introducir las semillas descartando aquellas que flotan. Para determinar la viabilidad de las semillas a través de esta técnica, se colocaron la totalidad de semillas obtenidas por especies en agua, dado que para *B. fagaroides* y *B. grandifolia* la totalidad de las semillas flotaron, también se empleó la coloración de las semillas como indicadores de viabilidad para estas dos especies, en donde aquellas que presentaban una coloración roja, naranja o amarilla fueron las que se utilizaron para sembrar (Figura 4), mientras que para *B. copallifera* la coloración de la semillas no fue empleada, debido a que se usaron las semillas que se hundieron en el agua.

En la técnica de disección se utilizó un lote de 100 semillas por especie, que consistió en partir las semillas con unas pinzas y verificar la presencia de embrión (Figura 5), si este está presente se espera que exista posibilidad de germinación, obteniendo así el porcentaje de semillas viables por especie. Se consideró una semilla viable cuando el embrión se ha desarrollado por completo abarcando la totalidad del interior de la semilla, presenta una coloración blanquecina

amarillenta, las semillas no viables presentaron ausencia o un desarrollo temprano del embrión con una coloración verde (Arriaga *et al.*, 1994).



**Figura 4.** Semillas seleccionadas para el diseño experimental de *B. grandifolia* y *B. fagaroides* con base en la coloración.



**Figura 5.** Presencia de embrión en semillas consideradas viables de las tres especies de *Bursera* realizando una disección y vistas al microscopio.

#### 6.4. Tratamientos pregerminativos.

Los tratamientos utilizados para este trabajo fueron: escarificación química con ácido clorhídrico al 0.1N, escarificación mecánica con lija de agua Fandeli C-99 180 y un testigo (sin tratamiento).

Para la escarificación química se utilizaron un total de 640 semillas por especie, se empleó ácido clorhídrico al 0.1 N en el cual se sumergieron 10 semillas en 100 ml durante cinco minutos posteriormente se retiraron y enjuagaron con agua destilada (Santoyo, 2010).

En la escarificación mecánica se utilizaron un total de 640 semillas por especie en donde se realizó el lijado de las semillas con una lija para agua Fandeli C-99 180, para el caso de *Bursera fagaroides* y *Bursera gradifolia* se realizó un

solo lijado a lo largo de la semilla sobre la lija generando presión, ya que la semilla presenta un endocarpo delgado; para *Bursera copallifera* se realizaron tres lijados a lo largo de la semilla sobre la lija ejerciendo presión (Santoyo, 2010).

Para el testigo las semillas fueron colocadas sin ningún tratamiento y se emplearon 640 semillas por especie.

## 6.5. Análisis edafológicos.

### 6.5.1 Obtención de las muestras de suelo.

Se tomaron seis muestras compuestas de 2 kg de suelo por cada zona, se obtuvieron a dos profundidades diferentes una de 0-5 cm y la otra de 5-20 cm (Figura 6) de acuerdo con los requerimientos que establece la NOM-021-SEMARNAT-2000. Posteriormente, las muestras se secaron en charolas sobre papel periódico bajo sombra, se tamizaron y se guardaron en frascos de plástico hasta el momento de su análisis. Los análisis fisicoquímicos se hicieron por triplicado en el laboratorio de Edafoclimatología del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

El suelo se caracterizó fisicoquímicamente y se determinaron los siguientes parámetros:

- a) físicos: densidad real y aparente, porosidad, textura, color.
- b) químicos: contenido de materia orgánica, nitrógeno y pH.



**Figura 6.** Extracción de muestra de suelo. A. Obtención de muestra de suelo compuesta de 5 a 20 cm de profundidad de la zona 2 caliza. B. Transporte de 2 kg de muestra en bolsas para posteriormente ponerlas a secar.

Para el sustrato de vivero, se recibió el apoyo de la Comisión Estatal de la Biodiversidad (COESBIO) del Estado de Morelos, la cual realizó la donación de 100kg de sustrato utilizado en el vivero forestal a cargo de esta dependencia del cual se determinaron los parámetros químicos correspondientes, los parámetros físicos no fueron realizados debido a que se trata de un sustrato compuesto.

## **6.5.2 Parámetros físicos.**

### **6.5.2.1 Densidad aparente Y real.**

Para determinar la densidad aparente (DA) se aplicó la técnica de la probeta, la cual consistió en pesar una probeta de 10 ml, posteriormente agregar suelo hasta los 10 ml, se dio unos ligeros golpes sobre una base sólida y se cubrió el volumen de la probeta, realizando el pesado de esta (Figura 7), la densidad aparente se determinó tomando la relación que existe entre el peso del suelo dividido en el volumen de la probeta que se expresa:  $DA = \text{peso de suelo} / \text{Volumen} = \text{g/ml}$  (SEMARNAT-2000).

Para determinar la densidad real (DR) se utilizó el método del picnómetro, la cual consistió en realizar el pesado del picnómetro vacío en una balanza analítica, posteriormente fueron agregados 5 g de suelo y pesaron nuevamente, se agregó una tercera parte de agua destilada y se agitó suavemente para dejar reposar por 30 min (figura 7). Se llenó el picnómetro cuidando que el capilar del tapón quedara lleno, se pesó el picnómetro con suelo y agua (s+a), se lavó el picnómetro y se llenó nuevamente con agua destilada y se pesó. Para determinar la densidad real se usó la fórmula:  $DR = S / (S + A - (s + a))$  donde:

S= peso del suelo, A= peso del agua y s+a= peso del suelo más agua mezclados (SEMARNAT-2000). La densidad aparente y real se determinó para las muestras de los suelos nativos.



**Figura 7.** Densidad real y aparente. A. Proceso para densidad real, suelo más agua reposando en los picnómetros por 30 minutos antes de llenar con agua destilada. B. Determinación de la densidad aparente, llenado de la probeta de 10 ml con suelo para ser pesado.

### 6.5.2.2 Porosidad.

La porosidad es el espacio que no está ocupado por los sólidos, independientemente de si está ocupado por agua o por aire. El porcentaje de poros que podría tener un suelo puede estar constituido por macro poros o micro poros los primeros permiten el transporte del agua y del aire eficientemente mientras que los micro poros son responsables del almacenamiento y retención del agua, el espacio poroso se determinó con lo establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT-2000). El porcentaje poroso se determinó para las muestras de los suelos nativos.

El porcentaje de porosidad total se determinó con la siguiente ecuación:

$$\% P = 100 (1 - DA/DR)$$

Dónde:

% P= % de Porosidad Total.

DA = Densidad aparente.

DR = Densidad real.

### 6.5.2.3. Textura.

Para determinar la textura del suelo se usó el método de sedimentación, el cual se basa en medir la velocidad de sedimentación de partículas en un medio acuoso, empleando la técnica de la pipeta y el hidrómetro de Bouyoucos.

Para cada muestra se pesaron 60 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml, se agregaron 60 ml de peróxido de hidrógeno al 8% y se mezcló con un agitador de vidrio, se puso a secar en una estufa hasta el siguiente día. Una vez secado se pesaron 50 g, se puso en el vaso de una batidora, se agregó 5ml de oxalato de sodio y metasilicato de sodio, se le añadió agua de la llave hasta dos terceras partes del vaso y se puso a mezclar por 10 min. Se pasó a una probeta y aforó a 1000 ml con agua potable, se agitó durante un minuto dejando reposar 40 seg., se tomaron las primeras lecturas del hidrómetro y temperatura, se dejó reposar por 2 horas y se tomó la segunda lectura (Figura 8).

Para determinar el porcentaje de limos, arenas y arcillas se utilizaron las siguientes formulas:

$\% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla} = \text{primera lectura} \times 100/50 \text{ g de suelo}$

$\% \text{ de arena} = 100 - (\% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla})$

$\% \text{ de arcilla} = \text{segunda lectura} \times 100/50 \text{ g de suelo}$

$\% \text{ de limo} = \% \text{ de limo} + \% \text{ arcillas} - \% \text{ de arcillas}$

Una vez obtenidos los porcentajes de partículas se determinó el tipo de suelo con ayuda del triángulo de texturas (SEMARNAT-2000). La textura se determinó para las muestras de los suelos nativos.

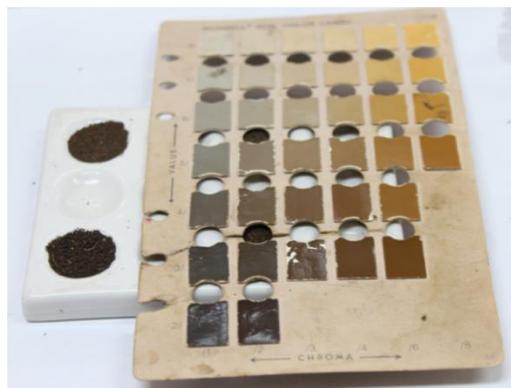


**Figura 8.** Determinación de texturas del suelo. A. Reposo de las muestras una vez obtenida la primera lectura. B. Obtención de la segunda lectura dos horas después de reposar.

#### 6.5.2.4 Color.

El color está influenciado por los porcentajes de materia orgánica presentes en el suelo (Aguilera, 1989). La coloración es una característica que ayuda en la descripción de los suelos (Tamhane *et al.*, 1978).

La determinación del color se realizó empleando las cartas de Munsell. Sobre placas de porcelana se colocó una muestra de suelo seco y suelo húmedo, utilizando las cartas se definió el color del suelo asignándole un nombre ya establecido en dichas cartas (Figura 9). El color se determinó para las muestras de los suelos nativos.



**Figura 9.** Determinación de la coloración de las muestras de suelo utilizando las cartas de Munsell (Munsell, 1992).

### **6.5.3. Parámetros químicos.**

#### **6.5.3.1. pH en agua y KCl.**

Para medir la concentración de iones hidronio ( $H^+$ ) e iones hidroxilo ( $OH^-$ ) se utilizó la escala de Ph. Este se obtuvo mediante la técnica del potenciómetro usando agua destilada y cloruro de potasio como medio acuoso y los buffer estándar de pH 7, 10 y 4. Se pesaron 10 g de suelo y se colocaron en frascos, se agregaron 20 ml de agua destilada, se agitaron por 30 min en un agitador mecánico, se calibró el potenciómetro con solución buffer pH 4, 10 y 7 y leyeron las muestras, se repitió este procedimiento con cloruro de potasio (KCl). El pH se determinó para las muestras de los suelos nativos y el sustrato de vivero.

#### **6.5.3.2. Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno.**

Para determinar la materia orgánica se pesaron 0.2 g de suelo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se agregaron de 10 a 15 ml de dicromato de potasio y 20 a 30 ml de ácido sulfúrico dependiendo de la muestra, se agitó durante un minuto y se dejó reposar por 30 min, se agregaron 100 ml de agua destilada, se incorporaron de 10 a 15 ml de ácido fosfórico y cinco gotas de bariosulfanato de difenilamina, se tituló con sulfato ferroso al 0.5 N hasta obtener una coloración verde esmeralda, se realizaron dos blancos para precisar la normalidad real del sulfato ferroso. Se determinó el porcentaje de materia orgánica con lo establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT-2000) mediante la fórmula:

$$\%M.O.= \text{dicromato agregado} - (\text{ml de } FeSO_4 \times N \text{ real}) / \text{gr de muestra} \times 0.69$$

Se determinó el porcentaje de carbono y nitrógeno con la fórmula:

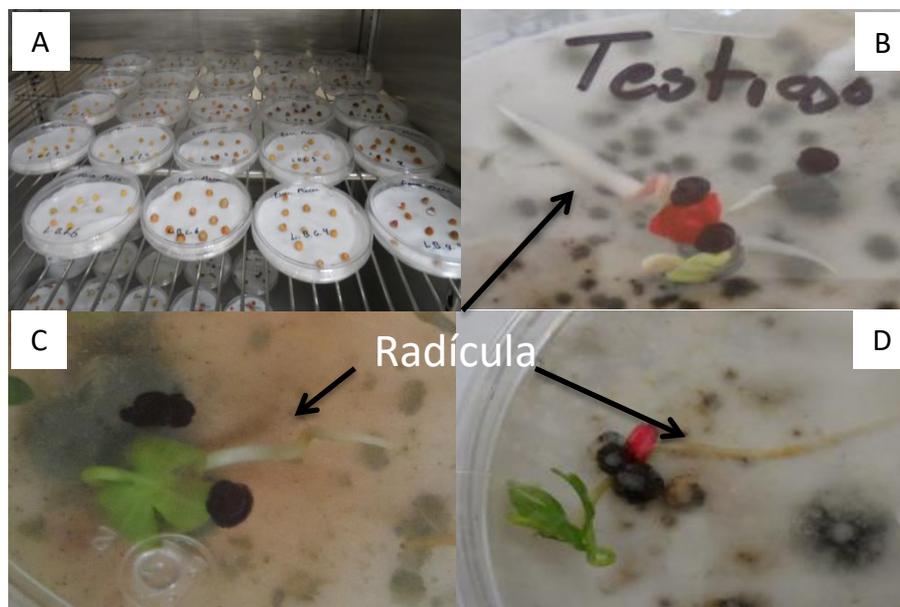
$$\% \text{ de carbono} = \% M.O. / 1.724$$

Se determinó el nitrógeno a partir del método Kjeldahl, el cual consiste en dos pasos; 1) digestión de la muestra de suelo para convertir el nitrógeno en amonio  $\text{NH}_4^+$ ; 2) determinación del  $\text{NH}_4^+$  en el digestado. La digestión se desarrolla por calentamiento de la muestra con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de potasio, promoviendo la oxidación de la materia orgánica y la conversión del nitrógeno orgánico a amonio por incremento de la temperatura, se emplean catalizadores que aumenta la velocidad de oxidación de la materia orgánica. Esto con base en lo establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT-2000).

