



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Cordia
elaeagnoides* A. DC., PROVENIENTES DE UNIDADES PRODUCTORAS DE
GERMOPLASMA FORESTAL

TESIS

QUE PRESENTA:

ING. SERAFÍN SOLÍS SANDOVAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

DIRECTOR DE TESIS:

D.C. CRISANTO VELÁZQUEZ BECERRA

COMITÉ SINODAL

M.C. FABIOLA EUGENIA PEDRAZA BUCIO

D.C. JORGE ENRIQUE AMBRIZ PARRA

D.C. FRANCISCO JAVIER CASTRO SÁNCHEZ

D.C. RAFAEL SALGADO GARCIGLIA

Morelia, Michoacán, Abril de 2018

DEDICATORIA

A mi familia y amigos por fomentar el deseo de
Superación, fortaleza y anhelo de triunfo en mi vida

AGRADECIMIENTOS

Al D.C. Crisanto Velázquez Becerra por su apoyo y acertada dirección en este trabajo de tesis.

A los D. Cs. Jorge Enrique Ambriz Parra, Francisco Javier Castro Sánchez y Rafael Salgado Garciglia, a la M.C. Fabiola Eugenia Pedraza Bucio, integrantes de mi comité sinodal por sus valiosas aportaciones y sugerencias que contribuyeron a enriquecer esta investigación.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por haberme brindado la oportunidad de realizar esta etapa de mi vida académica.

A cada uno de los profesores de la Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera (POSTECMA), por aportar un sentido crítico a mi formación científica.

Al Banco de Germoplasma Forestal de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán a través del Biólogo Ulises Espinosa Rojas, por las facilidades otorgadas para los trabajos de laboratorio y vivero de este trabajo de investigación.

Al laboratorio de Microbiología del Posgrado en Tecnología de la Madera, por su apoyo y compañerismo, durante el desarrollo experimental en esta investigación.

A la Sra. Estela Méndez, secretaria de POSTECMA, por su actitud de servicio y apoyo en los trámites administrativos concernientes a la maestría.

A mis compañeros de maestría quienes me brindaron apoyo y amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada como apoyo económico al desarrollo del experimento.

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNDICE DE CUADROS	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Descripción de la selva baja caducifolia	9
2.2 <i>Cordia elaeagnoides</i>	10
2.3 Morfología y usos de la especie	10
2.4 Descripción y selección de árboles semilleros	12
2.4.1 Área semillera	12
2.4.2 Rodal semillero	12
2.4.3 Selección de árboles semilleros	12
2.5 Evaluación y caracterización de la semilla	14
2.5.1 Biología de la semilla	14
2.5.2 Clasificación de la semilla	14
2.5.3 Pureza.....	15
2.5.4 Peso.....	15
2.5.5 Viabilidad	15
2.5.6 Germinación.....	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. HÍPOTESIS.....	17
5. OBJETIVO GENERAL	18
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
7. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
8. CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LA VIABILIDAD Y GERMINACIÓN	30
9. CAPÍTULO IV. RESULTADOS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO	52
10. DISCUSIÓN	55
11. CONCLUSIONES	64
12. BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	19
Figura 2. Estratificación de la copa en árboles semilleros de <i>C. elaeagnoides</i>	21
Figura 3. Peso de un gramo de semillas.....	22
Figura 4. Medición de longitud y diámetro de las semillas de <i>C. elaeagnoides</i>	23
Figura 5. Equipo de medición denominado Columna densimétrica.....	24
Figura 6. Distribución potencial de <i>C. elaeagnoides</i>	30
Figura 7. Ubicación de árboles semilleros <i>C. elaeagnoides</i>	31
Figura 8. Proporción de cobertura forestal.....	34
Figura 9. Porcentaje de especies forestales en los rodales semilleros.....	35
Figura 10. Rendimiento de semilla por árbol semillero de <i>C. elaeagnoides</i>	37
Figura 11. Limpieza de semillas de <i>C. elaeagnoides</i>	38
Figura 12. Contenido de humedad en las semillas de <i>C. elaeagnoides</i>	40
Figura 13. Diámetro de la semilla de <i>C. elaeagnoides</i>	41
Figura 14. Longitud de la semilla de <i>C. elaeagnoides</i>	42
Figura 15. Prueba de inmersión en agua.....	43
Figura 16. Prueba de Columna densimétrica.....	44
Figura 17. Prueba de Tinción con Tetrazolio.....	45
Figura 18. Corte longitudinal de semillas de <i>C. elaeagnoides</i>	45
Figura 19. Tinción con tetrazolio en semillas viables y no viables.....	46
Figura 20. Corte transversal de semillas de <i>C. elaeagnoides</i>	46
Figura 21. Porcentaje de semilla viable y no viable por estrato.....	48
Figura 22. Porcentaje de germinación por sitio de germinación.....	49
Figura 23. Porcentaje de germinación por tipo de sustrato utilizado.....	50
Figura 24. Porcentaje de germinación acumulada.....	50
Figura 25. Índice de germinación por rodal semillero y por estrato.....	51
Figura 26. Evaluación de la supervivencia de plantas de <i>C. elaeagnoides</i>	52

Figura 27. Evaluación del crecimiento de plantas de <i>C. elaeagnoides</i> .	53
Figura 28. Evaluación del desarrollo de plantas de <i>C. elaeagnoides</i> .	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estudios de árboles semilleros en otras especies.	7
Cuadro 2. Diseño experimental.	20
Cuadro 3. Proceso de germinación.	25
Cuadro 4. Sustratos evaluados en la germinación.	27
Cuadro 5. Condiciones de temperatura evaluadas.	27
Cuadro 6. Características ambientales de los rodales semilleros.	33
Cuadro 7. Resultados de la dasometría de árboles semilleros.	36
Cuadro 8. Características edafológicas en los rodales semilleros.	36
Cuadro 9. Rendimiento de semilla/kilogramo por estrato.	38
Cuadro 10. Peso de la muestra en gramos por estrato.	39
Cuadro 11. Características físicas de las semillas de <i>C. elaeagnoides</i> .	39
Cuadro 12. Número de semillas viables y no viables por gramo.	40
Cuadro 13 A y B. Número de compartimentos y embriones por semilla.	47
Cuadro 14. Índice de germinación por rodal semillero y por estrato.	51

RESUMEN

Para explicar el efecto de las características en las semillas con la viabilidad y germinación de *C. elaeagnoides* se realizó un diagnóstico en rodales semilleros establecidos en Tumbiscatío y La Huacana, Michoacán. Se seleccionaron ocho árboles en fructificación a una distancia de 100 metros, se evaluó el rendimiento de semilla siendo Manila I, árbol 2 con mayor rendimiento 358.79 g y Manila II el árbol 2 con menor rendimiento 163.69 g, sin existir diferencias significativas. Respecto de las propiedades del suelo el pH fue de 6.8 a 7.3, materia orgánica de 2.08 a 4.57 %, y contenido de calcio de 902.3 a 115.8 ppm, con una textura de franco arenosa y franco arcillo arenosa. En la determinación de la calidad física de las semillas se obtuvo un promedio de 37 semillas/g, con 8.4 % en contenido de humedad, 3.6 mm de diámetro y 7.1 mm de longitud de las semillas. Se evaluó la viabilidad con la metodología ISTA bajo cuatro pruebas; inmersión en agua, columna densimétrica, tinción con Tetrazolio y corte de semillas, al compararlas se obtuvo una mayor cantidad de semillas viables en comparación con las semillas no viables, en columna densimétrica 85 % y tinción 88 % respectivamente y diferente en la prueba de corte con 37 % de semillas viables y 63 % de semillas no viables, siendo el estrato alto con mayor porcentaje de viabilidad. En la evaluación de germinación se utilizaron tres condiciones de temperatura y sustrato, siendo la temperatura de 30 °C y sustrato arena de río donde se acrecentó el índice de germinación con un 53 %, además se logró obtener la energía de germinación a los 14 días de la siembra, siendo el estrato alto con mayor porcentaje de germinación.

Palabras clave: Inmersión, Columna densimétrica, Tinción, Estrato, *C. elaeagnoides*.

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con más diversidad en el uso de especies maderables, y debido a esa dinámica en los últimos años ha incrementado considerablemente la importación de madera procedente de Brasil, Bolivia, Colombia, Estados Unidos y Canadá, estimando el 50 % en volumen y 70 % en valor de la producción (Chagoya y Gutiérrez, 2009). Ante esta alarmante situación la CONAFOR, reporta que existe desconocimiento en manejo forestal sustentable, en la producción de planta y mercado de maderas tropicales, en consecuencia se aprovechan de forma desordenada y sin darle valor económico (Quinto *et al.*, 2009). En este sentido también existe desconocimiento sobre las especies arbóreas maderables que contribuyen a la productividad del bosque, suelo y a la recuperación de la biodiversidad (Montero y Montagnini, 2005). En ese desinterés se desconocen los paquetes tecnológicos de especies arbóreas (Evans, 1984; White *et al.*, 2007) y el desconocimiento de procedencia geográfica para establecer plantaciones forestales tropicales entre ellas *C. elaeagnoides*, que es una especie endémica de México de gran importancia ecológica y económica, ampliamente distribuidas en la selva baja caducifolia, pertenece a la familia Boraginaceae, familia que se divide en cuatro subfamilias: *Cordioideae*, *Ehretioideae*, *Heliotropioideae*, *Boraginioidae*, esta última incluye al género *Cordia* tal vez el más grande y complejo que reconoce seis secciones basadas en las características del cáliz, donde se encuentra *C. elaeagnoides*, *C. alliodora* y *C. gerascanthus* (Quiroz, Palacios y Arraguín, 1997).

Su cubierta vegetal, es decir la selva baja se ha reducido ocasionando profundas alteraciones dejando terrenos degradados por la erosión del viento y la lluvia y por el establecimiento de cultivos agrícolas, potreros, asentamientos humanos y plantaciones forestales con especies exóticas (Casanova, González, Flores y García, 2014), efectos causados por la ganadería modelo que se ha caracterizado por el alto grado de transformación del ecosistema natural y el cambio de uso del suelo (Martínez, Méndez, Cortés, Ibarra, 2013). Esta situación coloca a nuestro país en segundo lugar a nivel América Latina y sexto a nivel mundial, perdiendo más de ochocientas mil hectáreas de cobertura vegetal forestal anualmente (Morán, 2002),

por lo anterior persiste una alta tasa de deforestación en su área de distribución (Martínez *et al.*, 2013).

En los bosques naturales es prioritario el estudio de especies maderables, para identificar árboles semilleros y establecer rodales semilleros, los cuales se definen como un área delimitada dedicada a la producción de semillas, ya que estos árboles son un recurso natural renovable y tienen un ritmo de crecimiento que pueden ser superados por la elevada tasa de aprovechamiento (Grijpma *et al.*, 1998). Los árboles entre 25 y 30 años se consideran apropiados para el establecimiento de rodales semilleros en la mayor parte de las especies (Bustamante *et al.*, 2012), además los rodales semilleros consideran individuos con características deseables, arbolado sano y edad óptima para la producción de semillas vigorosas entre otros aspectos (Lara, 2013). Pocos estudios examinan mediciones detalladas de la copa arbórea en bosques naturales, por razones del tiempo requerido y accesibilidad para la medición y principalmente por la falta de conocimiento para usar la información, de las características morfológicas y fenotípicas.

Se sabe que el material de germinación es la semilla que es recolectada de los mejores individuos de la población (López, 2009), dado que la viabilidad de la semilla está determinada por características genéticas de la planta progenitora, las condiciones climáticas y las etapas de floración, desarrollo y maduración del fruto, que a su vez interviene el grado de madurez en la cosecha y manejo postcosecha. Otro factor que influye considerablemente en la viabilidad de semilla es la calidad y cantidad de sustancias químicas contenidas en el embrión, ya que la semilla constituye la unidad móvil y de reproducción sexual de la planta (Doria, 2010a).

Se han realizado estudios en la evaluación de viabilidad y germinación de semillas provenientes de árboles semilleros en especies maderables y de alto valor para la conservación en el cuadro 1 se muestran resultados obtenidos en las especies como; *Taxodium mucronatum*, *Swietenia macrophylla*, *Tilia mexicana* y *Cedrela odorata*.

Cuadro 1. Estudios de árboles semilleros en otras especies.

Autor	Titulo	Resultado
(Peña, Suzán, y Malda, 2004)	Viabilidad y germinación de semillas de <i>Taxodium mucronatum</i> , en el Estado de Querétaro.	La condición de perturbación de los sitios de recolección no afectó la viabilidad de las semillas a corto plazo, así como su germinación final.
(Cruz Landero, Alderete, 2005)	Variación en semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> , procedentes de los Estados de Campeche y Tabasco.	Las diferencias en cuanto a peso, largo y ancho de las semillas muestran el potencial de variación en los árboles.
(Zurita-Valencia et al., 2014)	Establecimiento de un método eficiente de germinación <i>In vitro</i> y micropropagación del Cirimo (<i>Tilia mexicana</i>).	El mayor porcentaje de germinación <i>in vitro</i> en las semillas de <i>Tilia mexicana</i> se obtuvo con el tratamiento de escarificación ácida (HCl 10%/5 min).
(Mendizabal-Hernandez, 2016)	Potencial y eficiencia de producción de semillas de <i>Cedrela odorata</i> .	El potencial y la eficiencia de producción de semillas, se encuentran dentro de los parámetros de árboles maduros de las poblaciones investigadas.

C. elaeagnoides presenta incompatibilidad gamética y aborto de embriones por lo que ha disminuido la germinación y sus poblaciones en condiciones naturales (Santacruz et al., 2014). Por otro lado (Noguera, 2002), evaluó la propagación vegetativa en rebrotes desarrollados a partir de tocones o ramas caídas. En los esfuerzos de fomentar la investigación y la producción de planta se ha realizado trabajos de micropropagación (Nuñez-Sandoval, 2009) y propagación sexual aplicado técnicas de escarificación sin resultados satisfactorios (Fuentes Reynoso, 2015) y se atribuye que las semillas permanecen viables solo por poco tiempo y requieren condiciones idóneas para la germinación (Doria, 2010b), no se ha reportado la procedencia y ubicación de árboles semilleros para *C. elaeagnoides* (Guevara-Ferrer, 1977a) las condiciones ambientales donde se desarrolla y su rango altitudinal de distribución, ha sido priorizada en plantaciones forestales por sus características en la madera (Miranda, 2006). Por otro lado se conoce poco de

su propagación y supervivencia en la actualidad es reconocida en las 10 especies prioritarias para la reforestación, plantaciones forestales comerciales (CONAFOR, 2015). Sin embargo, se ha dejado de producirla debido al bajo índice germinación y la baja adaptación de la plántula.

En este contexto Contreras *et al.*, (1992), evaluaron la supervivencia, altura total y diámetro normal de plántulas de *C. alliodora* a dos años de establecida la plantación, utilizando cuatro métodos de plantación: cepellón o bolsa, cepellón o tocón y raíz desnuda. Los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa entre los métodos de plantación, a esa edad se obtuvo un rango de supervivencia promedio de 88% en los tratamientos probados. Se ha reportado que la especie *C. cylindrostachya* muestra graves problemas de propagación sexual, debido al ataque por insectos en sus semillas (Castañeda, 2007). Esta problemática se debe probablemente a la falta de información técnica sobre la propagación de la especie.

Este documento contiene información sobre las características físicas y diferentes pruebas de evaluación de la viabilidad de semillas y las condicionantes de temperatura y sustrato para aumentar el índice de germinación, con el fin de evaluar de desarrollo y crecimiento de plántulas de *C. elaeagnoides* y satisfacer la demanda de planta para programas de reforestación y plantaciones forestales.

2. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción de la selva baja caducifolia

México se ubica en cuarto lugar a nivel mundial en biodiversidad y endemismos (Mittermeier *et al.*, 1998). Esta diversidad se distribuye en trece tipos de vegetación; bosque de coníferas, bosque de encino, selva perennifolia, selva baja caducifolia, vegetación hidrófila, entre otros. La selva baja caducifolia se desarrolla en climas del trópico húmedo y subhúmedo en condiciones de anegación total del suelo en la temporada de lluvias, que se seca durante el estiaje y constituyen el límite térmico e hídrico de los tipos de vegetación de las zonas cálido-húmedas (Pennington y Sarukhán, 1998). Se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico, hasta el sur de Sonora en su límite norte, a lo largo de las faldas bajas y los cañones de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre Occidental, en las planicies, llanuras y otras zonas bajas e inundables de la Península de Yucatán y sur de Veracruz y Tabasco. Se presenta en zonas con promedios de temperaturas anuales superiores a 20 °C y precipitaciones anuales de 1 200 mm como máximo, aunque usualmente son del orden de los 800 mm, con una temporada seca que puede durar hasta 7 u 8 meses. La flora de la selva tiene un componente endémico muy importante, estimando en 25 % al nivel de género y en 40 % de especie (Rzedowski, 1998).

El Estado de Michoacán, comprende gran parte de su territorio con selva baja caducifolia, por ejemplo la Depresión del Balsas alberga un conjunto de asociaciones y variantes con distribución compleja en mosaicos con algunos patrones generales, de su flora arbórea representada por los géneros *Cordia*, *Bursera*, *Quercus*, *Locnchocarpus*, *Acacia*, y *Mimosa* (Cué-Bar *et al.*, 2006), especies que con el paso de los años se han enfrentado a problemas de regeneración natural, atribuidos a cambios de temperatura y precipitación.

2.2 *Cordia elaeagnoides*

C. elaeagnoides, es un árbol maderable de 15 metros de altura y 25 centímetros de diámetro a la altura del pecho, de ramas gruesas y horizontales y de copa dispersa, la corteza externa es fisurada con las costillas escamosas y suberificadas, color pardo grisáceas, la corteza interna es de color crema amarillenta, que cambia a pardo, laminada, amarga y con 13 milímetros de grosor en la corteza. La madera es de albura color crema parduzca, con vasos grandes, parénquima vasicéntrico, bandas de parénquima, apatraqueal y rayos conspicuos, su madera es dura y de bonita veta, por lo que muchas de sus poblaciones han sido fuertemente explotadas (Colín-Urieta, 2008a).

2.3 Morfología y usos de la especie

De acuerdo con el sistema de clasificación de Jones (1987) citado por (Bullock, 2002) clasifica a *C. elaeagnoides* en:

- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteridae
- Orden: Lamiales
- Familia: Boraginaceae
- Género: *Cordia*
- Especie: *Cordia elaeagnoides*

Se conoce con diferentes nombre comunes; anacahuite de Tehuantepec en el Estado de Oaxaca; barcino en el Estado de Jalisco; bocote, bojote y cueramo en los Estados de Guerrero, Michoacán y Oaxaca; chucul en el Estado de Chiapas (Barrera-García, 2014), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2010) (SEMARNAT, 2010), *C. elaeagnoides* no se encuentra registrada en ningún status de la norma.

La forma biológica; raíz, tronco, corteza, ramas, copa, hojas, inflorescencias, flores, frutos, semillas, copa dispersa, hojas simples, alternas o subopuestas, con peciolo 2 a 4 cm de largo, lámina ovada o elíptica, 6.5 a 14 cm de largo y 3 a 6.5 cm de ancho, verde oscuro en el haz, grisácea en el envés, haz glabrescente y envés cubierto con abundantes tricomas seríceos, ápice acuminado, base cortamente atenuada, margen entero, nervaduras prominentes en el envés; inflorescencias en panículas laxas axilares o terminales, 10 a 20 cm de largo; plantas monoicas de flores hermafroditas; flor actinomorfa, 2 a 2.5 cm de diámetro, cáliz 5 a 6 mm de largo, con 4 o 6 dientes, corola blanca, tubular, con 5 lóbulos expandidos en el ápice, estambres 5, 1 cm de largo, exsertos, ovario súpero, 4-locular, estilo dos veces bífido; fruto 4 mericarpios fusionados entre sí y con los verticilos florales, los pétalos convertidos en alas papiráceas morenas; semillas 4, 3 mm de largo; $2n=?$ (Pennington y Sarukhán, 2005a). Las flores son diestílicas y probablemente polinizadas por el viento. Hay cierto éxito de fertilización entre plantas de la misma forma y aún entre flores de una misma planta, pero es menor que en el caso de polinización entre las dos formas (Van Groenendael, Bullock y Pérez, 1996).

El *C. elaeagnoides* se usa para la construcción y gran parte de la población la utiliza para producir carbón, postes, muebles, fustes, cabos y mangos (Delgado-Segovia, 2007), también se usa para construir techos de casas y para elaborar artesanías como castañuelas y bateas (Colín-Urieta, 2008b). Se usa para programas de reforestación (CONAFOR, 2004).

2.4 Descripción y selección de árboles semilleros

2.4.1 Área semillera

El término área semillera se aplica al rodal del bosque natural, en los cuales se han dejado árboles con características fenotípicas deseables destino a la producción de semillas (Garcidueñas, 1998). Un área semillera es un rodal delimitado dentro de un bosque natural o de una plantación, el cual tiene los mejores árboles y los individuos menos deseables son eliminados para evitar su cruzamiento con los árboles seleccionados. Además, tendrán más espacio y menor competencia, lo que permitirá una mayor producción de semillas por árbol (SEMARNAT, CONAFOR, 2013). Un área semillera consta de dos partes: una central y una franja de protección; esta división obedece a que se espera la producción de dos tipos de semillas: la obtenida en la parte central o de certificación, cuya polinización se origina entre árboles de esta superficie y de la franja de protección; ambas tienen el mismo índice de selección y la calidad de la semilla será uniforme. Esto se debe a que el polen procedente de árboles de la masa circundante no alcanza a polinizar a los de la superficie central por la franja de protección que los separa.

2.4.2 Rodal semillero

Rodal semillero se define de manera más aplicable a un bosque natural, como un grupo de árboles de la misma especie o grupos de especies donde predominan individuos fenotípicamente o de conformación aceptable o deseable en cuanto a vigor y sanidad el cual se maneja técnicamente para aumentar y sostener la producción de semilla en calidad y cantidad (Muñoz, 2011).

