



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y  
VIABILIDAD DE GERMOPLASMA (SEMILLA)  
DE CEDRO Y CAOBA DE PLANTACIONES DE  
CACAO, EN LA CHONTALPA, TABASCO.**

**NIDIA YESENIA HERNÁNDEZ MÉNDEZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2022

La presente tesis titulada: **Caracterización morfológica y viabilidad de germoplasma (semilla) de cedro y caoba de plantaciones de cacao, en la Chontalpa, Tabasco**, realizada por la alumna: Nidia Yesenia Hernández Méndez, bajo la dirección del Consejo Particular, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJO PARTICULAR**

Consejero

  
\_\_\_\_\_  
DR. JULIÁN PÉREZ FLORES

Co-Director

  
\_\_\_\_\_  
DR. FACUNDO SÁNCHEZ GUTIÉRREZ

Asesor interno

  
\_\_\_\_\_  
DR. ÁNGEL SOL SÁNCHEZ

Asesor externo

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFONSO SUÁREZ ISLAS

## RESUMEN

La importancia del cedro (*Cedrela odorata* L.) y la caoba (*Swietenia macrophylla* King), está en su valor maderable. Sin embargo, sus semillas son recolectadas de árboles sin previa selección lo que no garantiza calidad de plantas. Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron caracterizar morfológicamente frutos y semillas de cedro y caoba, determinar su producción y viabilidad, así como evaluar su crecimiento en fase temprana en vivero. Los frutos se recolectaron (En tres sitios de colecta Poblados C-32, C-40 y C-41) de 20 árboles de cedro y dos de caoba, seleccionados en plantaciones de cacao del Plan Chontalpa, Tabasco, México. Para cedro, se tomaron 100 frutos de cada árbol, a los cuales se les midió diámetro y longitud; y se contabilizó el número de semillas; para el caso de caoba fueron considerados todos los frutos colectados en cada sitio de colecta; 59 en el C-40 y 191 en el C-41. En germinación y evaluación de crecimiento en vivero se establecieron dos experimentos completamente al azar con arreglo factorial. Los factores fueron los tres sitios de colecta de semillas (Poblados C-32, C-40 y C-41 de Huimanguillo), 4 sustratos para germinación 1) Tierra negra: Cachaza de caña (1:1), 2) composta; 3) Tierra negra: Arena (1:1) y 4) Peat Moos + Agrolita (1:1); y 3 sustratos para el crecimiento de planta (1, 2 y 3), así como fertilización para el crecimiento de planta. Las variables fueron: número de semillas germinadas, altura de planta, diámetro del cuello de la raíz (DCR), peso húmedo y seco de la parte aérea y de la raíz. Con las dos últimas variables se calculó el índice de calidad de Dickson (ICD). Los datos fueron analizados con el programa InfoStat, mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Los frutos de cedro del Poblado C-32, presentaron mayor tamaño; 3.46 cm de longitud y 1.81 cm de diámetro; 25 semillas viables, 26 semillas vanas y 49 semillas totales por frutos; sin embargo, la Eficiencia de Producción de Semillas fue superior en el Poblado C-41 con 53%; en germinación el porcentaje más alto se registró en la semilla del Pob. C-41 (33%) con el sustrato Tierra negra: Cachaza de caña. Las plantas del Poblado C-40 a los 90 días del experimento presentaron mayor DCR (5.57 mm) y At (18.66 cm); con fertilizante y sustrato 1; así mismo un ICD mayor (0.87), con fertilizante y producidas con sustrato 1. En caoba, los frutos identificados con máxima longitud, 13.75 cm de largo y 8.37 cm de diámetro corresponden al Poblado C-40 presentando 52 semillas viables, 23 semillas vanas y 64

semillas totales. Así mismo, la mejor EPS, 80%; con un porcentaje de germinación de 28% usando el sustrato 4; a los 90 días del experimento las plantas del Poblado C-40, producidas con el sustrato 1 y fertilizadas presentaron mayor DCR (4.74 mm) y At (30.22 cm), al igual que mayor ICD (0.51).