La materia orgánica, carbono y nitrógeno de se determinó para las muestras del suelo nativo y el sustrato de vivero.

### 6.6. Germinación de semillas en laboratorio (*ex situ*).

Las pruebas de germinación de las semillas se llevaron a cabo en el mes de junio y julio del 2017. Las semillas se colocaron sobre papel filtro con agua destilada en cajas Petri y selladas con papel kleen pack para ser puestas en la cámara de germinación (Escorpión Scientific, Modelo-A 50624, México), a una temperatura de 25.7 °C, con 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Se utilizaron 80 semillas repartidas en 8 réplicas por tratamiento pregerminativo, con un total de 240 semillas por especie, se realizó el monitoreo diario de las cajas Petri durante un mes para observar el número de semillas que iban germinando por día, se consideró una semilla germinada cuando se presentó la emergencia de radícula (Figura 10).



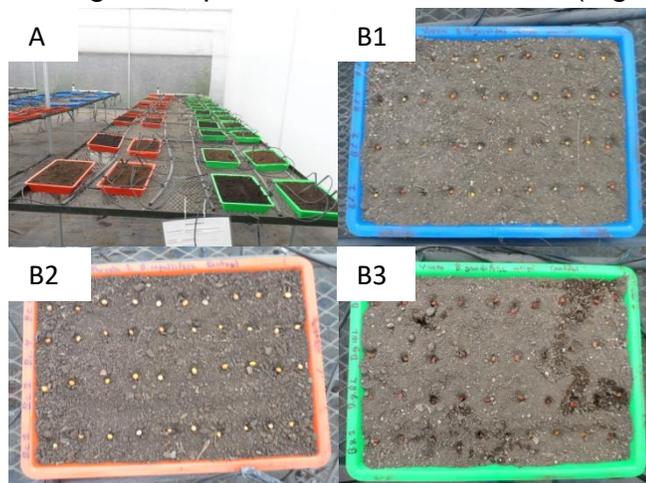
**Figura 10.** Puesta y germinación de semillas de las tres especies de *Bursera* en laboratorio. **A.** Semillas puestas sobre cajas Petri dentro de la cámara de germinación. **B.** Presencia de radícula de *B. grandifolia*. **C.** Presencia de radícula de *B. copallifera*. **D.** Presencia de radícula de *B. fagaroides*.

### 6.7. Germinación (emergencia) de semillas en invernadero *ex situ*.

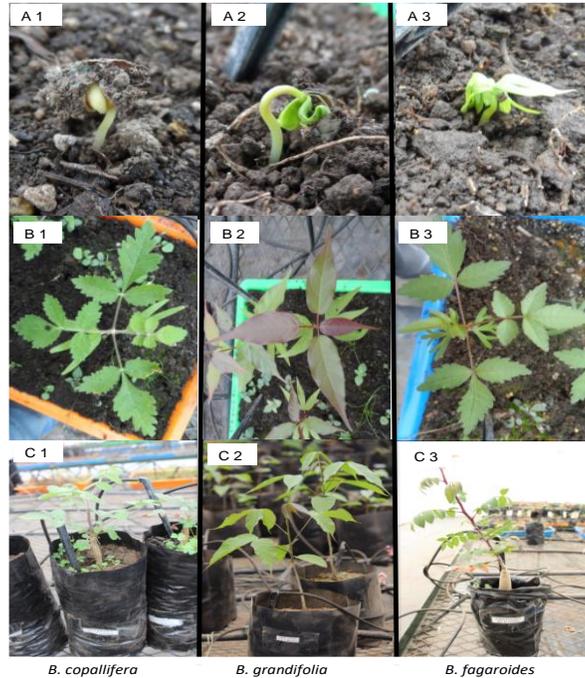
Las pruebas en invernadero se realizaron durante los meses de julio del 2017 a junio del 2018. Durante este experimento se controló la humedad haciendo dos riegos diarios por goteo, un minuto en el día y uno en la noche, la temperatura a la que fueron sometidas fue la del ambiente, se empleó el suelo nativo proveniente de las zonas de estudio de cada parcela y sustrato de vivero forestal proporcionado por la Comisión Estatal de Biodiversidad (COESBIO) del gobierno del Estado de Morelos, el cual es utilizado en los invernaderos forestales. Las semillas se sembraron en charolas de 20 cm de ancho x 35 cm de largo x 5 cm de profundidad (Figura 11), en las cuales se depositaron 40 semillas por charola sobre suelo nativo extraído de las dos zonas y sobre el sustrato de vivero.

Con suelo nativo se sembraron 18 charolas en total por especie, divididas por tratamiento pregerminativo y suelo de tres parcelas distintas por zona (2 zonas). Con sustrato de vivero se ocuparon 6 charolas por especie, dos por cada tratamiento pregerminativo. Utilizando un total de 960 semillas por especie.

Posterior a la siembra, se cuantificó la emergencia y se midió el desarrollo de las plántulas tomando las medidas de altura y diámetro de cada plántula durante un año, cuando las plantas presentaban el segundo par de hojas verdaderas se trasladaron en bolsas negras de polietileno de 15 x 20 cm (Figura 12).



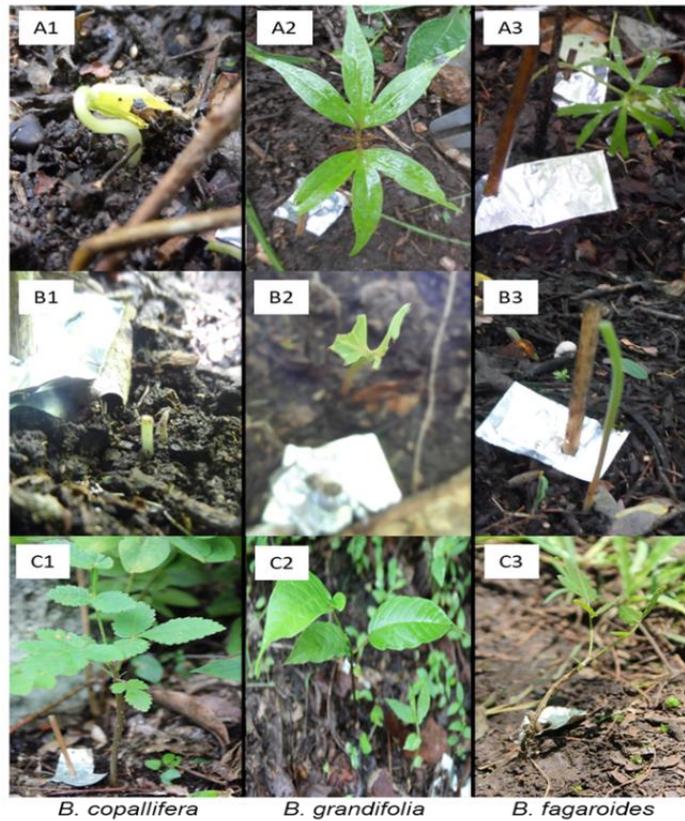
**Figura 11.** A. Siembra de las semillas de las tres especies de *Bursera* en invernadero; B1, B2 y B3. Semillas puestas en charolas de *B. fagaroides*, *B. copallifera* y *B. grandifolia*, respectivamente.



**Figura 12.** Emergencia y desarrollo de las plántulas de las tres especies de *Bursera* en invernadero. **A1, A2 y A3.** Emergencia de las plántulas de *B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides* respectivamente. **B1, B2 y B3.** Presencia del segundo par de hojas verdaderas en las plántulas, el cual fue el indicador para el trasplante a bolsas. **C1, C2 y C3.** Plantas de las tres especies de *Bursera* en bolsas, de las cuales se tomaron los datos de altura y diámetro por un año.

### 6.8. Germinación (emergencia) en campo (*in situ*.)

A mediados del mes de julio del 2017, se pusieron a germinar las semillas de las tres especies de *Bursera*, en parcelas previamente seleccionadas al azar asignando 3 parcelas para la zona 1 lava y 3 para la zona 2 caliza. Para cada zona se pusieron a germinar 360 semillas por especie, divididas en 120 semillas por tratamiento, se colocaron 40 semillas en cada parcela, fueron un total de 9 cuadrantes de 1 x 1m dentro de las parcelas, uno para cada tratamiento y tres cuadrantes por especie. Se delimitaron con alambre de púas para evitar que el ganado dañara las plántulas. Las semillas se depositaron a no más de 1 cm de profundidad. Se realizaron visitas a campo, durante los primeros dos meses de tres a cuatro veces por semana, para el resto del año una vez por semana, para observar, cuantificar y medir la emergencia, desarrollo y mortalidad de las plántulas (Figura 13).



**Figura 13.** Emergencia y desarrollo de las plántulas de las tres especies de *Bursera* en campo. **A1, A2 y A3.** Registro de emergencia de las plántulas de *B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides* respectivamente. **B1, B2 y B3.** Registro de mortalidad de las plántulas por herbívora de las tres especies de *Bursera*. **C1, C2 y C3.** Registro de la diámetro y altura de los Individuos después de un año de la siembra de semillas.

## 6.9. Análisis estadísticos.

Propiedades fisicoquímicas del suelo.

Para comparar las propiedades fisicoquímicas del suelo de la zona 1 lava, zona 2 caliza y el sustrato de vivero, se utilizó la prueba no paramétrica para datos independientes, test de Wilcoxon – Mann-Whitney (para dos grupos) y Kruskal-Wallis (para más de dos grupos).

Germinación y emergencia

Para comparar la germinación en condiciones de laboratorio, la emergencia en invernadero y campo, se utilizó ANOVA y se refutaron los resultados con el test avanzado de Welch (Wilcox, R.R., & Schönbrodt, F.D. 2014). Para test de levne se utilizó la siguiente biblioteca de R citation ("car") John Fox and Sanford Weisberg (2019).

Desarrollo de las plantas

Para comparar la altura y diámetro de las plantas en campo e invernadero, se utilizó tanto el test de Wilcoxon – Mann-Whitney como t de student para datos independientes. Así como, ANOVA y Kruskal-Wallis (para más de dos grupos), según la distribución obtenida en cada grupo de datos.

La normalidad de las muestras se evaluó a través del test de Shapiro-Wilk. Los análisis estadísticos se realizaron con el software R versión 3.6.1 (R Core Team, 2019).

El valor p menor a 0.05 fue considerado estadísticamente significativo.

## 7. Resultados.

### 7.1 Prueba de viabilidad.

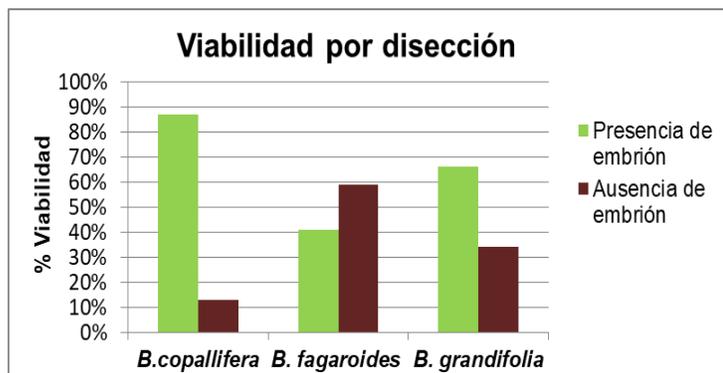
#### 7.1.1 Técnica de flotación.