2.4.3 Selección de árboles semilleros

Para seleccionar un árbol semillero, se debe evaluar calidad fenotípica para la producción de madera, la producción de sombra, la protección de zonas de

amortiguamiento, la rehabilitación de ecosistemas o simplemente la conservación de la especie (Jara, 1995a). A fin de controlar el origen y asegurar una fructificación regular, cuando la cantidad de semilla requerida por año es muy grande, la cosecha en rodales naturales o plantaciones es muy escaso (Willian y Jara, 1994). Un árbol selecto que se ha recomendado para utilizarlo en un huerto de investigación o producción después de haberlo evaluado, tiene un fenotipo superior para el crecimiento (Muñoz, Prieto, Mejía y Sáenz, 2013).

Árboles semilleros, es caracterizar diferentes sitios geográficos de donde provienen las semillas, es necesario ubicar las poblaciones naturales de los árboles donde se harán las recolecciones. A estos individuos se les conoce como árboles semilleros y se eligen identificando aquéllos que muestran características fenotípicas superiores al promedio de la población en términos de los atributos que se deseen resaltar (altura, diámetro, etc.), bajo el supuesto de que sus rasgos de superioridad serán heredados a las siguientes generaciones.

Una vez seleccionada la especie y el árbol semillero de interés, es necesario ubicar y caracterizar sus poblaciones en términos de abundancia, distribución, variación fenotípica y estado de sanidad, así como características ambientales y tipo de vegetación donde se localiza, es deseable conocer el terreno, accesibilidad, y situación legal, dado que estos rasgos repercuten de manera importante en el tiempo y los recursos que se tendrán que invertir en las distintas actividades de recolección y aprovechamiento de las semillas (Jara, 1995b).

2.5 Evaluación y caracterización de la semilla

2.5.1 Biología de la semilla

La semilla se define el óvulo fecundado y maduro, por lo cual para el desarrollo de la semilla se debe producir el proceso de la polinización y la fecundación efectiva del óvulo, de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas (Niembro, 1985). El proceso fisiológico de formación de la semilla implica el desarrollo del embrión, los órganos de almacenamiento y las cubiertas de las semillas, que finalizan con el desarrollo del fruto y la posterior diseminación. Otro grupo de materiales reproductivos denominado germoplasma como semillas, yemas, plántulas y estacas (Cromwell *et al.*, 1996). Sin embargo, las semillas son las depositarias de material genético.

2.5.2 Clasificación de la semilla

Las semillas, se clasifican de acuerdo con la capacidad de tolerancia a la desecación que sigue tras la diseminación. Según este criterio las semillas se pueden clasificar en ortodoxas, recalcitrantes e intermedias. Las semillas ortodoxas toleran una disminución de hasta de un 5 % en el contenido de humedad (Farrant *et al.*, 1993). Las semillas intermedias toleran una deshidratación de entre 10 % y 12.5 %. Las semillas recalcitrantes toleran una deshidratación de entre 15 % y 50 %. Las semillas ortodoxas tienen la característica fisiológica de ser tolerantes a la deshidratación, que es la fase final de maduración y está acompañada por deshidratación celular, la cual inicia con la pérdida de agua del suministro vascular de la planta madre a la semilla, como resultado de la separación de funículos entre 40 y 50 días después de la polinización (Black, 2013). En este período las semillas adquieren tolerancia para ceder a la deshidratación, lo cual mejora la viabilidad y el potencial de almacenamiento (Magnitskiy *et al.*, 2007).

A nivel de semilla, existe interés por descubrir si alguna característica de la semilla esta correlacionada con características de importancia económica en el árbol adulto. Normalmente se evalúa peso, germinación, dimensiones y otras características como tamaño del embrión, grosor de la cubierta seminal e isoenzimas, pero hasta ahora no se ha informado de ninguna correlación importante que permita predecir el comportamiento del material en el campo (White *et al.*, 2007).

2.5.3 Pureza

El análisis de la pureza es determinar la composición por peso de la muestra de análisis. Las muestras de semillas pueden contener impurezas, malezas, otras semillas, estructuras desprendidas de la semilla, el tipo y cantidad de impurezas ofrece información importante sobre la calidad de las semillas, así mismo influye en el número de semillas/ kg (Poulsen, 2000).

2.5.4 Peso

El peso de las semillas esta correlacionada con el vigor y por lo tanto es una medida directa del potencial de rendimiento. Existen dos formas de indicar el peso de las semillas, ya sea por el número de las semillas por kilogramo (para semillas pequeñas ocasionalmente se usan por cada 100 g), o en el peso en gramos de 1000 semillas.

2.5.5 Viabilidad

Las pruebas de viabilidad no demuestran que las semillas sean germinables, solo muestran que ellas están vivas. Entonces es necesario distinguir entre el porcentaje de germinación y porcentaje de viabilidad, los dos términos se refieren a diferentes tipos de resultados y no son sinónimos. Las semillas viables pueden no ser germinables a causa de un avanzado estado de deterioro (vigor reducido) o de

tejidos muertos en las partes vitales del embrión. En pruebas como el Tetrazolio las semillas inmaduras pueden teñirse normalmente aunque luego no logran germinar. Las pruebas de viabilidad no siempre son inferiores a la prueba de germinación. Cuando las pruebas de germinación por alguna razón son inconvenientes o poco fiables o donde la escasez de instalaciones de germinación limita el uso de pruebas de germinación, la germinación potencial puede ser probada por métodos indirectos como la prueba de viabilidad (Cortés-Pérez, 2014).

2.5.6 Germinación

La germinación se define como la aparición y desarrollo de la plántula, una etapa donde los aspectos estructurales esenciales de la semilla indican si esta es o no es capaz de desarrollar una planta en condiciones favorables de suelo (Navarro, 2003). Durante las pruebas de germinación de semillas se mide la capacidad a germinar en condiciones óptimas de temperatura, humedad y luz. Las semillas deben ser pretratadas antes de una prueba de germinación. La germinación se realiza normalmente en gabinetes de germinación en un entorno controlado y las condiciones prescritas incluyen las siguientes variables: temperatura (nivel y régimen, por ejemplo, día y noche, constante o variable), luz (+/- luz o el período de los ciclos día / noche), sustrato, papel, entre otros. Las pruebas de germinación son ampliamente utilizadas en los ensayos de experimentación y pruebas sencillas de viveros. Sin embargo, las pruebas presentan varias limitaciones en pruebas simples algunas de las cuales puede sobre-estimar el potencial real de la germinación de un lote de semillas (Correa, 2013).

Las tres situaciones menos aplicables en las pruebas de germinación son las siguientes: cuando las semillas tienen una viabilidad muy corta. La duración de una prueba de germinación es típicamente de 3-5 semanas. Las semillas de corta duración o semillas recalcitrantes las semillas tienen pérdidas significativas de viabilidad, esto puede tener lugar durante el período de prueba. Por lo tanto, el

porcentaje de germinación obtenidos por la prueba puede no ser válida pues el lote de semillas ha disminuido durante el período de prueba (Schmidt, 2000).

3. JUSTIFICACIÓN

C. elaeagnoides es un árbol de interés forestal utilizado para la obtención de madera, artesanías y muebles finos de un elevado valor comercial, de importancia melífera y contribuye a la restauración de suelos degradados por la alta producción de hojas y flores, sin embargo; su investigación ha sido deficiente en resultados de evaluación germinativa, reproductiva, así como pérdida de viabilidad de la semilla.

Este trabajo contribuirá al ahorro en gasto económico y humano en la recolección de semillas y al conocimiento técnico en aumentar la germinación de semillas y la producción de planta, para los programas de reforestación y programas de plantaciones forestales comerciales, distribuidas en diferentes regiones entre ellas la región Tierra Caliente, Michoacán.

4. HIPÓTESIS

En Unidades Productoras de Germoplasma Forestal, la selección de semillas morfológicamente superiores provenientes del estrato alto de la copa arbórea, acrecientan el índice de germinación.

5. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad y germinación de semillas de *Cordia elaeagnoides* A. DC., provenientes de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los árboles semilleros de la especie *C. elaeagnoides*.
- Evaluar las características físicas y la viabilidad de las semillas de *C. elaeagnoides*.
- Evaluar el porcentaje de germinación en las semillas *C. elaeagnoides*.
- Evaluar el crecimiento y desarrollo de plántulas de *C. elaeagnoides* en los primeros meses de desarrollo.

7. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

Revisión de información documental

Del archivo documental de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), gerencia Michoacán, se recopiló el listado de estudios técnicos para el aprovechamiento forestal no maderable y la obtención de germoplasma forestal de *C. elaeagnoides* y otras especies tropicales.

Ubicación del área de estudio

El proyecto de investigación se realizó en los municipios de Tumbiscatío y La Huacana, en el Estado de Michoacán, México (Figura 1). En el área se ubicaron seis rodales semilleros con códigos de identificación y aviso de recolección de germoplasma forestal (Anexo 1), en dos municipios contrastantes en la producción de semilla y planta forestal tropical.

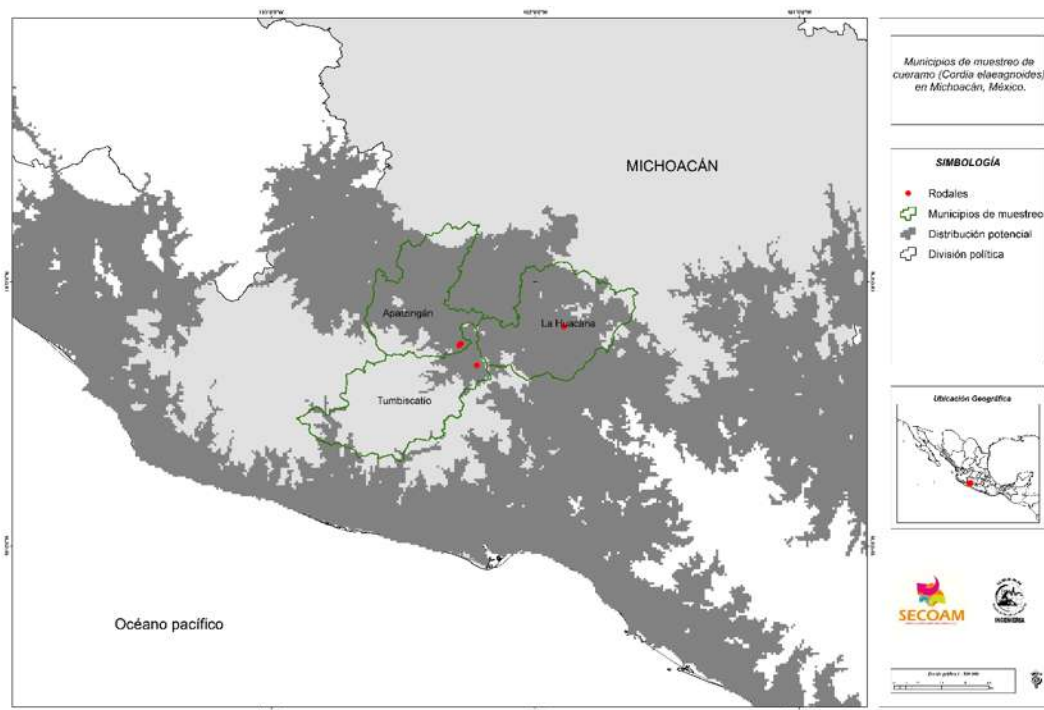


Figura 1. Localización del área de estudio.

Caracterización de árboles semilleros

Se realizó el diagnóstico rodales semilleros autorizados con códigos de identificación: Las Cruces G-16-098-CRU-001/12 y Caja G-16-035-CAJ-001/14, el análisis de la información se determinó en base a criterios de unidades productoras de germoplasma forestal (SEMARNAT-CONAFOR, 2013). Con la información se analizaron variables dasonómicas como; número de sitios muestreados, porcentaje de especies maderables, número de árboles, porcentaje de cobertura forestal y características físicas del suelo. Se eligieron ocho árboles a una distancia de 100 m uno del otro, sanos, altos, de fuste limpio y amplia masa foliar, es decir, árboles maduros y en fructificación con flores que mantuvieran color café (Indicador de que los frutos están en el mejor momento de cosecha) en el cuadro 2 se presenta el esquema del diseño experimental.

Cuadro 2. Diseño experimental.

Rodal semillero	Número de árboles	Estrato en la copa arbórea	Variables
Manila I	2	Alto, Medio, Bajo	Características físicas, Viabilidad, Germinación
Manila II	2	Alto, Medio, Bajo	Características físicas, Viabilidad, Germinación
Caja III	2	Alto, Medio, Bajo	Características físicas, Viabilidad, Germinación
Cuirindales IV	2	Alto, Medio, Bajo	Características físicas, Viabilidad, Germinación

Material vegetativo

Las semillas fueron obtenidas de la copa arbórea dividida en tres estratos; alto, medio y bajo como se muestra en la figura 2, para la recolección se utilizaron materiales de campo, se movieron las ramas de acuerdo con el estrato de colecta, se cubrió la superficie con una lona para acopiar la semilla. Las semillas fueron llevadas al laboratorio de manejo y conservación de especies forestales del Posgrado de Ingeniería en Tecnología de la Madera (POSTECMA) en la

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y al Banco de Germoplasma Forestal de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM) ahí fueron colocadas en bolsas de plástico cerrado hermético, etiquetadas y almacenadas a temperatura ambiente.

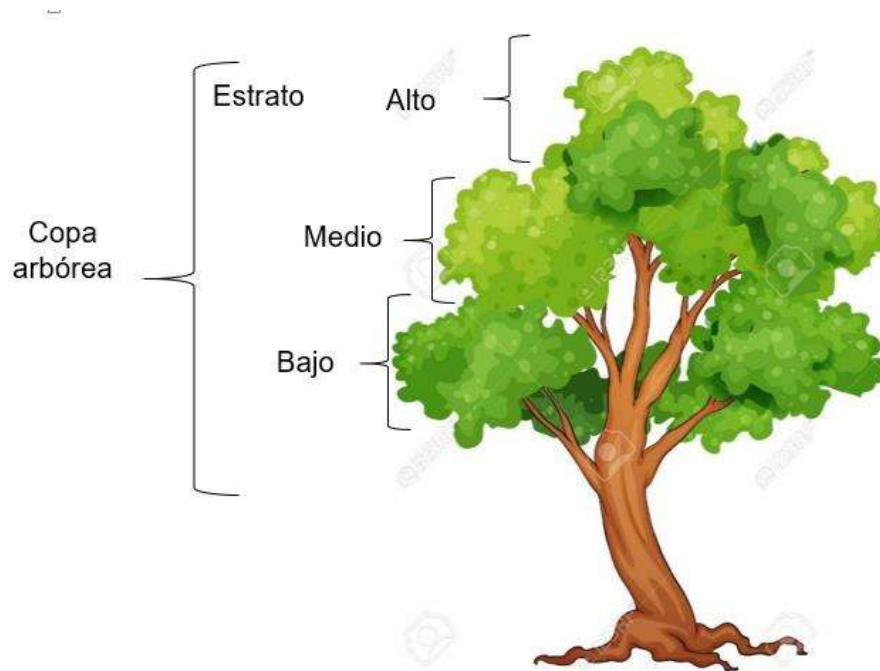


Figura 2. Estratificación de la copa arbórea en árboles de *C. elaeagnoides*.

Obtención de muestras de suelo

En cada rodal semillero se obtuvo una muestra de suelo a un metro de distancia alrededor del árbol a una profundidad de 30 cm de acuerdo con las indicaciones de la norma (NMX-AA-132-SCFI-2006).

Determinación de calidad física (ISTA, 2007)

La determinación de la calidad física se aplicó en 24 muestras provenientes de ocho árboles semilleros divididos por su estrato en la posición de la copa arbórea en alto, medio y bajo, de acuerdo a la metodología estandarizada International Seed Testing Association (ISTA, 2007), los parámetros evaluados fueron:

Pureza

Las semillas fueron limpiadas en tamizador calibre 40 con el propósito de eliminar semillas vanas e impureza, posteriormente de la muestra total sin impurezas se obtuvieron 20 g para los tratamientos (ISTA, 2007).

Semillas por gramo

Con el apoyo de balanza analítica se pesó una tara posteriormente se colocaron las semillas para obtener el peso y cantidad de semillas como se muestra en la figura 3, de la muestra total de semillas de cada lote se obtuvo un gramo de semillas para saber cuántas contiene un gramo.



Figura 3. Peso de un gramo de semillas.

Contenido de humedad

El contenido de humedad se determinó por el método de secado en estufa, donde se pesó una muestra de un gramo de semillas. Las muestras fueron colocadas en estufa graduada a 103 °C por 24 horas, después se determinó el peso final de la muestra seca. Posteriormente se calculó el contenido de humedad con base en el peso húmedo ((Edwards y Wang, 1995).

Dasometría de las semillas

La figura 4 se muestra la medición dasométrica de semillas la cual se realizó con vernier digital en 18 semillas donde se midió longitud y diámetro de acuerdo con (González *et al.*, 2006), además de realizar la medición dasométrica de semillas también se observó su morfología y daños que presentan al ser recolectadas en un bosque natural.



Figura 4. Medición de longitud (A) y diámetro (B) de semillas de *C. elaeagnoides*.

Viabilidad de las semillas

El tiempo que tardan las semillas en perder su viabilidad (longevidad) es variable según la especie y dependiendo de factores externos como; temperatura ambiental, e internos como; contenido de humedad, genotipo, etc., o las propias semillas (García *et al.*, 2001). La viabilidad de un lote de semillas, hace referencia a su capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables. Entonces para evaluar y cuantificar la viabilidad se pueden realizar diferentes tipos de test, entre los que destacan son: Inmersión en agua (Flotabilidad), Columna densimétrica, tinción con Tetrazolio y corte. Para las pruebas de viabilidad se utilizaron 100 semillas por método y 400 semillas por árbol siendo un total de 9,600 semillas analizadas.

Prueba de Inmersión en agua

La muestra de semillas fue depositada en un vaso de precipitados con agua por 24 horas, posteriormente se realizó el conteo de semillas sumergidas y flotadas, el método aplicado permitió determinar la viabilidad bajo el supuesto de que las semillas no viables, es decir semillas que no contienen material embrionario son más ligeras y por lo tanto flotan, de lo contrario las semillas que se sumergen tienen material embrionario, este contenido se mezcla reaccionando con el agua, se hacen más densas y se sumergen.

Prueba de columna densimétrica

En la figura 5 se muestra el método utilizado como el equipo denominado Densitómetro®, que consta de un cilindro de metacrilato transparente con un separador neumático de semillas, que por medio de inyección de aire, separa las semillas de menor peso (no viables) hacia un recipiente al que suben; mientras que las que tienen mayor peso (viables) quedan en la parte inferior del cilindro. Para establecer un comparativo entre muestras, se contabilizó el porcentaje de semillas viables y no viables e impurezas.



Figura 5. Equipo de columna densimetrica.

Prueba de corte

La muestra total de semillas fue diseccionada con un corte transversal sobre la superficie de la testa que permitió observar color, textura, consistencia del endospermo y presencia de embriones desarrollados de acuerdo con lo aplicado por (Santacruz *et al.*, 2014), que también permitió observar la cantidad de compartimentos por semilla.

Prueba de tinción con Tetrazolio al 1%

La muestra fue colocada en agua por 24 horas se realizó un corte longitudinal, que consistió en partir la semilla en dos, esta actividad fue muy cuidadosa para obtener el corte perfecto sin dañar al embrión, así como elegir la mejor muestra para la prueba de tinción (Vankus, 1997).

El procedimiento fue colocar la muestra (parte) elegida en un recipiente con la solución de Tetrazolio 2,3,5- triphenil tetrazolum chloride, incoloro- a forma- zán color rojo al 1 % (disolviendo 1 g en 50 ml de agua destilada), se llevó a estufa de secado con una temperatura de 40 °C durante una hora, bajo condiciones de oscuridad.

Montaje del experimento para la germinación

Las pruebas de germinación se realizaron con protocolos descritos por ISTA, aplicados por (Roa *et al.*, 2007) como se describe en el cuadro 3 se realizaron tres pruebas de germinación donde se utilizaron 100 semillas por prueba siendo un total de 7,200 semillas sembradas y analizadas.

Cuadro 3. Proceso de germinación.

Acopio y preparación de sustrato		Se limpió en tamizador, eliminando piedras, semillas e impurezas, que pudieran perjudicar la germinación de las semillas.
Esterilización se suelo eliminación de microorganismo y otras semillas		El suelo fue esterilizado en autoclave por 40 minutos con el propósito de eliminar microorganismos y semillas que pudieran perjudicar el desarrollo de la germinación.
Preparación de la semilla inmersión en agua		Las muestras de semillas fueron pre tratadas en recipiente con agua para iniciar el proceso de imbibición y reactivar los procesos fisiológicos de las semillas.
Siembra de la semilla y manejo adecuado para la germinación		Las muestras de semillas se colocaron en charolas con sustrato a una profundidad del su tamaño, se regaron cada tres días y se estuvo verificando la temperatura y humedad relativa.
Evaluación de la germinación		La germinación se evaluó a los 7, 14, 21 y 28 días.

Sustrato

Sustrato se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de la nutrición de las planta. Sin

embargo, la elección del medio en que se van a colocar las semillas, depende de la especie (Rodríguez, 2000). En el cuadro 4 se muestran los sustratos utilizados para las diferentes pruebas de germinación.

Cuadro 4. Sustratos evaluados en la germinación.

Sustrato		Proporción	CU	CF	CR
(MB1)	Peat-moss, agrolita y arena	1:1:1	X		
(MB2)	Agrolita, Vermiculita, osmocote, Peat-moss	1:1:1:1		X	
(AR)	Arena de río (Las Cruces)	1			X

UMSNH Laboratorio de Microbiología y conservación de recursos forestales, CF: Banco de germoplasma forestal COFOM y CR: Localidad Vivero Las Cruces.

Temperatura

La temperatura es el principal factor en la germinación y se han reportado rangos mínimos por encima de 0 °C, óptimos entre 25 a 31 °C, máximos de 40 a 50 °C. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites y puede ocurrir la muerte del embrión (Gutiérrez, 2017). El cuadro 5 presenta las temperaturas utilizadas 25±2 °C, 28±2°C y 30±2 °C consideradas en el rango óptimo.

Cuadro 5. Condiciones de temperatura.