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por bendecirme, guiarme y darme fuerza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad durante el desarrollo del tema de investigación planteado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el desarrollo de la maestría en Producción Agroalimentaria en el Trópico.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en el Campus Tabasco.

A los doctores que fueron parte de mi formación profesional durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados, campus Tabasco.

Al Dr. Julián Pérez Flores por su paciencia, constancia en este trabajo y el tiempo brindado al desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Facundo Sánchez Gutiérrez, por todos los consejos útiles durante el desarrollo de las actividades.

A los Doctores Alfonso Suárez Islas y Ángel Sol Sánchez, por ser parte del consejo particular y tener aporte a las actividades realizadas.

A los productores de cacao de los Poblados C-32, C-40 y C-41 por el acceso a las plantaciones y acompañamiento en la selección de árboles y colecta de frutos de cedro y caoba.

A la administración del Dr. Rubén Monroy Hernández, Director de Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas, por las facilidades otorgadas para realizar actividades de vivero.

## DEDICATORIA

### **A mi madre:**

Elvira Méndez Avendaño, por su amor, paciencia, esfuerzo, por confiar en mí, por los consejos y valores inculcados.

### **A mis tíos:**

Rosa Inés y Gregorio por las palabras de aliento y confianza.

### **A mis hermanos y sobrino:**

Esther, Marco Guadalupe y Benjamín, por siempre apoyarme.

### **A mi amigo:**

Juventino Pérez Romero, quien colaboró en el análisis de datos con el Programa R Studio.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE CUADRO .....	x
<b>1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
1.1.1. General .....	4
1.1.2. Particulares .....	4
1.2. Hipótesis.....	5
1.3. Referencias.....	6
<b>2. CAPÍTULO II: MORFOLOGÍA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE <i>Cedrela odorata</i> Y <i>Swietenia macrophylla</i> EN PLANTACIONES DE CACAO, EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO. ....</b>	<b>9</b>
2.1. Resumen.....	9
2.2. Introducción .....	10
2.3. Materiales y métodos.....	12
2.3.1. Área de estudio.....	12
2.3.2. Selección de las plantaciones.....	13
2.3.3. Selección y caracterización de árboles candidatos .....	13
2.3.3.1. Medición de las variables dasométricas de árboles.....	15
2.3.3.2. Recolecta de frutos.....	16
2.3.3.3. Caracterización de frutos y semillas .....	16
2.4. Análisis de datos.....	18
2.5. Resultados y discusión .....	18
2.5.1. Identificación de plantaciones .....	18
2.5.2. Caracterización de frutos y semillas.....	20
2.6. Conclusiones.....	26
2.7. Referencias bibliográfica.....	27

<b>3. CAPÍTULO III: CALIDAD DE SEMILLA Y CRECIMIENTO DE PLANTA DE CEDRO Y CAOBA EN FASE TEMPRANA DE VIVERO, EN LA CHONTALPA, TABASCO....</b>	<b>31</b>
3.1. Resumen .....	31
3.2. Introducción .....	32
3.3. Materiales y métodos.....	33
3.3.1. Área de estudio.....	33
3.3.2. Material vegetal.....	33
3.3.2.1. Colecta de frutos y calidad de semillas .....	34
3.3.2.2. Germinación y crecimiento de planta en vivero.....	34
3.3.2.3. Crecimiento de planta.....	36
3.3.2.4. Índice de calidad de planta .....	36
3.4. Análisis de datos.....	37
3.5. Resultados.....	37
3.5.1. Germinación y crecimiento de planta.....	37
3.5.1.1. Germinación de semilla.....	37
3.5.1.2. Crecimiento de la planta.....	40
3.5.1.3. Índices de calidad de planta .....	47
3.6. Conclusiones.....	49
3.7. Recomendaciones generales.....	50
3.8. Referencias bibliográficas.....	51
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio en el Plan Chontalpa, Huimanguillo, Tabasco. .....	<b>12</b>
2. Reunión con productores.....	<b>13</b>
3. Visita en parcelas de productores .....	<b>13</b>
4. Identificación de árboles candidatos.....	<b>15</b>
5. Árbol de categoría 3 .....	<b>15</b>
6. Frutos en ramas de árboles de caoba (izq.) y de árbol de cedro (Der.). .....	<b>16</b>
7. Frutos secos ya abiertos de caoba (izq.) y de cedro (der.).....	<b>17</b>
8. Cajas construidas para la germinación.....	<b>35</b>
9. Semillas de <i>S. macrophylla</i> sembradas.....	<b>35</b>
10. Porcentaje de germinación de semilla de <i>Cedrela odorata</i> de árboles de plantaciones de cacao de tres poblados del Plan Chontalpa Tabasco, México. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, $p>0.05$ ) ...	<b>38</b>
11. Efecto de sustratos en el porcentaje de germinación de semilla de <i>Cedrela odorata</i> . Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, $p>0.05$ ). S1: Tierra negra: Cachaza de caña (60:40), S2: Composta; S3: Tierra negra: Arena (60:40) y S4: Peat Moos: Agrolita (1:1).....	<b>38</b>
12. Porcentaje de germinación de semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> de árboles de plantaciones de cacao de tres poblados del Plan Chontalpa Tabasco, México. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, $p>0.05$ ). .....	<b>39</b>
13. Efecto de sustratos en el porcentaje de germinación de semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> . Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, $p>0.05$ ). .....	<b>40</b>