Con la técnica de flotación se observó cierta versatilidad entre las especies , ya que se obtuvo 100% de viabilidad en las semillas de *B. copallifera*, mientras que para las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* se obtuvo 0 % de viabilidad. Por lo anterior, se utilizó la coloración de las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* como criterio de selección adicional.

#### 7.2.2 Técnica de disección.

La técnica de disección de un lote de 100 semillas por especie mostró de mejor manera la viabilidad de las semillas, la desventaja de esta es que las semillas ya no se pueden emplear para la siembra, ya que es una técnica destructiva.

La técnica de disección reveló, que el 87% de las semillas *B. copallifera* eran viables. Por otro lado, posterior a la selección con base en la coloración, la técnica de disección indicó, que el 41 y 66 % de las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* fueron viables, respectivamente (Figura 14).



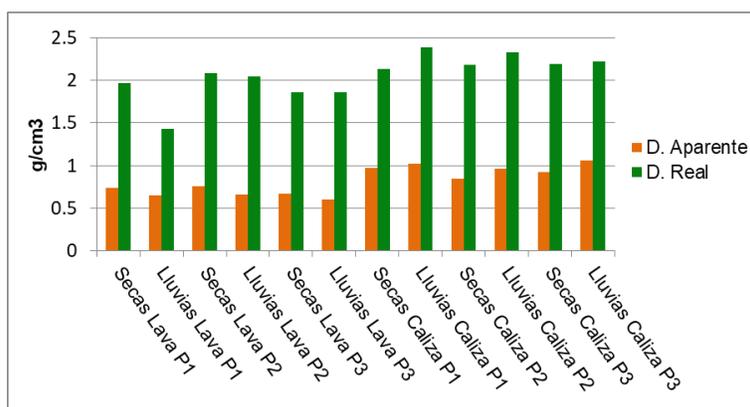
**Figura 14.** Porcentaje de viabilidad de semillas de las tres especies de *Bursera* por medio de la técnica de disección.

## 7.2. Análisis edafológicos.

### 7.2.1. Parámetros físicos.

#### 7.2.1.1. Densidad aparente y real.

Al realizar una comparación de las dos zonas entre las parcelas y las épocas del año, las tres parcelas de la Zona 1 Lava, se comportaron de forma similar en cuanto a la densidad aparente (DA) y la densidad real (DR), presentando una disminución durante la época de lluvias de ambos parámetros con respecto a la obtenida en la época de secas. Para la zona 2 caliza el comportamiento fue contrario al registrado en la zona 1, en donde se registró un aumento por parcela de la DA y DR en la época de lluvias (Figura 15).



**Figura 15.** Comparación de los promedios obtenidos de la densidad real y aparente durante la época de secas y lluvias para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zona.

Durante la época de secas, el suelo de la zona 1 lava presentó una densidad aparente (DA) promedio de 0.72 g/cm<sup>3</sup>, la cual, fue menor que el promedio obtenido de la zona 2 caliza de 0.91 g/cm<sup>3</sup>. Al comparar los resultados para la época de lluvias, dio como resultado que, la zona 1 lava presentó un 0.64 g/cm<sup>3</sup> disminuyendo su DA, la zona 2 caliza mostró un aumento en su DA con un 1.01 g/cm<sup>3</sup> (Figura 15).

Debido a que no se obtuvo una distribución normal en los datos, se aplicó el test de Wilcoxon – Mann-Whitney en R para comparar la DA obtenida en la zona 1 lava contra la zona 2 caliza, con lo cual, se encontraron diferencias altamente significativas, tanto en época de secas ( $W= 22.5$ ,  $p < 0.0001$ ), como en época de

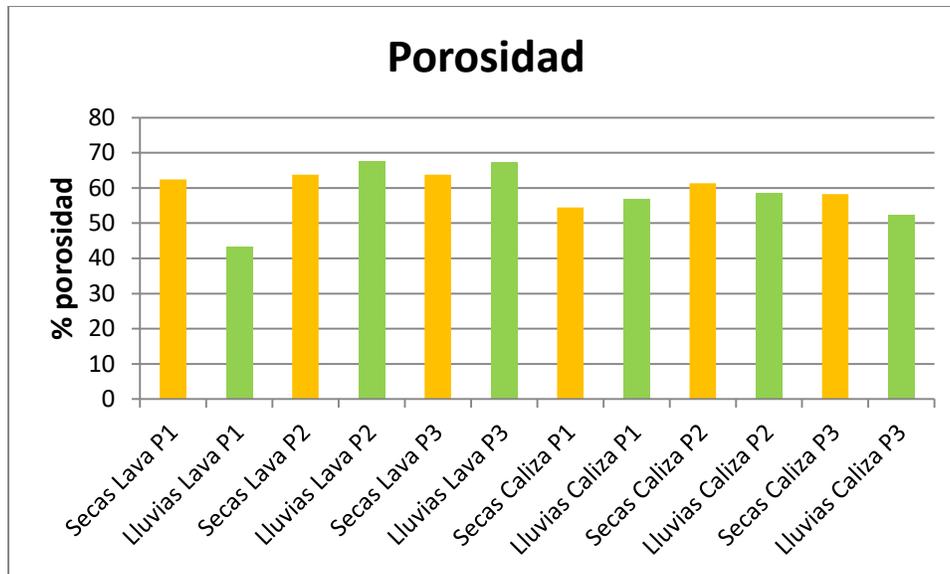
lluvias ( $W = 0$ ,  $p < 0.0001$ ). Por otro lado, al comparar la DA de la zona 1 entre las épocas del año, los valores también mostraron significancia estadística ( $W = 288$ ,  $p < 0.0001$ ). Al igual que la DA de la zona 2 caliza entre época del año ( $W = 81$ ,  $p = 0.0104$ ).

El suelo de la zona 1 lava presentó una densidad real (DR) promedio de 1.97 g/cm<sup>3</sup>, la cual fue menor que el promedio obtenido para la zona 2 caliza de 2.16 g/cm<sup>3</sup>, de las muestras obtenidas en la época de secas. Al comprar la DR en la época de lluvias obtuvimos que, la zona 1 lava presentó una disminución en la DR con un promedio de 1.77 g/cm<sup>3</sup>, mientras que, la zona 2 caliza mostró un aumentó en su DR con un promedio de 2.31 g/cm<sup>3</sup> (Figura 15).

A falta de distribución normal en los datos obtenidos, se aplicó el test de Wilcoxon – Mann-Whitney en R para comparar la DR de la zona 1 lava contra la zona 2 caliza, con lo cual se encontró que las diferencias obtenidas en la época de secas ( $W = 58.5$ ,  $p = 0.0006$ ) y en la época de lluvias ( $W = 0.76812$ ,  $p = 0.0005$ ) son estadísticamente significativas. Al comparar la zona 1 lava entre épocas del año no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 193.5$ ,  $p = 0.3031$ ). Sin embargo, la zona 2 caliza sí mostró diferencias significativas ( $W = 63$ ,  $p = 0.001$ ).

#### **7.2.1.2. Porosidad.**

Al realizar una comparación entre las parcelas de las dos zonas y las épocas del año, se observó que, las parcelas de la zona 1 lava mostraron mayor porosidad con un promedio de 63.34 % en época de secas y 59.46 % en época de lluvias, mientras que, la zona 2 caliza mostró una ligera disminución en la porosidad, un 58.02 % en secas y un 55.97 % en lluvias. No obstante, la parcela 1 de la zona 1 lava presentó el porcentaje más bajo de porosidad, el cual, fue menor a 50 % durante la época de lluvias (Figura 16).



**Figura 16.** Porcentaje de porosidad para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zona para la época de secas y época de lluvias.

Al no encontrar una distribución normal en los datos, se optó por utilizar la prueba no paramétrica de Wilcoxon - Mann-Whitney en R, para comparar la porosidad entre las zonas y las épocas del año. Con lo cual, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la porosidad de la zona 1 lava entre las épocas del año ( $W = 81$ ,  $p = 0.0104$ ), mientras que, la zona 2 no mostró diferencias significativas en la porosidad entre las épocas del año. Al comparar entre zonas durante época de secas, se presentaron diferencias significativas ( $W = 270$ ,  $p = 0.0006$ ), al igual que en época de lluvias ( $W = 270$ ,  $p = 0.0006$ ).

### 7.2.1.3. Textura.

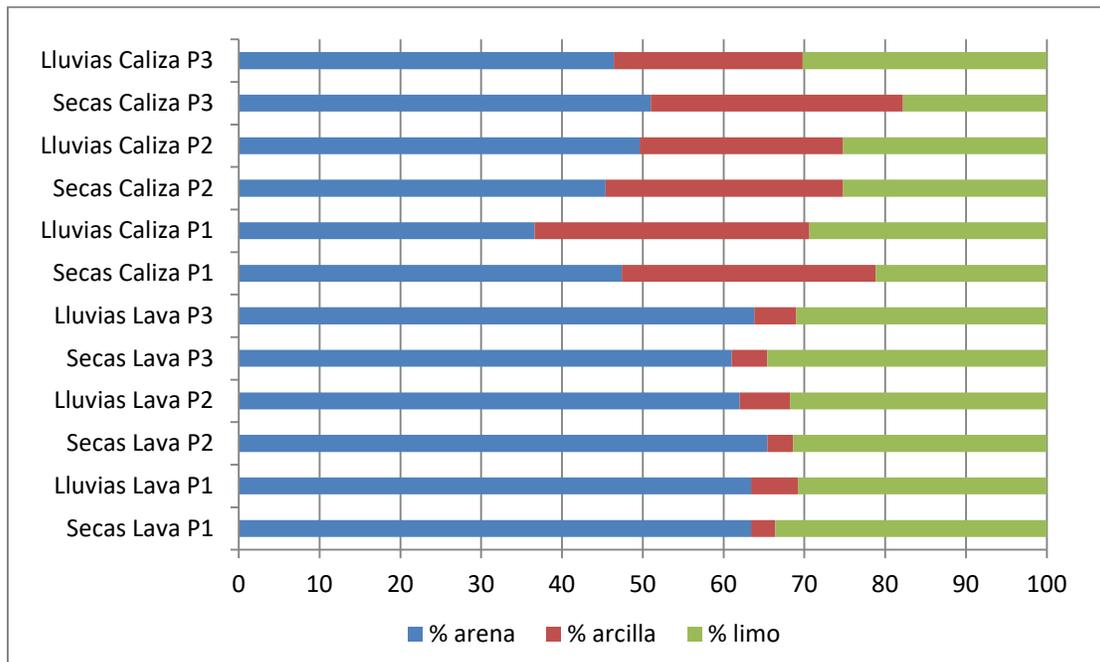
Las parcelas de la zona 1 lava mostraron mayor porcentaje de arenas y limos que la zona 2 caliza, en ambas épocas del año.

El porcentaje de arenas en el suelo de la zona 1 lava, obtuvo un promedio por arriba del 63 % tanto en época de secas como en lluvias, mientras que, en la zona 2 caliza se registró un promedio de 47.93 % de arenas en época secas y 44.2 % en lluvias, observando una disminución en el porcentaje de arenas en la zona 2 caliza en época de lluvia (Figura 17).

La arcilla fue el componente del suelo en menor proporción en cada una de las parcelas de la zona 1 lava, siendo mucho mayor el porcentaje de arcilla en la zona 2 caliza que en la zona 1 lava, con promedios de 29.1 % y 4.63 %, respectivamente.

Por otro lado, el porcentaje de limo obtenido en la zona 1 lava fue de 33.2% en secas y 31.2 % en época de lluvias, mientras que, en la zona 2 caliza se obtuvo 21.4 % en época de secas y 28.2 % en época de lluvias, mostrando un aumento en el porcentaje de limos en la época de lluvias en la zona 2 caliza.

