



**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, 2019**

## **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 sínodos.

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

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 <i>Bursera</i> . ....	3
2.2. Distribución del género <i>Bursera</i> . ....	3
2.3. Propagación asexual. ....	4
2.4. Propagación sexual. ....	5
2.5. El recurso suelo. ....	6
3. Justificación. ....	7
4. Hipótesis. ....	8
5. Objetivos. ....	8
5.1. Objetivo General. ....	8
5.2. Objetivos Particulares. ....	8
6. Área de estudio. ....	9
7. Materiales y métodos. ....	11
7.1. Colecta de frutos y selección de semillas. ....	11
7.2. Pruebas de viabilidad. ....	13
7.3. Tratamientos pregerminativos. ....	14
7.4. Análisis edafológicos. ....	15
7.4.1. Obtención de las muestras de suelo. ....	15
7.4.2. Parámetros físicos. ....	16
7.4.2.1. Densidad aparente Y real. ....	16
7.4.2.2. Porosidad. ....	17
7.4.2.3. Textura. ....	17
7.4.2.4. Color. ....	18
7.4.3. Parámetros químicos. ....	19
7.4.3.1. pH en agua y KCl. ....	19
7.4.3.2. Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno. ....	19
7.5. Germinación de semillas en laboratorio ( <i>ex situ</i> ). ....	20
7.6. Germinación (Emergencia) de semillas en invernadero <i>ex situ</i> . ....	21
7.7. Germinación (Emergencia) en campo <i>in situ</i> . ....	22

7.8. Análisis estadísticos.....	24
8. Resultados.....	24
8.1 Prueba de viabilidad.....	24
8.1.1 Técnica de flotación.....	24
8.2.2 Técnica de disección.....	24
8.2 Análisis edafológicos.....	25
8.2.1 Parámetros físicos.....	25
8.2.1.1 Densidad real y aparente.....	25
8.2.1.2 Porosidad.....	28
8.2.1.3 Textura.....	29
8.2.1.4 Color.....	32
8.2.2 Parámetros químicos.....	32
8.2.2.1 pH.....	32
8.2.2.2 Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno.....	34
8.3. Germinación en laboratorio <i>ex situ</i> .....	36
8.4. Germinación (Emergencia) de semillas en invernadero <i>ex situ</i> .....	39
8.4.1 Altura y diámetro de plantas.....	42
8.5. Germinación (Emergencia) de semillas en campo <i>in situ</i> .....	44
8.5.1 Altura y diámetro de plantas.....	47
9. Discusión.....	49
10. Conclusión.....	53
11. Bibliografía.....	54

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (INEGI, 2009). Comunidad de San Andrés de la Cal perteneciente al municipio de Tepoztlán, Morelos.</i>	9
<i>Figura 2. Mapa de la ubicación de San Andrés de la Cal, de las dos zonas de estudio y las parcelas para la germinación en campo (P1, P2 y P3 para la Zona 1 y Zona 2) (Google Earth).</i>	10
<i>Figura 3. Características físicas utilizadas para la selección de los frutos en campo de las tres especies de <i>Bursera</i>.</i>	12
<i>Figura 4. Selección de semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> un mes después de haberse puesto a secar los frutos.</i>	12
<i>Figura 5. Presencia de embrión en semillas consideradas viables de las tres especies de <i>Bursera</i> realizando una disección y vistas al microscopio.</i>	13
<i>Figura 6. Semillas seleccionadas para el diseño experimental de <i>B. grandifolia</i> y <i>B. fagaroides</i> con base en la coloración.</i>	14
<i>Figura 7. 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.</i>	15
<i>Figura 8. 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.</i>	16
<i>Figura 9. Determinación de texturas. A. Reposo de las muestras una vez obtenida la primera lectura. B. Obtención de la segunda lectura dos horas después de reposar.</i>	18
<i>Figura 10. Determinación de la coloración de las muestras de suelo utilizando las cartas de Munsell (Munsell, 1992).</i>	19
<i>Figura 11. Germinación de semillas de <i>Bursera</i> en laboratorio. A. Semillas puestas sobre cajas Petri dentro de la cámara de germinación; B. Presencia de radícula en semillas de <i>B. grandifolia</i> bajo el testigo; C. Presencia de radícula en semillas de <i>B. copallifera</i> sometidas a la escarificación química; D. Presencia de radícula en semillas de <i>B. fagaroides</i> sometidas a escarificación mecánica.</i>	20
<i>Figura 12. 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.</i>	21
<i>Figura 13. 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.</i>	22
<i>Figura 14. 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.</i>	23
<i>Figura 15. Porcentaje de viabilidad de semillas de las tres especies de <i>Bursera</i> por medio de la técnica de disección.</i>	25
<i>Figura 16. 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.</i>	25

Figura 17. Densidad aparente (DA) para la zona 1 lava y zona 2 caliza entre la época de secas y lluvias. A. DA entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de secas. B. DA entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de lluvias. C. DA para la zona 1 lava comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias. D. DA para la zona 2 caliza comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias.	26
Figura 18. Densidad real (DR) para la zona 1 lava y zona 2 caliza entre la época de secas y lluvias. A. DR entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de secas. B. DR entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de lluvias. C. DR para la zona 1 lava comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias. D. DR para la zona 2 caliza comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias.	27
Figura 19. Valores de porcentaje de porosidad para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zonas para la época de secas y época de lluvias.	28
Figura 20. Porcentaje de porosidad de la zona 1 lava y zona 2 caliza entre la época de secas y lluvias. A. Porcentaje de porosidad entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de secas. B. Porcentaje de porosidad entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de lluvias. C. Porcentaje de porosidad para la zona 1 lava comparando las muestras obtenidas en época de secas y época de lluvias. D. Porcentaje de porosidad para la zona 2 caliza comparando las muestras obtenidas en época de secas y época de lluvias.	29
Figura 21. Porcentajes de arena, arcillas y limos en las diferentes parcelas y épocas del año.	30
Figura 22. Porcentajes de arenas, arcillas y limos para las dos zonas entre la época del año. A. porcentaje de arenas al comparar entre las dos zonas.	31
Figura 23. Valores de pH en agua y KCl por parcela y sustrato de vivero entre la época de secas y la época de lluvias.	33
Figura 24. Valores de pH para la zona 1 zona 2 y sustrato de vivero entre época del años. A. Valor de pH en agua en las dos épocas del año para el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. B. comparación del pH en agua entre las dos zonas y el sustrato de vivero. C. Valor de pH en KCl en las dos épocas del año para el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. D. comparación del pH en KCl entre las dos zonas y el sustrato de vivero.	34
Figura 25. Valores de porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno por parcelas entre cada zona y el sustrato de vivero.	35
Figura 26. Porcentajes de materia orgánica, carbono y nitrógeno, para el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero.	35
Figura 27. Germinación de las semillas de tres especies de Bursera en laboratorio durante un mes de monitoreo.	36
Figura 28. Comparación de la germinacion de semillas de las tres especies de Bursera en laboratorio. A. Comparación del número de semillas que germinaron entre las tres especies. B. Comparación de la germinación entre los tratamientos pregerminativos, C, D y E. Comparación de la germinacion de semillas para cada especie por tratamiento pregerminativo.	38
Figura 29. Tiempo transcurrido para la emergencia de las tres especies de Bursera en invernadero.	39
Figura 30. Comparación de la emergencia de plantas en invernadero entre especies, tratamientos pregerminativos y suelo A. Comparación de la emergencia de plántulas entre las tres especies de Bursera. B. Comparación de la emergencia de plántulas entre los tratamientos pregerminativos. C. Comparación de la emergencia de plántulas de las tres especies entre el suelo de la zona 1 lava, zona 2 caliza y el sustrato de vivero en los que se pusieron a germinar las semillas. D, E y F. Comparación de la emergencia de plántulas entre tratamientos pregerminativos por especie. G, H e I. Comparación de la emergencia de plántulas entre el suelo sobre el cual se pusieron a germinar las semillas parada cada una de las tres especies.	41

Figura 31. Comparación de la altura y diámetro por especie entre el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero, después de un año de monitoreo en invernadero. A y B. Comparación de la Altura y diámetro respectivamente de las plantas de *B. copallifera* para las dos zonas y el sustrato de vivero. C y D. Comparación de la Altura y diámetro respectivamente de las plantas de *B. grandifolia* para las dos zonas y el sustrato de vivero. D y E. Comparación de la Altura y diámetro respectivamente de las plantas de *B. fagaroides* para las dos zonas y el sustrato de vivero. \_\_\_\_\_ 43

Figura 32. Tiempo transcurrido para la emergencia de las tres especies de *Bursera* en campo. \_\_ 44

Figura 33. Comparación de la emergencia de plantas en campo entre especies, tratamientos pregerminativos y zonas. A. Comparación de la emergencia de plántulas entre las tres especies de *Bursera*. B. Comparación de la emergencia de plántulas entre los tratamientos pregerminativos. C. Comparación de la emergencia de plántulas entre la zona 1 lava y zona 2 caliza. D, E y F. Comparación de la emergencia de plántulas entre tratamientos pregerminativos por especie. G, H e I. Comparación de la emergencia de plántulas entre la zona 1 lava y zona 2 caliza para cada una de las tres especies de *Bursera*. \_\_\_\_\_ 46

Figura 34. Comparación de la altura y diámetro de las plantas de *B. copallifera* y *B. grandifolia* entre las dos zonas en campo. A y B. Análisis estadístico entre la altura y diámetro de *B. copallifera* entre las dos zonas. C y D. Análisis estadístico entre la altura y diámetro de *B. grandifolia* entre las dos zonas. \_\_\_\_\_ 48



## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Características específicas de las parcelas correspondientes a cada una de las dos zonas del área de estudio.</i>	11
<i>Tabla 2. Determinación del color del suelo para cada parcela en época de secas y lluvias.</i>	32
<i>Tabla 3. Porcentaje de germinación de las tres especies de <i>Bursera</i> bajo diferentes tratamientos pregerminativos.</i>	37
<i>Tabla 4. Porcentaje de emergencia y mortalidad de plantas de las tres especies de <i>Bursera</i>.</i>	40
<i>Tabla 5. Altura y diámetro de las plantas después de un año de monitoreo, promedio entre zonas para las tres especies de <i>Bursera</i>.</i>	42
<i>Tabla 6. Porcentaje de emergencia y mortalidad de plantas de las tres especies de <i>Bursera</i>.</i>	45
<i>Tabla 7. Número total de plántulas que emergieron por especie y porcentaje correspondiente a cada una de las zonas.</i>	45
<i>Tabla 8. 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>.</i>	47

## 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 10% 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 16.3% a comparación de los registrados en laboratorio e invernadero con un 9.5 y 8.8% respectivamente. 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 esta 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. Así mismo, 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). 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 y son utilizadas como cercas vivas (Flores y Vergara, 2010 y 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 y Montufar, 2016). Por lo cual, 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 *et al.*, 1997). Debido a la importancia de estas especies de *Bursera* y para poderse emplear en programas de restauración ecológica se necesita 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 de *Bursera* de forma *in situ* y *ex situ*.

## **2. Antecedentes.**

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

El género *Bursera* pertenece a la familia Burceraceae, 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, presenta corteza externa exfoliante roja o amarillenta que se desprenden en láminas grandes o pequeñas (cuajotes), la corteza interna con tonos diversos de verde o corteza no exfoliante lis 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 estipula 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). Este grupo de plantas tiene importancia ecológica, cultural, económica y medicinal. 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) y pueden ser propagadas a través de la reproducción asexual y sexual.

### **2.3. 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 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 más 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 factibles para la restauración de sitios perturbados (Bonfil *et al.*, 2007).

## 2.4. Propagación sexual.

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas (Niembro, 1988). 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 *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 *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 consiste en romper, rayar, alterar mecánicamente 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, escarificación mecánica, hormonas vegetales, remojo y exposición de luz (Del Amo Rodríguez *et al.*, 2002). Por tal motivo se han realizado estudios para conocer técnicas apropiadas para la propagación de especies a partir de semillas.

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 sp* 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).

Por lo cual se han realizado 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 (Arriaga *et al.*, 1994; Guzmán y Cruz, 2014).

## **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, debido a la escasa importancia que se le presta al recurso, el cual debiera ser sujeto a un aprovechamiento sustentable, así mismo 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 estudio 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 mayo cambio en su estructura edáfica física y química al transformase 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* y *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 y desarrollo de tres especies de *Bursera* sobre el suelo donde se desarrollan de forma silvestre para reforzar la información y emplear estas especies en la restauración, así como alternativas de producción de especies nativas y estimular el interés local de las comunidades.

#### **4. Hipótesis.**

La germinación de semillas, emergencia y desarrollo de plantas de tres especies del género *Bursera* presenta diferencias al ser sometidas a diferentes tratamientos pre germinativos y al tipo de suelo y sustrato en el cual se ponen a germinar.

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

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

Evaluar la germinación, emergencia y desarrollo de plantas de tres especies del género *Bursera in situ* y *ex situ*.