Lugar		Temperatura	Medio
Ciudad Universitaria UMSNH, Laboratorio de Microbiología y Conservación de recursos forestales	(CU)	25±2°C	Cámara de germinación y crecimiento
Banco de Germoplasma Forestal de la COFOM.	(CF1)	28±2°C	Cámara de germinación y crecimiento
Sitio de recolección de semillas Predio Las Cruces.	(CR)	30±2°C	Vivero forestal en el Predio Las Cruces

Producción de planta

Se utilizaron semillas obtenidas de muestras previamente analizadas, se utilizó sustrato tierra de monte y arena de río para la germinación con los protocolos de la Norma Internacional de Análisis en Semillas. Las macetas fueron regadas cada 8 días en cámara de crecimiento de la COFOM, hasta los 30 días de desarrollo.

Evaluación de supervivencia

Después de un mes las plantas fueron trasplantadas a bolsa para evaluar el porcentaje de supervivencia, las plántulas fueron manejadas bajo condiciones adecuadas en el vivero en la COFOM y de acuerdo con lo descrito por (Cozzo, 1976), donde se determinó el tiempo de producción de plántulas al presentar características de lignificación de tallo, diámetro de plántula y altura para crecimiento vigoroso de acuerdo con (Rodríguez, 2008). Se evaluó la supervivencia de plantas a 30, 60, 90 y 120 días.

Evaluación de variables de crecimiento y desarrollo

Para evaluar el crecimiento y desarrollo, para comparar su crecimiento registró el número de hojas y a simple vista se observa que hubo mayor incremento de las hojas, de acuerdo con el crecimiento en la altura y diámetro de la planta. Los datos obtenidos corresponden a la evaluación mensual del número de hojas durante cuatro meses.

Diámetro

El diámetro del tallo se obtuvo con vernier midiendo el cuello donde inicia el tallo de la planta reportado en milímetros (mm), el diámetro se evaluó durante cuatro meses.

Altura

La altura de la planta se obtuvo con regla midiendo del inicio del tallo a la punta del ápice reportado en milímetros (mm), la altura se evaluó durante cuatro meses.

Análisis estadístico

Para evaluar la relación de las variables con las características de los árboles semilleros y sus estratos se diseñó un muestreo completamente al azar, para el estudio de viabilidad de semillas los resultados se analizaron con un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía y una prueba de Tukey $p < 0.05$ con el Programa Estadístico (STATISTICA Versión 7) y se utilizó el software EXCEL 2010 para graficar los resultados.

8. CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LA VIABILIDAD Y GERMINACIÓN

Distribución potencial de árboles semilleros

Con la elaboración de mapas interpuestos y variables ambientales, fisiográficas y altura sobre el nivel del mar (msnm), comparadas con la descripción de (Sarukhán, 2005), quien menciona y expone que *C. elaeagnoides*, se distribuye en altitudes menores de 800 msnm y su área de distribución se concentra en la vertiente del Pacífico y la cuenca del Río Balsas, en la figura 6 se muestra la distribución potencial de esta especie y en su diagnóstico se obtuvo como resultado el inventario que indicó 549 árboles de los rodales seleccionados que se localizan en el área geográfica de distribución potencial.

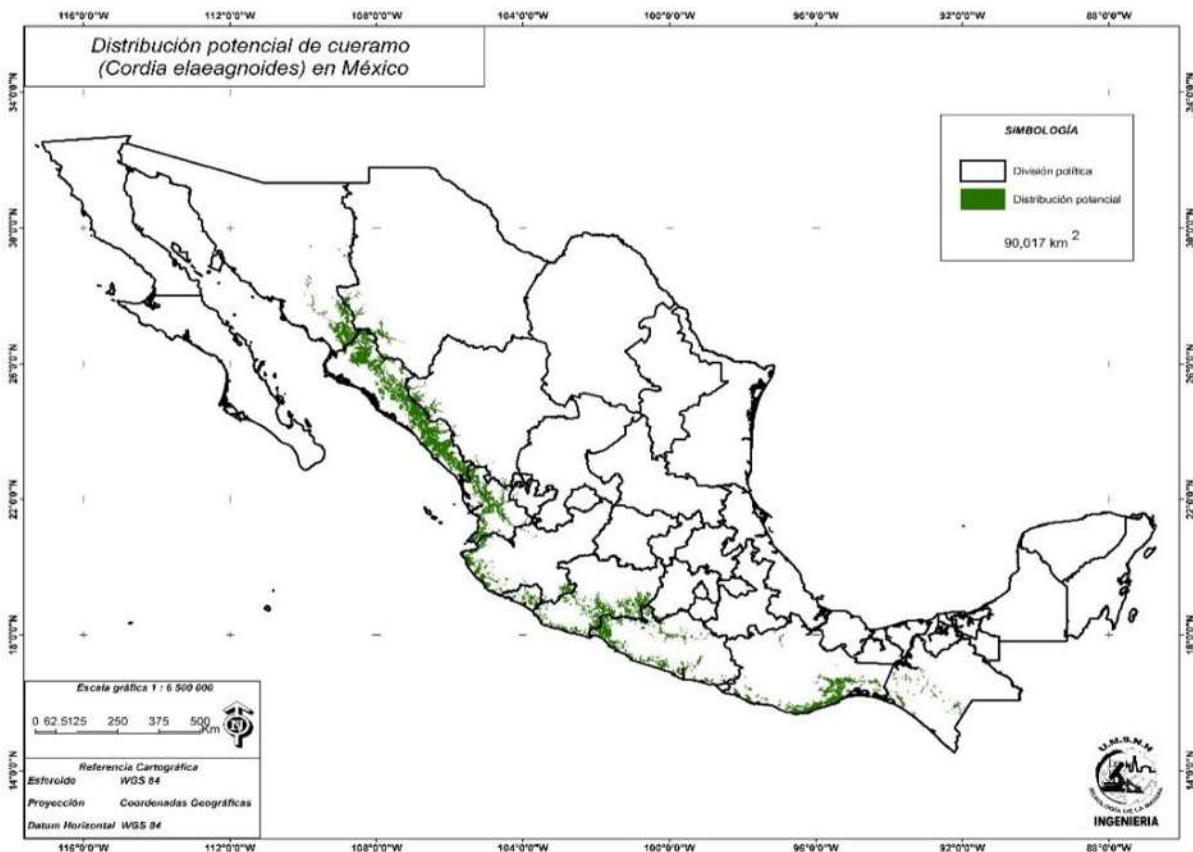


Figura 6. Distribución potencial de *C. elaeagnoides*.

Descripción ambiental de los árboles semilleros

En la figura 7 se presentan los cuatro rodales seleccionados por su accesibilidad y producción de semillas de acuerdo con (Quinde, 2004). La información referente a la autorización de germoplasma forestal que se presenta en el (Anexo 1), con avisos y códigos de identificación asignados para comprobar la legal procedencia del material vegetativo, aspectos normativos-técnicos y vigencia del aprovechamiento para la recolección y manejo de semillas, con fines de reforestación y conservación, de acuerdo con el Reglamento y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

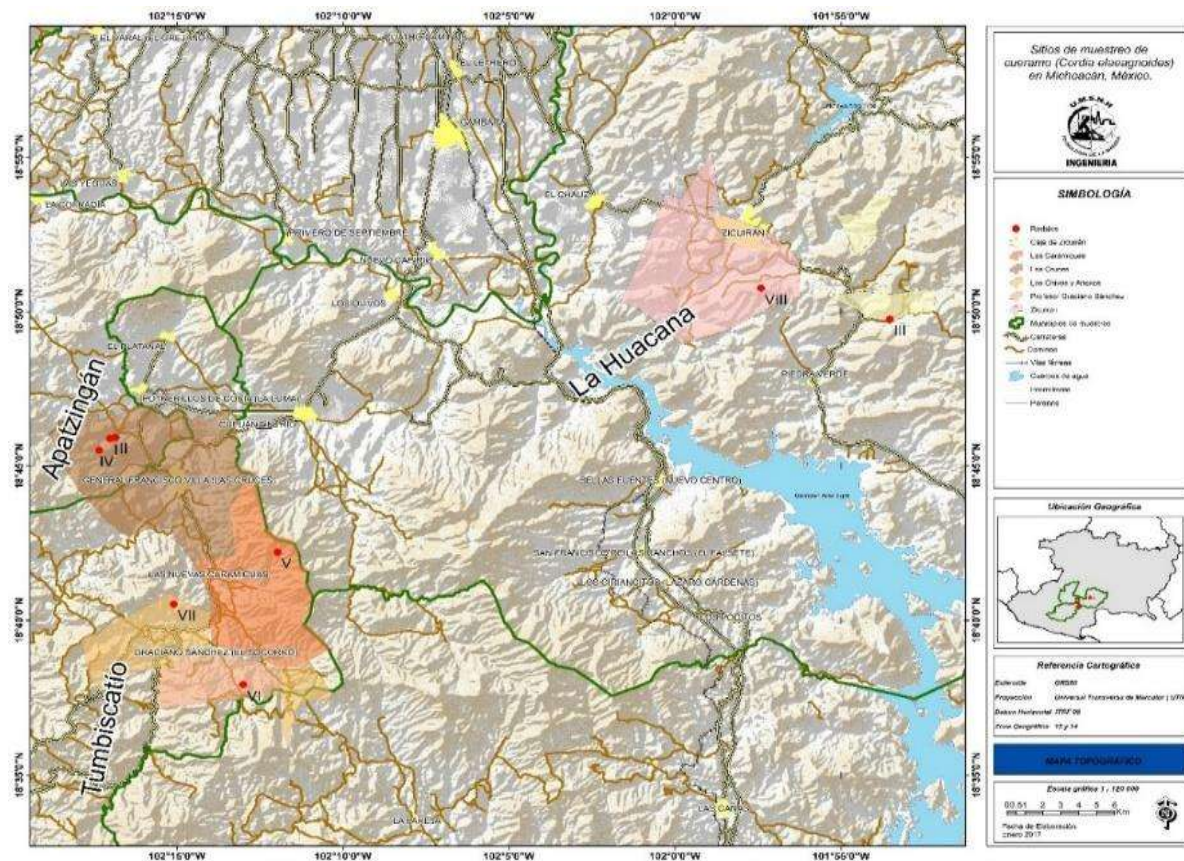


Figura 7. Ubicación de árboles semilleros *C. elaeagnoides*.

Las características ambientales de los rodales semilleros se describen a continuación y se representan en el cuadro 6.

Clima

En el clima según la clasificación climática de Köppen (modificado por García, 1973, Trejo, 1999), los rodales seleccionados se encuentra en el tipo el clima BS1 (h') w semiárido cálido, con una temperatura de 26 a 30°C, una precipitación anual de 742 a 746 mm, a una altitud que oscila entre los 300, 354 y 362 metros sobre el nivel del mar.

Suelo

El tipo de suelo corresponden a Acrisol órtico, Feozem háplico y Litosol, son suelos muy ácidos, que se desarrollan sobre productos de alteración de las rocas ácidas, con elevados niveles de arcilla, los cuales puedes sufrir degradación. Predominan en superficies con una topografía ondulada, de color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido en materia orgánica, se caracteriza por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate. Su fertilidad natural y susceptibilidad es muy variable dependiendo de otros factores ambientales (Villaseñor, 2005).

Los árboles semilleros se localizan en lomeríos y laderas de cerros. Se presentaron tres estratos arbóreos (arbóreo, arbustivo y herbáceo) o pisos de vegetación que varían desde 4 hasta 16 m de altura, la mayor proporción de individuos se concentra en alturas de 6 m. En el estrato arbóreo encontramos a especies de *C. elaeagnoides*, *Enterolobium cycloparpun*, *Conzattia multiflora*, *Amphipterygium adstringens*, *Ipomoea wolcottiana*, *Lysiloma divaricata*, *Ceiba parvifolia*, *Wimmeria persicifolia*, *Bursera ariensis*, *Lysiloma tergemina*, *Bursera copallifera*, *B. Glabrifolia*, *B. Bipinnata*, *Lysiloma acapulcensis*, *Heliocarpus therebintinaceus*, *Haematoxylon brassiletto* y *Pseudosmodingium perniciosum* (Pennington, 2005).

Hidrología

Los rodales semilleros, se encuentran en la región hidrológica Balsas, en la cuenca Balsas-Infiernillo. Esta cuenca está ubicada a lo largo del Río Balsas que inicia aproximadamente unos 15 km aguas arriba del poblado de Zirándaro que abarca más de la mitad de la presa Infiernillo y termina en la desembocadura del Balsas (Martínez, 2010).

Topografía

Los rodales semilleros se localizan en la región Tierra Caliente, presenta diversas topofomas como valles, mesetas, lomeríos y sierras. Las topofomas dominantes son lomeríos bajos y valles fluviales. Se localiza dentro de la provincia fisiográfica de la sierra madre y la subprovincia fisiográfica de la cordillera costera del sur, a una altitud de 200 a 800 metros sobre el nivel del mar, mientras que la pendiente que se presenta es suave de no más de 35 grados de inclinación y exposición predominante Noroeste.

Cuadro 6. Características ambientales en los rodales semilleros.

Rodal Semillero	Altitud msnm	Clima	Precipitación (mm)	Exposición (Grados)	Longitud	Latitud
Manila I	354	BS1(h')w	744	31	18°45'53.37"	102°17'00.73"
Manila II	300	BS1(h')w	742	31	18°45'55.50"	102°16'50.47"
Caja III	297	BS1(h')w	627	218.3	18°49'45.3"	101°53'32.2"
Cuirindales IV	362	BS1(h')w	746	69.7	18°45'30.47"	102°17'20.30"

Proporción forestal

Con los resultados en la evaluación de proporción forestal encontramos 88 sitios de muestreo y 549 árboles semilleros con características sobresalientes de diámetros mayores a 10 cm, los cuales tiene una cobertura forestal del 40 % y una superficie de 1000 m² a una distancia de 100 m, los árboles muestreados y sus características se presentan en la Figura 8.

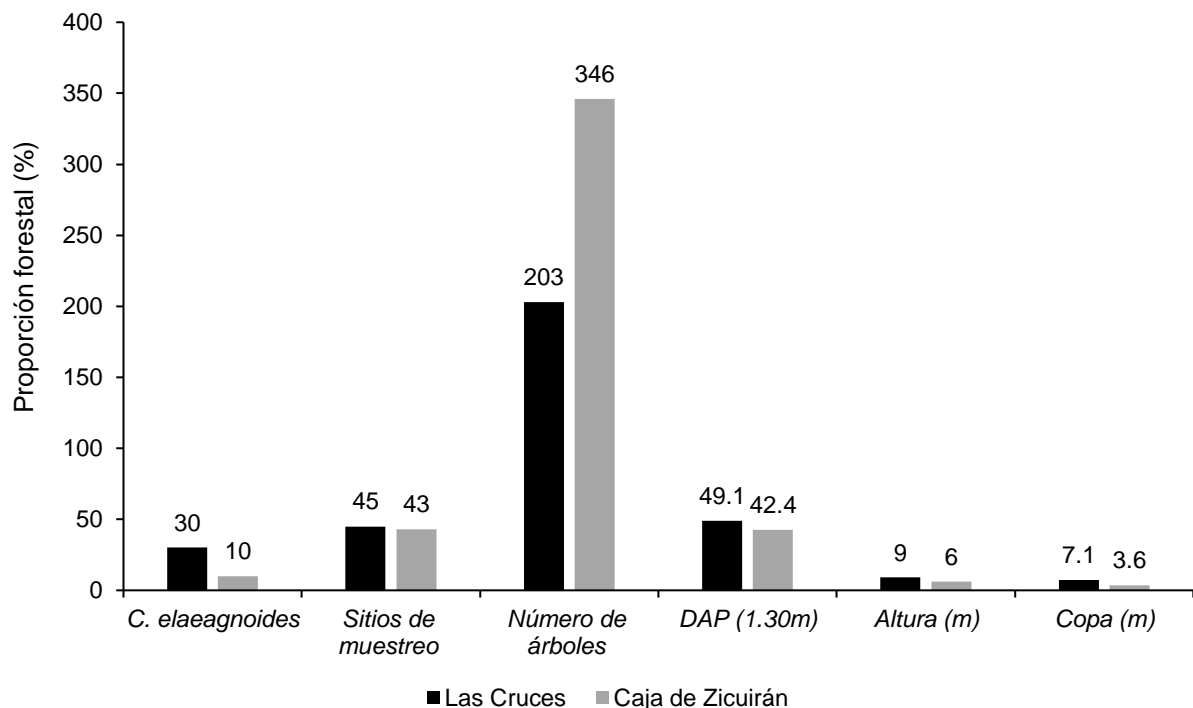


Figura 8. Proporción de cobertura forestal.

Con el listado de árboles semilleros encontramos las especies de *C. elaeagnoides* (Cueramo), *Caesalpinia platiloba* S. Watson (Frijolillo), *Tabebuia rosea* Bertol. DC (Rosa morada), *Enterolobium cyclocarpun* (Jacq.) Griseb.) (Parota), *Prosopis leavigata* Humb. et Bonpl. ex Will (Mezquite), *Andira inermis* (W. Wright) Kunth (Quiringuca), *Bursera simaruba* (L) Sarg. (Papelillo) y *Ceiba Pentandra* (L.) Gaertn. (Ceiba) (Cuadro 3). En la figura 9 se muestran las especies enlistadas con mayor porcentaje de cobertura forestal a *C. elaeagnoides* con 30 % y menor porcentaje a *Bursera simaruba* con 2 %, entre otras que no fueron enlistadas (NI) y representan no más del 1 %.

Especies enlistadas junto con *C. elaeagnoides* encontramos que es la especie con más porcentaje representado con 40 %, *C. platiloba* 36 %, *T. rosea* 27 %, *E. cyclocarpun* 10 % y *P. leavigata* 7 %, cabe resaltar que los árboles con más porcentaje son los que se observan a simple vista en el área; sin embargo, los árboles como *A. inermis*, *B. simaruba* y *C. pentandra* no representan más del 1 %.

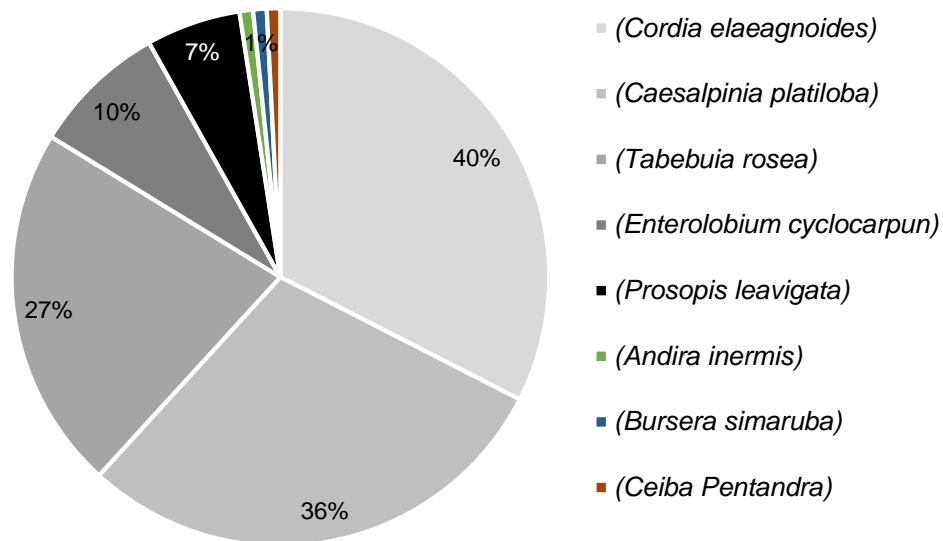


Figura 9. Porcentaje de especies forestales en los rodales semilleros.

Caracterización de los árboles semilleros

Los árboles provienen de una población natural establecidos como Unidades Productoras de Germoplasma Forestal, que fueron evaluados en sus características dasométricas basadas en dos criterios: ser y estar (Acosta *et al.*, 2011) y árboles maduros en fructificación con características deseables (Samaniego, 2002) y la valoración cualitativa que clasifica las variables en diámetro a 1.30 m, altura total y ancho de la copa, estas variables permiten determinar la idoneidad de los individuos como árboles semilleros asignándoles un puntaje a cada uno.

De los ocho árboles seleccionados se obtuvieron características dasométricas los resultados promedio fueron 0.55 m de diámetro a 1.30 m, 9.7 m de altura total y 6.7 m para ancho de la copa arbórea como se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de la dasometría de los árboles semilleros.

Rodal Semillero	Diámetro a 1.30 m (m)	Altura (m)	Copa (m)
Manila I	0.46	12	7
Manila I	0.58	9	6
Manilla II	0.57	10	7
Manilla II	0.41	9	5
Caja III	0.48	10	8
Caja III	0.63	10	8
Cuirindales IV	0.70	9	7
Cuirindales IV	0.59	9	6
Promedio	0.55	9.7	6.7

Propiedades físicas y químicas del suelo

Los resultados del análisis de suelo fueron para el pH del rodal semilleros Manila I un pH de 6.89, el rodal semillero Manila II tiene un pH de 6.88, el rodal semillero Cuirindales tiene un pH de 7.3 y el rodal Caja tiene un pH de 6.98. En cuanto a la materia orgánica el resultado obtenido fue para Manila I 2.08 %, Manila II 4.21 %, Cuirindales 3.03 % y Caja 4.57 %. Los resultados en la textura del suelo fueron para Manila I, II y Cuirindales IV con una textura Franco arenosa y en Caja III con una textura Franco arcillo arenosa respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Características edafológicas en los rodales semilleros.

Rodal semillero	pH	Materia Orgánica (%)	Textura
Manila I	6.89	2.08	Franco arenosa
Manila II	6.88	4.21	Franco arenosa
Caja III	6.98	4.57	Franco Arcillo Arenosa
Cuirindales IV	7.3	3.03	Franco arenosa

Por otra parte, se considera que la disponibilidad de nutrientes provenientes de las excretas de los animales, podría ser la causa que explique la producción de flores en todo el año. (Simej, Jiménez, Barrientos, 2016) observaron que ciertos nutrientes (fósforo) depositados en el suelo incrementan la aparición de flores y frutos en los árboles de *Ipomea wolcottiana*. Sin embargo, en cuanto a *C. dodecandra*, para

determinar cómo influye la disponibilidad de nutrientes en la floración y fructificación se requiere de estudios adicionales.

Determinación de la calidad física de las semillas

Rendimiento de semilla (g) por árbol semillero

En la figura 10 se muestran los resultados obtenidos como rendimiento de semillas equivalente a la cantidad de semilla que deseamos recolectar, y podemos observar que el rendimiento es diferente para cada muestra siendo el más representativo el árbol 2 de Manila I con 358.79 g y menos representativo el árbol 4 de Manila II con 163.69 g.