En cuanto a la textura, la zona 1 lava en época de secas, presentó una clase de textura de arena franca a franco arenoso en su mayoría, mientras que, en la zona 2 caliza presentó una textura de franca a franca arcillosa. Para la época de lluvias, en la zona 1 lava las tres parcelas presentaron una textura franco arenoso y la zona 2 caliza, mostró de franca, franca arcillosa y franca arcillosa arenosa (Figura 17).



**Figura 17.** Porcentajes de arena, arcillas y limos en las diferentes parcelas y épocas del año.

Ninguno de los datos obtenidos respecto a la textura de los suelos mostró distribución normal, por lo que se utilizó la prueba de Wilcoxon - Mann-Whitney en R.

Al analizar la proporción de arenas en cada zona de acuerdo a las épocas del año, observamos que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, al comparar el porcentaje de arenas de la zona 1 lava vs la zona 2 caliza se observaron diferencias estadísticamente significativas, tanto en época de secas ( $W = 319.5$ ,  $p < 0.0001$ ), como de lluvias ( $W = 324$ ,  $p < 0.0001$ ).

Se encontró significancia estadística en el porcentaje de arcilla de la zona 1 lava entre las épocas del año ( $W = 58.5$ ,  $p = 0.0008$ ). También se encontró significancia estadística entre el porcentaje de arcilla de la zona 1 lava y la zona 2 caliza, tanto en época de secas ( $W = 0$ ,  $p < 0.0001$ ) como de lluvias ( $W = 0$ ,  $p < 0.0001$ ).

Al comparar el porcentaje de limo de la zona 1 vs la zona 2 en las épocas del año, se encontraron diferencias significativas tanto en secas ( $W = 297$ ,  $p < 0.0001$ ) como en lluvias ( $W = 238.5$ ,  $p = 0.0146$ ). Además, el aumento en el porcentaje de limo en la zona 2 caliza durante la época de lluvias resultó tener significancia estadística ( $W = 63$ ,  $p = 0.001$ ).

#### **7.2.1.4. Color.**

Los resultados muestran que no existen cambios notables en cuanto a la coloración del suelo, ya que se presentan tonalidades entre gris y café oscuro para la época de secas y lluvias, en suelo seco, para el suelo húmedo cambian ligeramente a tonalidades entre café oscuro y negro (Tabla 2).

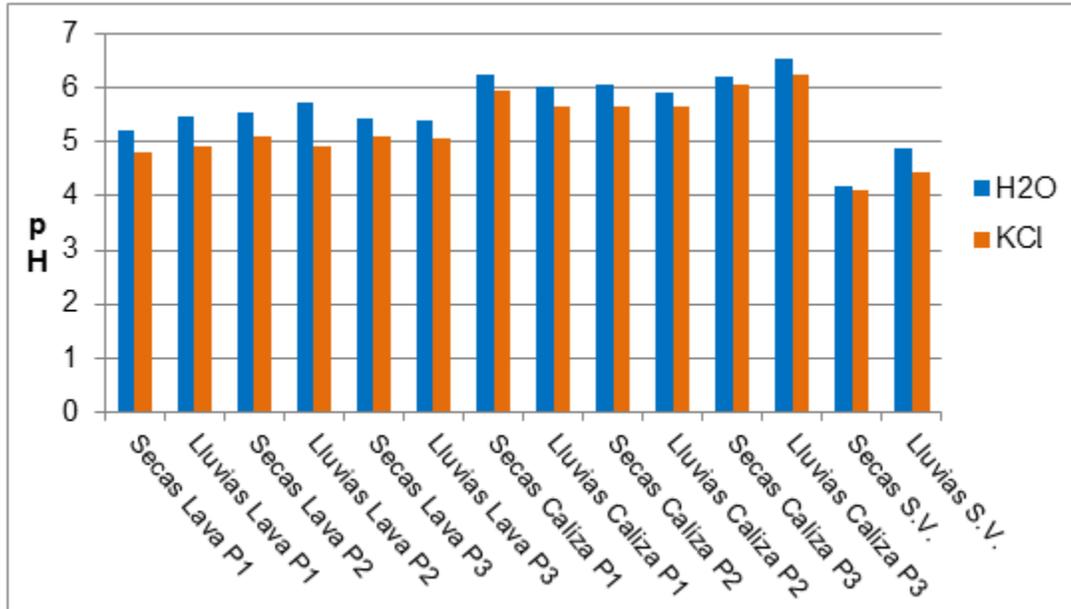
**Tabla 2.** Determinación del color del suelo para cada parcela en época de secas y lluvias.

Época	Zona y parcela	Color en seco	Color en húmedo
Secas	Lava parcela 1	10YR3/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/1 negro
	Lava parcela 2	10YR3/1 gris muy oscuro	10YR2/1 negro
	Lava parcela 3	10YR3/1 gris muy oscuro	10YR2/1 negro
	Caliza parcela 1	7.5YR3/2 café oscuro	10YR2/1 negro
	Caliza parcela 2	7.5YR3/2 café oscuro	10YR2/1 negro
	Caliza parcela 3	7.5YR3/2 café oscuro	10YR2/2 café muy oscuro
Lluvias	Lava parcela 1	10YR3/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/1 negro
	Lava parcela 2	10YR3/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/1 negro
	Lava parcela 3	10YR3/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/1 negro
	Caliza parcela 1	10YR3/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/2 café muy oscuro
	Caliza parcela 2	10YR3/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/1 negro
	Caliza parcela 3	10YR2/2 marrón grisáceo muy oscuro	10YR2/1 negro

## 7.2.2. Parámetros químicos.

### 7.2.2.1. pH.

El sustrato de vivero fue el que presentó el valor de pH más ácido, tanto en agua como en KCl, presentando un ligero aumento en KCl para la muestra correspondiente a lluvias, la zona 1 lava mostró resultados cercanos a un pH 5 en KCl tanto en época de lluvias como en secas, el pH en agua aumentó para las parcelas de las dos zonas tanto en lluvias como en secas, las muestras de la zona 2 caliza, se aproximaron a un pH ligeramente ácido con valores mayores en agua y menores en KCl, siguiendo ese comportamiento para las tres parcelas en las dos épocas del año (Figura 18).

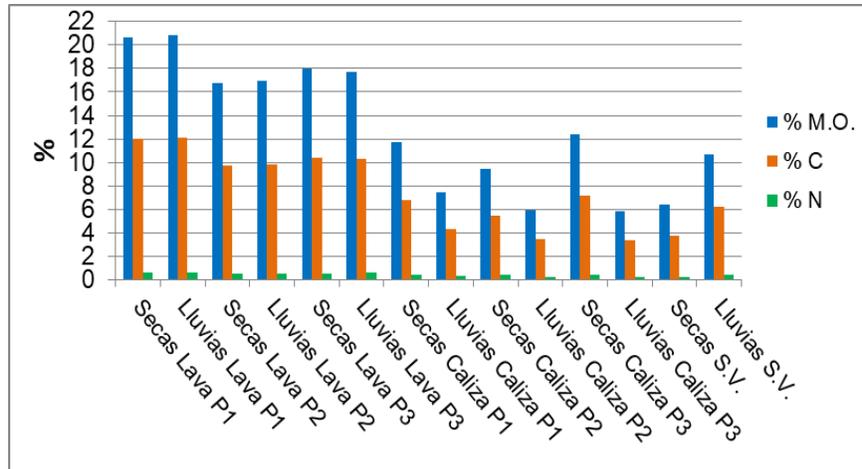


**Figura 18.** Valores de pH en agua y KCl por parcela y sustrato de vivero entre la época de secas y la época de lluvias.

A falta de normalidad, se utilizó Kruskal-Wallis para comparar las muestras de suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. Tanto en agua, como en KCl, se presentaron diferencias significativas con una  $X^2 = 31.203$ ,  $df = 2$ , valor  $p < 0.0001$  en agua, y  $X^2 = 31.203$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0.0001$  en KCL. Siendo el sustrato de vivero quien presentó los valores más ácidos tanto en la época de secas como en lluvias.

#### 7.2.2.2. Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno.

Las parcelas de la zona 1 lava presentaron los mayores porcentajes de materia orgánica y carbono, mostrando una ligera variación entre las parcelas. La zona 2 caliza presentó una disminución del porcentaje de materia orgánica y carbono en las muestras de la época de lluvias. El sustrato de vivero reflejó un comportamiento contrario a la zona 2 caliza, ya que se presentó un aumento del porcentaje de materia orgánica y carbono para la época de lluvias. El porcentaje de nitrógeno se mantuvo constante durante la época de secas y lluvias, aunque se presenta ligeramente en mayor proporción en las parcelas de la zona 1 lava (Figura 19).

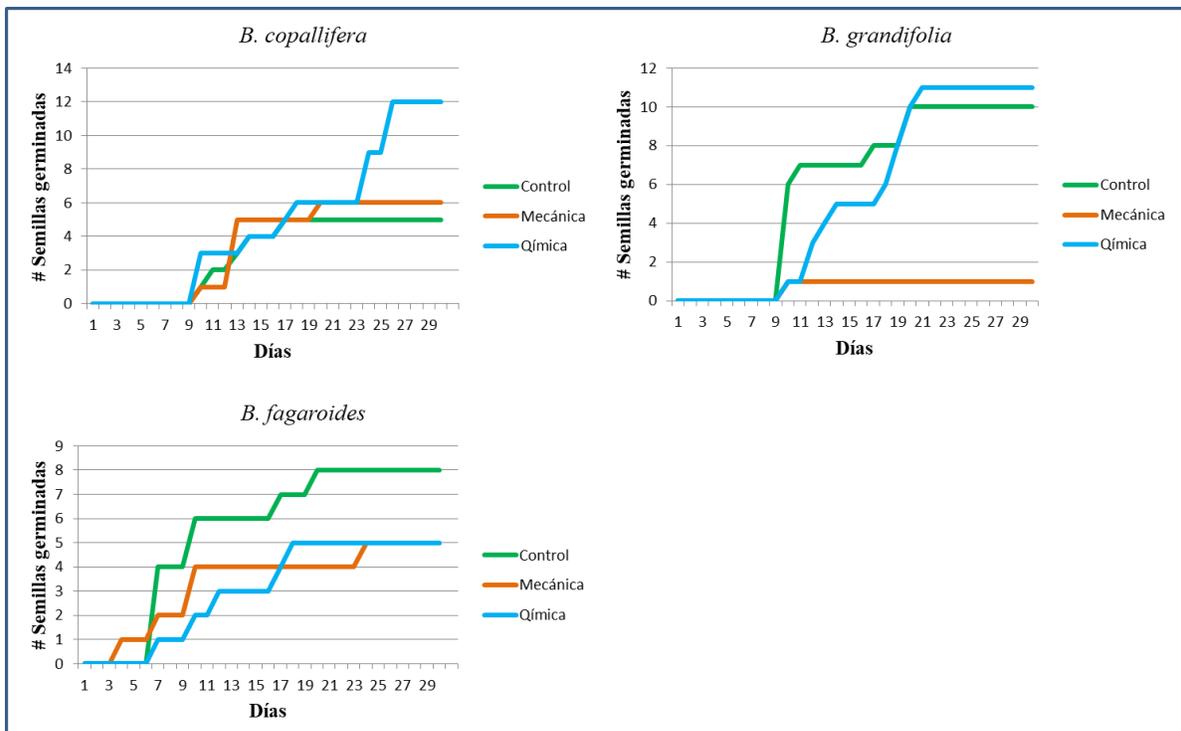


**Figura 19.** Valores de porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno por parcelas entre cada zona y el sustrato de vivero.

Tanto la materia orgánica, como el carbono y el nitrógeno, presentaron diferencias significativas al comparar las muestras entre la zona 1 lava, la zona 2 caliza y el sustrato de vivero, siendo la zona 1 lava, la que presentó el mayor porcentaje en cada uno de estos parámetros (Figura 26). Los valores obtenidos al realizar el análisis de Kruskal-Wallis fueron, materia orgánica ( $X^2 = 22.503$ ,  $p < 0.0001$ ), carbono ( $X^2 = 22.503$ ,  $p < 0.0001$ ) y nitrógeno de ( $X^2 = 22.077$ ,  $p < 0.0001$ ).

### 7.3. Germinación en laboratorio *ex situ*.

Al poner a germinar las semillas en laboratorio dentro de la cámara bioclimática, se observó que, el porcentaje de semillas que germinaron se presentó durante el primer mes para las tres especies. La germinación inició a partir del cuarto día para *B. fagaroides* y en el noveno para *B. copallifera* y *B. grandifolia* (Figura 20).