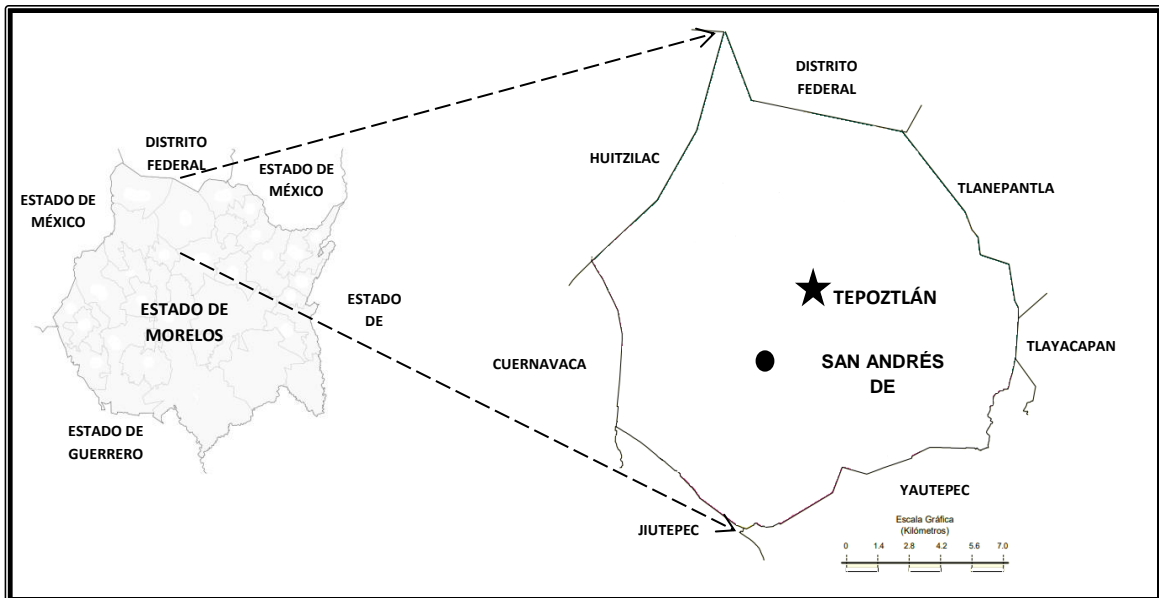
##### **5.2. Objetivos Particulares.**

- Determinar la viabilidad de las semillas de las tres especies de *Bursera*.
- Determinar y comparar las propiedades fisicoquímicas del sustrato de vivero y el suelo nativo de dos zonas para la época de secas y lluvias
- Inducir la germinación de semillas de *Bursera* con diferentes tratamientos pre germinativo 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*).
- Comparar el desarrollo de las plantas en altura y diámetro de las tres especies del género *Bursera in situ* y *ex situ*.

## 6. Área de estudio.

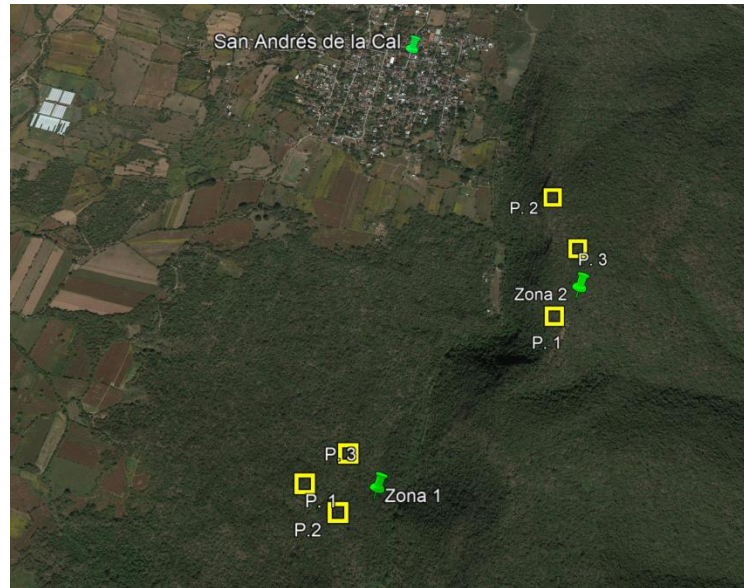
El presente estudio se llevó a cabo en el poblado de San Andrés de la Cal perteneciente al municipio de Tepoztlán, Morelos, México, este se encuentra ubicado entre los paralelos  $18^{\circ}57'22.2''$  O y los  $99^{\circ}06'50.2''$  N (Figura 1). Con una altitud que va de 1480 a 1670 m.s.n.m. El tipo 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 Leptozol 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 tres especies en campo. Se seleccionaron dos zonas de muestreo: Zona 1 Lava y Zona 2 Caliza para la colecta de semillas (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa de la ubicación de San Andrés de la Cal, de las dos zonas de estudio y las parcelas para la germinación en campo (P1, P2 y P3 para la Zona 1 y Zona 2) (Google Earth).

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 cuales median 5 x 5 m cada parcela (25m<sup>2</sup>), la mayoría eran parcialmente abiertas a cerradas con respecto a la vegetación circundante; para la zona 2 caliza, todas presentaron una pendiente debido a que se establecieron en el cerro, las parcelas se ubicaron alejadas de las veredas principales utilizadas por los pobladores para transitar (Tabla 1)(Figura 2).

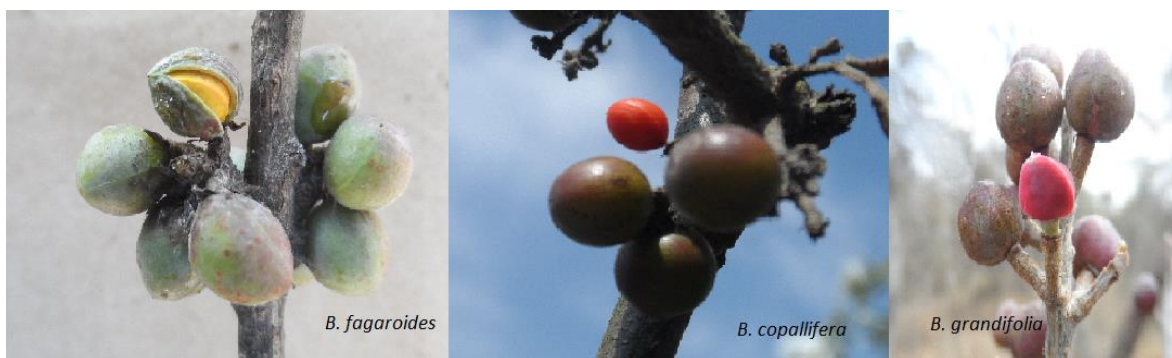
**Tabla 1.** Características específicas de las parcelas correspondientes a cada una de las dos zonas del área de estudio.

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

## 7. Materiales y métodos.

### 7.1. 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, colectando 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 3), se depositaron en bolsas de papel para ser transportados, 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).



**Figura 3.** 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 4), se depositaron en bolsas de papel y se mantuvieron guardadas en un lugar seco para su posterior utilización (Gold *et al.*, 2004).



**Figura 4.** Selección de semillas de las tres especies de *Bursera* un mes después de haberse puesto a secar los frutos.

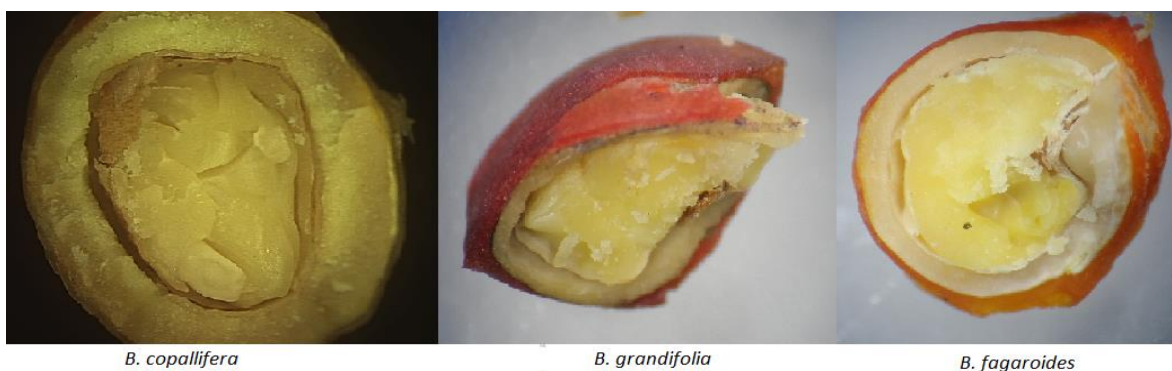


## 7.2. Pruebas de viabilidad.

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

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 semilla como indicadores de viabilidad, en donde aquellas que presentaban una coloración roja, naranja o amarilla fueron las que se utilizaron para sembrar (Figura 6), mientras que para *B. copallifera* 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 blanquesina amarillenta, las semillas no viables presentaron ausencia o un desarrollo temprano del embrión con una coloración verde (Arriaga *et al.*, 1994).



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



**Figura 6.** Semillas seleccionadas para el diseño experimental de *B. grandifolia* y *B. fagaroides* con base en la coloración.

### 7.3. Tratamientos pregerminativos.

Los tratamientos pregerminativos son procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, que las semillas no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas (Varela y Aparicio, 2011). 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.



## 7.4 Análisis edafológicos.

### 7.4.1 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 7) 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 parámetros:

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



**Figura 7.** 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.

## 7.4.2 Parámetros físicos.

### 7.4.2.1 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 8), la densidad aparente se determinó tomando la relación que existe entre el peso del suelo dividido en el volumen de la probeta (SEMARNAT-2000) que se expresa:  $DA = \text{peso de suelo} / \text{Volumen} = \text{g/ml}$ .

Para determinar la densidad real (DR) se utilizó el método del picnómetro (SEMARNAT-2000). El 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 agito suavemente para dejar reposar por 30 min (figura 9), 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.



**Figura 8.** 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.

#### **7.4.2.2 Porosidad.**

La porosidad es el espacio que no está ocupado por los sólidos, independientemente si está ocupada 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 (Henríquez y Cabalceta, 1999)

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

#### **7.4.2.3 Textura.**

Para determinar la textura del suelo se usó el método de sedimentación, la 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 Booyoucos.

Se pesaron 60 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml, se agregaron 60 ml de peróxido de hidrogeno 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 50g, 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 agito durante un min 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 9).

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.

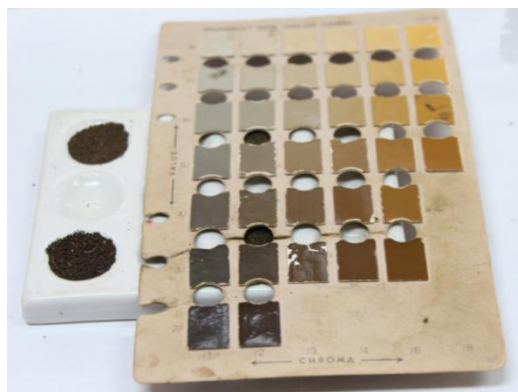


**Figura 9.** Determinación de texturas. A. Reposo de las muestras una vez obtenida la primera lectura. B. Obtención de la segunda lectura dos horas después de reposar.

#### **7.4.2.4 Color.**

El color está influenciado por los porcentajes de materia orgánica presentes en el suelo (Aguilera, 1989). La coloración es una característica que constituye 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 10).



**Figura 10.** Determinación de la coloración de las muestras de suelo utilizando las cartas de Munsell (Munsell, 1992).

### **7.4.3. Parámetros químicos.**

#### **7.4.3.1. 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).

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

Para determinar la materia orgánica se empleó el método de Walkley y Black, 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 agito 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 ferros, se determinó el porcentaje de materia orgánica mediante la fórmula:

%M.O.= dicromato agregado – (ml de FeSO<sub>4</sub> X N real )/gr de muestra X 0.69

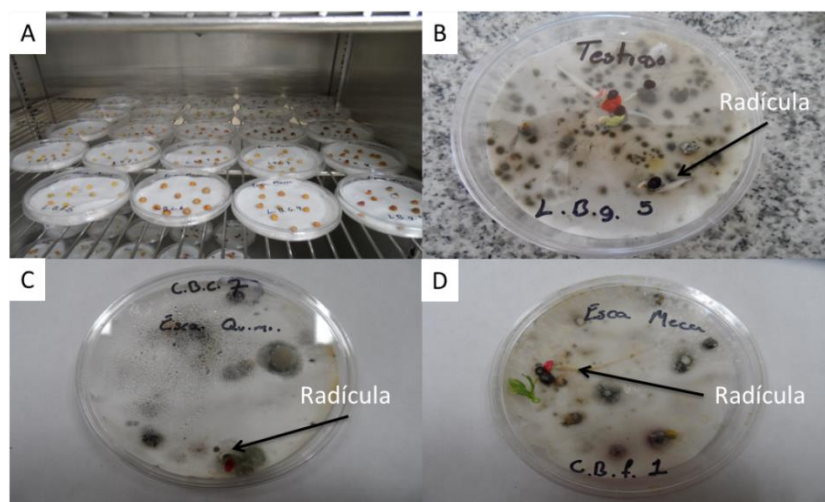
Se determinó el porcentaje de carbono y nitrógeno con la fórmula:

% de carbono = % M.O./1.724

Para la determinación de Nitrógeno orgánico se realizó por el Método Kjeldahl.

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

Las pruebas de germinación de las semillas se llevó a cabo en el mes de junio y julio del 2017, estas 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), bajo a una temperatura de 25.7°C, con 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, se utilizaron 10 semillas por caja, 80 por tratamiento pregerminativo, con un total de 240 semillas por especie (Figura 11), se realizó el monitoreo diario de las cajas Petri para observar el número de semillas que iban germinando por día, se consideró una semilla germinada cuando se presentó la emergencia de radícula.



**Figura 11.** Germinación de semillas de *Bursera* en laboratorio. A. Semillas puestas sobre cajas Petri dentro de la cámara de germinación; B. Presencia de radícula en semillas de *B. grandifolia* bajo el testigo; C. Presencia de radícula en semillas de *B. copallifera* sometidas a la escarificación química; D. Presencia de radícula en semillas de *B. fagaroides* sometidas a escarificación mecánica.