## LISTA DE CUADRO

<b>Cuadro 1.</b> Variables, características fenotípicas y asignación de puntajes para la selección de árboles candidatos a colecta de frutos. ....	<b>14</b>
2. Descripción de las categorías para seleccionar árboles candidatos. ....	<b>15</b>
3. Caracterización de árboles de <i>C. odorata</i> identificados en los poblados C-32, C-40 y C-41, Huimanguillo, Tabasco, México. ....	<b>19</b>
4. Medidas descriptivas de los árboles y cantidad de fruto colectado por árbol de <i>C. odorata</i> de los Poblados C-32, C-40, y C-41, Huimanguillo Tabasco, México. ....	<b>19</b>
5. Caracterización de árboles de <i>S. macrophylla</i> identificados en los poblados C-40 (Ernesto Aguirre Colorado) y del Poblado C-41 (Carlos A. Madrazo), Huimanguillo Tabasco, México. ....	<b>20</b>
6. Medidas descriptivas de los árboles y número de frutos por árbol de <i>S. macrophylla</i> del Poblado C-40 y C-41, Huimanguillo Tabasco, México. ....	<b>20</b>
7. Medidas descriptivas de frutos de <i>C. odorata</i> de los Poblados C-32, C-40 y C-41, Huimanguillo Tabasco, México. ....	<b>22</b>
8. Correlación de Pearson entre las variables morfométricas de frutos y producción de semillas de <i>Cedrela odorata</i> . ....	<b>23</b>
9. Medidas descriptivas de frutos de <i>S. macrophylla</i> del Poblado C 40 (Ernesto Aguirre Colorado) y del Poblado C 41 (Carlos A. Madrazo), Huimanguillo Tabasco, México. ....	<b>25</b>
10. Correlación de Pearson entre las variables morfométricas de frutos y producción de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> . ....	<b>25</b>
11. Análisis de Varianza en el efecto de los factores: fertilizante, sitio de colecta y sustrato y la interacción entre factores sobre variable Diámetro al Cuello de Raíz (DCR) y altura (At) de plantas de <i>Cedrela odorata</i> a los 15, 48 y 90 días después del transplante. ....	<b>42</b>
12. Comparación de medias Tukey en el efecto de procedencia, fertilizante y sustrato sobre diámetro al cuello de la raíz y Altura total de <i>Cedrela odorata</i> a los 15, 48 y 90 días después del transplante- ....	<b>43</b>