**Figura 20.** Curva de germinación acumulada de las semillas de tres especies de *Bursera* en laboratorio, en cámara de germinación a 25.7 °C con un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, durante un mes de monitoreo en periodo de junio a julio de 2017.

En laboratorio, *B. copallifera* fue la única especie beneficiada por ambos tratamientos pregerminativos. En especial con la escarificación química, con el cual alcanzó un aumento en la germinación de 8.8 %, mientras que con la escarificación mecánica solo obtuvo un incremento en germinación de 1.3 % (Tabla 3).

Por otro lado, las semillas de *B. grandifolia* solo se vieron beneficiadas con la escarificación química con un ligero aumento en la germinación de 1.2 %. Por el

contrario, la escarificación mecánica resultó ser contraproducente al disminuir el porcentaje de germinación hasta 11.3 % (Tabla 3).

En cuanto a las semillas de *B. fagaroides*, no se vieron favorecidas con ninguno de los tratamientos pregerminativos, ya que se obtuvo una disminución del 3.8 % de germinación en comparación al grupo control (Tabla 3).

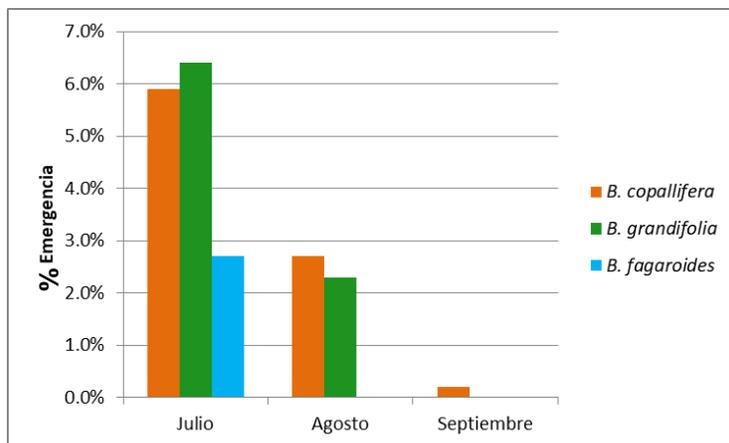
**Tabla 3.** Porcentaje de germinación de semillas de las tres especies de *Bursera* bajo diferentes tratamientos pregerminativos en cámara de germinación.

Especies	% de Germinación por tratamiento		
	Control	E. Mecánica	E. Química
<i>B. copallifera</i>	6.2 %	7.5 %	15 %
<i>B. grandifolia</i>	12.5 %	1.2 %	13.7 %
<i>B. fagaroides</i>	10.0 %	6.2 %	6.2 %

Al realizar el Test Levene, se obtuvo que los datos presentaban homocedasticidad, por lo cual se realizó un ANOVA clásico para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos para cada especie de *Bursera*. Para *B. copallifera* no se presentaron diferencias significativas ( $F(2,18) p = 0.3874$ ). Al contrastar con el test avanzado de Welch, el cual trata la falta de normalidad, homocedaticidad y valores extremos ( $p = 0.5$ ), se validaron los resultados obtenidos del ANOVA clasico. *B. grandifolia* no presentó diferencias significativas ( $F(1.9,18) p = 0.171$ ), después de contrastar con el test de Welch ( $p = 0.2$ ), se aceptaron los resultados del ANOVA. Para *B. fagaroides* no se presentaron diferencias significativas ( $F(1.5,18) p = 0.781$ ) y al contrastar con el test d Welch ( $p = 0.8$ ) nuevamente se validó el resultado del ANOVA.

#### 7.4. Germinación (Emergencia) de semillas en invernadero *ex situ*.

Al poner a germinar las semillas de las tres especies de *Bursera* en invernadero se observó que las plántulas de *B. copallifera* emergieron durante los meses de julio, agosto y septiembre, mientras que las plántulas de *B. grandifolia* emergieron durante julio y agosto. En contraste, las plántulas de *B. fagaroides* únicamente emergieron en el mes de julio (Figura 21).



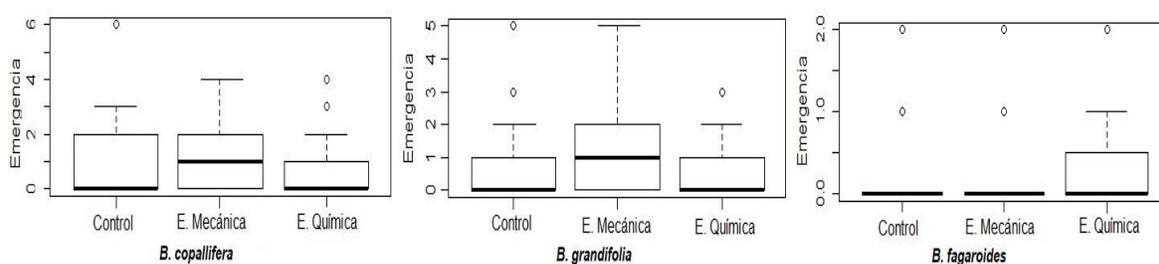
**Figura 211.** Porcentaje de emergencia de las tres especies de *Bursera* en condiciones de invernadero en los meses de julio, agosto y septiembre de 2017.

De los dos tratamientos pregerminativos, en invernadero, la escarificación mecánica resultó ser ligeramente beneficioso para las tres especies, en especial para *B. grandifolia* en la cual se observó un aumento de 3.4 % en emergencia, mientras que la escarificación química únicamente favoreció en 1% la emergencia de semillas *B. fagaroides*, pero no sucedió lo mismo con *B. grandifolia* ni *B. copallifera*, donde la emergencia se vio reducida en un 1.3 % y 3.7 % respectivamente (Tabla 4).

**Tabla 4.** Porcentaje de emergencia de plantas de las tres especies de *Bursera* en invernadero.

Especie	% de Emergencia por tratamiento		
	Control	E. Mecánica	E. Química
<i>B. copallifera</i>	9.6%	10.9%	5.9%
<i>B. grandifolia</i>	8.1%	11.5%	6.8%
<i>B. fagaroides</i>	1.8%	3.4%	2.8%

A falta de normalidad, se utilizó Kruskal-Wallis para comparar la influencia de los tratamientos pregerminativos sobre emergencia de las tres especies de *Bursera*. Dicho análisis demostró, que no hubo diferencias significativas en la emergencia de las plántulas de *B. copallifera* ( $X^2 = 4.4269$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.1093$ ), *B. grandifolia* ( $X^2 = 1.7062$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.4261$ ) o en *B. fagaroides* ( $X^2 = 0.88097$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.6437$ ) con los tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica y escarificación química). Lo anterior indica, que no se vio beneficiada la emergencia de ninguna de las tres especies de *Bursera* con ninguno de los tratamientos pregerminativos evaluados (Figura 22).



**Figura 22.** Emergencia de plántulas de *B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides* con tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica y escarificación química) evaluado en invernadero.

#### 7.4.1. Altura y diámetro de plantas.

Después de un año de monitoreo, el mayor promedio en altura de las tres especies de *Bursera*, lo obtuvieron las plantas de *B. grandifolia* con 49.6 cm, establecidas en el suelo de la zona 2 caliza. En contraste, las plantas de *B. copallifera* obtuvieron la altura promedio más baja de las tres especies de *Bursera*, con un promedio de 11.8 cm, establecidas en el suelo de la zona 2 caliza.

El diámetro promedio más alto se registró en las plantas de *B. fagaroides* con 1.6 cm, establecidas en el sustrato de vivero. A su vez, las plantas de *B. copallifera* presentaron diámetros promedio más altos en el sustrato de vivero con 1.1 cm. No obstante, las plantas de *B. grandifolia* presentaron un promedio ligeramente más alto con el suelo de la zona 2 caliza (Tabla 5).

**Tabla 5.** Altura y diámetro de las plantas de las tres especies de *Bursera*, después de un año de monitoreo, promedio entre zonas para las tres especies de *Bursera*.

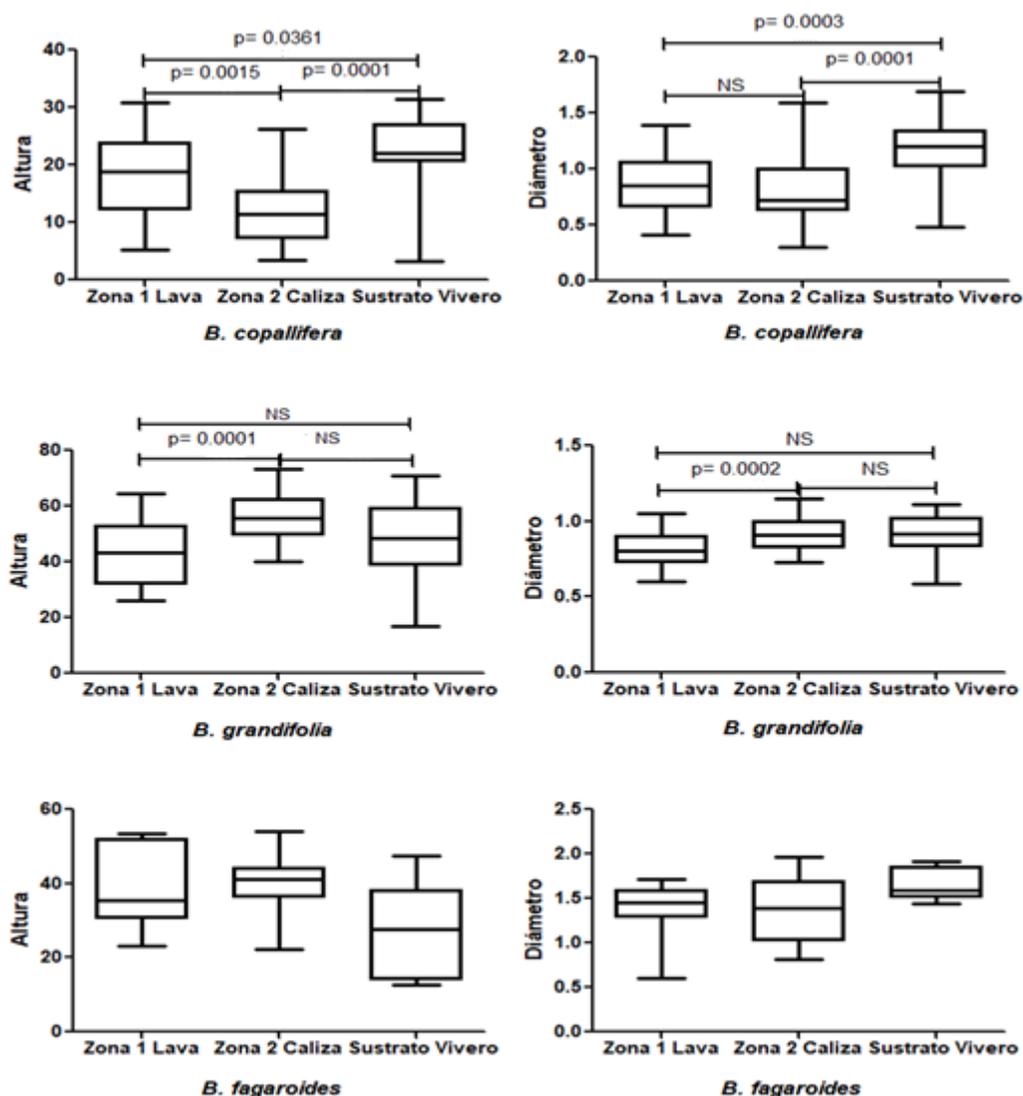
Especie	Suelo	Altura en cm			Diámetro en cm		
		Promedio	Maximo	Minimo	Promedio	Maximo	Minimo
<i>B. copallifera</i>	Zona 1 lava	18	30.8	5.2	0.8	1.3	0.4
	Zona 2 Caliza	11.8	26.2	3.4	0.8	1.5	0.3
	Sustrato de vivero	22.2	31.5	3.2	1.1	1.6	0.4
<i>B. grandifolia</i>	Zona 1 lava	43.8	64.3	26.2	0.8	1	0.6
	Zona 2 Caliza	49.6	70.8	17	0.8	1.1	0.5
	Sustrato de vivero	46.5	63.7	26.2	0.8	1	0.6
<i>B. fagaroides</i>	Zona 1 lava	38.8	53.5	23.2	1.3	1.7	0.6
	Zona 2 Caliza	39.8	54.1	22.3	1.3	1.9	0.8
	Sustrato de vivero	26.4	47.6	12.5	1.6	1.9	1.4

Se realizaron analisis estadisticos comparando la altura y diámetro de las plantas entre el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. Los diámetros registrados de *B. copallifera* mostraron una distribucion normal, mientras que la altura careció de normalidad. Por lo anterior, los diámetros fueron analizados por ANOVA, mientras que para la altura se utilizó Kruskal-Wallis. Dichas pruebas estadísticas mostraron diferencias altamente significativas tanto en diámetro ( $p = 0.0001$ ) como en altura ( $X^2 = 20.163$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.0001$ ). Lo anterior sugiere que, las plantas de *B. copallifera* tuvieron mayor diámetro y altura con el sustrato de vivero (Figura 23).