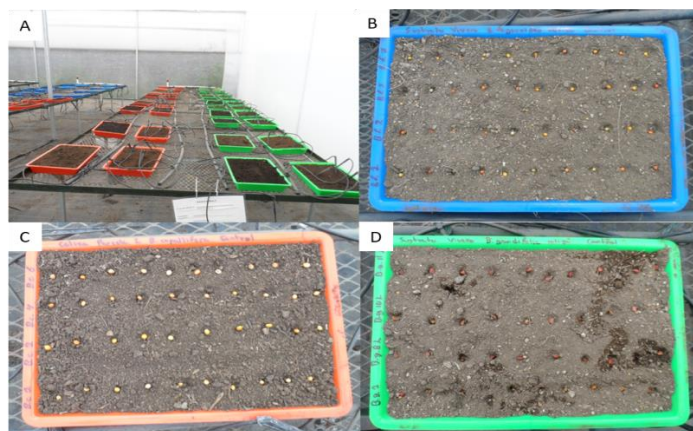


## 7.6. Germinación (Emergencia) de semillas en invernadero *ex situ*.

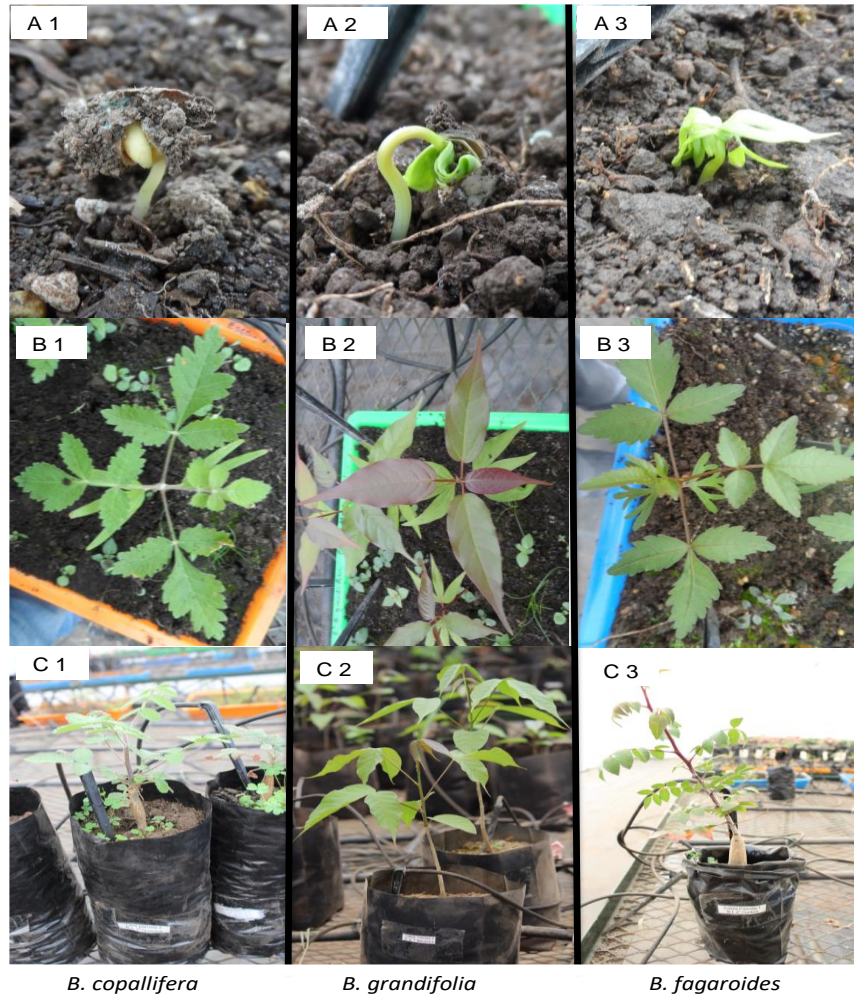
Las pruebas en invernadero se realizaron durante los meses de julio del 2017 ha junio del 2018, donde se controló la humedad haciendo dos riegos diario por goteo, un minuto en el día y uno en la noche, la temperatura a las que fueron sometidas fue la del ambiente, se empleó el suelo nativo proveniente 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 12), en las cuales se depositaron 40 semillas por charola sobre suelo nativo y 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, las plántulas fueron trasplantadas en bolsas negras de polietileno de 15 x 20 cm (Figura 13).



**Figura 12.** 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.



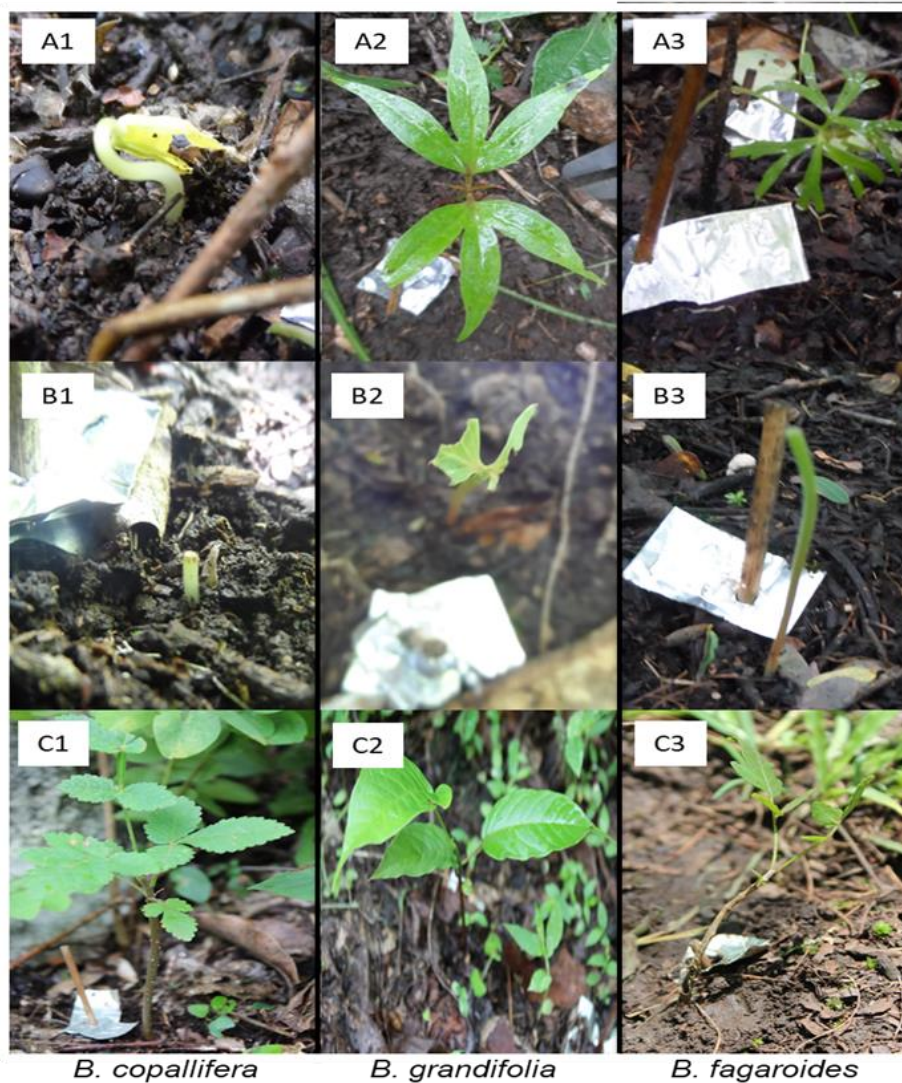
**Figura 13.** Emergencia y desarrollo de las plántulas de las tres especies de *Bursera* en invernadero. **A1, A2 y A3.** Emergencia de las plántulas de *B. copallifera*, *B. grandifolia* y *B. fagaroides* respectivamente. **B1, B2 y B3.** Presencia del segundo par de hojas verdaderas en las plántulas, el cual fue el indicador para el trasplante a bolsas. **C1, C2 y C3.** Plantas de la tres especies de *Bursera* en bolsas, de las cuales se tomaron los datos de altura y diámetro por un año.

### 7.7. 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 para observar, cuantificar y medir la emergencia, desarrollo y mortalidad de las plántulas (Figura 14).



**Figura 14.** 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.

## **7.8. Análisis estadísticos.**

Para la comparación y la determinación de las diferencias entre la germinación, emergencia, desarrollo de las plántulas y las características fisicoquímicas de suelo, se utilizó el programa GraphPad Prism 5, mediante el cual se realizaron análisis de varianza para la comparación de los parámetros.

## **8. Resultados.**

### **8.1 Prueba de viabilidad.**

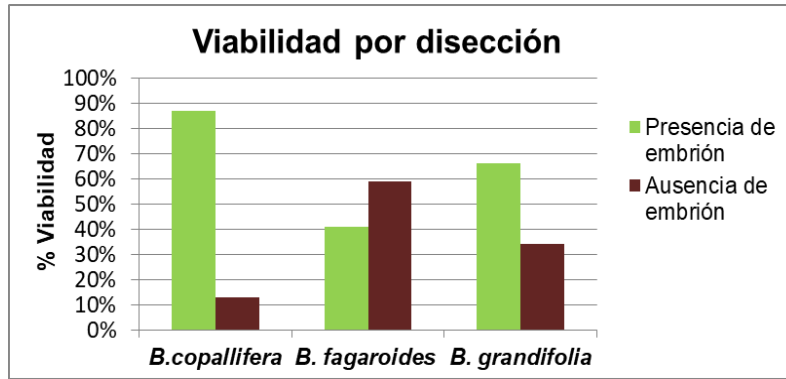
#### **8.1.1 Técnica de flotación.**

Al realizar la técnica de flotación para las tres especies, se obtuvo que la totalidad de las semillas de *B. copallifera* se hundieron, mientras que las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* flotaron en su totalidad. En este caso la técnica de flotación no es consistente para dos especies ya que todas las semillas de estas flotaron y se considerarían semillas inviables, por lo cual hubo la necesidad de emplear otro indicador para seleccionar las semillas.

#### **8.2.2 Técnica de disección.**

La técnica de disección muestra de mejor manera la viabilidad de las semillas, la desventaja de esta es que las semillas ya no se pueden emplearse para la siembra, ya que es una técnica destructiva.

Al realizar la disección de un lote de 100 semillas por especie, *B. copallifera* presentó un total de 87 por ciento de semillas con presencia de embrión, seguida por *B. grandifolia* con 66 y *B. fagaroides* con 41 por ciento de semillas viables (Figura 15).



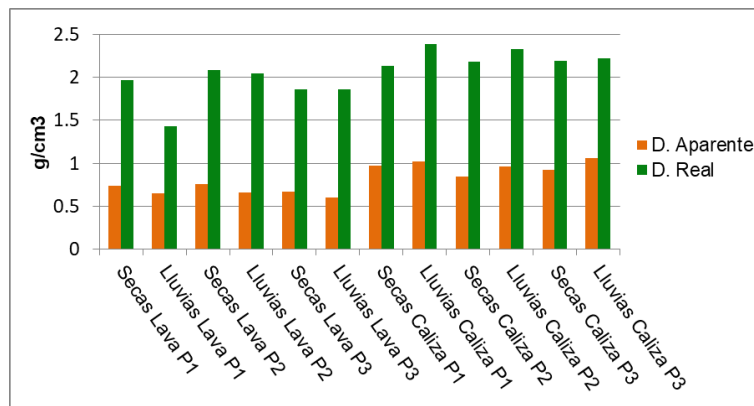
**Figura 15.** Porcentaje de viabilidad de semillas de las tres especies de *Bursera* por medio de la técnica de disección.

## 8.2 Análisis edafológicos.

### 8.2.1 Parámetros físicos.

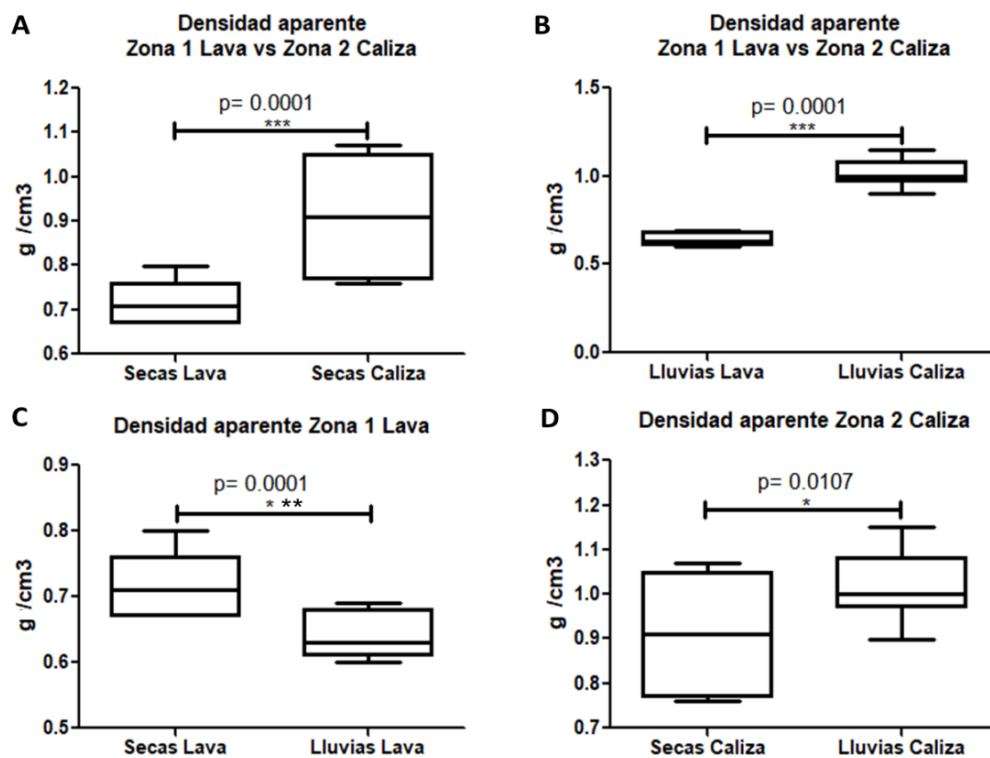
#### 8.2.1.1 Densidad real y aparente.