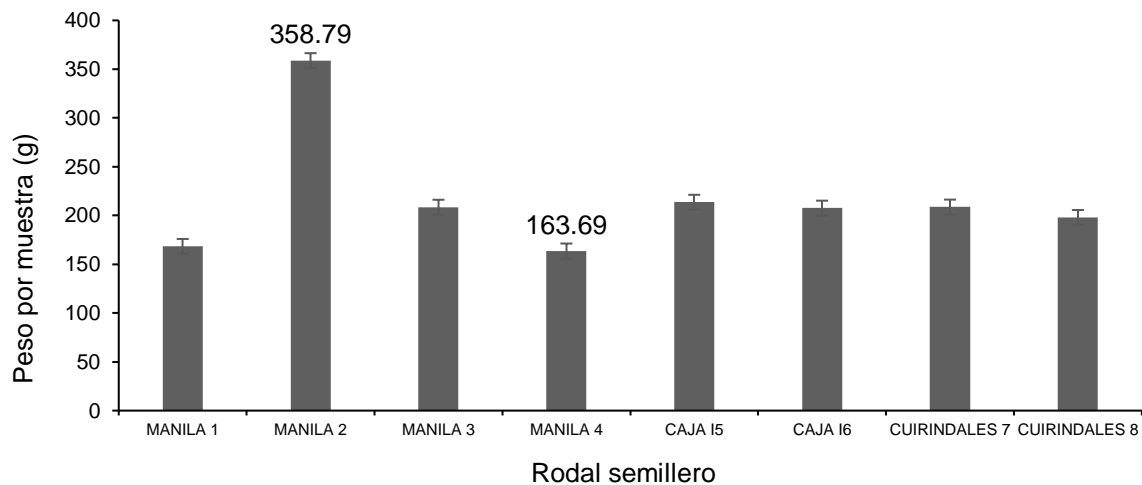


Figura 10. Rendimiento de semilla por árbol semillero de *C. elaeagnoides*.

Rendimiento (semillas/kilogramo)

En la prueba número de semillas por kilogramo, no se presentaron diferencias significativas. El estrato alto presentó un rendimiento bajo de 29,000 semillas, un rendimiento alto de 43,000 semillas, así como un promedio de 35,750 semillas/kilogramo. El estrato medio presentó un rendimiento bajo de 28,000 semillas y un

rendimiento alto de 39,000 semillas y así como un promedio de 33,500 semillas/kilogramo. El estrato bajo se presentó un rendimiento bajo de 30,000 semillas y un rendimiento alto de 81,000 semillas, así como un promedio de 42,250 semillas por gramo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimiento semillas/kilogramo por estrato.

Árbol	Estrato	Semillas por kilogramo	Estrato	Semillas por kilogramo	Estrato	Semillas por kilogramo
Manila I 1	A	36000	M	34000	B	35000
Manila I 2	A	39000	M	36000	B	33000
Manila II 1	<u>A</u>	<u>43000</u>	<u>M</u>	<u>46000</u>	B	42000
Manila II 2	<u>A</u>	<u>29000</u>	<u>M</u>	<u>28000</u>	B	30000
Caja III 1	A	40000	M	38000	B	35000
Caja III 2	A	31000	M	32000	<u>B</u>	<u>28000</u>
Cuirindales IV 1	A	33000	M	33000	B	36000
Cuirindales IV 2	A	35000	<u>M</u>	<u>39000</u>	<u>B</u>	<u>81000</u>

Pureza

La semilla obtenida de la recolección se limpió para su posterior análisis, en la figura 11 se muestran las semillas antes y después de ser procesadas.



Figura 11. Limpieza de semilla de *C. elaeagnoides*.

Peso de la muestra por estrato

En el cuadro 10 se presenta el rendimiento de semillas obtenido en los estrato alto, medio y bajo. Los resultados muestran que el estrato alto tiene el mayor rendimiento con 670.7 g seguido del estrato medio con 629.7 g, mientras que el estrato bajo se presenta el menor rendimiento con 426.9 g.

Cuadro 10. Peso de la muestra en gramos por estrato.

Estrato	Semilla por muestra en gramos
Alto	670.7
Medio	629.7
Bajo	426.9

Peso por muestra

Para el peso total de la muestra no se presentaron diferencias significativas. Se obtuvo que en el estrato alto tiene el mayor rendimiento con 83.8 g, seguido por el estrato medio con 78.7 g, no siendo así para el estrato bajo que obtuvo el menor rendimiento con 53.3 g, reflejando una diferencia de 30 g menos que el estrato alto y 25 g que el estrato medio. Para la variable semillas por gramo, se observó que en el estrato alto y medio son iguales y en el estrato bajo se presentó el mayor número, con 40 semillas por gramo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Características físicas de las semillas de *C. elaeagnoides*.

Estrato	Peso de la muestra en gramos	Semillas por gramo	Semillas por kilogramo
Alto	83.8 (± 2.7)	35.7 (± 0.59)	35,750 (± 592.93)
Medio	78.7 (± 1.9)	35.7 (± 0.67)	35,500 (± 517.55)
Bajo	53.3 (± 5.3)	40.0 (± 2.13)	42,250 (± 2056.95)

De las semillas viables y no viables se obtuvo el número de semillas por gramo, no se encontraron diferencias significativas. En el conteo inicial de semillas/g se obtuvieron 35 y 40 para los estratos medio, alto y 40 para el estrato bajo. En semillas viables se obtuvieron 33, 32 y 34 semillas/g se observa una ligera disminución en la cantidad y en semillas no viables fue de 51, 51 y 55 semillas/g con un aumento de 20 semillas/g, obteniendo la pérdida de peso en un año de almacenamiento (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número de semillas viables y no viables por gramo.

Estrato	Total de semillas por gramo	Semillas viables por gramo	Semillas no viables por gramo
Alto	35 (± 0.59)	33 (± 4.12)	51 (± 07.04)
Medio	35 (± 0.67)	32 (± 4.22)	51 (± 07.43)
Bajo	40 (± 2.13)	34 (± 0.91)	55 ($\pm 13,17$)

No existen diferencias significativas.

Contenido de humedad (%)

En la figura 12 se muestra el contenido de humedad donde podemos observar que el mayor contenido fue de 8.5 % y corresponde al estrato medio, seguida del contenido de humedad en el estrato alto con 8.4 %, mientras que el contenido de humedad para el estrato bajo fue de 8.1 %. En esta variable no se presentaron diferencias significativas.

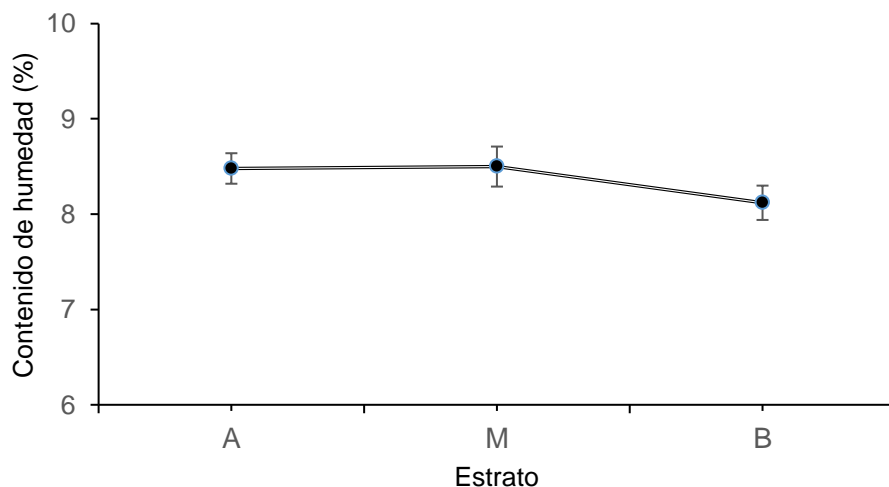


Figura 12. Contenido de humedad en las semillas de *C. elaeagnoides*.

Diámetro

En la figura 13 se muestran los resultados en el diámetro de la semilla, se obtuvo que en el estrato alto fue de 3.2 a 3.9 mm con un promedio de 3.6 mm, en el estrato medio fue de 3.2 a 4.0 mm con un promedio de 3.6 mm y para el estrato bajo el diámetro fue de 2.9 a 4.1 mm con un promedio de 3.6 mm. También se observó que los diámetros promedio son iguales para todos los estratos y el estrato con mayor diferencia en sus diámetros es el estrato bajo que fue de 4.12 mm y 2.95 mm. En esta variable no se presentaron diferencias significativas.

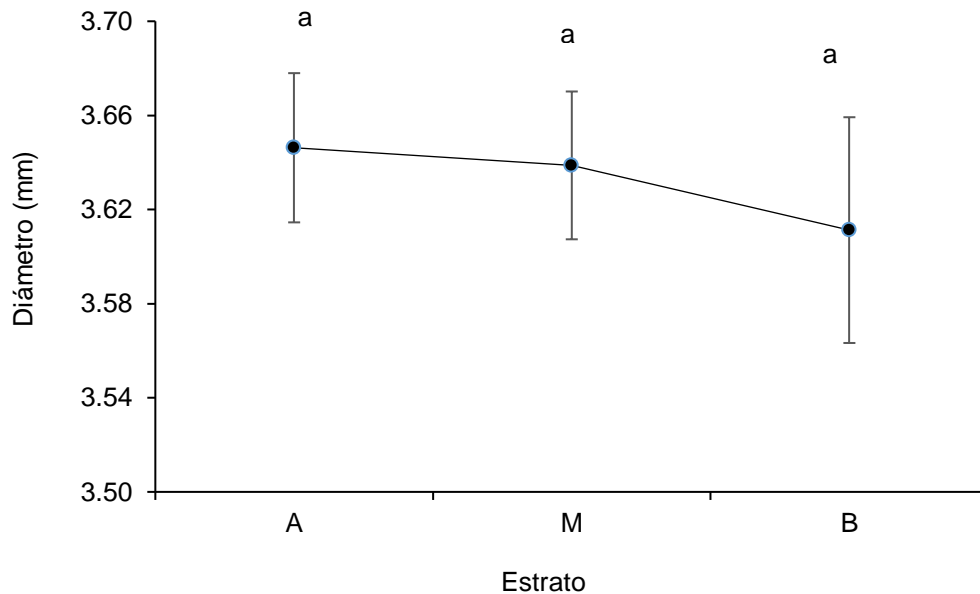


Figura 13. Diámetro de la semilla de *C. elaeagnoides* en diferente estrato: Alto, Medio, Bajo. Un análisis de varianza de una vía junto con una prueba de Tukey con una $p < 0.05$. Las barras representan el error estándar. Las barras con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Longitud

En la longitud de las semillas no se encontraron diferencias estadísticas significativas, donde el estrato alto presentó una longitud de 6.7 a 7.4 mm con un

promedio de 7.1 mm, mientras el estrato bajo presentó una longitud de 6.6 a 7.4 mm con promedio de 7.1 mm. Se obtuvo que la longitud de semillas en el estrato alto es 6.7 a 7.4 mm, un promedio de 7.1 mm. Para el estrato medio la longitud se fue de 6.8 a 7.4 mm, con un promedio de 7.1 mm. En el estrato bajo la longitud fue de 5.8 mm a 7.3 mm, con un promedio de 6.8 mm. También se observa que la longitud de las semillas del estrato bajo, son longitudes pequeñas con 5.85 mm y longitudes grandes corresponden al estrato alto con 7.4 mm (Figura 14).

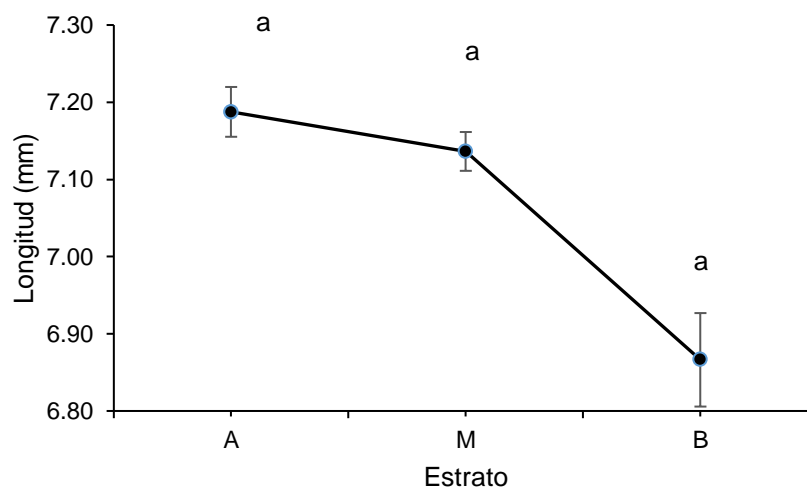


Figura 14. Longitud de la semilla de *C. elaeagnoides* en diferente estrato: Alto, Medio, Bajo. Un análisis de varianza de una vía junto con una prueba de Tukey con una $p < 0.05$. Las barras representas el error estándar. Las barras con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Evaluación de la viabilidad

Prueba de inmersión con agua

En la prueba de inmersión, no se presentaron diferencias estadísticas significativas y el resultado final de la prueba en semillas viables fue de 44.1 %, 45.2 % y 41.9 % para los estrato alto, medio y bajo, respectivamente siendo mayor el estrato medio con 45.2 %. Para las semillas no viables el porcentaje fue de 55.9 %, 54.8 % y 57.99

%, para los estrato alto, medio y bajo, siendo mayor en el estrato bajo con 57.9 % y de acuerdo con la figura 15, que presenta la prueba de inmersión el porcentaje más elevado de semillas viables corresponde al estrato medio.

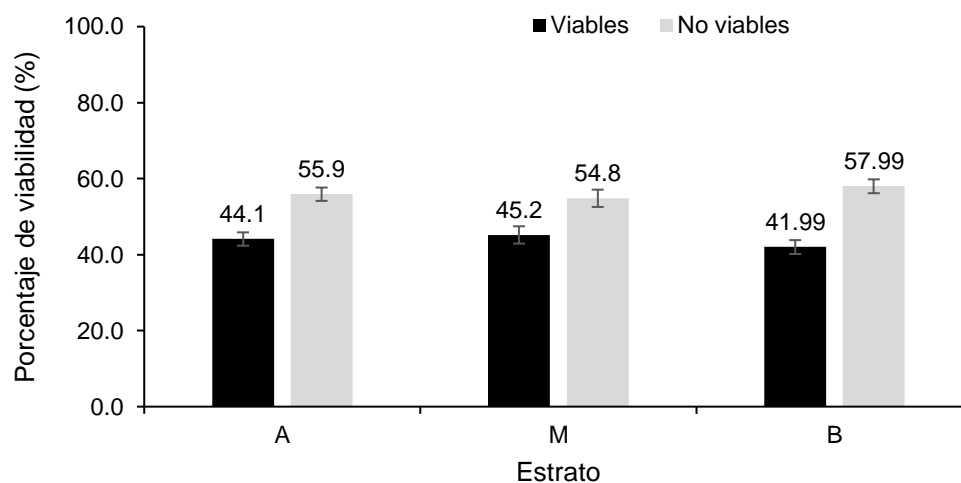


Figura 15. Prueba de inmersión de semilla de *C. elaeagnoides* en diferente estrato. Alto, Medio, Bajo. Un análisis de varianza de una vía junto con una prueba de Tukey con una $p < 0.05$. Las Barras representa el error estándar. Las barras con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Prueba de columna densimétrica

La técnica de columna densimétrica, se perfila como una prueba rápida y confiable que permite observar la sanidad de semillas con el propósito de valorar su calidad y cantidad con los resultados obtenidos no existieron diferencias significativas. El porcentaje de semillas viables fue de 85 %, 77 % y 71 %, en los estrato alto, medio y bajo respectivamente, siendo el estrato alto con mayor porcentaje y en el porcentaje de semilla no viable fue de 16 %, 23.3 % y 28.3 % para los estrato alto, medio y bajo. En los resultados obtenidos el mayor porcentaje de semilla no viable corresponde al estrato bajo y mayor porcentaje de semilla viable en comparación con semilla no viable (Figura 16).

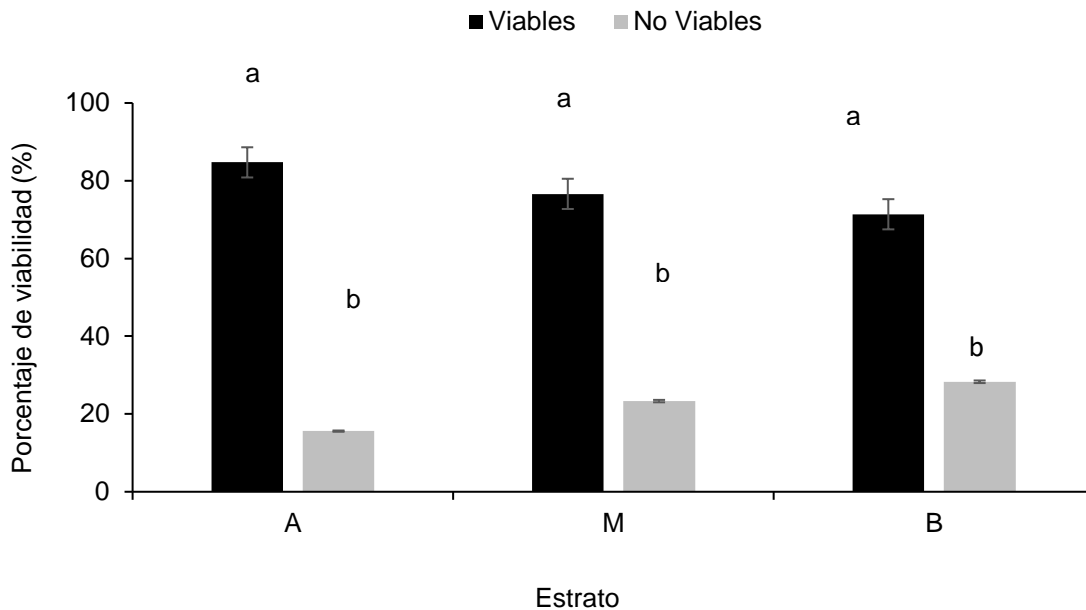


Figura 16. Columna densimétrica en semillas de *C. elaeagnoides* en el estrato: Alto (A), Medio (M), Bajo (B). Un análisis de varianza de una vía junto con una prueba de Tukey con una $p < 0.05$. Las Barras representan el error estándar. Las barras con letras diferentes representan las diferencias significativas.

Prueba de Tinción con Tetrazolio al 1%

Los resultados obtenidos en la prueba con Tetrazolio al 1%, fue 88 %, 75 %, y 75 % para el estrato alto, medio y bajo, el mayor porcentaje de semillas viables se obtuvo en el estrato alto con 88 % de viabilidad. Los porcentajes de semillas no viables fueron 13 %, 25 % y 20 % para el estrato alto, medio y bajo respectivamente. El estrato con mayor porcentaje de semillas no viables corresponde al estrato medio con 25 % como se muestran en la figura 17.

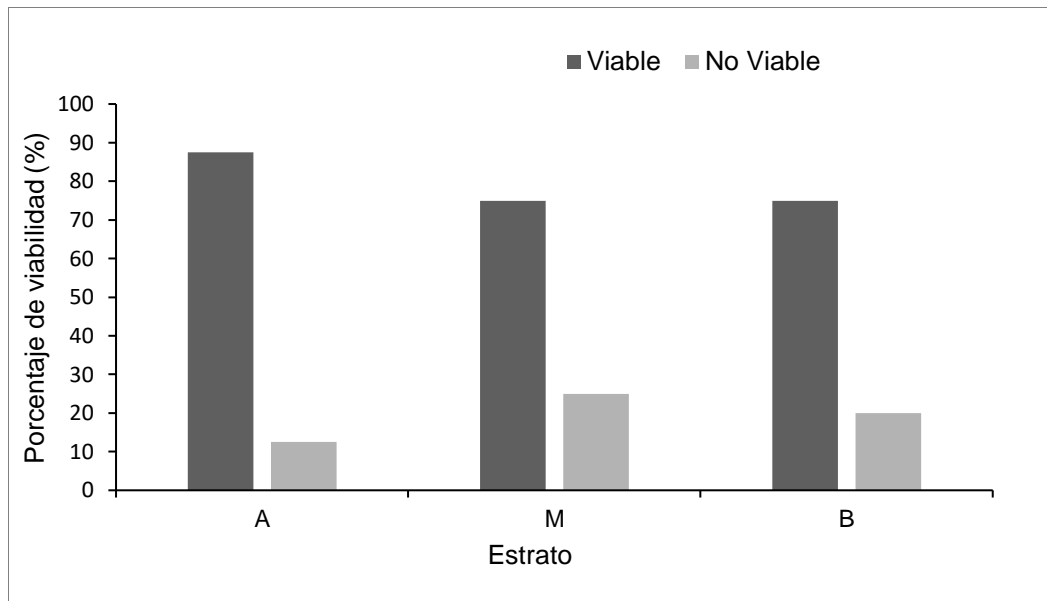


Figura 17. Prueba de tinción con Tetrazolio al 1% en semillas de *C. elaeagnoides* en los estratos Alto, Medio y Bajo. No hubo diferencias significativas.

En la figura 18 se muestran las semillas con un corte longitudinal que permitió obtener la parte del embrión con mejores condiciones de análisis, en la figura 19, se observan los embriones teñidos, A) y B) embriones teñidos al 100 %, C) embrión sin teñir. Con las observaciones realizadas en el microscopio óptico se pudieron observar embriones sanos, las partes teñidas del embrión, la intensidad y la superficie o parte teñida, por lo que se logró clasificar el porcentaje y calidad de la viabilidad en la semilla.



Figura 18. Corte longitudinal de semillas de *C. elaeagnoides*, para elegir la mejor parte de embrión para el procedimiento.