La distribucion de los datos en altura y diámetro de las plantas de *B. grandifolia* presentaron una distribución normal, por lo que se realizó una ANOVA para comparar la altura y diámetros con el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. Los analisis mostraron diferencias estadísticamente significativas tanto en altura ( $p = 0.0003$ ) como en diámetro ( $p = 0.0014$ ), lo que indica que las plantas de *B. copallifera* tuvieron mayor diámetro y altura con el suelo de la zona 2 caliza (Figura 23).

La altura de *B. fagaroides* se analizó mediante una ANOVA, ya que los datos presentaron una distribucion normal. Por otro lado, los diámetros de las plantas de *B. fagaroides* carecieron de distribución normal, por lo que se realizó el analisis de Kruskal-Wallis. Dichos análisis mostraron que no existen diferencias

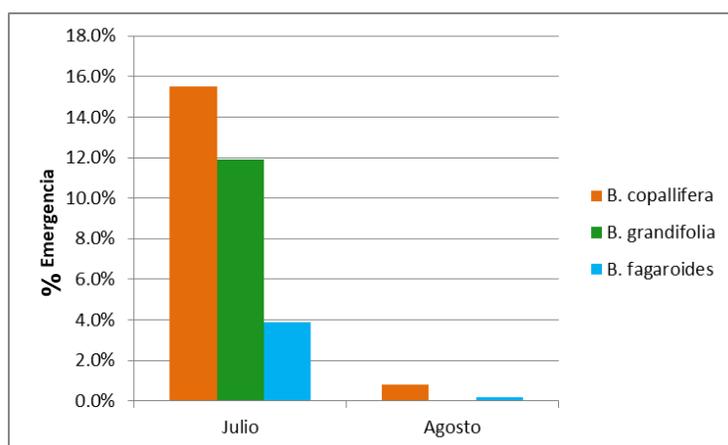
estadísticamente significativas tanto en altura ( $p = 0.0484$ ) como en diámetro ( $X^2 = 3.3442$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.1879$ ) de las plantas de *B. fagaroides* con los suelos de las dos zonas y el sustrato de vivero (Figura 23).



**Figura 2322.** Evaluación de la altura y diámetro de las plantas de *B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides* entre el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero, después de un año de monitoreo en invernadero.

### 7.5. Germinación (Emergencia) de semillas en campo *in situ*.

Al sembrar las semillas de las tres especies de *Bursera* en campo, se observó que el mayor porcentaje de las plántulas emergidas para las tres especies se dio durante el primer mes (julio), dando inicio a la germinación en la segunda semana. No obstante, para el mes de agosto aún se presentó la emergencia de plántulas en *B. copallifera* y *B. fagaroides*. Por otro lado, la emergencia de plántulas de *B. grandifolia* concluyó en la cuarta semana, mientras que para *B. copallifera* y *B. fagaroides* finalizó en la quinta semana (Figura 24).



**Figura 2423.** Porcentaje de emergencia de las tres especies de *Bursera* en campo, durante los meses de julio y agosto de 2017.

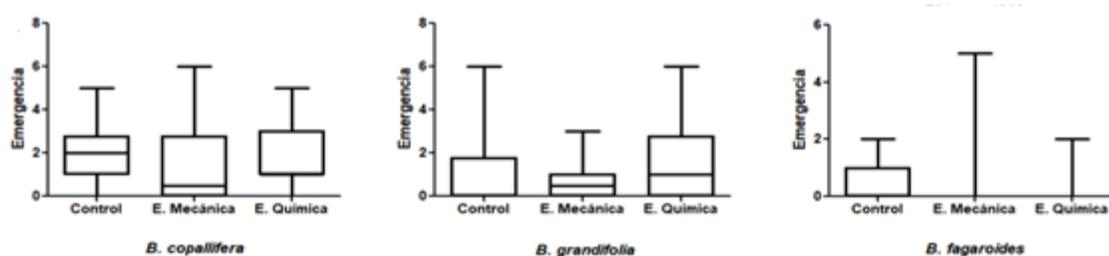
Al sembrar las semillas de las tres especies de *Bursera* y registrar la emergencia, *B. copallifera* presentó el mayor porcentaje de emergencia, seguida por *B. grandifolia*. La que menor porcentaje de emergencia presentó fue *B. fagaroides* (Figura 24).

Al evaluar la emergencia de plántulas con los diferentes tratamientos pregerminativos se observó que, *B. copallifera* no resultó beneficiada por ningún tratamiento. Sin embargo, las semillas de *B. grandifolia* sí se vieron beneficiadas con un aumento en la emergencia del 5% con la escarificación química, mientras que *B. fagaroides* mostró un discreto incremento en la emergencia de 0.9 % con la escarificación mecánica (Tabla 6).

**Tabla 6.** Porcentaje de emergencia de plantas de las tres especies de *Bursera* por tratamiento en campo.

Especie	% de Emergencia por tratamiento		
	Control	E. Mecánica	E. Química
<i>B. copallifera</i>	17.9 %	14.1 %	17 %
<i>B. grandifolia</i>	11.2 %	8.7 %	16.2 %
<i>B. fagaroides</i>	4.5 %	5.4 %	2.5 %

Debido a que no se encontró una distribución normal, se realizó el análisis estadístico Kruskal-Wallis para comparar los tratamientos pregerminativos para cada una de las tres especies de *Bursera*. A pesar de que la escarificación química reflejó un aumento en el porcentaje de germinación para *B. grandifolia*, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 2.3198$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.3135$ ). De manera similar, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la emergencia de *B. copallifera* ( $\chi^2 = 2.2068$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.3317$ ) o *B. fagaroides* ( $\chi^2 = 0.6537$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.7212$ ) con los tratamientos pregerminativos (Figura 25).



**Figura 25.** Evaluación de la emergencia de plántulas de *B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides* con tratamiento pregerminativos (escarificación mecánica y escarificación química) *in situ*.

### 7.5.1. Altura y diámetro de plantas.

Debido a que en campo se presentó un gran porcentaje de mortalidad, se tomaron como referencia las plantas que sobrevivieron hasta el cuarto mes. Las plantas de *B. grandifolia* presentaron el mayor promedio tanto de altura como de diámetro de las tres especies de *Bursera*, las cuales se establecieron en la zona 1 lava con promedios de 6.4 cm y 0.22 cm, respectivamente. Las plantas de *B. copallifera* obtuvieron una altura promedio de 5.3 cm en la zona 2 caliza, mostrando un ligero aumento en la zona 1 lava con un promedio de 5.9 cm. De manera similar, las plantas de *B. copallifera* obtuvieron un diámetro promedio de 0.16 cm en la zona 2 caliza, mostrando un ligero aumento en la zona 1 lava con un promedio de 0.19 cm. Por último, las plantas de *B. fagaroides* habían muerto en su totalidad para el cuarto mes en la zona 1 lava. No obstante, en la zona caliza 2 caliza se obtuvo un promedio de 5.5 cm de altura y 0.15 cm de diámetro de las plantas de *B. fagaroides* (Tabla 8).

Al finalizar el año, solo sobrevivieron un individuo de *B. copallifera* en la zona 2 caliza, seis individuos de *B. grandifolia* (dos en la zona lava y cuatro en la zona caliza) y tres individuos de *B. fagaroides* en la zona 2 caliza.

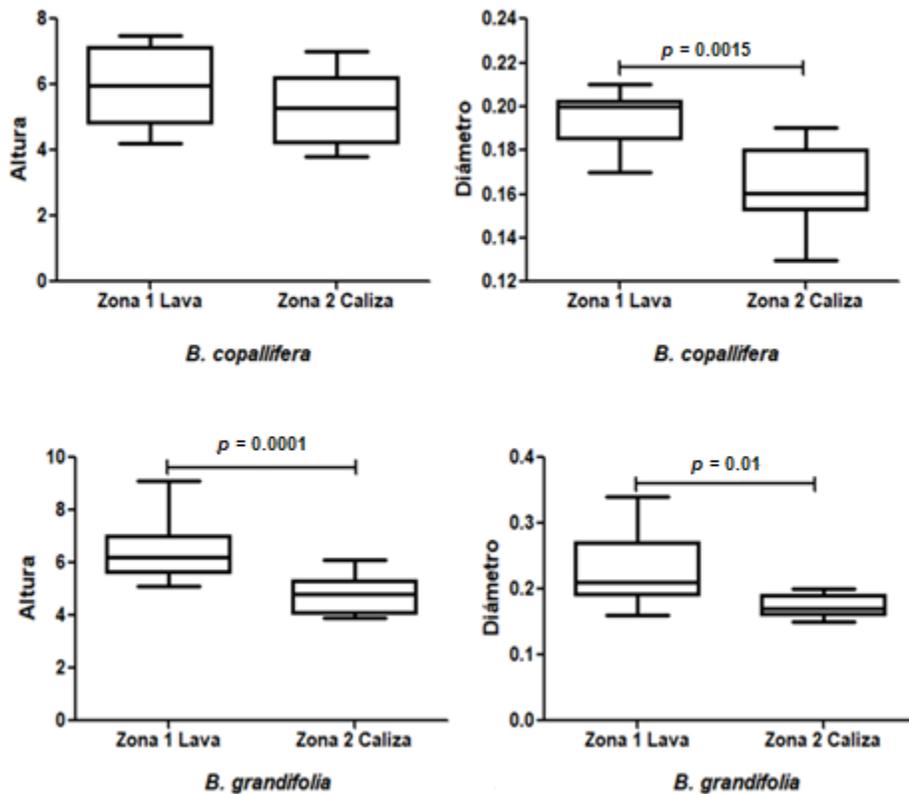
**Tabla 7.** Altura y diámetro de las plantas a los cuatro meses de monitoreo en campo, promedio entre zonas para las tres especies de *Bursera*.

Especie	Suelo	Altura en cm			Diámetro en cm		
		Promedio	Maximo	Minimo	Promedio	Maximo	Minimo
<i>B. copallifera</i>	Zona 1 lava	5.9	7.5	4.2	0.19	0.21	0.17
	Zona 2 Caliza	5.3	7	3.8	0.16	0.19	0.13
<i>B. grandifolia</i>	Zona 1 lava	6.4	9.1	5.1	0.22	0.34	0.16
	Zona 2 Caliza	4.7	6.1	3.9	0.17	0.2	0.15
<i>B. fagaroides</i>	Zona 1 lava	0	0	0	0	0	0
	Zona 2 Caliza	5.5	7.1	4.2	0.15	0.18	0.13

Al presentar una mortalidad del 100% de plantas de *B. fagaroides* en la zona 1 lava, no se realizó la comparación estadística entre zonas.

La altura y diámetros obtenidos de *B. copallifera* presentaron una distribución normal, por lo que se realizó una t-student para evaluar las diferencias entre la zona 1 lava y zona 2 caliza y se observó que *B. copallifera* alcanzó un diámetro

significativamente mayor en zona 1 lava que en zona 2 caliza ( $p = 0.0015$ ), no se observaron diferencias significativas en la altura ente ambas zonas ( $p = 0.3919$ ). Por otro lado, la altura de las plantas de *B. grandifolia* no presentaron una distribución normal, por lo cual se realizó la prueba de Wilcoxon – Mann-Whitney, que indica que las plantas de *B. grandifolia* mostro una altura significativamente mayor ( $p = 0.0001$ ) en la zona 1 lava que en la zona 2 caliza. De manera similar y debido a que el diámetro de las plantas de *B. grandifolia* presento una distribución normal, se realizó la prueba t-student que indica que las plantas de *B. grandifolia* mostraron un diámetro significativamente mayor en zona 1 lava que en zona 2 caliza ( $p = 0.01$ ) (Figura 26).