Al realizar una comparación de las dos zonas entre las parcelas y las épocas del año, podemos observar que, en 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 16).



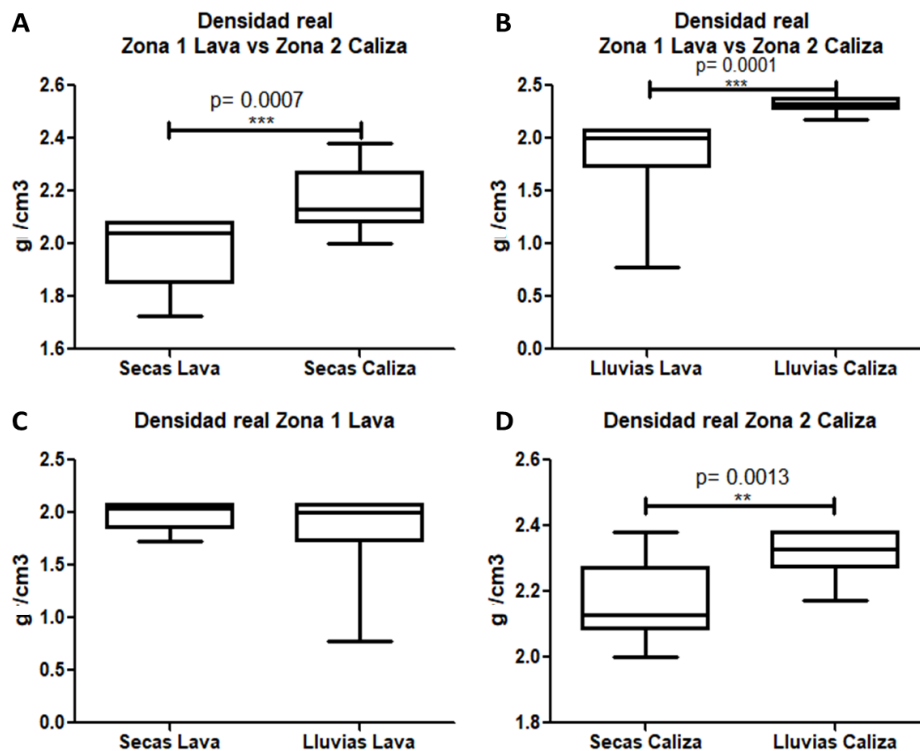
**Figura 16.** Comparación de los promedios obtenidos de la densidad real y aparente durante la época de secas y lluvias para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zona.

El suelo de la zona 1 lava presento 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>, con respecto a las muestras obtenidas en la época de seca. 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>, presentando diferencias significativas al comparar las dos zonas entre la época de secas y lluvias, así como entre zona y épocas del año (Figura 17).



**Figura 17.** Densidad aparente (DA) para la zona 1 lava y zona 2 caliza entre la época de secas y lluvias. **A.** DA entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de secas. **B.** DA entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de lluvias. **C.** DA para la zona 1 lava comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias. **D.** DA para la zona 2 caliza comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias.

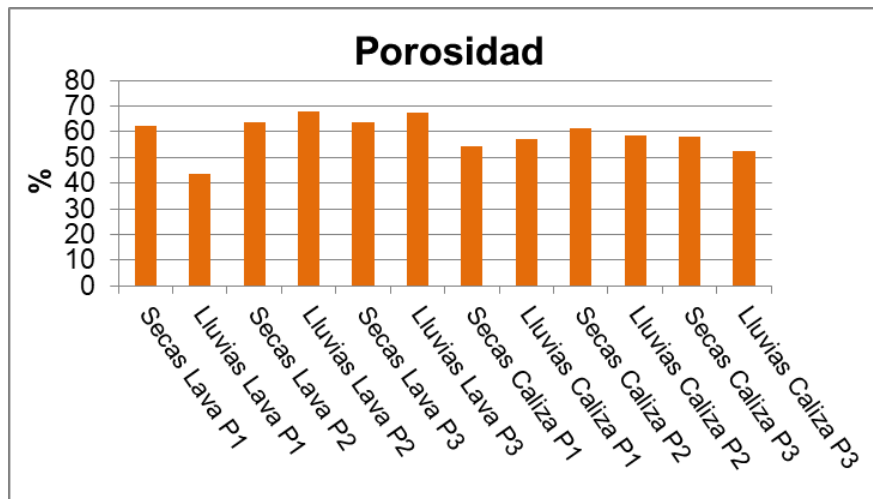
Para la densidad real (DR), el suelo de la zona 1 lava presentó un promedio de 1.97 g/cm<sup>3</sup>, la cual, fue menor que el promedio obtenido para la zona 2 caliza de 2.16 g/cm<sup>3</sup>, con respecto a las muestras de la época de seca. Al comparar los resultados de la época de lluvias, obtuvimos que, la zona 1 lava presentó una disminución en la DR con un 1.77 g/cm<sup>3</sup>, la zona 2 caliza mostró un aumento en su DR con un promedio de 2.31 g/cm<sup>3</sup>, para la DR al comparar la zona 1 lava y zona 2 caliza, tanto para la época de secas como lluvias, se presentaron diferencias significativas, pero, al comparar la zona 1 lava entre las dos épocas del año no se presentaron diferencias significativas, contrario a la zona 2 caliza, en donde se observaron diferencias significativas al tener un aumento de la DR en lluvias (Figura 18).



**Figura 18.** Densidad real (DR) para la zona 1 lava y zona 2 caliza entre la época de secas y lluvias. **A.** DR entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de secas. **B.** DR entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de lluvias. **C.** DR para la zona 1 lava comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias. **D.** DR para la zona 2 caliza comparando las muestras obtenidas en época de secas contra lluvias.

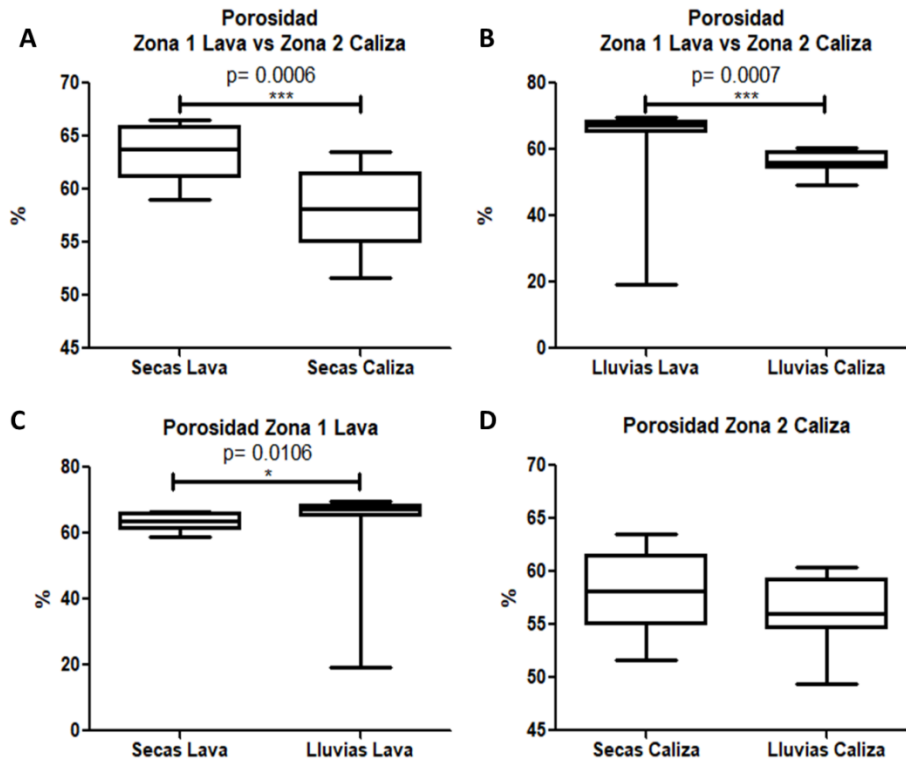
### 8.2.1.2 Porosidad.

Al realizar una comparación de las dos zonas entre las parcelas y las épocas del año, el valor más bajo en porosidad fue en la zona 1 lava en la parcela 1 en lluvias, aunque no hubo diferencias significativas al comparar con la época de secas, en la parcela 2 y 3, mostraron un incremento en su espacio poroso para la época de lluvias, los cuales se mantuvieron por encima del 60% tanto para la época de secas y lluvias. Para la zona 2 caliza, los valores de porcentaje se mantuvieron por debajo del 60% en la mayoría de las parcelas tanto para la época de secas como para lluvias (Figura 19).



**Figura 19.** Valores de porcentaje de porosidad para cada una de las tres parcelas correspondientes a cada zona para la época de secas y época de lluvias.

En las muestras de la zona 1 lava, se presentó un mayor porcentaje de porosidad, tanto en la época de secas como de lluvias al comparar con la zona 2 caliza, presentando diferencias significativas, al analizar por zona, la zona 1 lava presentó un 63.34% de porosidad en época de secas y un 59.46% en lluvias, mostrando diferencias significativas entre secas y lluvias  $p= 0.0106$ . La zona 2 caliza no presentó diferencias significativas entre época del año, con un 58.02% en secas y un 55.97% en lluvias (Figura 20).

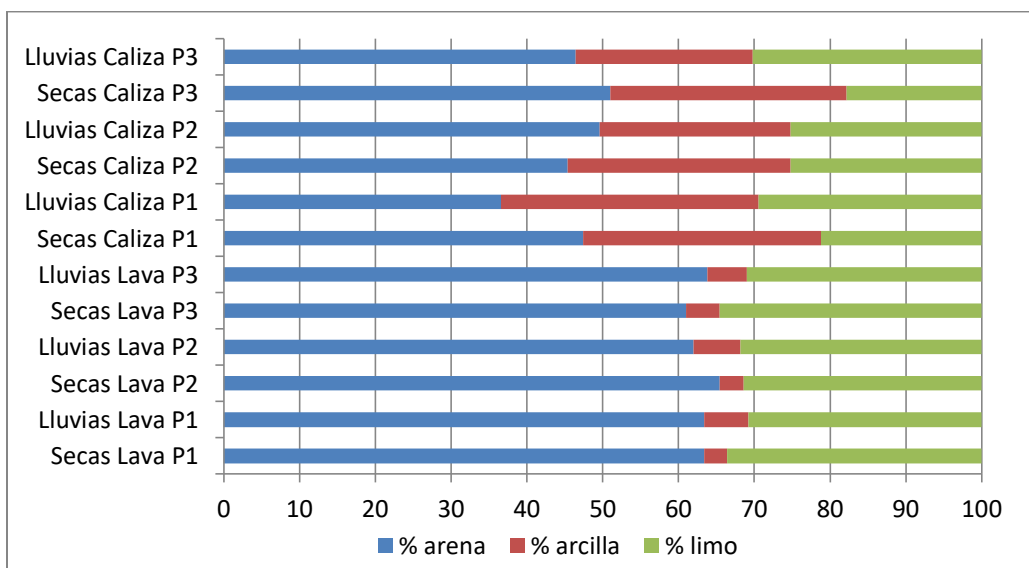


**Figura 20.** Porcentaje de porosidad de la zona 1 lava y zona 2 caliza entre la época de secas y lluvias. **A.** Porcentaje de porosidad entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de secas. **B.** Porcentaje de porosidad entre la zona 1 lava y la zona 2 caliza para la época de lluvias. **C.** Porcentaje de porosidad para la zona 1 lava comparando las muestras obtenidas en época de secas y época de lluvias. **D.** Porcentaje de porosidad para la zona 2 caliza comparando las muestras obtenidas en época de secas y época de lluvias.

### 8.2.1.3 Textura.

Las texturas en las zonas de estudio dieron como resultado un mayor porcentaje de arenas y limos para las parcelas de la zona 1 lava en época de secas y de lluvias, siendo la arcilla la que menor porcentaje presentó para cada parcela, en la zona 2 caliza, los porcentajes de arcillas aumentaron, ya que en la zona 1 se obtuvo un promedio de 4.63% de arcillas y en la zona 2 un 29.1%, las arenas y limos disminuyen para la zona 2 caliza en comparación de la zona 1 lava (Figura 21).

La zona 1 lava en época de secas presentó una clase de textura de arena franca a franco arenoso en su mayoría y en la zona 2 caliza de franca a franca arcillosa, para la época de lluvias la zona 1 lava las tres parcelas presentaron una textura franco arenoso y la zona 2 caliza de franca, franca arcillosa y franca arcillosa arenosa (Figura 21).