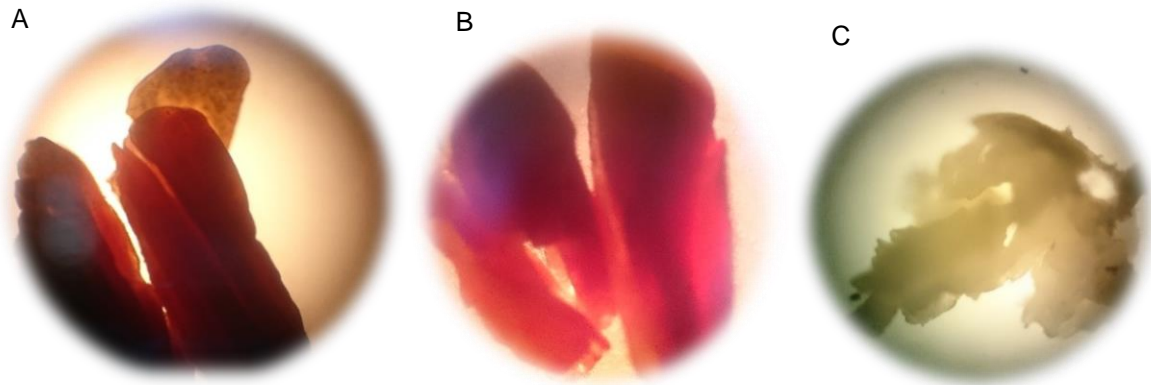


Figura 19. Tinción con Tetrazolio, A y B semillas viables, C, semilla no viable.

Prueba de corte (compartimentos por semilla)

La prueba de corte se realizó para evaluar el número de compartimentos en las semillas, los resultados arrojaron que las semillas tienen dos, tres y cuatro compartimentos, siendo que la mayor cantidad de semillas tienen tres compartimentos y en relación con la cantidad de compartimentos por estrato obtuvimos que el estrato alto, tiene mayor cantidad con cuatro compartimentos, esta prueba ayudó a evaluar la presencia de embriones como se muestra en la figura 20 que presenta la forma y división de los compartimentos que fueron contados de acuerdo a la cantidad de semillas viables y no viables.



Figura 20. Corte transversal de semillas de *C. elaeagnoides*.

Prueba de corte (embriones por semilla)

Los resultados obtenidos mostraron 89 embriones en semillas viables y ocho en semillas no viables cuadro 13 A y B, como resultado se obtuvo mayor cantidad de embriones en semillas con tres compartimentos. Se obtuvieron semillas con tres compartimentos y en semillas no viables se encontró un número igual de embriones sanos en semillas con dos y cuatro compartimento. En el estrato bajo se observaron 36 embriones sanos, en el estrato medio 28 embriones sanos y en el estrato alto 25 embriones sanos en lo que respecta a las semillas viables. Para las semillas no viables, se observaron cuatro embriones sanos para el estrato bajo y dos para para los estratos medio y alto. Las semillas de la parte alta presentan hasta dos embriones sanos por semilla y la parte media tres con dos embriones sanos por semilla.

Cuadro 13. A) Número de compartimentos y embriones por semillas (viables y no viables), en los estratos Alto, Medio, Bajo B) Porcentaje de semillas viables y semillas no viables.

A)

Estrato	Número de Compartimentos			Total
	2	3	4	
Alto A	10	31	39	80
Medio B	18	33	29	80
Bajo M	16	38	26	80
Total	44	102	94	240
Estrato	Número de Embriones			Total
Alto A	10	7	8	25
Medio M	8	13	7	28
Bajo B	12	18	6	36
Total	30	38	21	89

B)

	Total	Estrato		
		A	M	B
Viables	37 %	28	31	40
No viable	63 %	72	69	60

Evaluación de la germinación

Los resultados obtenidos en la germinación fueron representados en porcentaje, el estrato alto presentó mayor porcentaje con 53 % en comparación con los estratos medio y bajo que fue de 25 % y 18 % respectivamente. No se presentaron diferencias estadísticas significativas. La figura 21 muestra los resultados obtenidos siendo el estrato alto mayor en comparación los otros dos.

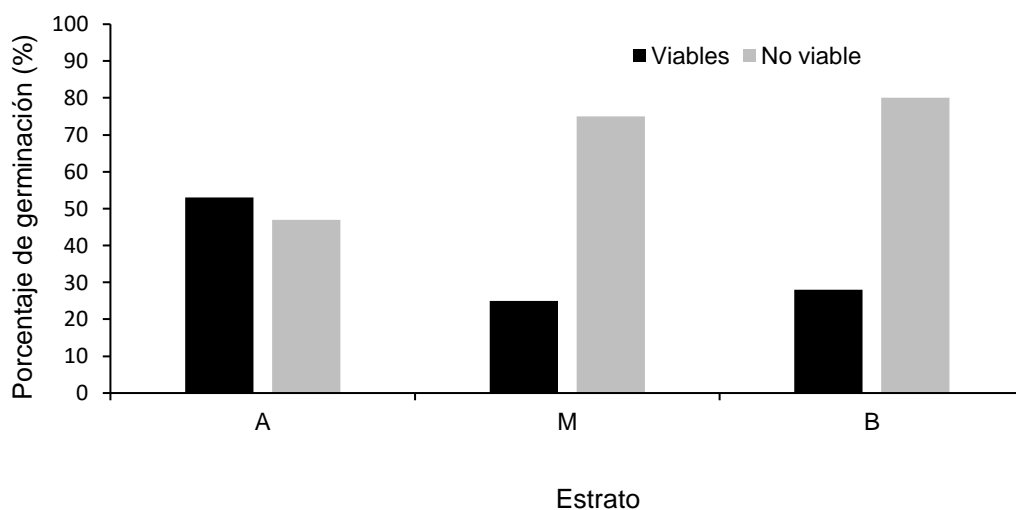


Figura 21. Porcentaje de semilla viable y no viable en el estrato: Alto (A), Medio (M), Bajo (B). Corresponde 53, 25 y 18 representado en porcentaje.

Fechas de germinación

Los resultados en la germinación con diferentes condiciones ambientales de temperatura de los tres sitios evaluados se obtuvo como resultado 53 % en el índice de germinación en Las Cruces (CR), seguido de 43 %, del sitio CF1, para el sitio CU no se obtuvieron resultados en la germinación. La figura 22 muestra los resultados en la germinación a diferentes fechas donde se obtuvo que el estrato alto presenta mayor porcentaje con 25 y 27 %, el estrato medio 11 y 14 % y para el estrato bajo 6 y 12 %. Prueba que se realizó para evaluar la viabilidad de las semillas.

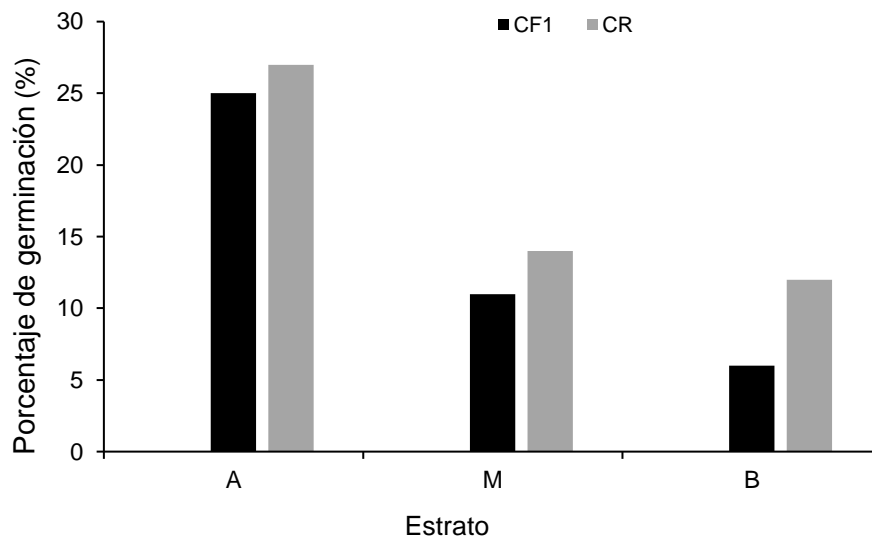


Figura 22. Porcentaje de germinación de semillas de *C. elaeagnoides* en el estrato: Alto (A), Medio (M), Bajo (B). Corresponde 53, 25 y 20 % al estrato alto, medio bajo. Representado en porcentaje.

Germinación en diferentes tipos de sustratos

Otra variable relacionada con el bajo o nulo índice de germinación de semillas de *C. elaeagnoides*, se debe a la falta de sustrato donde cae la semilla o las características físicas de este.

Se usaron tres sustratos diferentes (conocidos por su uso), para evaluar el porcentaje de germinación. Se obtuvo 0 % de germinación con el sustrato Mezcla base 1: Agrolita, arena y Peat-Moss (MB1), usado en el vivero forestal de Ciudad Universitaria.

Seguido de 42 % de germinación con el sustrato Mezcla base 2: Agrolita, Vermiculita, Peat-Moss y Osmocote (MB2), usado en el Vivero forestal de la COFOM, finalmente se obtuvo un 53 % de germinación con el sustrato arena de río (AR) utilizado en el vivero forestal “Las Cruces” (Figura 23).

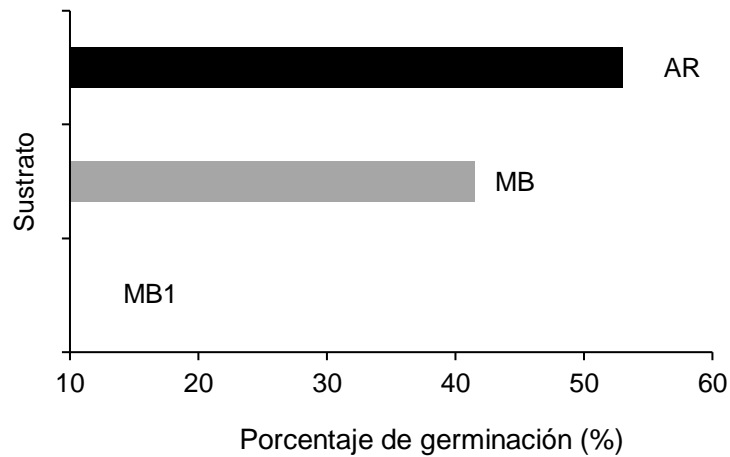


Figura 23. Porcentaje de germinación de semillas de *C. elaeagnoides* en diferente sustrato.

Germinación acumulada (energía de germinación)

En la germinación acumulada o energía de germinación, podemos observar en cuatro semanas el resultado, además obtenemos el tiempo con mayor número de semillas germinadas. Siendo para *C. elaeagnoides* 14 días (dos semanas) donde observamos el mayor número de semillas germinadas, sin considerar las condiciones ambientales y tipo de sustrato. El mayor porcentaje se obtuvo a los 14 días, en los cuatro sitios y fechas de germinación con 0, 7, 25 y 31 %, para CU, CF2, CF1 y CR respectivamente (Figura 24).

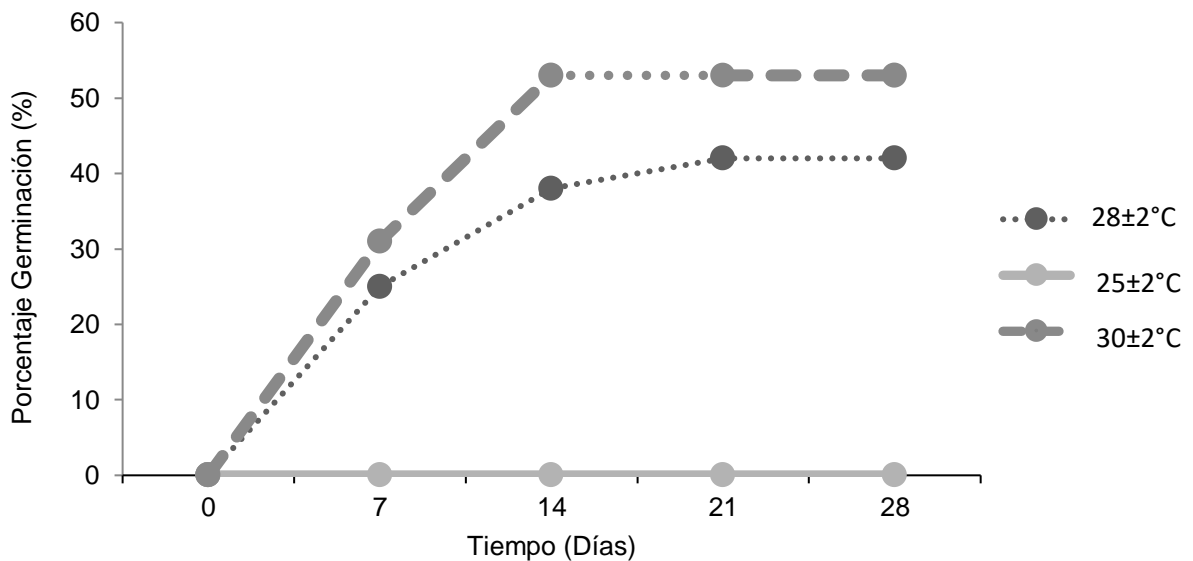


Figura 24. Germinación acumulada en semillas de *C. elaeagnoides*.

Con los resultados obtenidos en la germinación en diferentes condiciones de temperatura y sustrato, donde además se obtuvo el porcentaje de germinación por estrato de la copa arbórea, siendo el estrato alto con más germinación como se muestra en la figura 25. Además del porcentaje de germinación se obtuvo el índice de germinación obtenido en los diferentes rodales semilleros, obteniendo así que el rodal Caja presento mayor porcentaje con un 58 y 82 % para el árbol uno y árbol dos respectivamente (Cuadro 14).

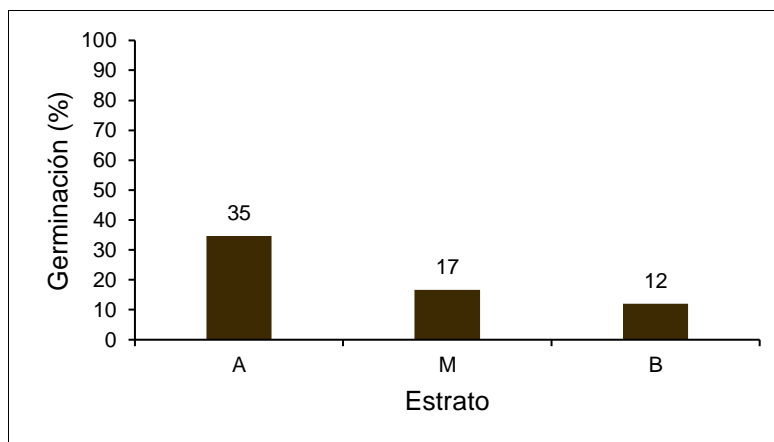


Figura 25. Índice de germinación por estrato de la copa arbórea.

Cuadro 14. Índice de germinación por rodal semilleros y por estrato de colecta.

Rodal semillero	Estrato			Germinación (%)
	A	M	B	
Manila I 1	0	0	2	2
Manila I 2	M	2	0	4
Manila II 1	0	0	4	4
Manila II 2	14	8	6	28
Caja III 1	32	20	6	58
Caja III 2	48	18	16	82
Cuirindales IV 1	8	2	0	10
Cuirindales IV 2	0	0	2	2
	104	50	36	190

9. CAPÍTULO IV. RESULTADOS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Producción de planta

Las semillas fueron germinadas en cámara de crecimiento, donde se manejaron bajo condiciones controladas hasta los 30 días, después fueron trasplantadas y posteriormente evaluadas durante cuatro meses considerado como el tiempo suficiente para el desarrollo de yemas axilares y raíces, y posteriormente la evaluación de supervivencia.

Supervivencia

Durante cuatro meses en el vivero se evaluada la supervivencia de las plantas los resultados obtenidos fueron 100 % a 30 días y 94.7 % a 60 días (Figura 26).

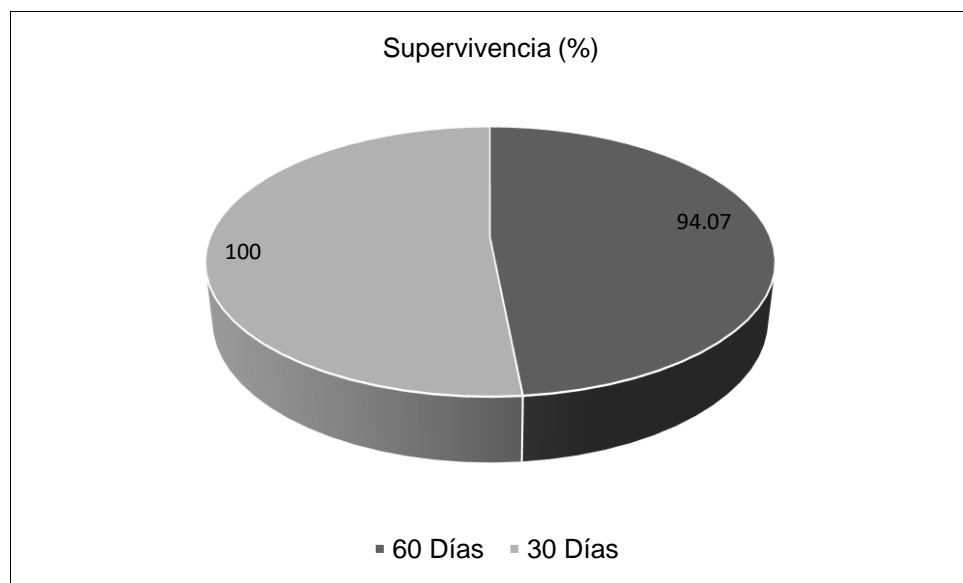


Figura 26. Evaluación de la supervivencia de plantas de *C. elaeagnoides* a 30 días con 100 % y 60 días con 94.07 %.

Evaluación de diámetro y altura

Se evaluó diámetro a la altura de la base en la planta, donde el diámetro inicial fue de 2.0 mm en las mediciones realizadas a los 30, 60, 90 y 120 días y se observó el incremento del tamaño del diámetro durante el tiempo de evaluación obteniendo un diámetro promedio de 4.5 mm. Para la variable de altura inicial fue de 45 mm, donde se fue incrementando hasta obtener 79 mm en promedio (Figura 27).

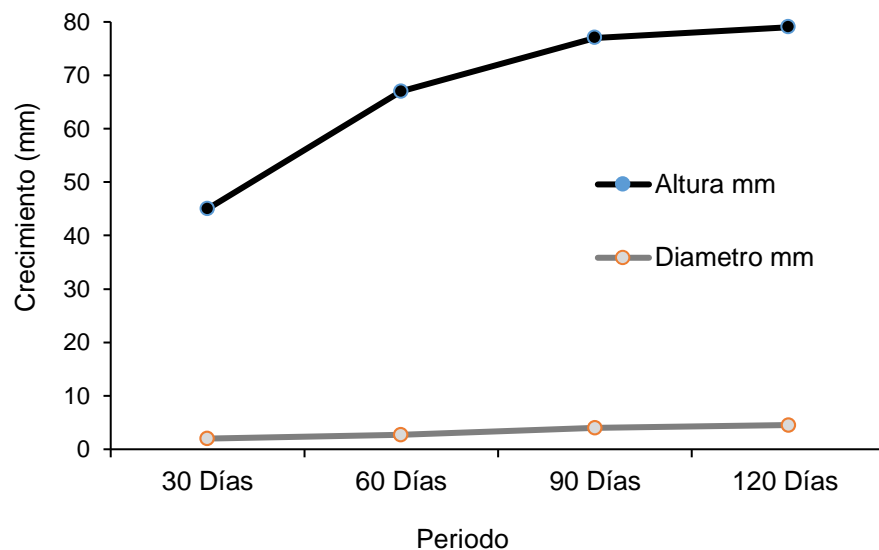


Figura 27. Evaluación de crecimiento en planta de *C. elaeagnoides*. Diámetro a la altura de la base, altura total. Las dos medidas se representan en milímetros. Los datos son promedio del total de plantas.

Al momento de evaluar las variables de crecimiento y desarrollo se avaluó la cantidad de hojas por planta, esta característica permitió relacionar el crecimiento con el desarrollo fisiológico de la planta, en los 30, 60, 90 y 120 días. A los 30 días las plantas tenían seis hojas, incrementándose de 7 a 8 al pasar los días. Durante la evaluación inicial se observó: la lignificación del tallo y la brotación de yemas axilares y apicales (Figura 28).

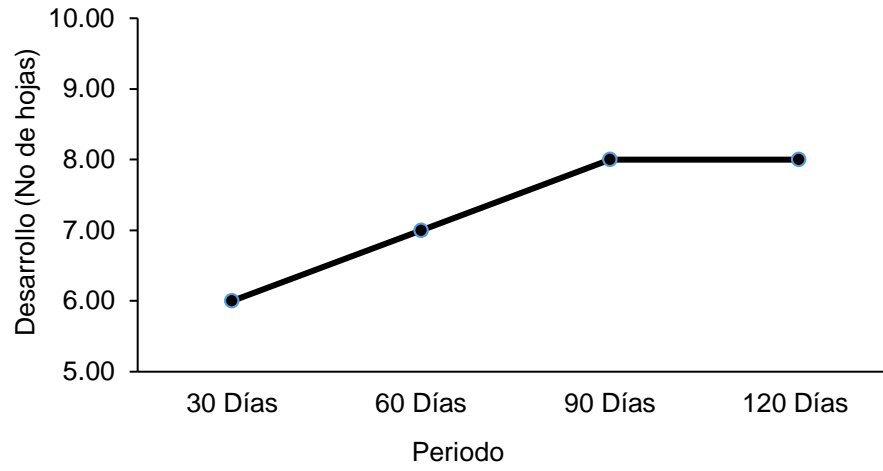


Figura 28. Evaluación del desarrollo de planta con el número de hojas. A los 30, 60, 90 y 120 días.

10. DISCUSIÓN

Distribución potencial

La distribución potencial se infirió a partir de información cartográfica y de literatura, partiendo de que la distribución conocida de la especie es de 0 a 800 msnm, y que además de que el Cueramo es una especie endémica a México (Pennington y Sarukhán, 2005). Se usó un modelo digital de elevación de México, con una resolución de 30 segundos por píxel, equivalente por la latitud a aproximadamente 1000 m por lado, para posteriormente obtener una capa vectorial que representara las superficies de 0-800 msnm, sin embargo; dichas zonas se extienden a ambas vertientes y las penínsulas de Baja California y la de Yucatán (924 396 km²), por lo que se hizo una delimitación más detallada usando primero las ecorregiones pertenecientes a la vertiente del Pacífico (CONABIO, 1999), para considerar los aspectos históricos que han afectado la distribución de la especie (Illoldi-Rangel y Escalante, 2008). También se acotó considerando que la especie es típica de bosques tropicales (Rzedowski, 2006), para lo cual se extrajeron las áreas de éstos tipos de vegetación representadas en la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie V (INEGI, 2013), correspondientes a la vertiente Pacífica. Todos los análisis se hicieron usando los módulos y herramientas del sistema de información geográfica Arc Map 9.3 y Hawth's Tools (Beyer, 2004 y ESRI 2008).