**Figura 2624.** Evaluación de altura y diámetro de las plantas de *B. copallifera* y *B. grandifolia* en zona lava y caliza (*in situ*).

## 8. Discusión.

De manera general podemos decir que el presente estudio muestra que las semillas de las tres especies del género *Bursera* aquí evaluadas, obtuvieron un porcentaje de germinación bajo en comparación a otros estudios, aun cuando fueron sometidos a tratamientos pregerminativos. Además, encontramos que un ambiente controlado, como puede ser el de invernadero, favoreció el desarrollo de las plantas de las tres especies del género *Bursera*, identificando como posible alternativa, el desarrollo de las plantas en invernadero para favorecer la producción y propagación de estas especies y así obtener su máximo aprovechamiento.

La viabilidad es un parámetro indispensable en la evaluación de semillas que sin duda repercute en su capacidad de germinación. Diversos autores como Hernández y colaboradores en el 2015 reportaron mediante la técnica de flotación, una viabilidad de 76 a 79% en semillas de *B. copallifera* provenientes del estado de Morelos. Por otro lado, Bonfil y colaboradores reportaron en el 2008, que las semillas de *B. grandifolia* y *B. fagaroides* presentaron una viabilidad muy baja, evaluada a través de la técnica de flotación, obteniendo solo 2 % de semillas viables de *B. grandifolia* y 3.3 % de *B. fagaroides*, mientras que la viabilidad encontrada en las semillas de *B. copallifera* fue del 67.7 %. De manera similar, en nuestro estudio encontramos que las semillas de *B. copallifera* presentó una viabilidad del 100%, mientras que las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* presentaron un 0% de viabilidad, evaluadas mediante la técnica de flotación. Es importante recalcar que la similitud en los porcentajes de viabilidad obtenidos en estas especies de *Bursera* con la de otros trabajos previamente reportados, puede estar dada por la procedencia de las semillas y la técnica con la que se evaluó viabilidad. Es decir, las semillas utilizadas por Hernández 2015 y Bonfil 2008, al igual que las utilizadas en nuestro estudio, provinieron del estado de Morelos, aunque no de la misma zona. Además, todas las semillas fueron evaluadas mediante la técnica de flotación. Sin embargo, al hacer una evaluación adicional de la viabilidad a través de la técnica de disección, encontramos que el 87% de las

semillas de *B. copallifera* eran viables y no el 100% como lo indicó la técnica de flotación. Asimismo, con la técnica de disección encontramos que el 41% de las semillas de *B. fagaroides* y el 66% de las semillas de *B. grandifolia* fueron viables. Lo anterior indica que la viabilidad de las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* era más alta que la demostrada por la técnica de flotación. Sin embargo, una de las desventajas de la técnica de disección es que se trata de una técnica destructiva, por lo que las semillas diseccionadas no son útiles para siembra.

Los tratamientos pregerminativos, a menudo son utilizados en la evaluación de la germinación de semillas de diversas especies, con la finalidad de favorecer la germinación. Algunos de los tratamientos pregerminativos utilizados son la escarificación química, escarificación mecánica, estratificación, hormonas, entre otras. Bonfil y colaboradores en 2008 reportan que tratamientos pregerminativos como escarificación química (con ácido clorhídrico) y escarificación mecánica, no mejoraron la germinación de las semillas de *B. grandifolia*, *B. fagaroides* y *B. copallifera*, en contraste, el tratamiento pregerminativo con hormonas citosina benefició la germinación únicamente de las semillas de *B. copallifera*. Por otro lado, Ramos y Bermúdez (2014) reportan que la inmersión de semillas en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y agua hirviendo, como tratamientos pregerminativos, pueden favorecer la germinación de especies de selva baja caducifolia, siendo ésta, una alternativa que podría considerarse a implementar en especies del género *Bursera*. En nuestro trabajo, pudimos observar que la escarificación química y escarificación mecánica, no favorecieron la germinación de semillas de ninguna de las tres especies del género *Bursera* evaluadas en laboratorio, a excepción de las semillas de *B. copallifera* que mostraron un ligero incremento en la germinación con la escarificación química. Un factor determinante de la baja germinación de las semillas de *B. grandifolia* y *B. fagaroides* podría atribuirse al alto porcentaje de semillas vanas, mientras que en el caso de *B. copallifera* el bajo porcentaje de germinación podría atribuirse a otros factores como pueden ser genéticos, ya que los porcentajes de su viabilidad fueron altos tanto con la técnica de flotación, así como la disección de semillas.

De acuerdo a lo previamente reportado por Bonfil y colaboradores en el 2008 y Hernandez en el 2015, la temperatura fluctuante parece jugar un papel importante al favorecer la germinación de algunas especies de *Bursera*. Interesantemente, nosotros obtuvimos una mayor germinación de las semillas de *B. copallifera* en invernadero y campo (sin tratamiento pregerminativo), donde las temperaturas fueron fluctuantes. En contraste, las semillas de *B. grandifolia* y *B. fagaroides* tuvieron un mayor porcentaje de germinación en laboratorio, con temperatura constante. Por otro lado, de los tratamientos pregerminativos evaluados en invernadero, únicamente la escarificación mecánica favoreció ligeramente la germinación de las semillas de las 3 especies de *Bursera*, aunque estos datos carecen de significancia estadística.

Si bien, la evaluación de semillas en laboratorio e invernadero nos ayuda conocer un primer panorama acerca del potencial de germinación (emergencia) de semillas de determinadas especies, no siempre se tiene el mismo comportamiento *in situ*. Resultados reportados por Barrales en el 2009, muestran que las semillas de *B. copallifera* presentaron un incremento de casi el doble en el porcentaje de germinación en campo, en comparación con el invernadero. De manera similar, en nuestro estudio observamos un incremento considerable en la germinación de semillas de las tres especies de *Bursera* evaluadas *in situ*, en contraste con el invernadero. Lo anterior, podría atribuirse a las características fluctuantes del ambiente, tales como la temperatura, humedad, así como interacciones biológicas. Además, nuestros resultados obtenidos en campo muestran, que la escarificación química y la escarificación mecánica favorecieron ligeramente la germinación de semillas de *B. grandifolia* y *B. fagaroides*, respectivamente, aunque estos datos carecieron de significancia estadística.

Pese a que el porcentaje de germinación de las tres especies de *Bursera* fue bajo, se obtuvo un desarrollo de las plantas que lograron germinar. Se evaluaron características fisicoquímicas del suelo de dos zonas, zona 1 lava y zona 2 caliza, y las características químicas un sustrato de vivero, las cuales pueden contribuir en el establecimiento y desarrollo de las plantas, como la densidad aparente, real, porosidad, textura, pH, materia orgánica, carbono y nitrógeno, ya que estas podrían favorecer y facilitar el abastecimiento de agua, aire y penetración de las raíces, así como la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de la microfauna del suelo (FAO, 2000; Jordán, 2005).

Las plantas establecidas en el invernadero sobre suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero, presentaron una mayor altura y diámetro en comparación de lo reportado en campo, esto podría deberse a que se eliminó la competencia y hubo una mayor disponibilidad de agua y nutrientes, permitiendo así el aprovechamiento de los recursos y disponibles en el suelo para cada planta, favorecieron notablemente el desarrollo de las plantas que germinaron. A pesar de presentar un mayor porcentaje en los parámetros químicos (Materia orgánica, carbono y nitrógeno) para el suelo de la zona 1 lava, las plantas de *B. copallifera* obtuvieron una mayor eficiencia en altura y diámetro al establecerse en el sustrato de vivero, para *B. grandifolia* el suelo de la zona 2 favoreció la altura y el diámetro de las plantas. La concentración de Carbono y Nitrógeno se encuentra asociada a los procesos de descomposición de materia orgánica por medio de los microorganismos, lo cual favorece a la disponibilidad de los nutrientes, el balance de C y N es de gran importancia, si se presenta un alto porcentaje de carbono y bajo porcentajes de nitrógeno, los microorganismos encargados de la degradación de materia orgánica se reducen, generando una disminución en la mineralización y disponibilidad de nitratos (Jordán, 2005).

Las características fisicoquímicas de la zona 2 caliza, pueden verse influenciadas por la ubicación, ya que forma parte de una zona cerril, la cual, al contar con una pendiente, en época de lluvias se da una disminución de la materia orgánica por arrastre, lo que podría reflejarse en el establecimiento y desarrollo de las plantas (FAO, 2009; Jordán, 2005).

En general, la zona 1 lava presentó características fisicoquímicas favorables para el establecimiento de plantas, situación que se ve mejor reflejada en campo, ya que se presentaron las plantas con mayor altura y diámetro, para las tres especies. No obstante, las plantas de la zona 1, a pesar de su mejor desarrollo, también tuvieron un índice de mortalidad mucho más alto que la zona 2, dado por la herbívora que se pudo observar, lo que podría indicar que el suelo de esta zona presenta características aceptables para el establecimiento de las plantas, pero, las interacciones bióticas y abióticas son las que se encuentran delimitando el establecimiento y reclutamiento de nuevos individuos. A pesar de que los factores fluctuantes e interacciones biológicas propias del ambiente *in situ* favorecen a la germinación y desarrollo de plántulas del género *Bursera*, no deja de haber factores que delimitan el establecimiento inicial de las plantas, tales como la herbívora, siendo parte de los procesos bióticos. Barrales reporta en 2009, una supervivencia de plantas de *B. copallifera* del 6% *in situ*, después de 11 meses de monitoreo. De manera similar, nosotros obtuvimos después de un año de monitoreo *in situ*, un porcentaje de mortalidad de arriba del 90%, en las plantas de las tres especies de *Bursera*.

## 9. Conclusión.

- La proporción de semillas viables para *B. grandifolia* y *B. fagaroides* fue baja, debido a una alta frecuencia de semillas vanas; *B. copallifera* fue la especie con mayor viabilidad.
- Los tratamientos pregerminativos no tuvieron ninguna influencia sobre la germinación de semillas de las tres especies de *Bursera*.
- La germinación de semillas en un ambiente controlado en la cámara de germinación fue bajo para las tres especies de *Bursera*.
- La germinación (emergencia) fue mayor en campo que en invernadero, los mejores rendimientos en cuanto a altura y diámetro se presentaron en invernadero, el sustrato de vivero favoreció principalmente a *B. copallifera*.
- En campo (*in situ*) se presentaron en suelo de la zona 1 lava las plantas con mayor altura y diámetro, lo cual podría atribuirse a las propiedades fisicoquímicas del suelo.
- Las propiedades fisicoquímicas del suelo de la zona 1 lava, presentaron diferencias que pudieran favorecer el establecimiento y desarrollo inicial de las plantas de *Bursera* en condiciones naturales.
- Las propiedades químicas del sustrato de vivero, pudieron favorecer el desarrollo de las plantas de *B. copallifera*.
- Las plantas de las tres especies de *Bursera* presentaron una alta mortalidad (*in situ*).