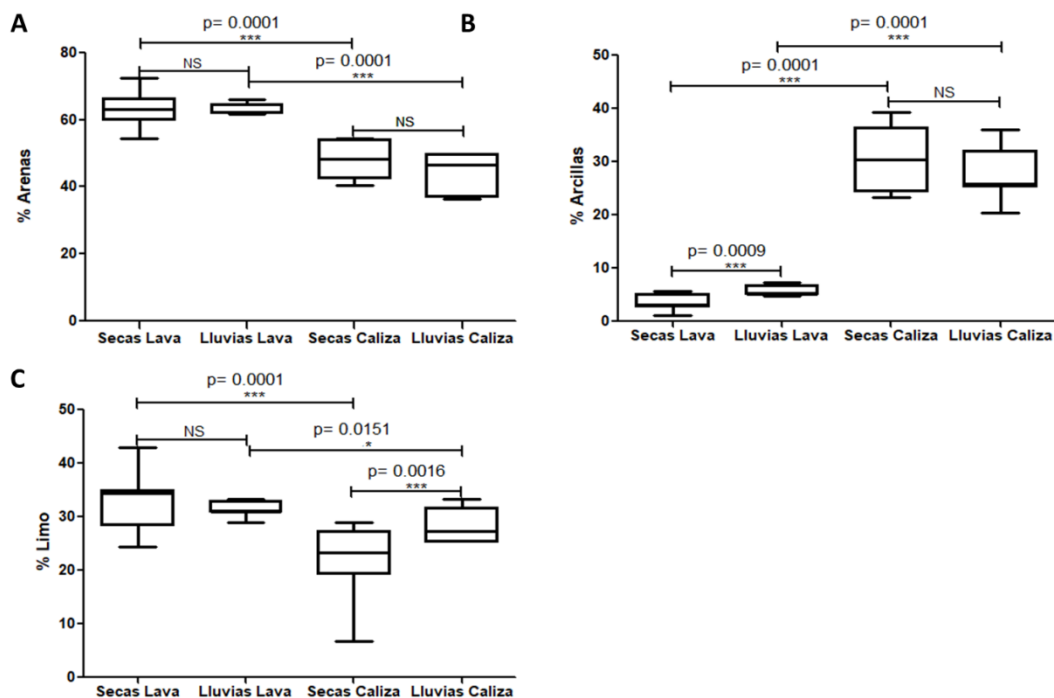
**Figura 21.** Porcentajes de arena, arcillas y limos en las diferentes parcelas y épocas del año.

En las zonas comparadas, el porcentaje de arenas fue mayor para el suelo de la zona 1 lava, superando un promedio del 63% en época de secas y lluvias, 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, aunque no se presentaron diferencias significativas, al comparar el porcentaje entre zonas, se observan diferencias significativas tanto para la época de secas como de lluvias (Figura 22).



Las arcillas presentaron un mayor porcentaje en los suelos pertenecientes a la zona 2 caliza, donde se observaron diferencias significativas al comparar con el suelo de la zona 1 lava, en el cual, los porcentajes de arcillas fueron por debajo del 10%, presentado diferencias significativas al analizar el suelo obtenido en época de secas con el de lluvias (Figura 22).

El limo, tuvo un aumento significativo para la época de lluvias en comparación de la época de secas del suelo de la zona 2, al comparar con la zona 1 entre las épocas del año, se observaron diferencias significativas, en la zona 1 lava, se presentó un mayor porcentaje de limos para los suelos de las dos épocas del año, aunque al comparar la zona 1 entre las dos épocas del año no se presentaron diferencias significativas (Figura 22).



**Figura 22.** Porcentajes de arenas, arcillas y limos para las dos zonas entre la época del año. A. porcentaje de arenas al comparar entre las dos zonas.

#### 8.2.1.4 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).

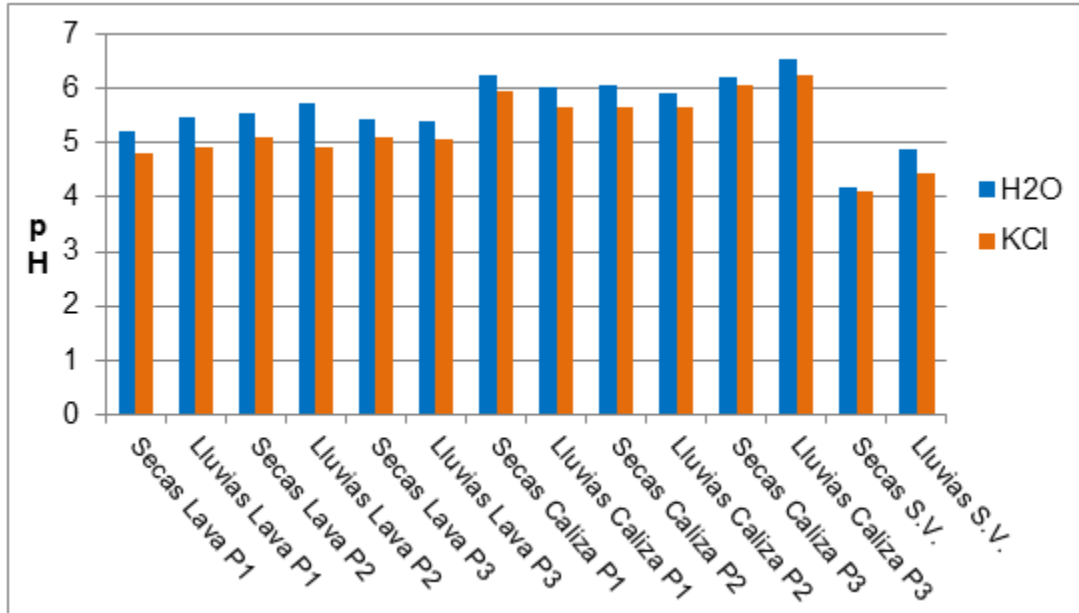
**Tabla 2.** Determinación del color del suelo para cada parcela en época de secas y lluvias.

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

#### 8.2.2 Parámetros químicos.

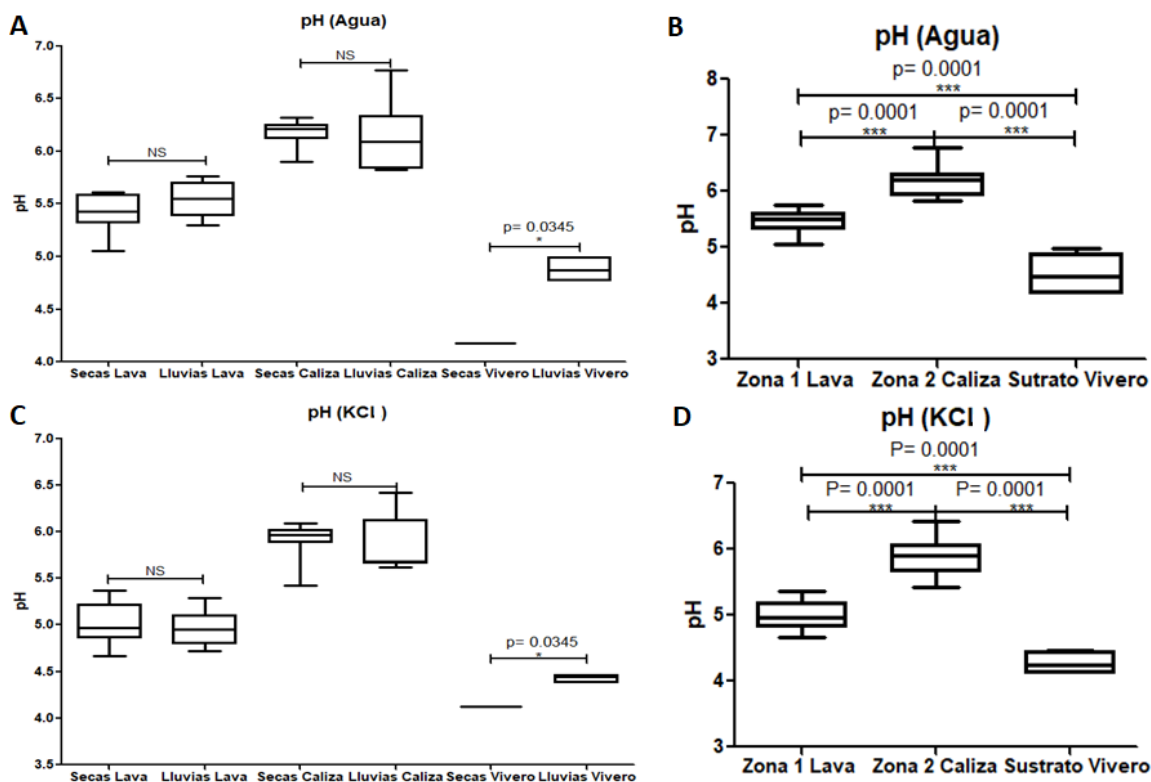
##### 8.2.2.1 pH.

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 aumento 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 23).



**Figura 23.** Valores de pH en agua y KCl por parcela y sustrato de vivero entre la época de secas y la época de lluvias.

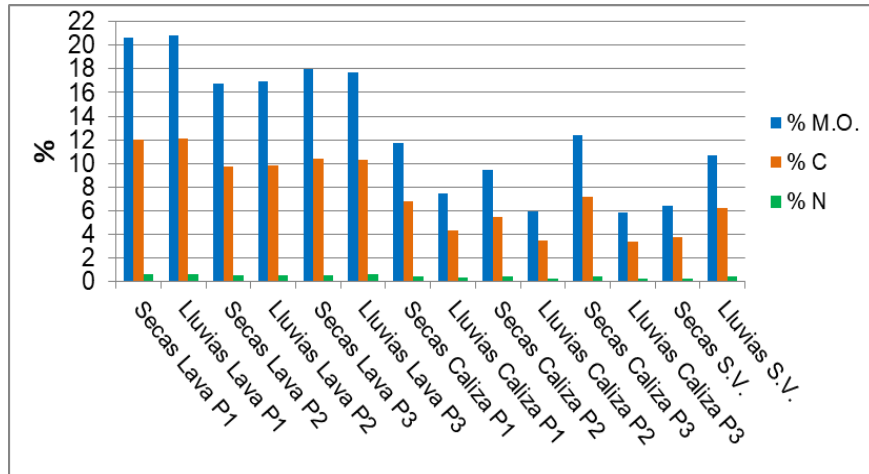
Al comparar las dos zonas y el sustrato de vivero, tanto en agua, como en KCl mostraron diferencias significativas de  $p= 0.0001$ , siendo el sustrato de vivero quien presentó los valores más ácidos en la época de secas como en lluvias, para agua como KCl entre la zona 1 lava y zona 2 caliza, no se presentaron diferencias al comparar entre las épocas del años, para el sustrato de vivero se presentaron diferencias de  $p= 0.0345$  en agua y KCl (Figura 24).



**Figura 24.** Valores de pH para la zona 1 zona 2 y sustrato de vivero entre época del años. **A.** Valor de pH en agua en las dos épocas del año para el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. **B.** comparación del pH en agua entre las dos zonas y el sustrato de vivero. **C.** Valor de pH en KCl en las dos épocas del año para el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero. **D.** comparación del pH en KCl entre las dos zonas y el sustrato de vivero.

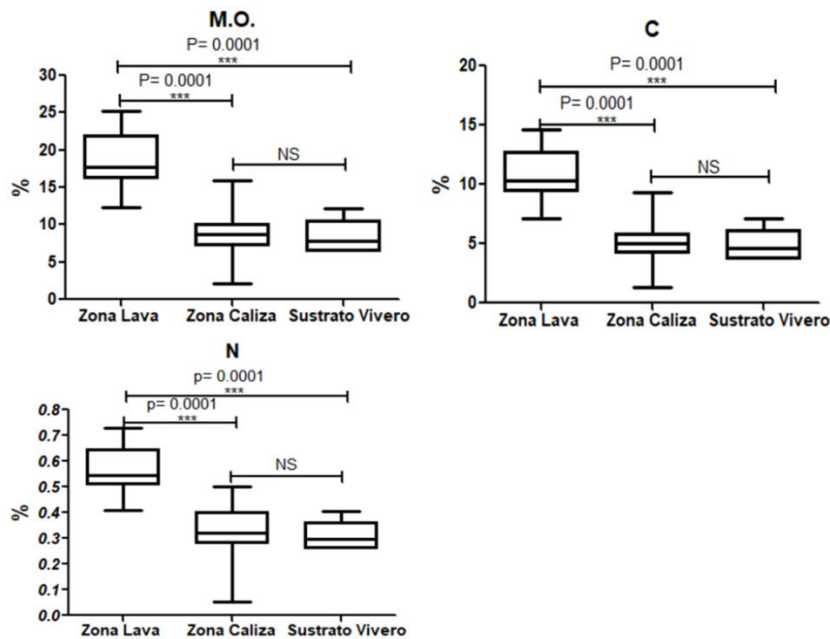
### 8.2.2.2 Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno.

Las parcelas de la zona 1 lava presentaron los mayores porcentajes de materia orgánica y carbono, mostrando una ligera disminución o aumento entre las parcelas, la zona 2 presentó una disminución del porcentaje de materia orgánica y carbono en las muestras de la época de lluvias, el sustrato de vivero reflejo un comportamiento contrario a la zona 2, ya que se presentó un aumento del porcentaje de materia organiza y carbono para la época de lluvias. El porcentaje de nitrógeno se mantuvo durante la época de secas y lluvias, aunque se presenta ligeramente en mayor proporción en las parcelas de la zona 1 (Figura 25).



**Figura 25.** Valores de porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno por parcelas entre cada zona y el sustrato de vivero.