13. Análisis de varianza en el efecto de los factores: fertilizante, sitio de colecta y sustrato y la interacción entre factores sobre variable Diámetro al Cuello de Raíz (DCR) y altura (At) de plantas de <i>Swietenia macrophylla</i> a los 15, 48 y 90 días después del trasplante.....	45
14. Comparación de medias Tukey en el efecto de procedencia, fertilizante y sustrato sobre diámetro al cuello de la raíz y Altura total de <i>Swietenia macrophylla</i> a los 15, 48 y 90 días después del trasplante. ....	46
15. Análisis de Varianza en el efecto de la procedencia, fertilizante, sustrato y de su interacciones sobre el Índice de Calidad de Dickson para <i>Cedrela odorata</i> a los 90 días del trasplante.....	47
16. Comparación de medias Tukey en el efecto de la procedencia, fertilizante y sustrato sobre el Índice de Calidad de Dickson para <i>Cedrela odorata</i> a los 90 días del trasplante. ....	47
17. Análisis de Varianza en el efecto de la procedencia, fertilizante, sustrato y de su interacciones sobre el Índice de Calidad de Dickson para <i>Swietenia macrophylla</i> a los 90 días del trasplante. ....	48
18. Comparación de medias Tukey en el efecto de la procedencia, fertilizante y sustrato sobre el Índice de Calidad de Dickson para <i>Swietenia macrophylla</i> a los 90 días del trasplante.....	49

## 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es una especie caducifolia. Los árboles de cedro llegan a medir hasta 70 m de altura, con diámetro normal (DN) de 60 a 150 cm; su copa es ancha y redonda; las ramas más jóvenes tienen lenticelas redondas; sus frutos son cápsulas leñosas, que en estado inmaduro, son de color verde y al madurar se tornan café oscuro; abren en cinco carpelos de 4 a 7 cm de largo; el fruto se desprende una vez liberadas las semillas. El fruto es dehiscente tiene de 20 a 25 semillas pequeñas, alargadas y aladas (Morales y Herrera, 2009), por ser semillas aladas y livianas son dispersadas ampliamente por el viento (Barner *et al.*, 1983).

El cedro rojo es originario de América Tropical, se extiende desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán, llegando hasta el norte de Argentina (Alderete y Márquez, 2004); prospera en un clima cálido y semi-cálido (Arreola, 2013). En México se encuentra en forma silvestre en la selva tropical caducifolia, sub caducifolia, sub perennifolia, perennifolia, vegetación secundaria y en plantaciones a lo largo del trópico mexicano. Por su importancia comercial se han establecido plantaciones a nivel nacional (Gómez y Gómez *et al.*, 2007). En la región del Soconusco del estado de Chiapas el cedro destaca en los sistemas agroforestales (SAF) de cacao y café como árbol de sombra, también se usa como medicina, madera de construcción, y en huertos familiares (Soto *et al.*, 2008). En Tabasco es común como árbol de sombra en las plantaciones de cacao (Sánchez *et al.*, 2016).

La caoba (*Swietenia macrophylla* King. Meliaceae) es una especie caducifolia con valor maderable: Este valor originó la extracción selectiva y la tala clandestina de los mejores árboles, disminuyendo las poblaciones silvestres (Navarro, 2015). Sus frutos secos, tipo cápsula dehiscente tienen forma de pera. Las semillas son ovoides, comprimidas de 4 a 6 mm, cubiertas por un ala de color café, planas y corchosas; sus frutos se recolectan de diciembre a enero, y su madurez se reconoce cuando se abren y las semillas se dispersan (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2018); su corteza es medicinal, y su madera se usa en construcción y artesanías. Se presenta comúnmente como árboles dispersos en paisajes rurales antropizados como en las milpas, potreros, cercos vivos y sombra de café (Soto *et al.*, 2008). Durante su germinación y crecimiento inicial, toleran

la sombra, pero tienen gran predilección por la luz y no toleran el fuego; por lo tanto se considera una especie heliófila (Soto *et al.*, 2008). Biológicamente está adaptada para tolerar los trastornos de luz por perturbación de las áreas de selvas; su madera se considera preciosa por la calidad y facilidad de trabajar; se ha aprovechado en selvas de la península de Yucatán desde la época del Imperio Maya.

Las plantas de cacao habitan en sombras de selvas lluviosas del trópico mexicano y se distribuye de forma natural desde la Amazonia hasta el sureste de México al igual que, la caoba y el cedro (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021). En Perú la intensa actividad extractiva para ambas especies, originó una preocupación respecto a los estados poblacionales (Lombardi *et al.*, 2014). Lo anterior restringió el comercio y condicionó el aprovechamiento de madera de estas especies para no comprometer la supervivencia.