## 10. Bibliografía.

- Aguilera H. N., 1989. Tratado de Edafología de México tomo I. Laboratorio de Investigación de Edafología. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.222p.
- Arriaga V.V. Cervantes A. Vargas M., 1994. Manual de reforestación con especies nativas, SEDESOL, INE, UNAM Facultad de Ciencias, México. 179 p.
- Barrales A. B. A., 2009. Establecimiento inicial de *Busera copallifera* en tres sitios con diferentes grados de perturbación. Facultad de ciencias. Universidad nacional autónoma de México pp. 47.
- Bonfil S. C. P.E. Mendoza H. J.A. Ulloa N. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. *Agrociencia*. 41: 103-109.
- Bonfil. S. C., I. Cajero L. R.Y. Evans. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia* 42: 827-834.
- Cortez A. B. O., 2015. Distribución de epífitas entre forofitos de un bosque tropical caducifolio sobre suelo volcánico de Tepoztlán, Morelos, así como el efecto de *Quercus obtusata* y *Sapium macrocarpum* sobre la germinación de *Encyclia spatella* y *Guarianthe aurantiaca*. Tesis de Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. pp. 80.
- Cotler H., E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina, L. Quiñones. 2007 La conservación de suelos: un asunto de interés público, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México, Gaceta Ecológica, núm. 83, pp. 5-71
- Del Amo Rodríguez S., M. del C. Vergara T., J. M. Ramos P. y C. Sainz C. 2002. Germinación y Manejo de Especies Forestales Tropicales. Ed. PROAFT. AC PP.190

- Díaz L.E., J.M. Loeza C., I. Brena H., C. Sánchez H., J.M. Campos P., C.H. Bravo D. y I.J. Orlando G. 2013. Manual técnico para la propagación asexual de *Burseraceae* en la cañada Oaxaqueña. Universidad de la Cañada Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca.
- Díaz, P.F., 1998. Diversidad biológica y conservación de la biodiversidad, en Diversidad biológica y cultura rural. Departamento Interuniversitario de Ecología, Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 42-55 p.
- Domínguez D. Q. A., 2014. La familia *Burseraceae* en el estado de Morelos. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencia Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. pp. 100.
- FAO, 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos, boletín de tierras y aguas. Roma. pp. 220.
- FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. Curta edición. Roma. pp. 99.
- Flores P.A., C.A. Vergara T. 2010. ¿Cuál es el papel de los árboles como generadores de nichos? II Taller Internacional de Recursos Naturales. pp. 1-9.
- Gamboa C. A. M. 2005. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la materia orgánica del suelo: implicaciones para la restauración de bosque tropical seco de Yucatán. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 107 pp.
- Gann G.D., D. Lamb. Redactores. 2006. La restauración ecológica: un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida (versión 1.1). Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona, EE.UU. y IUCN, Gland, Suiza.
- Gold K., P. León L. y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p.

Google Earth. (s.f.). Mapa de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos en Google Earth. Recuperado el 24 de Septiembre, 2019, de: <https://earth.google.com/web/@18.94578314,-99.12882633,1496.55293909a,6570.44223443d,35y,-0h,0t,0r>

González R., G. Lozano S., J A. Rojas M. 2004. Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Florencia (Colombia). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. 55 p.

Guzmán P. A. M., E. Cruz C. 2014. Guía técnica para la multiplicación de ocho especies de la selva baja caducifolia. Campo Experimental Zacatepec. CIRPAS-INIFAP. Folleto Técnico No. 80. Zacatepec, Mor. 34 p.

Hartman H. T., D. E. Kester y F. T. Davies. JR. 1990. Plant Propagation. Principles Practices. Fifth edition. Prentice-Hall, Inc. Englewood, Clifts, New Yersey. 647 p.

Hernández P. E., M. González E., I. Trejo., y C. Bonfil. 2011. Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 964-976.

Hernández Téllez, I. J., 2015. Viabilidad y germinación de semillas de diez especies del género *Bursera*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 72.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tepoztlán, Morelos Clave geo estadística 17020.

INAFED. 2010. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB Secretaria de Gobernación.

Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/index.html>  
Consultado el 21 de noviembre del 2016.

- Jara T. P. P. 2005. Efecto de dos especies arbóreas sobre las condiciones del suelo: implicaciones para la restauración del bosque tropical seco en la sierra de Huautla, Morelos. Tesis de maestría. Instituto de ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. 80 pp.
- Jiménez S. C. L., L. Matías P. 2010. La sexualidad en las plantas. Revista Digital Universitaria Volumen 11 Número 8 • ISSN: 1067-6079.
- John Fox and Sanford Weisberg (2019). An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Jordán A. L. 2005. Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. pp. 143.
- Linares, E., R. Bye. 2008. El copal en México. CONABIO. Biodiversitas 78:8-11.
- Monroy, R., I. Ayala, 2003. Importancia del conocimiento etnobotánico frente al proceso de urbanización. Etnobiología. 3: 79-92.
- Montufar L.A. 2016. Copal de *Bursera bipinnata*. Una resina mesoamericana de uso ritual, cemca. pp. 45-77.
- Munsell, H. H. 1992. Munsell soil color charts. U.S. Dept. Agriculture Hand book 18-soil Sarvery Manual.
- Neiff J.J. 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South America, pp. 1 57186. En: Gopal, D.
- Purata S.E. 2008. Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites. CONABIO/RAISES. 60 p. México.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramos-Figueroa, I., K. Bermúdez-Torres. 2014. Descripción y germinación de especies arbóreas de selva baja caducifolia en el Estado de Morelos, México. Investigación Agropecuaria 11(1): 1-14.

- Rivas A. S.R., E. Bello C., H. Carrillo R., A.R. Andrés H., D.M. Figueroa C., S. Guzmán J. 2015. Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (*Burseraceae*) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86 178-187.
- Ruiz F. A. del C. 2004. Evaluación del cambio de uso de suelo y su impacto en suelos forestales en el volcán Ciltlaltépetl, Puebla. Tesis de maestría. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 95pp.
- Ruiz R. C. A. 2001. San Andrés de la Cal: culto a los señores del tiempo en rituales agrarios. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Temixco, Morelos, México.
- Rzedowski J., G. Calderon. 2001. Flora fenerogamica del valle de México. Instituto de ecología, A.C. y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. 1ra. edición digital. México. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora\\_del\\_Valle\\_de\\_Mx1.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf)
- Rzedowski J., R. Medina L. G. Calderón de Rzedowski. 2004. Las especies de *Bursera* (*Burseraceae*) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Bot. Mex.* 66: 23-151.
- Rzedowski J. R. Medina L., G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (*Burseraceae*). *Acta Botánica Mexicana* 70:85-111.
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Santoyo M. M., A. Flores M., 2010. Almacenamiento y germinación de semillas de cuatro especies del genero *Bursera* (*Burseraceae*) en Morelos, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Bilógicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 43pp.

- SEMARNAT, 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-21-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis.
- SEMARNAT, 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. 2013.
- Tamhane R. V., D. P. Motiramaní., Y. P. Balí., R. L. Donahue, 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. México D.F. 53p.
- Tréllez S. E. 2004. Manual guía para educadores educación ambiental y conservación de la biodiversidad en los procesos educativos.
- Trejo I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Vázquez-Yanes. C., Muñoz A. I. B., Alcocer M. I., Silvia M. G. D. Y. C., y Dirzo S. 2001. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación.
- Vázquez-Yanes. C., A. Orozco S. M., E. Sánchez C. M., Rojas A. y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. La ciencia para todos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 167 p.
- Wilcox, R.R., & Schönbrodt, F.D. (2014). The WRS package for robust statistics in R (version 0.24). Retrieved from <http://r-forge.r-project.org/projects/wrs/>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Fecha: 19 de noviembre de 2021

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE BURSERA SOBRE SUELO NATIVO Y UN SUSTRATO DE VIVERO DE FORMA IN SITU Y EX SITU.”** del alumno **Juan Antonio Barrios Pareja**, con número de matrícula **7920170101**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

Dra. María Luisa Alquicira Arteaga



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA LUISA ALQUICIRA ARTEAGA | Fecha:2021-11-18 18:29:23 | Firmante**

ZVWcl/h1s4BxzsCHZk34DHjNyd1EdXtJDafcyNiJp6TG9b+Dv169CUG/gdeViFrqcL6/6LNGF7luEhARjPjZZbZtyFmesGRxF1ZBp6sSa/w4c7MTmT+5wnRPWVgrQYE1w7/9jK3wC  
OdFdFjDSks1v7F5n+KJyPrP94XyUatpmJgonJlcKIMagWaGldGI+TSWhEz35BxBrlmfn3ddnm6C/KmzsXNp7dO2BGcNE1plHe+rQnEQxzHjuMCTXf9kUBKoG1InM1zKI0IWXwTU  
Q3hazoPc6bhfaZwORy9vRYh4dqJ3nYhPeX6EmQuyvlSnbEJIMh3etmxwrY792E53meDk0w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[ZYR7zNxca](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/L2JvZicavZ7IFcmjCPN3G6MaAyYReY8g>



Fecha: 18 de noviembre del 2021.

**Comisión de Seguimiento Académico**  
**Maestría en Biología Integrativa de la**  
**Biodiversidad y la Conservación**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE BURSERA SOBRE SUELO NATIVO Y UN SUSTRATO DE VIVERO DE FORMA IN SITU Y EX SITU.**" del alumno **Juan Antonio Barrios Pareja**, con número de matrícula **7920170101**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



---

Dra. Silvia Evangelista Lozano  
Profesora e Investigadora  
Departamento de Biotecnología

c.c.p. Archivo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**SILVIA EVANGELISTA LOZANO | Fecha:2021-11-19 12:20:13 | Firmante**

OrZVfQsrGV8jvmpU7P4xujX2HHX0P+2AxWXcn9ERe6NACREnvOe8GEn4iTgz1MIIDRjF0m96DiBRmfHg6qrswwiawP45WkLjMm4lxy3uGz7KT7KRCf9/D5FIFqqERp3V8nT0E+gqRfduPd7/oAXC6k2R9+ij9TQnc2mgbEINhBivJLb4PINK917COuWq9NwxCT0oqiUNJxQjAocXiNsKI5j2LsiZgTRVwZbn9Upo3lgXyQGE2v/sBcxSzRiC3apR0eLh6zhQwQ1UDGxuPtT856c5D1A86eoN8QvXnVwsugTYwDGVtIXqlaM03KvsJWrG0f1MqzdKidN9frm6fAtQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[gvVfPqHIW](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/qdoXADSOhbjqyS1Jrxo65EgxE3j0gnCa>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Reacreditado* por el CACEB, A.C.

Fecha: 18/11/2021

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE BURSERA SOBRE SUELO NATIVO Y UN SUSTRATO DE VIVERO DE FORMA IN SITU Y EX SITU.”** del alumno **Juan Antonio Barrios Pareja**, con número de matrícula **7920170101**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

Mtro. Alejandro Flores Morales



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ALEJANDRO FLORES MORALES | Fecha:2021-11-19 13:41:23 | Firmante**

MNPtDs6gngcEtewek+z6FKqnWj7GN3Y8u7qw96TJAHVa6cM8wz8ZI5wQpZmm66dEW6w1yCyQQYixldVLIKW74oLD+HSfYgr/kwhG2rtfmDX55A9U8zeatn9xk7xEss0IOEHmbODKXMN0BDTcEkEOz2Qlc7nAZHgL93vbn65BqRtDZxjEvSqCuvMXRJUx5zbusLaqJFGV8Nd6Y7c3BYCDPpMtPOgfnv/FX0HmcC93mAaQEFHlar4rrW7fgUKJrlfAlv+3MEzaUCR0G2sKPRAvOOSno9nVc1EygOsXhLhG912xrTjepRX0Sb8A8NYjKMaD43gkNUa5QMUufjaKUn2gQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[bpUSmn9xk](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/LvNvl4ph0mWuBngUKINXUvKsUM5EuqHE>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS  
UAEM

Cuernavaca, Morelos a 18 de noviembre del 2021.

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE BURSERA SOBRE SUELO NATIVO Y UN SUSTRATO DE VIVERO DE FORMA IN SITU Y EX SITU.**” del alumno **Juan Antonio Barrios Pareja**, con número de matrícula **7920170101**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO.**

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

**ATENTAMENTE**

Se anexa firma electrónica

M. EN C. MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO

PROFR-INVEST.

ADSCRITA AL LABORATORIO DE EDAFOCLIMATOLOGÍA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO | Fecha:2021-11-18 13:10:48 | Firmante**

Y+XSNWUOpswY3OCO8HC9xiP3jInQJanfdUJMLoS9GED/MlnBvRpEwhwcVKLmDkwlc91snSOFrdKzYCOObVPLMQ6gpj7NpM8UV41ntNXvXgYOxSBpXRcqq0YsrtXQscR  
Nq1+LMDtJWICBZDpX6Zj/uW0WSnFxmUW5yY47Q0nehIG2EwjNyuguVcqt71OU90eTxO1vEPoDMYVSYb7f3AdABdG6fv3xXOc3vN53q3ZI4LS+lwT1yV5ycM9lcBxe4BJlyjv3fd  
E02cKUQ5txCyCjFC13yu0tgQN+GeRYyWaE5mLCVBIQvsDJPSSubKfillrQTcPahpwXHqY7GsWNxQWbrQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**X9yipS3tF**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/fOTqXiwBtviH6txDdCEdAvbJiZ3mDQsp>