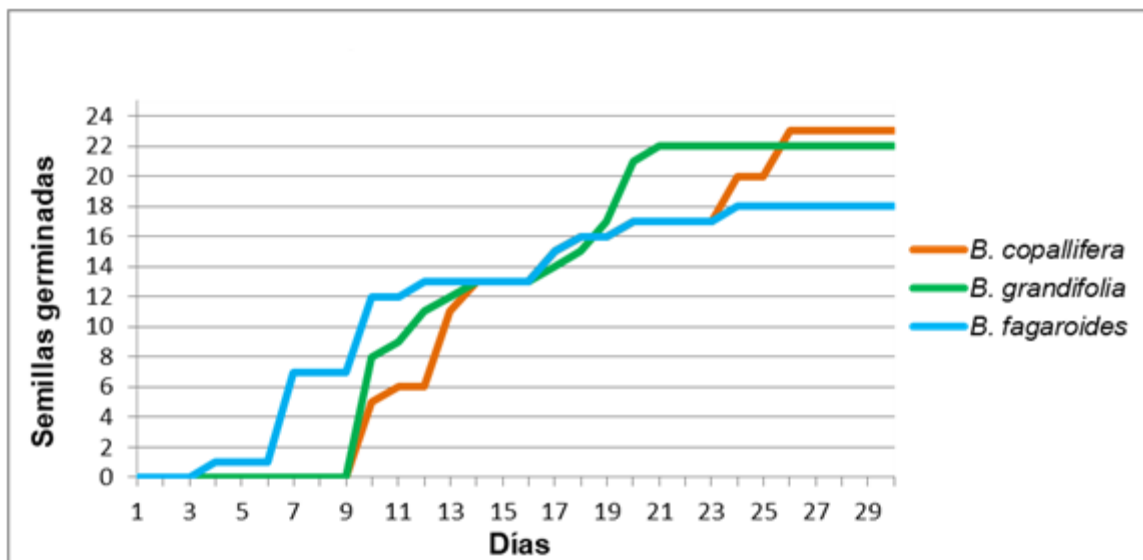
Tanto la materia orgánica, carbono y el nitrógeno, presentaron diferencias significativa de  $p = 0.0001$  al comparar las muestras entre la zona 1, la zona 2 y el sustrato de vivero, siendo esta, la que presentó el mayor porcentaje en cada uno de estos parámetros (Figura 26).



**Figura 26.** Porcentajes de materia orgánica, carbono y nitrógeno, para el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero.

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

Al poner a germinar las semillas en laboratorio dentro de la cámara bioclimática, se observó que durante el primer mes se presentó el total de las semillas que germinaron para las tres especies, el lapso de tiempo donde comenzó la germinación fue a partir del cuarto día hasta el día 26 donde germinó la última semilla, tanto el inicio como el final de la germinación presentó una variación entre las tres especies de *Bursera* (Figura 27).



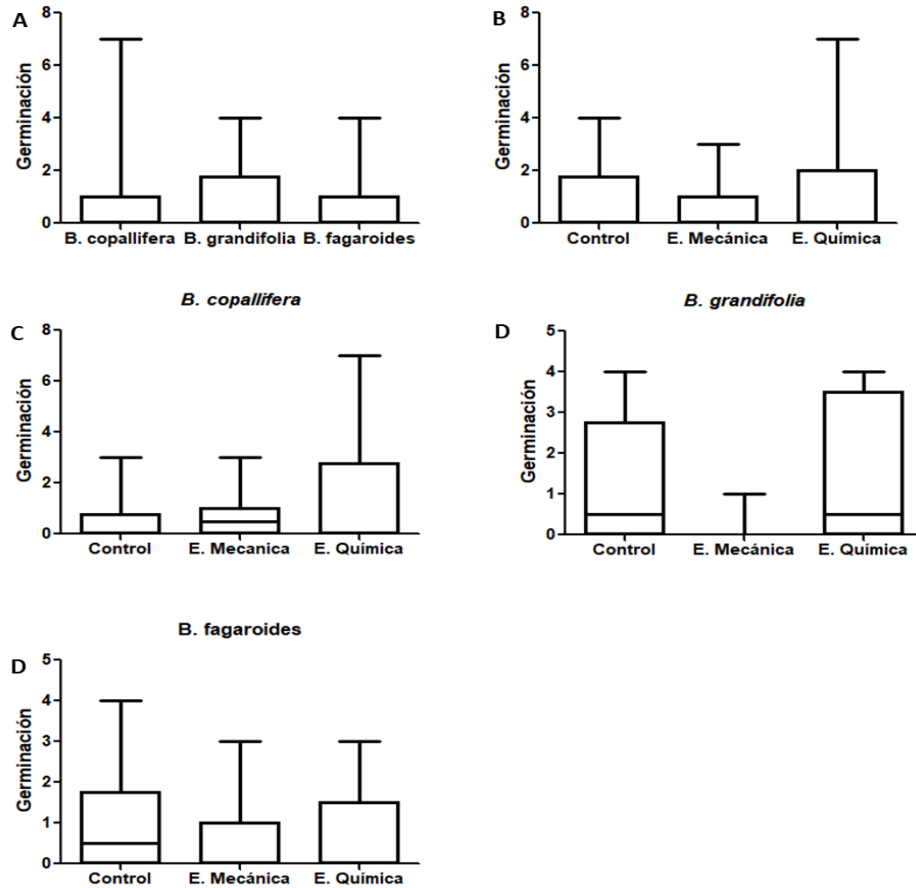
**Figura 27.** Germinación de las semillas de tres especies de *Bursera* en laboratorio durante un mes de monitoreo.

Tomando como referencia un total de 240 semillas por especie y 80 semillas por tratamiento pregerminativo, *B. copallifera* presentó el mayor porcentaje de germinación seguida por *B. grandifolia* y *B. fagaroides*. Para el caso de los tratamientos pregerminativos, la escarificación química presentó el mayor porcentaje de germinación, seguido por el control, siendo la escarificación mecánica la que tuvo menores resultados en el porcentaje de germinación de las semillas (Tabla 3).

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

Especies	% de Germinación total por especie	% de Germinación por tratamiento		
		Control	E. Mecánica	E. Química
<i>B. copallifera</i>	9.5%	6.2 %	7.5 %	15 %
<i>B. grandifolia</i>	9.1%	12.5 %	1.2 %	13.7 %
<i>B. fagaroides</i>	7.5%	10.0 %	6.2 %	6.2 %

Se determinó que los resultados no presentaban una distribución normal, por lo cual, se realizó una ANOVA no paramétrica para determinar si existían diferencias significativas en la germinación de semillas, se obtuvo que, al comparar la germinación de semillas entre las tres especies de *Bursera*, no se presentaron diferencias significativas con un valor de  $p = 0.9821$ , al comparar la germinación contra los tres tratamientos pregerminativos se observó que tampoco existen diferencias significativas con un valor de  $p = 0.6029$ , al realizar una comparación más específica para la germinación de semillas entre los tres tratamientos pregerminativos de cada una de las tres especies de *Bursera*, dio los siguientes resultados, *B. copallifera* presentó un valor de  $p = 0.6766$ , *B. grandifolia* una  $p = 0.1621$  y *B. fagaroides* una  $p = 0.6941$ , determinando que no existen diferencias significativas debido a que el valor de  $p$  de los tratamientos pregerminativos es mayor al nivel de significación (Figura 28).



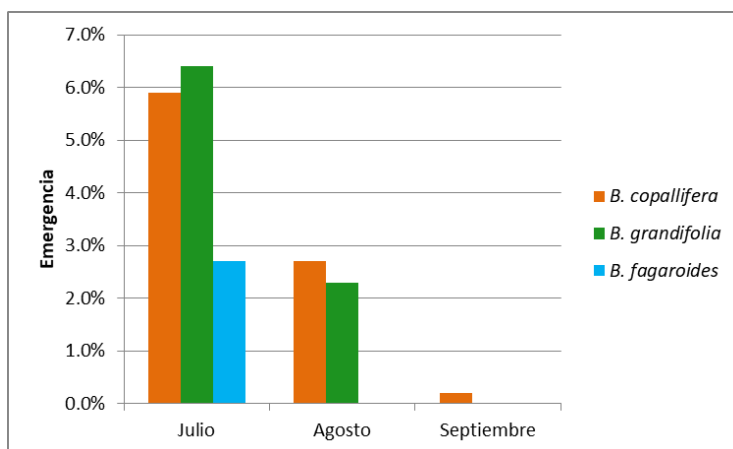
**Figura 28.** Comparación de la germinación de semillas de las tres especies de *Bursera* en laboratorio. **A.** Comparación del número de semillas que germinaron entre las tres especies. **B.** Comparación de la germinación entre los tratamientos pregerminativos, **C, D y E.** Comparación de la germinación de semillas para cada especie por tratamiento pregerminativo.



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

Al poner a germinar las semillas de las tres especies de *Bursera* en el invernadero, se observó que el mayor porcentaje de emergencia de las plántulas de las tres especies de *Bursera* se dio durante el primer mes (julio), en el mes de agosto, *B. copallifera* y *B. grandifolia* presentaron un porcentaje de emergencia menor a julio, para el mes de septiembre solo *B. copallifera* presentó emergencia de plántulas (Figura 29).

La emergencia de las plántulas de *B. fagaroides* inició a partir de la segunda semana posterior a la siembra y concluyó en la cuarta semana, las plántulas de *B. copallifera* y *B. grandifolia* iniciaron su emergencia en la tercera semana posterior a la siembra, la emergencia de las plántulas concluyó a la novena y quinta semana respectivamente.



**Figura 29.** Tiempo transcurrido para la emergencia de las tres especies de *Bursera* en invernadero.

Tomando como referencia un total de 960 semillas por especie, *B. copallifera* y *B. grandifolia* presentaron el mayor porcentaje de emergencia con un 8.8% por especie, siendo *B. fagaroides* la que presentó el menor porcentaje. Del número total de plantas que emergieron por especie, *B. grandifolia* presentó el mayor

porcentaje de mortalidad, seguida por *B. copallifera* siendo *B. fagaroides* la especie que presentó un 0% de mortalidad en un ciclo de un año (Tabla 4).

Para el porcentaje de emergencia con respecto a los tratamientos pregerminativos, la escarificación mecánica fue el tratamiento pregerminativo que presentó el mayor porcentaje de emergencia de plántulas para las tres especies de *Bursera* en invernadero. Seguido por el grupo control (sin tratamiento) para dos de las tres especies, *B. copallifera* y *B. grandifolia*, siendo para estas mismas la escarificación química la que mostró el menor porcentaje de emergencia; en el caso de *B. fagaroides*, el tratamiento con el menor porcentaje de emergencia fue el grupo control (Tabla 4).

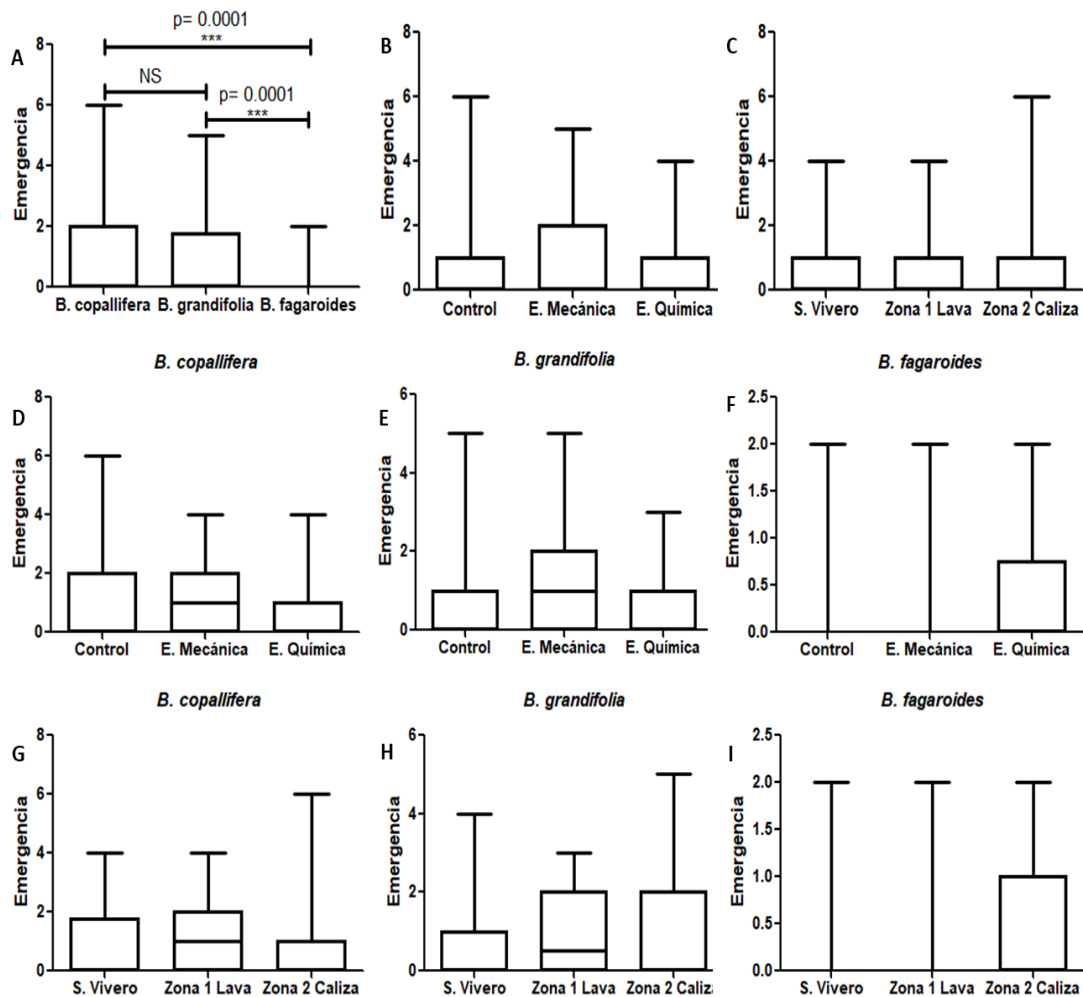
**Tabla 4.** Porcentaje de emergencia y mortalidad de plantas de las tres especies de *Bursera*.