En México, una de las estrategias propuestas para rescatar y aprovechar especies como el cedro y la caoba es mediante el establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF) y Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA's). Por el aprovechamiento selectivo que presentan ambas especies pueden presentar erosión genética. Muestra de ello es la regulación sobre el comercio internacional de productos de cedro provenientes de Colombia, Guatemala y Perú incluidos en el Apéndice III de Cites (Márquez *et al.*, 2009).

La deforestación y fragmentación de recursos forestales, provocan pérdidas importantes en recursos forestales maderables y no maderables, además de hábitat de la fauna silvestre (Márquez *et al.*, 2021). Por tal razón, en el año 2003 *S. macrophylla* fue incluida en la Convención sobre el Comercio Internacional de las Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre y en el 2010 se ingresa a *C. odorata* en la NOM 059-2010-SEMARNAT, en estatus sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2010).

La deforestación ha sido alarmante en el estado de Tabasco; en el año 1940 se reportó una cobertura forestal de 1,210,000 ha (49.1 % de la superficie del Estado); para el año 1970 se reporta únicamente 314,921 ha (12.8 %), en el año 2015 quedaba sólo 3 % de su vegetación original, entre 2018 y 2019 desaparecieron 23,000 ha de cobertura forestal de acuerdo con la plataforma Global Forest Watch (Enciso, 2020). En la región Plan

Chontalpa, la deforestación con fines agropecuarios inciden en un 94 % en la pérdida de área forestal (Alejandro-Montiel *et al.*, 2010).

Para contrarrestar lo anterior, en el año 2019, inició el programa Gubernamental Sembrando Vida, que tiene como propósito generar empleo y garantizar a la población campesina el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional, fomentar la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra, con obras de infraestructura, insumos, créditos, servicios de capacitación y asistencia técnica (Secretaría de Bienestar, 2019). El programa fortalece las economías rurales y aporta a la autosuficiencia alimentaria, particularmente en comunidades indígenas, e intensifica la diversificación de cultivos donde se intercalan especies maderables, frutales y agroindustriales y entre las asociaciones de cultivos están el cacao, café, palma de coco, canela y achiote, en conjunto con los maderables caoba, cedro y hule (SADER, 2021).

Sin embargo, se ha observado que las semillas son recolectadas de árboles que no cumplen con las características fenotípicas y genotípicas de calidad como árboles padre, lo que no garantiza calidad de plantas. Por ello, la importancia de conocer las características que debe cumplir un árbol semillero. Dado el auge del programa en torno a la siembra de árboles, los viveros federales no han sido suficientes para la producción de planta requerida. Los ejidos se han organizado para construir sus propios viveros para la producción de plantas. Por ello la caracterización morfológica de frutos y la evaluación de la calidad de semillas nos darán pauta para generar cálculos de tasa de aprovechamiento y hacer propuestas para establecimiento de UPGF y así favorecer el manejo integral de *C. odorata* y *S. macrophylla*. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue caracterizar morfológicamente el germoplasma de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*), determinar su producción, viabilidad y calidad de las plantas en vivero.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. General**

Caracterizar morfológicamente el germoplasma de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) de plantaciones de cacao y determinar su producción, viabilidad y calidad de planta en vivero.

### **1.1.2. Particulares**

- Caracterizar morfológicamente los frutos y semillas de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* de plantaciones de cacao de tres poblados del Plan Chontalpa, Tabasco
- Evaluar la producción potencial de frutos y semillas de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* de plantaciones de cacao, en la Chontalpa, Tabasco.
- Evaluar el efecto de sustratos y fertilizante en relación a la germinación y calidad de plantas sobre el crecimiento de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* en fase temprana de vivero.

## 1.2. Hipótesis

- a) Los frutos de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* no poseen la misma tendencia en medidas de diámetro y longitud en los sitios de colecta del Plan Chontalpa, Tabasco.
- b) La producción potencial de semillas de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*, es diferente en los sitios de colecta del plan Chontalpa, Tabasco.
- c) El efecto de todos los sustratos es diferente sobre el crecimiento de plantas de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*, en fase temprana de vivero.