El área de distribución potencial inferida fue de 90,017 km², y se contrastó con la capa de distribución potencial de cueramo disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Pennington y Sarukhán 2005b), que es de 111,565.93 km², abarcando, en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Oaxaca e incluyendo la depresión del Balsas.

C. elaeagnoides posee una amplia distribución natural en México. Se ha identificado en distintos Estados de la república los cuales destaca Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. El mapa final de distribución muestra en

color verde las regiones donde se puede establecer de manera óptima y que se concentra mayoritariamente en la vertiente del pacífico lo que coincide con los registros referidos de (Espinoza, 2008). Por otro lado hace falta estudiar las variables de temperatura y precipitación que de acuerdo con lo reportado por Palacios *et al.*, (2016) para *Prosopis leavigata* son variables que afectan la distribución y el desarrollo óptimo. Las variables mencionadas no se han estudiado en *C. elaeagnoides* y estas variables pueden afectar el crecimiento y desarrollo por ejemplo (Peterson *et al.*, 2000), definió la distribución potencial de las especies considerando sitios importantes de agrupación de especies endémicas como *C. elaeagnoides*.

De acuerdo con (Casanova *et al.*, 2014), la región Tierra Caliente en Michoacán, menciona a esta especie entre las más importantes, resaltando a *C. elaeagnoides*, y de acuerdo con (Burgos, Tinoco, Solorio y Pérez, 2010) el diagnóstico socioeconómico de Zicuirán-Infiernillo, en los municipios de La Huacana y Tumbiscatío, mencionan que es la región mejor conocida desde el punto de vista florístico y una de las regiones más ricas en especies de plantas, de acuerdo con (Sousa, 1998) donde su objetivo fue promover el interés por realizar estudios florísticos que aporten información para la restauración y conservación de especies de la selva baja caducifolia.

Caracterización de árboles semilleros

Los rodales semilleros fueron establecidos con la metodología del manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal (CONAFOR, 2013), este manual enmarca los criterios y valoraciones de clasificación fenotípica de árboles de clima tropical aplicables a *C. elaeagnoides*. El diagnóstico fue realizado en cumplimiento al reglamento y la Ley de General de Desarrollo Forestal sustentable y permitieron dictaminar los rodales semilleros señalados con la especie los respaldos documentales fueron revisados en CONAFOR, donde además de

obtener la ubicación de 549 árboles y cuatro rodales semilleros que de acuerdo con (Quinde, 2004) fueron seleccionados por su accesibilidad y producción de semillas.

Las características ambientales fueron descritas en la ficha técnica por CONABIO (2010), en este trabajo se encontró que aunque la distancia es grande entre rodales, el clima es igual clasificado como semiárido cálido BS1 (h') w (INEGI, 2013) y diferente para las variables de altura sobre el nivel del mar, precipitación y exposición. Todos los rodales semilleros se ubicaron a una altura sobre el nivel del mar por debajo de la media es decir, a 450 msnm, el rodal que presentó las características de interés se localizó a 297 msnm. Para la precipitación se reportaron de 742 a 746 mm y 627 mm, siendo la precipitación óptima a 700 mm, en la variable de precipitación con más características de interés fue a una precipitación de 627 mm. Otra variable obtenida fue la temperatura la cual oscilo entre 30 °C y 26 °C, siendo la temperatura óptima de 32 °C, y la temperatura que más características de interés presento fue a 26 °C.

La exposición es otra variable que se relaciona con las características de los árboles y por considerar que en los rodales semilleros la exposición óptima fue en ubicación noroeste y con la orientación de los cuatro puntos cardinales, se obtuvo que los árboles ubicados con una exposición noroeste presentan características reproductivas sobresalientes correspondientes al rodal semilleros Caja III, que coincide con lo reportado por (Venegas, 1994), en la especie *Acacia caven* donde evaluaron el efecto de la posición del árbol con respecto al desarrollo del estrato herbáceo, donde obtuvo que la ubicación sureste y noreste presenta mayor crecimiento de materia seca.

En la relación de características dasométricas y la exposición de los rodales semilleros fueron dos variables que se determinaron para seleccionar los árboles semilleros, en el cuadro 4 se muestran las características dasométricas considerando 55 cm de diámetro promedio en los árboles para la recolección de material vegetativo o semillero (Antoneda, 2017). Otros trabajos relacionados con

la fenología de árboles *C. elaeagnoides* reportan que este empieza a reproducirse en cuanto alcanzan un diámetro a la altura del pecho (DAP), menor a 6 cm y el porcentaje aumenta con el tamaño siendo mayor al 80 % en troncos de mayores a 12 cm (Van Groenendael *et al.*, 1996).

La cobertura forestal del sitio corresponde a un bosque natural cubierto de vegetación arbórea con una proporción del dosel mayor a 60 % y continuo, con formaciones naturales predominantemente de especies propias, con una sucesión ecológica que poseen estratos verticales diferenciados (Pinzón, 2015), se confirma lo obtenido en los rodales semilleros los cuales se encuentran mayormente representados con *C. elaeagnoides*, *Caesalpinia platiloba* S. Watson (Frijolillo), *Tabebuia rosea* Bertol. DC (Rosa morada), y lo propuesto en los criterios y términos de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal que describen a la vegetación en su composición como una masa forestal uniforme que refiere a un bosque de estructura vertical y regular que permitieron determinar la altura promedio y diámetro de los árboles semilleros en cada rodal.

En cuanto al número de árboles por sitio y porcentaje de cobertura forestal, no hay estudios que indiquen este objetivo y para la densidad de árboles por hectáreas se determinó de acuerdo con (Van Groenendael *et al.*, 1996), quien menciona que la densidad varía entre 49 y 354 árboles por hectárea en *C. elaeagnoides*.

Selección de árboles semilleros

La caracterización dasométrica de los árboles semilleros permitieron obtener las variables promedio en diámetro a 1.30 m que fue de 0.42 a 0.49 m, en altura total fue de 6.0 a 9.1 m y para el ancho de la copa arbórea de 3.6 a 7.1 m, lo cual coincide con lo reportado por (Ontaneda, 2017), quien estudio la especies *C. alliodora* y reporta un promedio de 0.22 m de diámetro a 1.30 m como diámetro o edad y una altura total de 16 m consideradas como óptimas para la selección de árboles semilleros. Además de lo anterior se revisaron los criterios aplicados en *Swietenia*

macrophylla y *Juglans pyriformis*, los cuales son aplicables a *C. elaeagnoides* y consideran accesibilidad, buen estado fitosanitario y suficientes individuos maduros para la colección de semillas (Arriaga *et al.*, 1994). Estos parámetros de árboles semilleros identificados garantizan el suministro de material vegetativo y además son una fuente inmediata como apoyo a programas de reforestación con una calidad de germoplasma del 50 %, a partir de que los árboles deben tener características sobresalientes y que los porcentajes de germinación y vigor de sus semillas sean altos (Poulsen, 2000).

Propiedades físicas y químicas del suelo

Como parte del estudio en los rodales semilleros se evaluaron las propiedades físicas y químicas del suelo las cuales se relacionan con el crecimiento de los árboles, la germinación y la sobrevivencia de las plántulas, las cuales varían según la calidad del sitio donde se desarrolle. En la ficha técnica de la CONABIO (2010), sugiere que *C. elaeagnoides* se desarrolla en suelos de textura franco arenosa, bien drenados con un pH de 5.1-7.4 de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y un contenido de materia orgánica de 3.6-13 % clasificado de moderado a ricos. Los resultados de los análisis de suelo coinciden con la descripción citada donde obtuvo que la textura del suelo corresponde a la textura franco arenosa y franco arcillo arenosa, el pH de 6.8-7.3 que va de neutro a ligeramente alcalino, en cuanto a la materia orgánica se obtuvo 2.8-4.21 % en los dos sitios que se clasifican en moderadamente ricos de acuerdo a la Norma (NOM-021-RECNAT-2000).

El pH se encuentra dentro del rango en donde se desarrolla normalmente esta especie (Martínez, 1989). La materia orgánica tiene gran relación con los procesos que ocurren en el suelo, además de ser un indicador que expresa la calidad del suelo (Ghisolfi, 2011). Una de las principales funciones de la materia orgánica es la estabilidad del suelo (Six *et al.*, 2002). Los suelos propicios para la supervivencia de las plantas están relacionados con la humedad de las posiciones altas por ejemplo así como con la necesidad de nutrimentos y su disponibilidad en ellas

debido a la variación de los componentes existentes en el suelo (Martínez y García, 2007).

Determinación la calidad física de las semillas

Pureza

La prueba de pureza determina que porción por peso de la muestra es semilla pura de la especie estudiada y que cantidad es de impurezas. La prueba se realiza pesando suficientes semillas para hacer una muestra de trabajo de aproximadamente 2,500 semillas en la mayoría de las especies o 500 semillas de las especies de semillas grandes (Gordon, 1992). En este trabajo se obtuvieron 20 g de semilla por muestra (660 semillas) para realizar los tratamientos de investigación. La semilla se inspecciona visualmente y las puras se separan en tres clases de impurezas: semillas de otras especies, semillas de malezas y semillas inertes. Las semillas pueden contener aún semillas dañadas, siempre y cuando el tamaño de esta semilla sea más grande que la mitad del tamaño de semilla completa (Bonner *et al.*, 1994). Las semillas puras y cada categoría de impurezas se pesada y expresada como un porcentaje en peso de la muestra total de trabajo. La pureza es mucho más fácil para muchas especies debido a sus formas irregulares, tamaños y apéndices. Para las semillas de *C. elaeagnoides* debido a sus características morfológicas se pudieron observar semillas dañadas, enfermas, quebradas y semillas con deformaciones.

Peso (Rendimiento de semillas)

El peso de las semillas es determinado mediante el pesaje de 1000 semillas por lote y en la muestra de trabajo para el análisis se pesaron 1000 semillas es tomada de la misma muestra de trabajo con la que se hizo la prueba de pureza. El peso de la semilla está en función del tamaño, contenido de humedad y la proporción de semillas llenas en un lote determinado, lo cual también una idea de la calidad de las

semillas. El peso de mil semillas se puede convertir fácilmente a semillas por kilogramo.

Relación de las características físicas de la semilla con el estrato

El mayor rendimiento de semillas se obtuvo en el árbol 2 ubicado en el rodal semillero Manila I con 358.79 g y el menos representativo fue el árbol 4 del rodal semillero Manila II con 163.69 g. Para el rendimiento por estrato se obtuvo un promedio de 35,750 semillas en el estrato alto, 33,500 para el estrato medio y 42,250 para el estrato bajo. El contenido de humedad de semilla el mayor contenido fue de 8.5 % para el estrato medio 8.4 % para el estrato alto, y 8.1 % para el estrato bajo y respecto del diámetro de semillas el promedio fue de 3.6 mm para los tres estratos, para la longitud de semillas el promedio fue de 7.1 mm para los estratos alto y medio y 6.8 para el estrato bajo.

Sin embargo, algunas características intrínsecas de las semillas también pueden influir en su respuesta germinativa; por ejemplo, el tamaño afecta la germinación y sobrevivencia de las plántulas (Peña *et al.*, 2004). El tamaño de las semillas en una especie puede variar entre poblaciones o entre individuos, ya sea por diferencias genéticas o por diferencias en la historia de vida de cada planta. Debido a la estrecha correlación entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo en árboles adultos, cualquier factor ambiental que influya en el crecimiento influirá en su desempeño reproductivo. Por ejemplo, la disponibilidad de agua, fertilidad del suelo y contaminación influyen en el crecimiento reproductivo de especies leñosas (producción y calidad de flores, frutos, conos y semillas) (Kozlowski y Pallardy, 1997). Se ha atribuido el bajo índice de germinación de *C. elaeagnoides*, al aborto de embriones lo cual disminuye su germinación en condiciones naturales (Van Groenendael *et al.*, 1996), sin embargo se han realizado pruebas comprobando diferentes técnicas de germinación efectivas aumentado su porcentaje.

La respuesta obtenida en relación con las características del estrato, concuerdan con lo observado en la maduración de semillas de los árboles de *C. elaeagnoides* ocurre de arriba hacia abajo. Esta condición de cambios en la condición floral, se atribuye que el árbol se encuentra en condiciones óptimas de temperatura, fotoperiodo, humedad de acuerdo con lo reportado por (Hodar *et al.*, 2009) y los factores edáficos y bióticos, así como la estrecha relación a la aparición de los organismos polinizadores. Que se presenta en los meses de septiembre y octubre época de mayor precipitación en la región. Respecto de la maduración de semilla para *C. elaeagnoides*, no se ha reportado algún trabajo de investigación.

Relación de la viabilidad de las semillas con el estrato

Las pruebas evaluadas en la viabilidad de las semillas mostraron diferentes tendencias en el porcentaje de semillas viables y no viables, permitieron determinar que el estrato alto es el mejor estrato productor de semillas con características propias y aprobaron diferenciarlo de los demás. El estrato alto mostro diferencias en el porcentaje de semillas con embriones sanos, que pudo deberse al error de observación en los embriones, ya que es difícil determinar si están enteros y completamente desarrollados (Santacruz, 2014). En este método también se corrobora el número de compartimentos por semilla. Existe una relación directa entre la viabilidad y el porcentaje de germinación en los diferentes rodales semilleros, se sabe que *C. elaeagnoides* se reproduce por semillas y que su índice de germinación es bajo y en otros generos de *Cordia* se reportan índices de germinación regularmente bajas menores al 30 % (Ganchoso y Soledad, 2013) fundamentalmente por la pérdida de su viabilidad en la semilla entre los 2 a 3 meses.

Supervivencia y desarrollo de plantas

Las plántulas de *C. elaeagnoides* pueden propagarse en 30 días en cámara de germinación y crecimiento bajo condiciones de luz y temperatura controladas y pueden ser trasplantadas después de 120 días bajo condiciones de vivero. La

revisión de literatura no discute de supervivencia de plántulas, se encontró que de forma natural en la temporada de lluvias ocurre la reproducción de semillas, esto observado con la presencia de plántulas. Otra causa de la baja supervivencia se atribuye a la depredación de semillas por animales y al ataque hongos (Janzen y Vázquez-Yanes, 1991).

El conocimiento en la propagación de semillas es limitado y se ha reportado el potencial de germinación en diferentes condiciones de invernadero, de hecho ellos estiman que la mitad del germoplasma producido por más del 90% de las especies arbóreas tropicales muere antes de germinar. Entonces, su supervivencia, desarrollo y mortalidad se puede atribuir a eventos externos y a procesos fisiológicos del medio en el que se desarrollan (Castañeda, *et al.*, 2007), por ejemplo (Brucker, 2017), comenta que la cantidad de agua interfiere directamente en el desarrollo de las plantas, por lo tanto, el conocimiento del manejo hídrico ideal para la fase de formación y desarrollo de las plantas en vivero es tan importante al igual que los demás procesos de producción.

Los resultados en el desarrollo de plantas obtenidos con la altura mostraron un incremento de 45 a 79 mm en 120 días. Estos aspectos pueden ser atribuidos como a *C. alliodora*, que mantuvo un crecimiento de forma ascendente en su crecimiento con las variables consideradas (Hernández y López, 2011). También se atribuye a que en vivero la absorción de nutrimentos está circunscrita a las condiciones y la fertilidad del sustrato utilizado, es por eso que los tratamientos que contienen materia orgánica presentan resultados mayores en variables de crecimiento.

Cano en (1998) y Cetina (1997) mencionan que el diámetro del tallo es la medición morfológica más utilizada para determinar la calidad de planta, ya que refleja su resistencia y el tamaño del sistema radical. A diámetros grandes proporcionan mejor soporte, además es considerado como un buen predictor de la altura y la supervivencia en el sitio de plantación (Prieto, 2004). Medina (2007), quien realizó estudios de diámetros con las especies de *Moringa oleífera* y *Leucaena*

leucocephala, donde obtuvo diámetros de 9 y 6 mm respectivamente a las 14 semanas. Con los resultados obtenidos en 30 días las plantas desarrollan seis hojas, incrementándose de 7 a 8 al adaptarse mejor al sitio de establecimiento, donde refuerza sus mecanismos para la lignificación del tallo y la brotación de yemas axilares y apicales como indicador del crecimiento y cantidad de biomasa.

11. CONCLUSIONES

Las conclusiones del compendio de investigación son:

- Los árboles de *C. elaeagnoides* cumplen con las características dasométricas y el rendimiento de semilla para ser semilleros en programas de reforestación.
- Para la producción de planta a través de la propagación sexual, se obtiene mayor índice de germinación en el área de procedencia y distribución.
- La variable que más influye en la viabilidad de la semilla en relación con el estrato de colecta en el árbol semillero es la exposición con la cual se obtienen mayores resultados de la semilla con exposición noroeste.
- El índice bajo de germinación de *C. elaeagnoides*, está relacionada con el estrato de colecta en la copa arbórea, siendo mayor en el estrato alto.
- De las cuatro pruebas evaluadas en la viabilidad de las semillas, la tinción con Tetrazolio y la columna densimétrica presentaron mayor porcentaje de semillas viables.
- Para acrecentar el índice de germinación se debe de realizar en los meses de julio-agosto, temporada en que las condiciones ambientales y edafológicas son favorables para la especie *C. elaeagnoides*.
- La temperatura de 30 °C favorece para aumentar el índice germinación hasta en un 53 %.
- La supervivencia de plantas a los 120 días es del 94 % con altura de 79 mm y 4.5 mm de diámetro para la producción de planta en programas de reforestación.
- Hace falta realizar otras evaluaciones en las características genéticas y bioquímicas de las semillas de *C. elaeagnoides*.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Hernández, C. C., Luna-Rodríguez, M., Octavio-Aguilar, P., Morales-Romero, Z., Galindo-González, J., Noa-Carrazana, J. C. & Iglesias-Andreu, L. G. (2011). Efecto del aprovechamiento forestal sobre la variación morfológica de *Juglans pyriformis* Liebm. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(3), 379-388.
- Arriaga, M., Cervantes, G., & Vargas-Mena, A. (1994). *Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas*. SEDESOL.
- Barrera-García, A. V. (2014). Importancia cultural de especies arbóreas nativas en la selva lacandona Chiapas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Texcoco. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. 2009. Cuernavaca, *Cordia elaeagnoides* DC.
- Beyer, H. L. (2004). Hawth's Analysis Tools for ArcGIS (Version 3.x). Disponible en <http://www.spatial ecology.com/htools>.
- Black, M. (2013). *Seeds: physiology of development and germination*. Springer Science & Business Media.
- Bonner FT, Vozzo JA, Elam WW, Land SB. (1994). Tree seed technology training course: instructor's manual. Gen. Tech. Rep. SO-106. USDA Forest
- Brucker Kelling, M., & Machado Araujo, M., & Benítez León, E., & Carpenedo Aimi, S., & Turchetto, F. (2017). Regímenes de riego y dosis de polímero hidrotenerador sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. *Bosque*, 38 (1), 123-131.
- Bullock, S. H. (2002). *Cordia elaeagnoides* DC. (Boraginaceae). Barcino. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México, 151-153.
- Burgos, A., Tinoco, A., Solorio, G., Ramírez, V., & Pérez-Cortez, S. (2010). Diagnóstico socioeconómico como base para el Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Zicuirán Infiernillo.
- Bustamante-García, V., Prieto-Ruiz, J. Á., Merlín-Bermúdez, E., Álvarez-Zagoya, R., Carrillo-Parra, A., & Hernández-Díaz, J. C. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y bosques*, 18(3), 7-21.

- Cano P., A. (1998). Tamaño y calidad de planta de *Pinus greggii* Engelm. En dos sistemas de producción en vivero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 83 p.
- Castañeda, S. L., Garzón, A. E., Cantillo, M. Á., Torres, M. P., & Silva, L. J. (2007). Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. *Colombia forestal*, 10(20), 79-90.
- Casanova-Lugo, F., González-Gómez, J. C., Flores-Estrada, M. X., López-Santiago, G., & García-Gómez, M. (2014). Estructura, composición y usos de los árboles de la selva baja caducifolia en Apatzingán, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2).
- Casanova-Lugo, F., González-Gómez, J. C., Flores-Estrada, M. X., López-Santiago, G., & García-Gómez, M. (2014). Estructura, composición y usos de los árboles de la selva baja caducifolia en Apatzingán, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2).
- Cetina A., V. M. 1997. Tres tipos de manejo en vivero de *Pinus greggii* engelm. Y su efecto en la calidad de la planta. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 73 p.
- Chagoya, J. L., & Gutiérrez, L. I. (2009). Esquema de pago por servicios ambientales de la Comisión Nacional Forestal, México. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas, 189.
- Colín-Urieta, S. (2008a). Composición química de la madera de dos especies, *Cordia elaeagnoides* DC y *Pithecellobium acatlense* Benth. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Colín-Urieta, S. (2008b). Composición química de la madera de dos especies, *Cordia elaeagnoides* DC y *Pithecellobium acatlense* Benth. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1999). "Ecorregiones de México". Escala 1:1 000 000. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F.
- CONABIO, (2010). Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México*.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), (2004). Programa Nacional para el Manejo de los Recursos Genéticos Forestales 2004-2005. SEMARNAT. México. 35 p.