Especie	No. Semillas	% Total Emergencia	% Mortalidad de plantas	% de Emergencia por tratamiento		
				Control	E. Mecánica	E. Química
<i>B. copallifera</i>	960	8.8%	3.5%	9.6%	10.9%	5.9%
<i>B. grandifolia</i>	960	8.8%	7%	8.1%	11.5%	6.8%
<i>B. fagaroides</i>	960	2.7%	0%	1.8%	3.4%	2.8%

Se determinó que los resultados no presentaban una distribución normal, por lo cual, se realizó una ANOVA no paramétrica para determinar si existían diferencias significativas en la emergencia de plántulas de las tres especies de *Bursera* en invernadero, se obtuvo que, al comparar la emergencia de plántulas entre las tres especies de *Bursera*, se observaron diferencias significativas presentando un valor

de  $p = 0.0001$ , en donde, *B. copallifera* y *B. grandifolia* comparado contra *B. fagaroides* presentaron un valor de significancia de  $p = 0.0001$ , entre *B. copallifera* y *B. grandifolia* no existen diferencias significativas; al comparar la emergencia de las plántulas entre los tres tratamientos pregerminativos, nos dio un valor de  $p = 0.1067$  que nos indica que no existen diferencias significativas; al determinar si existen diferencias significativas entre el número de plántulas que emergieron y el suelo sobre el que se pusieron a germinar las semillas, se obtuvo que, no se presentaron diferencias significativas con un valor de  $p = 0.3086$ ; al

realizar la comparación de la emergencia entre los tratamientos pregerminativos para cada una de las tres especies de *Bursera*, *B. copallifera* presentó un valor de  $p= 0.1093$ , *B. grandifolia* una  $p= 0.4261$  y *B. fagaroides* una  $p= 0.6437$  que nos indican, que no existen diferencias significativas; al comparar la emergencia de cada una de las tres especies contra el suelo sobre el que se pusieron a germinar se observó que, *B. copallifera* presentó un valor de  $p= 0.2837$ , *B. grandifolia* una  $p= 0.6903$  y *B. fagaroides* una  $p= 0.3801$ , los que nos indica que no existen diferencias significativas para la emergencia entre tratamientos pregerminativos y suelos para ninguna de las tres especies (Figura 30).



**Figura 30.** Comparación de la emergencia de plantas en invernadero entre especies, tratamientos pregerminativos y suelo **A.** Comparación de la emergencia de plántulas entre las tres especies de *Bursera*. **B.** Comparación de la emergencia de plántulas entre los tratamientos pregerminativos. **C.**

Comparación de la emergencia de plántulas de las tres especies entre el suelo de la zona 1 lava, zona 2 caliza y el sustrato de vivero en los que se pusieron a germinar las semillas. **D, E y F.** Comparación de la emergencia de plántulas entre tratamientos pregerminativos por especie. **G, H e I.** Comparación de la emergencia de plántulas entre el suelo sobre el cual se pusieron a germinar las semillas para cada una de las tres especies.

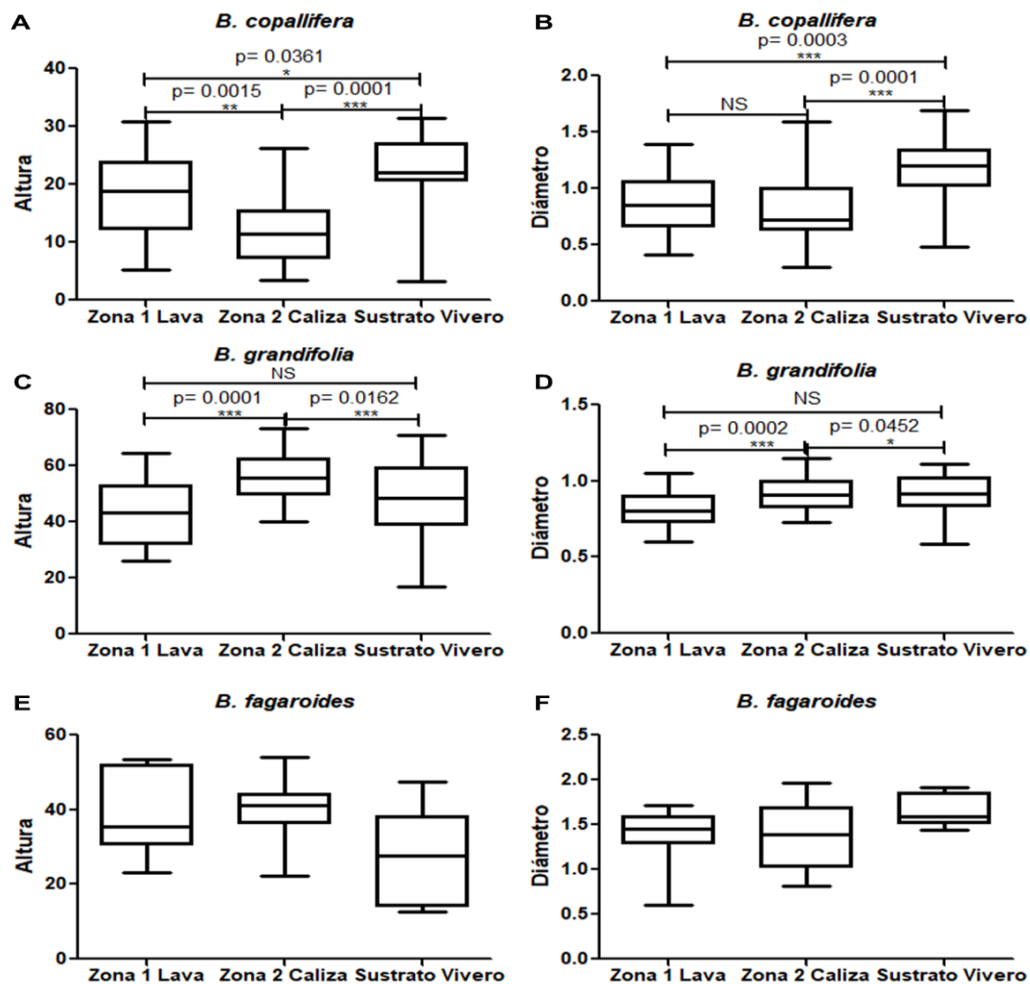
#### 8.4.1 Altura y diámetro de plantas.

Después de un año de monitoreo, *B. grandifolia* presentó el mayor promedio de altura, correspondiente a la zona 2 caliza con una altura máxima de 70.8 cm, seguida por *B. fagaroides* con promedios entre 26.4 y 39.8 cm entre zonas, con un máximo y mínimo en alturas de 54.1 y 12.5 cm respectivamente, *B. copallifera* mostró los promedios más bajos de altura, 18 y 22.2 cm, con alturas mínimas de 3.2 cm y máximas de 31.3 cm, los mayores promedios de diámetro se registraron para *B. fagaroides*, el mayor fue para las plantas establecidas en el sustrato de vivero, *B. copallifera* presentó un promedio de 0.8 cm de diámetro para el suelo de las dos zonas, para el sustrato de vivero aumentó el promedio a 1.1 cm, los porcentajes para *B. grandifolia* fueron los mismos de 0.8 cm (Tabla 5).

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

Especie	Suelo	Altura en cm			Diámetro en cm		
		Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
<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

Al realizar los análisis estadísticos y comparar la altura y diámetro de las plantas, entre el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero, *B. copallifera* presentó diferencias altamente significativas en la altura y diámetro con una  $p=0.0001$ , *B. grandifolia* reflejó una  $p=0.0003$  y  $p=0.0015$  respectivamente, expresando diferencias significativa, para *B. fagaroides* no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los dos parámetro evaluados (Figura 31).

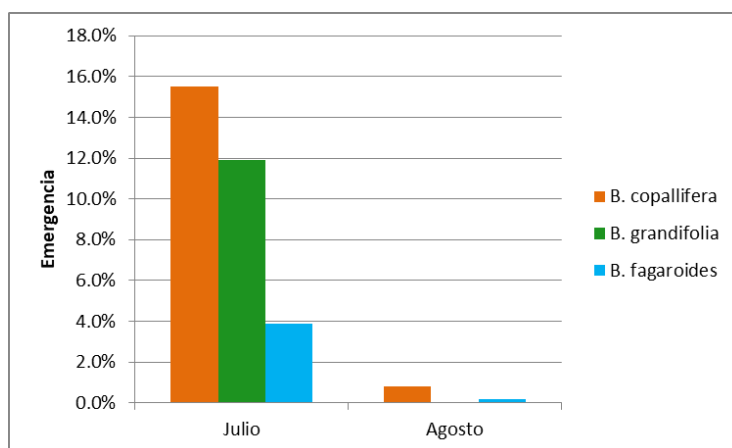


**Figura 31.** Comparación de la altura y diámetro por especie entre el suelo de las dos zonas y el sustrato de vivero, después de un año de monitoreo en invernadero. **A** y **B**. Comparación de la Altura y diámetro respectivamente de las plantas de *B. copallifera* para las dos zonas y el sustrato de vivero. **C** y **D**. Comparación de la Altura y diámetro respectivamente de las plantas de *B. grandifolia* para las dos zonas y el sustrato de vivero. **D** y **E**. Comparación de la Altura y diámetro respectivamente de las plantas de *B. fagaroides* para las dos zonas y el sustrato de vivero.

## 8.5. 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 que emergieron para las tres especies, se dio durante el primer mes (julio), para el mes de agosto aún se presentó la emergencia de plántulas en *B. copallifera* y *B. fagaroides* (Figura 32).

La emergencia de plántulas de las tres especies de *Bursera*, inició a partir de la segunda semana, para *B. grandifolia* la emergencia concluyó en la cuarta semana, para *B. copallifera* y *B. fagaroides* finalizó en la quinta semana.



**Figura 32.** Tiempo transcurrido para la emergencia de las tres especies de *Bursera* en campo.

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 porcentajes de emergencia presentó fue *B. fagaroides*, después del monitoreo anual de las plantas en campo, *B. copallifera* mostró el mayor porcentaje de mortalidad, seguida por *B. grandifolia* y *B. fagaroides* (Tabla 6).

Con respecto a la emergencia de plántulas entre los tratamientos pregerminativos, *B. copallifera* presentó porcentajes mayores del 10% de emergencia para los tres tratamientos pregerminativos, la escarificación química fue el tratamiento que mayor porcentaje de emergencia obtuvo para *B. grandifolia*,

*B. fagaroides* mostró un porcentaje por debajo del 10% para los tres tratamientos pregerminativos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Porcentaje de emergencia y mortalidad de plantas de las tres especies de *Bursera*.

Especie	No. semillas	% Total Emergencia	% Mortalidad de plantas	% de Emergencia por tratamiento		
				Control	E. Mecánica	E. Química
<i>B. copallifera</i>	720	16.3%	99.1%	17.9 %	14.1 %	17 %
<i>B. grandifolia</i>	720	11.9	93%	11.2 %	8.7 %	16.2 %
<i>B. fagaroides</i>	720	4.1%	90%	4.5 %	5.4 %	2.5 %

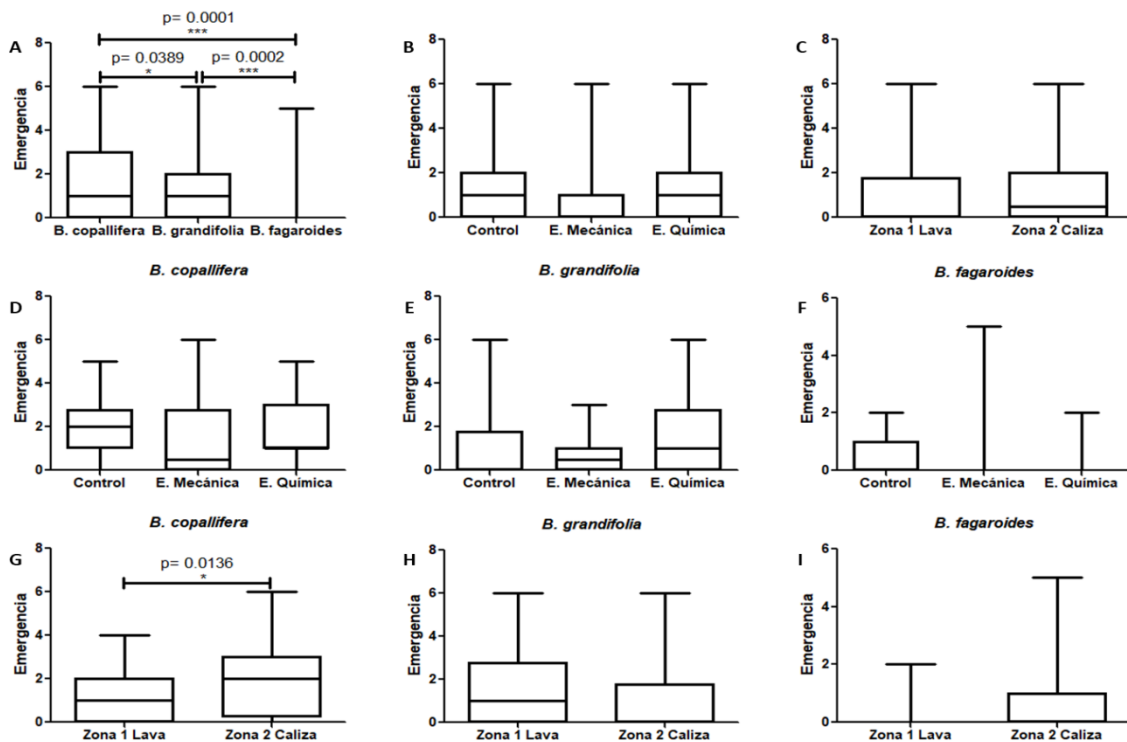
El número total de plantulas que emergieron varió para las tres especies de *Bursera*, al comparar la emergencia de las plantulas por especie entre las dos zonas, la zona 2 caliza presentó el mayor porcentaje de emergencia para *B. copallifera* y *B. fagaroides* (Tabla 7).