### 1.3. Referencias

- Alderete ChÁ, Márquez RJ (2004). Variación de frutos de *Cedrela odorata* L y determinación de su potencial y eficiencia de producción de semillas en el estado de Campeche, México. *Foresta veracruzana*. 6(1). 5-8.
- Alejandro-Montiel C, Galmiche-Tejeda Á, Domínguez-Domínguez M y Rincón-Ramírez JA (2010). Cambios en la cubierta forestal del área ecoturística de la reserva ecológica de Agua Selva, México. *Tropical and Subtropical*.
- Arreola CJ (2013). Producción de árboles maderables en viveros cedro (*Cedrela odorata*L). Tesis de Ingeniero en Agroecología, Torreón, Coahuila.
- Avendaño-Arrazate CH, Suárez-Venero GM, Mendoza-López A, Martínez-Bolaños M, Reyes-Reyes J y Espinosa-Zaragoza S (2021). Composición arbórea de especies asociadas al cacao: Selva lacandona y sistemas agroforestales, Chiapas, México. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 365-381. doi:10.15517/am.v32i2.41630.
- Barner H, Willian RL, Robbins AMJ, Gopal M y Pattanath PG (1983). Unidades de recolección de semillas: Zonas semilleras. Humlebaek, Dinamarca.
- Enciso AL (17 de noviembre de 2020). Deforestación incrementa la vulnerabilidad en el sureste. Política. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/2020/11/17/politica/003n2pol>.
- Gómez y Gómez Apolinar HM, González RJ, Díaz MR y Peña, R. J. (2007). Establecimiento de la dosis letal media en cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) para dos agentes de selección: kanamisisina e higromicina. Morelia, Michoacán: XXI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.
- Lombardi I, Garnica C, Carranza J, Barrena V, Ortiz H, Gamarra J y Ponce B (2014). Evaluación de la recuperación de las poblaciones naturales de caoba y cedro en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.

- Márquez RJ, Cruz JH, Alba-Landa J, Mendizábal-Hernández LdC, Ramírez-García, EO, Grajales AEA (2021). Variación de semillas de *Cedrela odorata* L. en dos sitios de La Balsa, Veracruz, México. *Foresta veracruzana*. 23 (1).
- Márquez RJ, Mendizábal-Hernández LdC; Cruz VG, Ramírez-García E (2009). Evaluación de una prueba de procedencias/progenie de *Cedrela odorata* L. establecida en Emiliano Zapata, Veracruz, México. *Foresta veracruzana*. 11 (1). 7-12.
- Morales OE y Herrera TL (2009). CEDRO (*Cedrela odorata* L.) Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje. Yucatán: CONAFOR.
- Navarro MM. (2015). Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Xalapa-Enríquez, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Rojas-Rodríguez F y Torres-Córdoba G (2012). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Árbol de fuego. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 6(17). 70–72.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). Por su alta demanda en los mercados, el cacao contribuirá en la recuperación económica: Agricultura. Ciudad de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/por-su-alta-demanda-en-los-mercados-el-cacao-contribuira-en-la-recuperacion-economica-agricultura?idiom=es>.
- Sánchez GF, Pérez-Flores J, Obrador OJ, Sol SÁ y Ruiz-Rosado O (2016). Árboles de madera en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 14. 2711-2723.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo

Soto PL, Jiménez F y Lerner MT (2008). Diseño de sistemas agroforestales para la producción y la conservación. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas: Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

## **2. CAPÍTULO II: MORFOLOGÍA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE *Cedrela odorata* Y *Swietenia macrophylla* EN PLANTACIONES DE CACAO, EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO.**