- CONAFOR. 2013. Manual para la identificación y establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal. Coordinación General de Conservación y Restauración. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. CONAFOR. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx>: (30 de octubre de 2013).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), (2015). Diario Oficial de la Federación Reglas de Operación Programa Nacional Forestal. Modalidad Plantaciones Forestales Comerciales.
- Cortés-Pérez, F. (2014). Propagación de especies nativas de la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá, con potencial para la restauración ecológica. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 38(147), 195-205.
- Contreras, (1992). Método de Plantación *Cordia alliodora* (Ruíz & Pav.) OKEN BOJON. Investigaciones de Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar". Quintana Roo. CIR-Sureste. INIFAP.
- Correa, E., Espitia, M., Araméndiz, H., Murillo, O., & Pastrana, I. (2013). VARIABILIDAD GENÉTICA EN SEMILLAS DE ÁRBOLES INDIVIDUALES DE *Tectona grandis* Lf EN LA CONFORMACIÓN DE LOTES MEZCLADOS EN CÓRDOBA, COLOMBIA. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 379-389.
- Cruz Landero, N., & Alderete Chávez, Á. (2005). Variación en semillas de *swietenia macrophylla* King. Procedentes de los estados de Campeche y Tabasco, México. *Foresta Veracruzana*, 7(1).
- Cromwell, E., Brodie, A., & Southern, A. (1996). *Germoplasma para árboles de uso múltiple: acceso y utilidad en comunidades de pequeñas explotaciones agrícolas: estudios de casos en Honduras, Malawi y Sri Lanka* (No. 634.98 C946). Overseas Development Institute, Londres (RU).
- Cué-Bär, E. M., Villaseñor, J. L., Arredondo-Amezcu, L. I. B. E. R. T. A. D., Cornejo-Tenorio, G., & Ibarra-Manríquez, G. (2006). La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78, 47-81.
- Cozzo, D. (1976). *Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina* (Vol. 21). Editorial Hemisferio Sur.
- Delgado-Segovia, J. (2007). Valor nutricional y usos tradicionales de las especies arbóreas del municipio de Nocupétaro, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

- Doria, J. (2010a). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 00-00.
- Doria, J. (2010b). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 00-00
- Ellis, D. P. W. (1996). *Prediction-driven computational auditory scene analysis* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- INEGI, (2013). Estadístico y Geográfico de Michoacán.
- Espinoza D. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. pp. 33-65. En: Sarukhán, José (Coord. Gral.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: CONABIO.
- ESRI (Environmental Scientific Research Institute). (2008). ArcMap (Version 9.3). Environmental Scientific Research Institute. Redlands, California, EUA.
- Evans, (1984); White *et al.*, 2007. Huertos semilleros procedencias y progenies de especies.
- Farrant, J. M., Pammenter, N. W., & Berjak, P. (1993). Seed development in relation to desiccation tolerance: a comparison between desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia marina* and desiccation-tolerant types. *Seed Science Research*, 3(1), 1-13.
- Fuentes Reynoso, (2015). Propagación de Cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y Pinzan (*Pithecellobium dulce*) especies silvopastoriles. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ganchozo, I., & Soledad, B. (2013). *Conservación y propagación de árboles superiores de Cordia alliodora (Ruiz & Pav). Oken, en la microrregión sur de Manabí* (Doctoral dissertation, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Forestal).
- García, C., Pérez-Farrera, M. Á., Rioja-Paradela, T. M., & Garrido-Ramírez, E. R. (2013). Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*, (36), 117-127.
- García, F. P., & Villamil, J. M. P. (2001). Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Estructuras.
- Garcidueñas M., A. (1998). Establecimiento de áreas semilleras para satisfacer necesidades de reforestación. 1ª reunión, la investigación forestal en las

unidades forestales y organizaciones descentralizadas. I.N.I.F. Publicación especial nº 15. Durango, Dgo, México. pp. 109-118.

- Gaspar-Peralta, A. M., A. Mora-Santacruz y Fernando Santacruz-Ruvalcaba. (2006). Efecto de la aplicación de ácido giberélico en la germinación de *Cordia elaeagnoides* A. DC. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA 2006: 69-72.
- Ghisolfi, E. (2011). Contenidos de materia orgánica en relación con la fertilidad del suelo en siembra directa. 1ª edición. Villa María: Eduvim. ISBN 978-987-1727-66-7. pp 84.
- Gómez, C. (1985). Patrón de variación de las características anatómicas de la madera de *Cordia elaeagnoides* D. C. Tesis Profesional (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM.
- Gordon AC. (1992). Seed manual for forest trees. Great Britain For. Comm. Bill. 83. London: Her Majesty Stationery Office, Publication Centre. 132 p.
- Grijpma, D. W., Bergsma, J. E., Cordewener, F. W., Bos, R. R. M., & Pennings, A. J. (1998). The influence of morphology on the (hydrolytic degradation of as-polymerized and hot-drawn poly (L-lactide)). *Colloid & Polymer Science*, 276(11), 968-975.
- González-Ávalos, J., García-Moya, E., Vargas-Hernández, J. J., Trinidad-Santos, A., Romero-Manzanares, A., & Cetina-Alcalá, V. M. (2006). Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2).
- Guevara-Fefer, (1977a). Dinámica de poblaciones de semillas de *Cordia elaeagnoides* DC. En una selva baja caducifolia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Guevara-Fefer, J. A. Pérez de la Rosa y L. A. Pérez-Jiménez. (1987). In Zamudio-Ruiz, S., F. Guevara-Fefer y J. A. Pérez de la Rosa (coords.). Guía de Excursiones a las Costas del Pacífico en los Estados de Jalisco y Nayarit. Sociedad Botánica de México, X Congreso Mexicano de Botánica y Universidad de Guadalajara, Guadalajara. "
- Gutiérrez Rivera, J. M. (2017). *Respuesta de tres tipos de sustratos en el enraizamiento de estacas y germinación de semillas de guaviduca Piper crassinervium Kunth., en la parroquia Curtincapac, cantón Portovelo* (Bachelor's thesis, Loja).

- Hernández, E., López, J. y Sánchez, V. (2011). Crecimiento en diámetro y altura de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2 (7):27-42,2011.
- Hódar, J. A., & Zamora, R. (2009, June). Influencia de los factores abióticos y bióticos en la defoliación por la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) en los pinares andaluces. In *Congresos-CARGA FINAL*.
- Iloldi-Rangel, P. y T. Escalante. (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3:7–12.
- International Seed Testing Association, (ISTA). (2007). International rules for seed testing. Edition 2007. Adopted at the ordinary Meeting 2006, Glattbrugg/Zurich, Switzerland to become effective on 1st January 2007 288 pp.
- Jara, F. (1995a). Identificación y selección de fuentes semilleras. In: Identificación, Selección y Manejo de fuentes semilleras. Conif, Bogotá. Serie Técnica No. 32. 126 p.
- Jara, F. (1995b). Identificación y selección de fuentes semilleras. In: Identificación, Selección y Manejo de fuentes semilleras. Conif, Bogotá. Serie Técnica No. 32. 126 p.
- Jansen, D.H. & C.Vázquez-Yanes. (1991). Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands, p. 137-157. In A. Gómez-Pompa, T.C.Whitmore & M.Hadley (eds.). *Rain Forest Regeneration and Management*. Man and Biosphere Program, Vo1.6. UNESCO, París.
- Kozlowski, T. T., & Pallardy, S. G. (1997). *Growth control in woody plants*. Elsevier.
- Lara, D., & Antonio, M. (2013). Establecimiento de un área semillera y pruebas de calidad con *Quercus resinosa* Liebm, procedente de Sierra de Alvarez. Mexicana, N. O. (2000). NOM-021-RECNAT-2000. *Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Federación del*, 14, 17.
- López, (2009). Selección de árboles y conversión de un ensayo de procedencias a un rodal semillero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 2009, 32
- Magnitskiy, S. V., & Plaza, G. A. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía colombiana*, 25(1).
- Martínez H.A. (1989). Selección de especies arbóreas útiles multiuso para plantaciones forestales, Memorias del I y II Curso centroamericano de

- silvicultura de plantaciones de árboles de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica, pp. 240-253.
- Martínez Ramos, M., & García Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (80).
- Martínez-Cruz, J., Méndez-Toribio, M., Cortés-Flores, J., Coba-Pérez, P., Cornejo-Tenorio, G., & Ibarra-Manríquez, G. (2013). Estructura y diversidad de los bosques estacionales desaparecidos por la construcción de la presa Gral. Francisco J. Múgica, en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(4), 1216-1234.
- Martínez-Cruz, J., Méndez-Toribio, M., Cortés-Flores, J., Coba-Pérez, P., Cornejo-Tenorio, G., & Ibarra-Manríquez, G. (2013). Estructura y diversidad de los bosques estacionales desaparecidos por la construcción de la presa Gral. Francisco J. Múgica, en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(4), 1216-1234.
- Martínez Ríos, R. (2010). Sociodemografía en la Región de Tierra Caliente (Sur Estado de México, Este de Michoacán y Norte de Guerrero 1990-2010).
- Medina, M. G., García, D. E., Clavero, T., & Iglesias, J. M. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia tropical*, 25(2), 83-93.
- Mendizábal-Hernández, L. D. C., Márquez Ramírez, J., Alba-Landa, J., Ramírez-García, E., & Cruz-Jiménez, H. (2016). Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Cedrela odorata* L. *Foresta Veracruzana*, 14(2).
- Mexicana, N. O. (2000). NOM-021-RECNAT-2000. *Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Federación del*, 14, 17.
- Miranda, F. (2016). Tres estudios botánicos en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Botanical Sciences*, (26), 133-176.
- Miranda, M. L. R., Santacruz, A. M., & Ruiz, H. O. (2006). Especies Forestales con diversidad de usos en un bosque tropical caducifolio de la Comunidad Indígena de Tomatlan, Jalisco, México.
- Mittermeier, R. A., Myers, N., Thomsen, J. B., Da Fonseca, G. A., & Olivieri, S. (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation biology*, 12(3), 516-520.

- Montero, M., & Montagnini, F. (2005). Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies nativas en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica.
- Moran J. (2002). Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México. Centro mexicano de derecho ambiental A.C. México. Pp25-48.
- Muñoz *et al.* (2011). "Manejo de un área semillera de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Y *Abies religiosa* (HBK) Schltl. et Cham. Y Selección de árboles superiores en Michoacán, México." *Foresta Veracruzana* 13.2
- Muñoz Flores, H. J., Prieto Ruiz, J. Á., Mejía Bojórquez, J. M., & Sáenz Reyes, J. (2013). Establecimiento y manejo de áreas semilleras en el género *Pinus*.
- Navarro, M. (2003). Desempeño fisiológico de las semillas de árboles leguminosos de uso múltiple en el trópico. *Pastos y Forrajes*, 26(2).
- Niembro Rocas, A. (1985). *La importancia del conocimiento y la necesidad de investigación en semillas forestales para el establecimiento de plantaciones en México* (No. Folleto 10325).
- Noguera, F. A. (Ed.). (2002). *Historia natural de Chamela*. UNAM.
- Núñez-Sandoval, N. (2009). Técnicas de propagación asexual en la especie *Cordia elaeagnoides* A. DC. (Boraginaceae). Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Las Agujas.
- Núñez-Sandoval, N., A. Mora-Santacruz y F. Santacruz-Ruvalcaba. (2008). Aplicación de técnicas de micropropagación en la especie *Cordia elaeagnoides* A. DC. (Boraginaceae). *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA* 2008: 63-69
- Ontaneda, J. V., Mejía, Á. L., & Flores, D. P. (2017). Selección de Árboles Semilleros en Plantaciones Forestales de la Península de Santa Elena. Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 4(2).
- Osorio, B. J., & Castillo Zapata, J. (1969). Influencia del tamaño de la semilla en el crecimiento de las plántulas de café. *Cenicafé (Colombia)* v. 20 (1) p. 20-40.
- Palacios Romero, A., Rodríguez Laguna, R., Hernández Flores, M. D. L. L., Jiménez Muñoz, E., & Tirado Torres, D. (2016). Distribución potencial de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd) MC Johnston basada en un modelo de nicho ecológico. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(34), 35-46.
- Pennington, T. D. (2005). Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. UNAM.

- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. (2005). *Arboles Tropicales de México*. Tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. (2005a). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. 3a edición. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. (2005b). *Cordia elaeagnoides*. Distribución potencial, escala: 1:4000000. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. Extraído de *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. México, D.F. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/dis_c_elaegw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán. (1998). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*, 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México.
- Peña, E. G., Suzán Azpiri, H., & Malda Barrera, G. (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia*, 38(3).
- Peterson, A. T., S. L. Egbert, V. Sánchez-Cordero Y K. P. Price. (2000). Geographic analysis of conservation priorities using distributional modeling and complementarity: endemic birds and mammals in Veracruz, México. *Biological Conservation* 93: 85-94
- Pinzón, Q., & Enrique, D. (2015). *Influencia de la diversidad y estructura arbórea sobre la regeneración natural en el bosque seco tropical de la reserva ecológica Arenillas (REA)* (Bachelor's thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja).
- Poulsen, K. M. (2000). Calidad de la semilla: concepto, medición y métodos para incrementar la calidad. *In: Centro agronómico de Investigación y Enseñanza (coord.). Técnicas para la germinación de semillas forestales. Proyecto de semillas forestales. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico Núm. 39. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-15.*
- Prieto Ruiz, J. A. (2004). *Factores que influyen en la producción de planta de Pinus spp. En vivero y en su establecimiento en campo* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

- Quinde, F. (2004). Establecimiento y manejo de Fuentes semilleras de especies nativas del Cañar. *FOSEPOR/COSUDEINTERCOOPERATION. H. Consejo Provincial del Cañar. EC.*
- Quinto, L., Martínez-Hernández, P. A., Pimentel-Bribiesca, L., & Rodríguez-Trejo, D. A. (2009). Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(1), 23-28.
- Quiroz García, D. L., Palacios Chávez, R., & Arreguín Sánchez, M. D. L. L. (1997). Morfología de los granos de polen de la familia Boraginaceae de la estación de biología de Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica*, (4).
- Fuentes Reynoso, 2015. PROPAGACIÓN DE CUERAMO (*Cordia elaeagnoides*) Y PINZAN (*Pithecellobium dulce*) ESPECIES SILVOPASTORILES. UMSNH, Morelia, Michoacán.
- Reynel, C., Pennington, R. T., Pennington, T. D., Flores, C., & Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía Peruana. *Manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Perú.*
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., & Ghosh, K. (2007). *Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma (Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8)*. Bioversity International.
- Rodríguez, J. (2000). Protocolos de germinación para la certificación de semillas forestales. CONIF. Serie Técnica/N|43. Bogotá, 53 pp.
- Rodríguez T., D. A. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.
- Rzedowski, J. (1998). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México 1a edición digital*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F.
- Samaniego, R. C. (2002). Las fuentes semilleras y semillas forestales nativas en el austro ecuatoriano: participación social en el manejo. Fundación Ecológica Condesur. Loja, Ecuador. 14 p.
- Sánchez, J. J. (1989). Aspectos de fisiología de la germinación y almacenamiento de semillas de importancia forestal. *Simposio avance en la producción de semillas forestales en America Latina*, 2, 165-168.

- Santacruz Ruvalcaba, F., Castañeda Nava, J. J., Peralta, G., María, A., Núñez Sandoval, N., & Mora Santacruz, A. (2014). Rompimiento de la dormancia en semillas y propagación in vitro de *Cordia elaeagnoides* A. DC. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(25), 84-97.
- Sarukhán. (2005). *Arboles Tropicales de México*. Tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Schmidt, L. (2000). *Guide to Handling of tropical and subtropical forest seed*. Danida Forest Seed Centre. Technical editing and layout of cover: Denmark.
- SEMARNAT, (2010). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-201, Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestre categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación. México. 1-80 p.
- SEMARNAT-CONAFOR. (2013). *Manual para la identificación y establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal*. Coordinación General de Conservación y Restauración. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. CONAFOR. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx>: (30 de octubre de 2013). Service, Southern Forest Experiment Station. 160 p.
- Simej, M., Campos, B., Jiménez-Osornio, J., & Barrientos, M. (2016). Fenología y producción de frutos de plantaciones de Siricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) bajo tres tipos de manejo en Xmatkuil, Yucatán, México. *Polibotánica*, (41), 115-131.
- Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., De Gruze, S., Morris, S. J., Gregorich, E. G., Paul E. A. y Paustian K., (2002). Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1981-1987.
- Sousa-S. M. y Delgado A. (1998). Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. En: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comp. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 449-50
- Trejo Vázquez, I. (1999). El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas*, (39), 40-52.

- Van Groenendael, J. M., S. H. Bullock y L. A. Pérez-Jiménez. (1996). Aspects of the population biology of the gregarious tree *Cordia elaeagnoides* in Mexican tropical deciduous forest. *Journal of Tropical Ecology* 12: 11-24.
- Vankus V. (1997). The tetrazolium estimated viability test for seeds of native plant: In: Landis TD, Thompson JR, tech. Coords. National Proceeding, Forest and Conservation Nursery Association. Portland OR, USDA Forest Service). Pacific Northwest, Research Station: 57, 62
- Venegas Rojas, F. L. (1994). Efecto de la altura total de *Acacia caven* (Mol.) Mol., en exposición norte y sur, sobre el área de pradera bajo su influencia.
- Villaseñor. (2005). La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Villaseñor G., L. E. (editora). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- White *et al.*, (2007). Huertos semilleros procedencias y progenies de especies.
- Willan, R. L., & Jara, N. (1994). *Rodales semilleros de procedencia y rodales de conservación de procedencia Provenance seed stands and provenance conservation stands* (No. CATIE ST MT-11). CATIE, Turrialba (Costa Rica) Danida Forest Seed Center, Humlebaek (Dinamarca).
- Zurita-Valencia, W., Gómez-Cruz, J. E., Atrián-Mendoza, E., Hernández-García, A., Granados-García, M. E., García-Magaña, J. J., & Sánchez-Vargas, N. M. (2014). Establecimiento de un método eficiente de germinación in vitro y micropropagación del cirimo (*Tilia mexicana* Schlecht.) (Tiliaceae). *Polibotánica*, (38), 129-144.

ANEXOS

- Códigos de identificación de los predios con rodales semilleros.
 - Predios seleccionados con germoplasma forestal.
- Formato de campo: Muestreo de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal.
- Memoria fotográfica de la investigación.
- Productos generados con el trabajo de investigación.
 - Constancia. XXVI Congreso Nacional y VI Internacional de Fitogenética.
 - Constancia. Primer Congreso Internacional sobre Innovación y Transferencia de Conocimiento para el Desarrollo Sustentable.
 - Seminario. Primavera de la Investigación: Madera 2017.
 - Artículo. Desarrollo Tecnológico de *Cordia elaeagnoides* en el Municipio de Tumbiscatío, Michoacán. Primer Encuentro científico y tecnológico. CONACYT, 2017.



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

DELEGACIÓN FEDERAL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

OFICIO N° MICH/GA/04/3161/2014
BITÁCORA: 16/F4-0071/03/14

Morelia, Michoacán, 24 de Marzo de 2014

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, sin perjuicio de otras disposiciones de orden federal o local que, en su caso, deba cumplir u observar el interesado.

ATENTAMENTE


EL DELEGADO FEDERAL

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

DR. LIC. VÍCTOR MANUEL ÁVILA CENICEROS

C.C.P.-

- C. Director General de Gestión Forestal y de Suelos.- México, D. F.
- C. Delegado Federal de la PROFEPA.- Ciudad.
- C. Gerente Estatal de la CONAFOR.- Ciudad.
- C. Director General de la Comisión Forestal del Estado.- Ciudad.
- C. Presidente Municipal de La Huacana, Mich.

VMAC/CGS/HMA





SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN FORESTAL Y DE SUELOS

N° Oficio: SGPA/DGGFS/712/3625/12
N° de bitacora: 16/F4-0601/10/12
Distrito Federal, a 03 de Diciembre de 2012

AURELIO MENDOZA GÓMEZ
EJIDO LAS CRUCES
GALAXIAS NO. 19-B
COL. COSMOS, C.P. 58050
MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN

Con fundamento en el artículo 171 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, artículo 33, fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y con base en su aviso para llevar a cabo la **Recolección de Germoplasma Forestal para Reforestación y Forestación con Fines de Conservación o Restauración**, que fue presentado ante esta Dirección General con fecha 05 de Noviembre de 2012, y después de haber constatado la veracidad de los datos proporcionados por el interesado, se hace de su conocimiento que esta autoridad no tiene inconveniente en que realice la colecta, conforme a lo siguiente:

Lugar de Colecta

Entidad	Municipio	Localidad
Michoacán	Tumbiscatio	Ejido Las Cruces

Especies de la materia de recolección

Especies	Nombre Común	Cantidad	Unidad de Medida	Localidad
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	8.400	Kilogramos de semilla	Ejido Las Cruces
<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada	25.000	Kilogramos de semilla	Ejido Las Cruces
<i>Caesalpinia platyloba</i>	Acatizpa o coral	25.000	Kilogramos de semilla	Ejido Las Cruces
<i>Cordia eleagnoides</i>	Cuéramo	25.000	Kilogramos de semilla	Ejido Las Cruces

Además se hace de su conocimiento lo siguiente:

1. El código de identificación forestal que se le asigna para acreditar la legal procedencia del Germoplasma Forestal por localidad, es:

Localidad	Código de Identificación
Ejido Las Cruces	G-16-098-CRU-001/12

La presente se expide de conformidad con lo dispuesto por el artículo 171 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, sin perjuicio de otras disposiciones de orden federal o local que, en su caso, deba cumplir u observar el interesado.

ATENTAMENTE
EL DIRECTOR GENERAL

DR. FRANCISCO GARCÍA GARCÍA

C.C.P.- Mtra. Norma Salomé Mungula Alderaca.- Coordinadora de Asesores de la SGPA - n.salome@semarnat.gob.mx
Luis Juan Martínez Armas.- Delegado Federal de SEMARNAT en Michoacán - luis.h.martinez@semarnat.gob.mx
Biol. Ignacio Millán Tovar.- Director General de Inspección y Vigilancia Forestal de la PROFEPA - imillan@profepa.gob.mx
Alfredo Ledesma Rangel.- Delegado Federal de PROFEPA en Michoacán.- aledesma@profepa.gob.mx

Ref.- DGFS 123675



SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN PARA
LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

GA/MEGA/OT/fg/ghp

Anexo 1. Rodales semilleros donde se recolecto semilla de *C. elaeagnoides*.