**Tabla 7.** Número total de plántulas que emergieron por especie y porcentaje correspondiente a cada una de las zonas.

Especie	No. total de Emergencias	Emergencia total por zona	
		Zona 1 Lava	Zona 2 Caliza
<i>B. copallifera</i>	118	34.7 %	65.2 %
<i>B. grandifolia</i>	86	57 %	43 %
<i>B. fagaroides</i>	30	30 %	70 %

Se determinó que los resultados no presentaban una distribución normal, por lo cual, se realizó una ANOVA no paramétrica para determinar si existían diferencias significativas en la emergencia de plantulas de las tres especies de *Bursera* en campo, se obtuvo que, existen diferencias significativas en la emergencia de plantulas para las tres especies de *Bursera* presentando un valor de  $p= 0.0001$ , al comparar *B. copallifera* y *B. grandifolia* presentaron un valor de significancia de  $p= 0.0389$ , para *B. grandifolia* y *B. fagaroides* un valor de  $p= 0.002$ , *B. copallifera* y *B. fagaroides* una  $p= 0.0001$ , estableciendo que existen diferencias significativas en cuanto al número de plantulas que emergieron entre

las tres especies de *Bursera*. Al comparar la emergencia entre los tres tratamientos pregerminativos, nos dio un valor de  $p= 0.3222$ , al comparar la emergencia contra los tratamientos pregerminativos por cada especie, obtuvimos que, *B. copallifera* presentó una  $p= 0.3317$ , *B. grandifolia* una  $p= 0.3135$  y *B. fagaroides* una  $p= 0.7212$ , por lo cual no se presentaron diferencias significativas. Al realizó un t-Student para comparar la emergencia de las plántulas entre la zona 1 lava y zona 2 caliza dio un valor  $p= 0.2622$ , observando que no existen diferencias significativas, al analizar la emergencia contra las 2 zonas por especies, *B. copallifera*  $p= 0.0136^*$ , *B. grandifolia*  $p= 0.2908$  y *B. fagaroides*  $p= 0.3062$ , presentando diferencias significativas para *B. copallifera* (Figura 33).



**Figura 33.** Comparación de la emergencia de plantas en campo entre especies, tratamientos pregerminativos y zonas. **A.** Comparación de la emergencia de plántulas entre las tres especies de *Bursera*. **B.** Comparación de la emergencia de plántulas entre los tratamientos pregerminativos. **C.** Comparación de la emergencia de plántulas entre la zona 1 lava y zona 2 caliza. **D, E y F.** Comparación de la emergencia de plántulas entre tratamientos pregerminativos por especie. **G, H e I.** Comparación de la emergencia de plántulas entre la zona 1 lava y zona 2 caliza para cada una de las tres especies de *Bursera*.



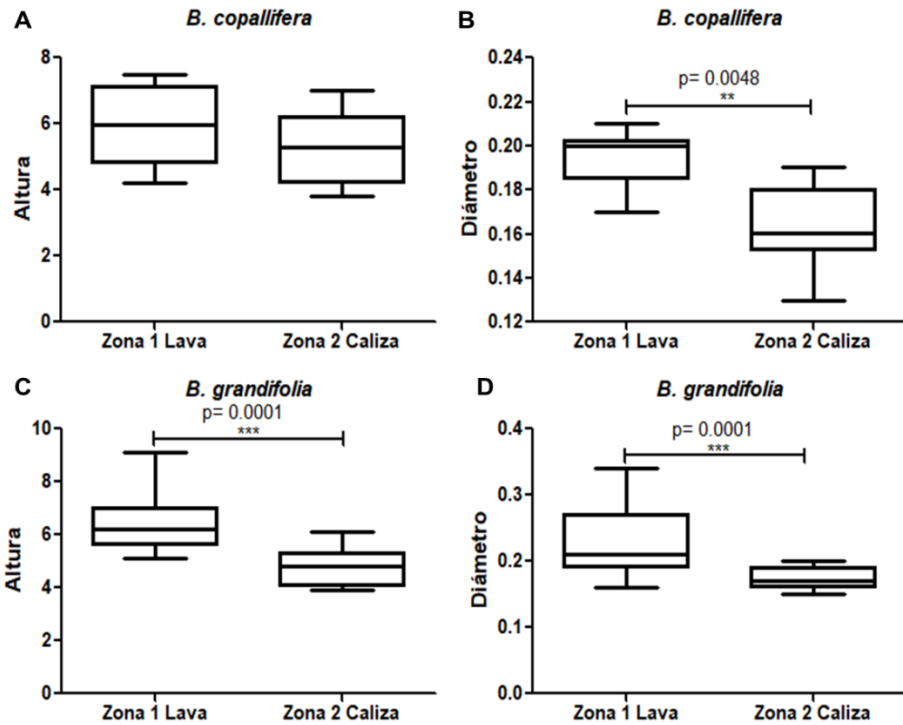
### 8.5.1 Altura y diámetro de plantas.

Al presentar un gran porcentaje de mortalidad, se tomaron como referencia las plantas que sobrevivieron hasta el cuarto mes para realizar las comparaciones, *B. grandifolia* presentó el mayor promedio de altura, así como las plantas mas altas de 9.1 cm, las cuales se establecieron en la zona 1 lava, para el diámetro siguieron el mismo comportamiento con un promedio de 0.22 cm, *B. copallifera* expresó promedios de altura y diametro de 5.3 a 5.9 cm y 0.16 a 0.19 cm correspondientemente, para *B. fagaroides* las plantas que emergieron habían muerto al cuarto mes para la zona de lava, para la zona de caliza hubo un promedio de 5.5 y 0.15 cm de altura y diámetro respectivamente (Tabla 8). Al finalizar el año para *B. copallifera* sobrevivió 1 individuo en la zona de caliza, *B. grandifolia* sobrevivieron 6 individuos, dos en la zona de lava y cuatro en la zona caliza, *B. fagaroides* sobrevivieron 3 individuos en la zona de caliza.

**Tabla 8.** 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 el 100% de plantas muertas para *B. fagaroides* en la zona 1 lava, no se realizó la comparación entre zonas, no se presentaron diferencias significativas en cuanto a la altura para *B. copallifera*, pero, el diámetro presentó diferencias significativas entre las dos zonas, *B. grandifolia* mostró diferencias altamente significativas, para altura y diámetro.



**Figura 34.** Comparación de la altura y diámetro de las plantas de *B. copallifera* y *B. grandifolia* entre las dos zonas en campo. **A** y **B**. Análisis estadístico entre la altura y diámetro de *B. copallifera* entre las dos zonas. **C** y **D**. Análisis estadístico entre la altura y diámetro de *B. grandifolia* entre las dos zonas.

## 9. Discusión.

En este trabajo se evaluó la germinación de tres especies de *Bursera* con distintos tratamientos pregerminativos, así como en suelos nativos y un sustrato de vivero con la finalidad de identificar factores que puedan influir en el establecimiento y desarrollo de estas especies en su medio natural, buscando alternativas que puedan favorecer a la producción y propagación de especies nativa.

Diversos autores como Hernández (2015) y Bonfil *et al.*, (2008) han reportado (por flotación) una viabilidad del 67 a 79% en semillas de *B. copallifera*, mientras que en *B. fagaroides* y *B. grandifolia* obtuvieron una viabilidad del 2-30%. Similar a lo que está reportado, en este estudio se obtuvo un porcentaje de viabilidad de 87% en semillas de *B. copallifera*, 41 % en *B. fagaroides* y 66 % en *B. grandifolia* por la técnica de disección. La viabilidad de las semillas también fue evaluada por la técnica de flotación, sin embargo, de acuerdo a esta técnica las semillas de *B. fagaroides* y *B. grandifolia* eran 100% inviables, dato que fue refutado al diseccionar las semillas y confirmar la presencia de embrión. Por esto último, la técnica de flotación puede llegar a ser apropiada para la separación de semillas de algunas especies, pero este procedimiento debe de ser cuidadosamente verificado, debido a que, semillas viables podrían flotar por la presencia de burbuja de aire adheridas a las capas externas de las semillas como bien lo reporta Landis *et al.*, (1998). Aunque la disección de las semillas es una técnica más precisa que la de flotación, podría no estar reflejando un porcentaje de viabilidad exacto, ya que el embrión puede presentar parches de tejido necrótico en partes vitales que son identificables únicamente al extraer el embrión completo como reporta Mendoza 2017. Esto puede explicar el bajo porcentaje de germinación (<10%) en las tres especies de *Bursera* evaluadas en laboratorio, invernadero y campo ( $\leq 16\%$ ) obteniendo el porcentaje más alto de germinación con *B. copallifera* en campo (16%).

Se ha reportado que, numerosas especies pueden verse favorecidas por distintos tratamientos pregerminativos. 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*. Nosotros evaluamos escarificación mecánica (con lija) y escarificación química (con HCl), como tratamientos pregerminativos, hubo una variación en los porcentajes entre los tratamientos al poner a germinar las semillas de forma *in situ* y *ex situ*. No obstante, la germinación de semillas *B. copallifera*, *B. fagaroides* y *B. grandifolia* no se vio favorecida por estos tratamientos pregerminativos ni en laboratorio, invernadero o campo tal como lo reporta Bonfil *et al.*, (2008). La emergencia en invernadero y campo comenzó entre la segunda y tercera semana finalizando entre la quinta y novena semana, similar a lo que está reportado en *B. copallifera* por Barrales (2009).

A pesar de que los porcentajes de germinación resultaron bajos en contraste al porcentaje de viabilidad, se obtuvo mayor porcentaje de germinación en campo que en laboratorio e invernadero en semillas de *B. copallifera* y *B. grandifolia*. Bonfil *et al.*, (2008) reportó porcentajes similares de germinación en campo de *B. copallifera*. Por otro lado, Barrales (2009) reportó porcentajes de germinación mayores a 50% en *B. copallifera* en campo, pero 13% de emergencia con semillas pre-germinadas de invernadero. Este aumento en la germinación puede estar dado en las características ambientales proporcionadas por la zona, así como otros factores. Bonfil *et al.* (2008), reporta que la fluctuación de temperatura entre 18-32 °C favorece la germinación, obteniendo mayor porcentaje de germinación que a temperatura constante.

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, frecuencia de 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, permitiendo así el aprovechamiento de los recursos 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 reduce, generando una disminución en la mineralización y disponibilidad de nitratos (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.

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, aumenta la densidad real y el pH, disminuye la porosidad, concentración de arcillas, arenas, carbono y nitrógeno, lo que podría reflejarse en el establecimiento y desarrollo de las plantas (FAO, 2009; Jordán, 2005).

## 10. 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.
- 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*.
- Los tratamientos pregerminativos no tuvieron ninguna influencia sobre la germinación de semillas de las tres especies de *Bursera*.
- La germinación en condiciones controlas en la cámara de germinación fue bajo y se dio durante el primer mes.
- 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*.
- Podría existir una relación entre el establecimiento inicial y desarrollo de las plantas con las propiedades fisicoquímicas, lamentablemente los altos porcentajes de mortalidad, no permitieron obtener un mayor número de datos que nos permitiría afirmar esta idea.

## 11. 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 *Bursera 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.

- Monroy, R., I. Ayala, 2003. Importancia del conocimiento etnobotánico frente al proceso de urbanización. *Etnobiología*. 3: 79-92.
- Munsell, H. H. 1992. Munsell soil color charts. U.S. Dept. Agriculture Hand book 18-soil Sarvery Manual.
- 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.
- Henríquez H. C. y G. Cabalceta A. 1999. Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con un Enfoque Agrícola. 1<sup>ra</sup> ed. San José, Costa Rica: ACCS. 112p.
- 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  
Secretaría 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.

Landis , T. D., R. W. Tinus, and J. P. Barnett. 1998. The container tree nursery manual. Vol. 6, Seedling propagation. Agriculture Handbook 674. Washington, D.C., USDA Forest Service. 166 p.

Jordán A. L. 2005. Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. pp. 143.

Mendoza S. Y. A. 2017. Análisis de la variación interespecífica e intraespecífica en la viabilidad de semillas del género *Bursera*. Tesis de maestría. Facultad de ciencias ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 99.

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.

Neiff J.J. 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South America, pp. 1 57186. En: Gopal, D.

Niembro R. A.1988. Semillas de árboles y arbustos, ontogenia y estructura. Ed. Limusa. México. 285 p.

- Norma Oficial Mexicana NOM-21-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT 2000.
- Purata S.E. 2008. Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites. CONABIO/RAISES. 60 p. México.
- 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 Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 43pp.

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.

Varela S. A. y Aparicio A., 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Silvicultura en vivero*. Cuadernillo N° 3 10 p.

Vázquez Y. 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.

Yanes C. V., 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.



"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

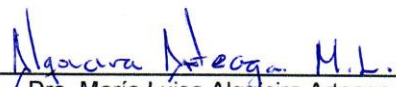
Fecha: 9 de diciembre del 2019.

**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



Fecha: 10/12/19

**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





Fecha: 10 de diciembre del 2019

**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

M. en C. María Eugenia Bahena Galindo



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"  
60 años de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos  
70 Aniversario del CECyT No. 3 "Estanislao Ramírez Ruiz"  
60 años de XEIPN Canal Once, orgullosamente politécnico  
60 Aniversario del CECyT No. 4 "Lázaro Cárdenas"

Yautepec, Morelos a 9 de Diciembre de 2019.

**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. Silvia Evangelista Lozano**  
Profesora investigadora del CEPROBI - IPN



Ctra. Yautepec-Jojutla, Km.6, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos. México C.P. 62731.  
Tel (735) 3942020 Tel. (735) 3941896, Red IPN (55) 57296000 Ext. 82500, 82560, 82505.  
Correo electrónico: ceprobi@ipn.mx / www.ceprobi.ipn.mx



**2019**  
AÑO DEL CAUDILLO DEL SUR  
EMILIANO ZAPATA