Municipio	Código de identificación de rodal semillero (SEMARNAT)	Nombre científico	Semilla kg
Tumbiscatío	Las Cruces G-16-098-cru-001/12	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	8.4
		<i>Tabebuia rosea</i>	25
		<i>Caesalpinia platyloba</i>	25
		<i>Cordia elaeagnoides</i>	25
	Los Chivos G-16-098-CHI-001/14	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	8.4
		<i>Tabebuia rosea</i>	25
		<i>Caesalpinia platyloba</i>	25
		<i>Cordia elaeagnoides</i>	25
	Las Caramicuas G-16-096-CAR-001/16	<i>Andira inermis</i>	50
		<i>Tabebuia rosea</i>	80
		<i>Caesalpinia platyloba</i>	80
		<i>Cordia elaeagnoides</i>	80
	Graciano Sánchez G-16-096-PRO-001/16	<i>Andira inermis</i>	50
		<i>Tabebuia rosea</i>	80
		<i>Caesalpinia platyloba</i>	80
		<i>Cordia elaeagnoides</i>	80
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		40	
<i>Ceiba pentandra</i>		50	
<i>Bursera simaruba</i>		50	
La Huacana	Zicuirán G-16-035-ZIC-001/12	<i>Prosopis leavigata</i>	44.6
		<i>Caesalpinia platyloba</i>	25
		<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	8.4
		<i>Cordia elaeagnoides</i>	30
	Caja de Zicuirán G-16-035-CAJ-001/14	<i>Prosopis leavigata</i>	25
		<i>Caesalpinia platyloba</i>	25
		<i>Tabebuia rosea</i>	25
		<i>Cordia elaeagnoides</i>	30

*Predios seleccionados con *C. elaeagnoides* para caracterizarlos.



Formato para valoración y calificación fenotípica de árboles superiores de climas tropicales y/o de rápido crecimiento

Datos de generales

Nombre científico: _____ **Predio:** _____ **Propietario:** _____
Fecha: _____ **Tipo de suelo:** _____ **Profundidad:** _____
Exposición: _____ **Evaluación:** _____ **Datum:** _____
Latitud: _____ **Longitud:** _____ **Recolector:** _____

No. Árbol	Características dasométricas						Características de evaluación						Puntos	Clase
	DN (cm)	AT (m)	AFL (m)	Forma fuste	Bifurcaciones	Insercción ramas	No. ramas	Forma copa	Vigor copa	Posición dosel	Plagas			
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														

Calificación cualitativa

Forma fuste	Recto (6); Ligeramente torcido (4); Torcido (2); Muy torcido (1)
Bifurcación	No bifurcado (6); Bifurcado en 1/3 superior (4); Bifurcado en 1/3 medio (2); Bifurcado en 1/3 inferior (1)
Insercción ramas	Ángulo de insercción de 60° - 90° (6); Ángulo de insercción de 30° - 60° (4); Ángulo de insercción 0° - 30° (2)
No. de Ramas	Pocas y gruesas en 1/3 superior (6); Pocas y delgadas en 2/3 medio (4); Muchas y delgadas desde 1/3 bajo (2)
Forma copa	Circular (6); Circular irregular (5); Medio circulo (4); Menos de medio circulo (3); Pocas ramas (2); Solo rebrotes (1)
Vigor copa	Bueno (6); Regular (4); Malo (2)
Posición dosel	Dominante (6); Codominante (4); Intermedio (2); Suprimido (1)
Plagas	Ninguna (7); Descortezadores (6); Barrenadores (5); Defoliadores (4); Plantas parásitas (3); Hongos (2); Daños físicos (1)
Clase	1 (33 a 49 puntos); 2 (25 a 32 puntos); 3 (<25 puntos)

Evidencias fotográficas del trabajo de investigación



Ilustración 1. Recolección de semillas.



Ilustración 2. Acopio de semillas.



Ilustración 3. Etiquetado de muestras.



Ilustración 4. Limpieza y selección de la muestra.



Ilustración 5. Clasificación de muestras para el análisis.



Ilustración 6. Obtención de rendimiento por muestra.



Ilustración 7. Prueba de Tinción con Tetrazolio.



Ilustración 8. Medición de longitud y diámetro de las semillas.



Ilustración 9. Evaluación de la germinación.



Ilustración 10. Evaluación del crecimiento de la planta.



Ilustración 11. Desarrollo de la planta a 120 días.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA
MADERA



El cuerpo académico
UMSNH-CA-249 Investigación y desarrollo de la industria forestal
Otorga el presente reconocimiento al

Ing. Serafín Solís Sandoval

Por la presentación de la conferencia:


Propagación del Cueraamo (*Cordia elaeagnoides*)

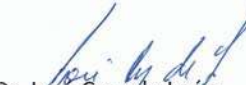
Dentro del seminario

“Primavera de la Investigación: Madera 2017”

Realizado en la Unidad Profesional de Ciudad de Hidalgo,
el 3 de abril del 2017




Dr. Raúl Espinoza Herrera
Coordinador del seminario


Dr. José Cruz de León
Responsable del Cuerpo Académico



La Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. y la Universidad Juárez Autónoma
de Tabasco otorgan la presente **CONSTANCIA** a

S. Solís-Sandoval

Por haber presentado el trabajo



**EVALUACIÓN DASOMÉTRICA EN ÁRBOLES SEMILLEROS DE CORDIA
ELAEAGNOIDES (CUERAMO) Y SU RELACIÓN CON LA VIABILIDAD EN
SEMILLA**

S. Solís-Sandoval, C. Velázquez-Becerra

Como **Ponencia Oral** en el XXVI Congreso Nacional y VI Internacional
de Fitogenética celebrado en Villahermosa, Tabasco del 26 al 30 de
septiembre de 2016.


Dr. Serafín Cruz Izquierdo
Presidente de la Sociedad


Dr. Roberto Flores Bello
Director de CITA-UMAT


Dr. Bulmaro Coutiño Estrada
Secretario Organizador del Congreso


Dr. Efraín de la Cruz Lázaro
Presidente del Comité Organizador Local



**XXVI Congreso Nacional y
VI Internacional de Fitogenética**

Desarrollo tecnológico de *Cordia elaeagnoides* en el municipio de Tumbiscatío, Michoacán, México

Crisanto Velázquez Becerra¹

RESPONSABLE TÉCNICO

Serafín Solís Sandoval²

¹ Doctorado en Ciencias Biológicas con especialidad en biotecnología y materiales. Profesor e investigador de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Experto en especies de interés forestal maderable, bajo las líneas de conocimiento en microbiología de la madera y biotecnología en especies forestales.

² Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

En este trabajo se consiguió mejorar el índice de germinación en *C. elaeagnoides*, al evaluar la importancia e influencia de las características densitométricas de la semilla en esta especie. El proyecto se desarrolló en los municipios de La Huacana y Tumbiscatío, en el estado de Michoacán, México.

PALABRAS CLAVE

Cordia elaeagnoides; germinación; crecimiento; densitometría

Introducción

En México la cubierta vegetal se ha reducido drásticamente, ocasionando profundas alteraciones. Por ejemplo, la presencia de islas de vegetación primaria y secundaria rodeadas por terrenos degradados debido a la erosión del viento y la lluvia, diversos cultivos agrícolas, potreros, asentamientos humanos y plantaciones forestales monoespecíficas, muchas de ellas establecidas con especies exóticas. Es prioritario el estudio de especies de los bosques naturales a través de la identificación de árboles ejemplares y establecimiento de rodales semilleros (RS).³

³ Área delimitada en un bosque natural dedicada a la producción de semillas.

Cordia elaeagnoides es una especie fuertemente explotada para la obtención de leña. Su población natural ha disminuido debido al cambio de uso de suelo y al bajo índice de germinación, ya que es susceptible a estaciones de lluvia y cambios de temperatura ambiental. Se han detectado RS que consideran individuos con características deseables, buena conformación, arbolado sano y edad óptima para la producción de semillas vigorosas, entre otros aspectos. La recolección de semilla se efectúa en los mejores individuos de la población (López 2009).

La viabilidad de la semilla depende de las características genéticas de la planta progenitora, condiciones climáticas en distintas etapas, grado de madurez en cosecha y el manejo de colecta. Otro factor que influye considerablemente en la conservación de la viabilidad de la semilla es la calidad y cantidad de sustancias químicas contenidas en el embrión (Doria 2010). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar factores dasométricos en árboles semilleros de *C. elaeagnoides* y su relación con la viabilidad en semilla, con mayor eficiencia en la colecta del material vegetativo, así como la adaptación de plántulas en condiciones de vivero.

Planteamiento y desarrollo de la investigación

Etapas

Evaluación de rodales semilleros

A partir de los RS detectados como árboles semilleros de *C. elaeagnoides* y utilizando la base de datos de CONAFOR, se preparó un listado de los estudios realizados con esta especie, así como la documentación de autorización de germoplasma forestal, dictaminación de datos generales del predio, ubicación geográfica y superficie.

Estudio dasométrico

Para la obtención de datos, se tomó como base un formato de variables dasométricas del manual de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF).

Selección de árboles

Al recolectar material vegetativo de *C. elaeagnoides* se consideraron características fenotípicas importantes como fuste, bifurcaciones, inserción y número de ramas, posición del dosel, plagas y enfermedades. Así se obtuvieron valores de las características de los árboles como excelentes, buenos o indeseables. Se caracterizaron los sitios geográficos de los que provienen las semillas y se seleccionaron nueve árboles de características sobresalientes, sanos, rectos y con abundante producción de semilla.

Recolección del material vegetativo

Durante el periodo de diciembre de 2015, diciembre a marzo de 2016 y diciembre a febrero de 2017, con la maduración de semilla, se procedió a la colecta de material vegetativo en nueve árboles y en tres posiciones de la copa arbórea en los RS (baja, media y alta). Se obtuvieron 24 muestras (225 semillas/muestra).

Pruebas de viabilidad

Con técnicas de ISTA⁴ se realizaron pruebas de viabilidad y se copiaron datos de peso, contenido de humedad, largo, ancho y diámetro de cada semilla, pruebas de flotabilidad y tinción con tetrazolio al 1 %.

Pruebas de germinación

Con los procedimientos ISTA se prepararon las semillas y sembraron en charolas de plástico y sustrato (vermiculita/peat moss/tierra de monte 1:1:1), bajo condiciones de cámara de crecimiento con luz y temperatura controladas (COFOM).

Resultados

Evaluación de RS

En los municipios de Tumbiscatío y La Huacana del estado de Michoacán, fueron ubicados y georreferenciados ocho rodales, pero únicamente se tomaron muestras de cuatro de ellos (FIGURA 1). Los sitios de muestreo se localizaron en los ejidos Las Cruces, Las Caramicuas, Los Chivos, Profesor Graciano Sánchez, Zicuirán y Caja de Zicuirán. El estudio tuvo una importante cobertura vegetal de *C. elaeagnoides* en las localidades muestreadas (TABLA 1).

Características densitométricas de los RS

Entre las características evaluadas más importantes se encuentran el diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura y diámetro de la copa, las cuales se exponen en la FIGURA 2A. Los valores fueron similares en los cuatro rodales evaluados. Por su parte, las muestras de semilla obtenidas sí fueron distintas, en función del estrato de la copa arbórea, tal como se muestra en la FIGURA 2B.

⁴ International Seed Testing Association. Asociación Internacional de Pruebas en Semillas.

FIGURA 1

Ubicación de rodales semilleros con distribución de *Cordia elaeagnoides* en los municipios de Tumbiscatío y La Huacana, Michoacán.

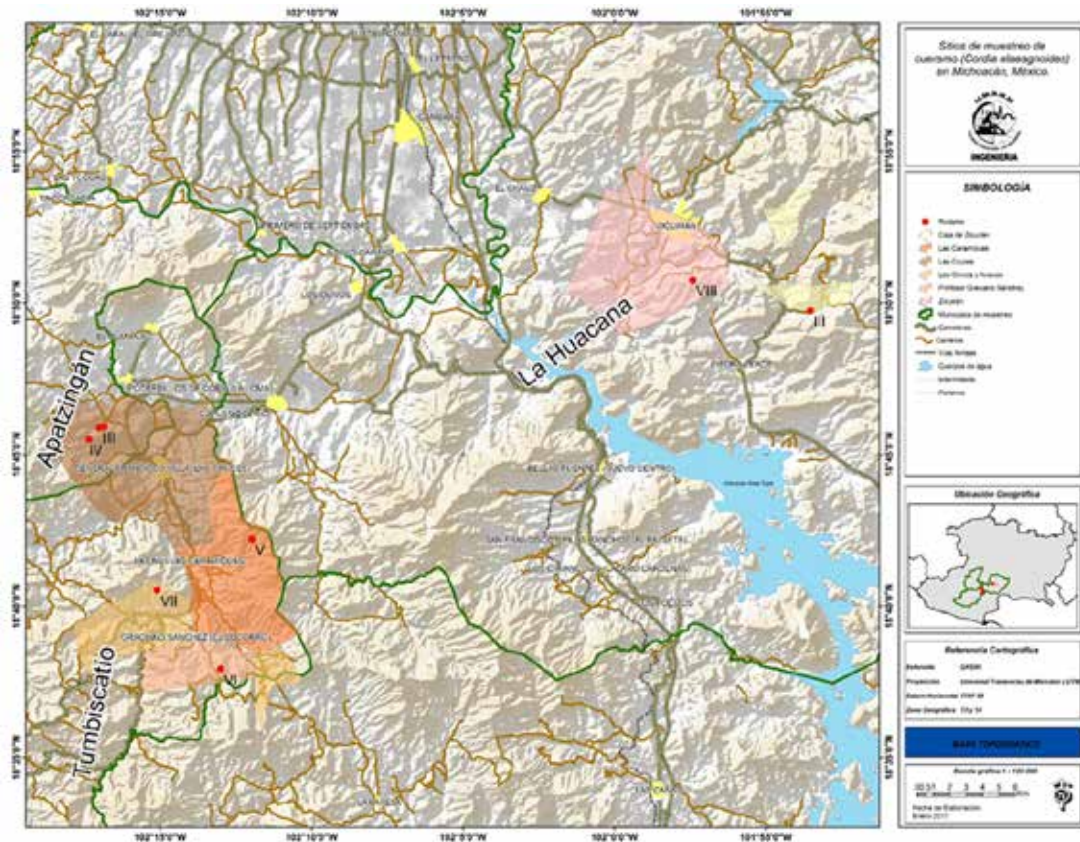


TABLA 1

Cobertura de *Cordia elaeagnoides* y otras especies forestales en los municipios de estudio

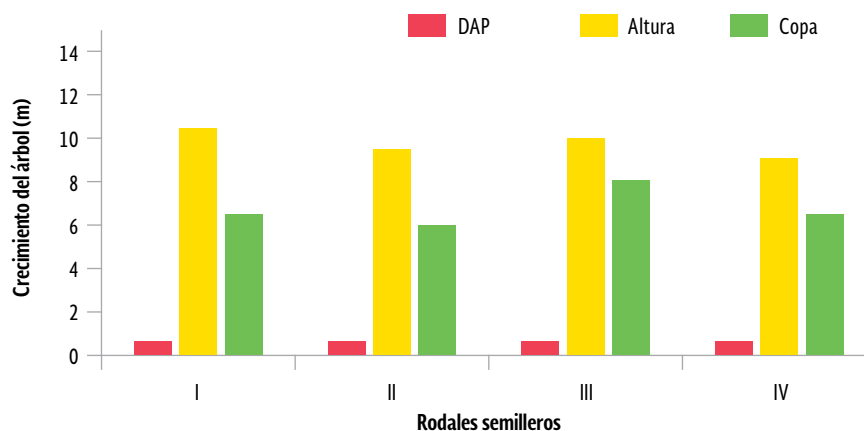
Municipio y predio	Lugar	Altitud msnm	Clima	Precipitación anual (mm)		Longitud/Latitud	
Tumbiscatío/Las Cruces	Manila I	354	BS1(h')w	744		18°45'53.37"/102°17'00.73"	
	Manila II	300	BS1(h')w	742		18°45'55.50"/102°16'50.47"	
	Cuirindales IV	362	BS1(h')w	746		18°45'30.47"/102°17'20.30"	
Especie	Cueramo ¹	Frijolillo ²	Rosa Morada ³	Parota ⁴	Mezquite ⁵	Quiringuca ⁶	Papelillo ⁷
Cobertura (%)	30	30	20	10	NI	NI	NI
La Huacana/Caja de Zicuirán	Caja III	297	BS1(h')w	627		18°49'45.3"/101°53'32.2"	
Especie	Cueramo ¹	Frijolillo ²	Rosa Morada ³	Parota ⁴	Mezquite ⁵	Quiringuca ⁶	Papelillo ⁷
Cobertura (%)	10	6	7	NI	7	NI	NI

NI= no inventariado.

¹ *C. elaeagnoides*; ² *Caesalpinia platiloba*; ³ *Tabebuia rosea*; ⁴ *Enterolobium cyclocarpum*; ⁵ *Prosopis leavigata*; ⁶ *Andira inermis*, y ⁷ *Bursera simaruba*.

FIGURA 2

Caracterización dasométrica de los árboles de *Cordia elaeagnoides*, en los diferentes rodales semilleros seleccionados: Manilla I, Manilla II, Caja III y Cuirindales IV.



Copa Arbórea*	Peso obtenido por muestra (g)**	Semillas por gramo	Rendimiento (Semillas/Kg)	Contenido de humedad (%)
Alta	83.83 (±2.75)	35.75 (±0.59)	35,750 (±592.93)	8.48 (±0.16)
Media	78.71 (±1.93)	35.75 (±0.67)	35,000 (±517.55)	8.50 (±0.21)
Baja	53.36 (±5.32)	40.00 (±2.13)	42,250 (±2056.95)	8.12 (±0.18)

(A) El Diámetro la Altura del Pecho (DAP), altura total y tamaño de la copa.

(B) Características de las muestras de semilla obtenidas a partir del estrato de la copa arbórea.

*** Los datos representan la muestra total obtenida sin previa limpieza de semilla.

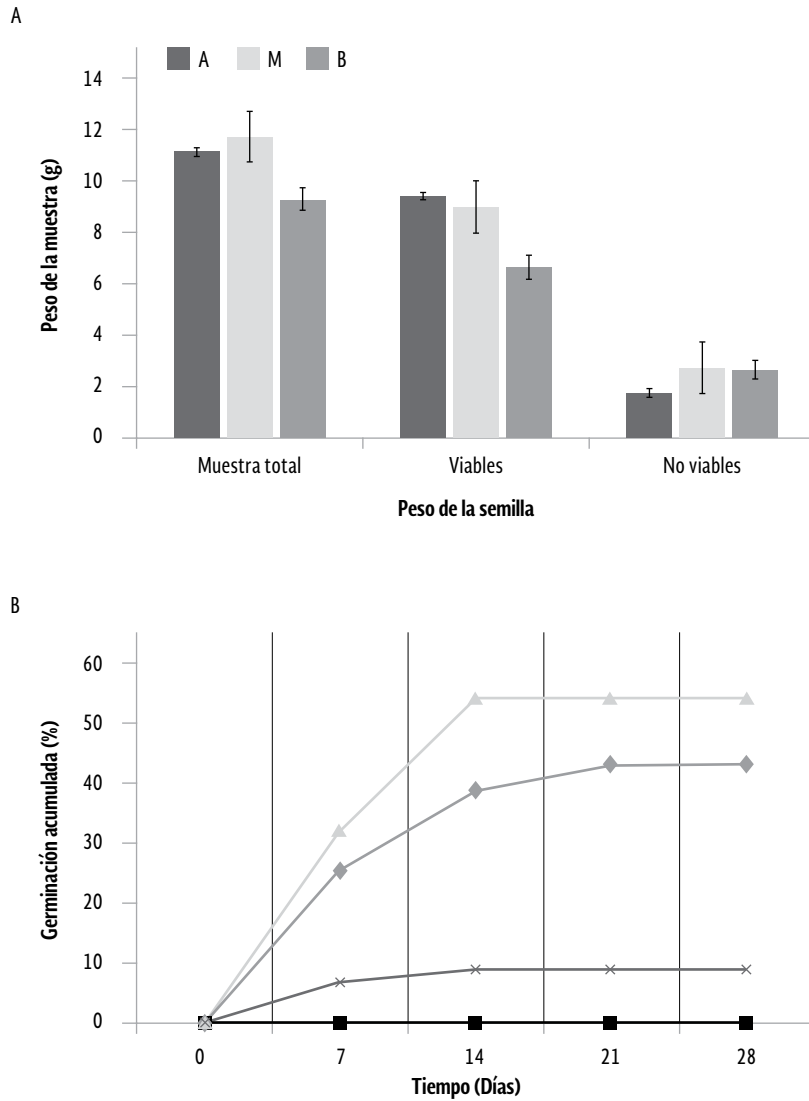
Pruebas de viabilidad y germinación

En los ensayos de viabilidad en semilla se registró que aumenta si las muestras provienen de estratos altos (FIGURA 3A) y la mayor parte de las muestras tomadas corresponden a semillas potencialmente viables.

Del mismo modo, las pruebas de germinación indicaron que es posible obtener hasta 53% de eficiencia en condiciones de vivero, siempre que se mantengan controladas la humedad, la luz y la temperatura, conforme a las empleadas en la localidad de Las Cruces (FIGURA 3B).

FIGURA 3

(A) Peso de semillas viables de acuerdo con el estrato de la copa arbórea.
 (B) Porcentaje de germinación acumulada según el sitio.



Los sitios corresponden a
 (■) Invernadero de las instalaciones de la UMSNH/Morelia;
 (◆) Banco de Germoplasma COFOM/Morelia;
 (▲) Vivero Las Cruces/Tumbiscatío, y
 (×) Banco de Germoplasma COFOM/Morelia.

Aprovechamiento

El cueramo (*Cordia elaeagnoides*) es un árbol maderable utilizado para la construcción y para producir muebles finos. También se le considera melífero y participa en la restauración de suelos degradados por su alta producción de hojas. Estas características lo convierten en una especie de alta importancia económica y de interés forestal maderable.

Los limitados resultados en investigación de la especie, en cuanto a promover su índice de germinación y generar una alternativa para su aprovechamiento han motivado este estudio. Nuestro trabajo contribuye al conocimiento del uso sustentable y la propagación de la especie, y brindará conocimiento a los productores de la región donde se distribuye, mejorando su manejo con técnicas reproductivas que favorezcan la selección de semilla y aumenten el porcentaje de germinación para la producción de planta forestal.

Bibliografía

- Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA), <http://www.fao.org/forestry/4995/es/>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2004. Programa Nacional para el Manejo de los Recursos Genéticos Forestales 2004-2005. SEMARNAT. México. 35 p.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1).
- López, 2009. Selección de árboles y conversión de un ensayo de procedencias a un rodal semillero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32 (abril-junio).