### **2.1. Resumen**

Los rodales semilleros no tienen tratamiento de mejora genética; sin embargo, ayudan a obtener germoplasma en cantidad y calidad. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar los frutos y semillas de árboles seleccionados en plantaciones de cacao de los poblados C-32 (Francisco Trujillo Gurria), C-40 (Ernesto Aguirre Colorado) y C-41 (Carlos A. Madrazo), del Plan Chontalpa, Huimanguillo Tabasco. Se colectaron frutos de 20 árboles de cedro y dos de caoba. De cedro, se tomaron 100 frutos de cada árbol, de caoba fueron considerados todos los frutos colectados en cada poblado; 59 en el C-40 y 191 en el C-41. Los frutos de ambas especies fueron medidos en diámetro y longitud y cuantificado su número de semillas. Los datos fueron analizados con el programa InfoStat mediante una prueba de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Los frutos de cedro del Poblado C-32, presentaron mayor tamaño promedio; 3.46 cm de longitud y 1.81 cm de diámetro, 25 semillas viables, 26 semillas vanas y 49 semillas totales por fruto; sin embargo, la Eficiencia de Producción de Semillas (EPS) fue mayor en el Poblado C-41 con un porcentaje de 53%. Los frutos de caoba, con máxima longitud de 13.75 cm de largo y 8.37 cm de diámetro fueron los colectados en el Poblado C-40, presentando 54 semillas viables, 23 semillas vanas y 64 semillas totales; así mismo, presentando la mejor EPS, 80%.

## 2.2. Introducción

La importancia del cedro (*Cedrela odorata* L.) y la caoba (*Swietenia macrophylla* King), está en su valor maderable. El cedro destaca por el color y fragancia de la madera; además de la facilidad para elaborar artículos de ebanistería (Márquez *et al.*, 2005), después de la caoba, el cedro es la segunda especie de madera preciosa con mayor importancia comercial en las regiones tropicales y subtropicales de México y de América Latina (Velasco-García *et al.*, 2022).

La caoba durante siglos ha sido sometida a un intenso aprovechamiento para su comercio nacional e internacional disminuyendo drásticamente las poblaciones silvestres en la gran mayoría de los países de origen (CONABIO, 2017); la extracción selectiva y la tala clandestina han disminuido las poblaciones, siendo los árboles adultos los más afectados y, por ende, el suministro de semillas (Navarro, 2015). Esta situación, en el año 2003 llevó a la inclusión de la caoba en la Convención sobre el Comercio Internacional de las especies amenazadas de Fauna y Flora Silvestre y en 2011 *C. odorata* ingresó en la NOM 059-2010-SEMARNAT, como especie en estatus sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2010).

Cuando aumentan las áreas de forestación y reforestación aumenta la demanda de semillas, por ello se requiere abastecimiento de semillas que cuenten con calidad en función del objetivo de reforestación (SEMARNAP, 1998). Las semillas tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen (Doria, 2010); son la fuente más importante de germoplasma primario y hasta el momento son la principal forma de reproducción de las especies forestales maderables (Magnitskiy y Plaza, 2007).

Mediante el análisis se evalúan características físicas y biológicas, es así como se asigna un valor y determina la cantidad y calidad de semilla producida en un área determinada (Bustamante *et al.*, 2012). Una solución para obtener semilla de calidad a corto plazo y a bajo costo, es detectar o establecer zonas con condiciones aceptables para la producción de semillas de buena calidad, como son los rodales y huertos semilleros.

Los rodales semilleros no tienen tratamiento de mejora genética; sin embargo, ayudan a obtener germoplasma en cantidad y calidad en los bosques y selvas. Además de

conservar *in situ* los recursos genéticos de áreas remanentes de especies prioritarias y amenazadas (Gutiérrez-Vázquez y Flores-Montaño, 2017). A diferencia de las Unidades Productoras Germoplasma Forestal (UPGF) donde se pretende obtener semilla con ganancia genética que permita incrementar la sobrevivencia y calidad de los trabajos de reforestación.

La identificación y selección de árboles superiores; es decir, individuos fenotípicamente sobresalientes en características de interés económico, es con la finalidad de usarlos como progenitores en programas de mejoramiento y de producción (Ipinza, 1998). Además, es el inicio y la base fundamental de un programa de mejoramiento genético forestal, el rigor de selección dará pauta a la mejora genética (Vallejos *et al.*, 2010).

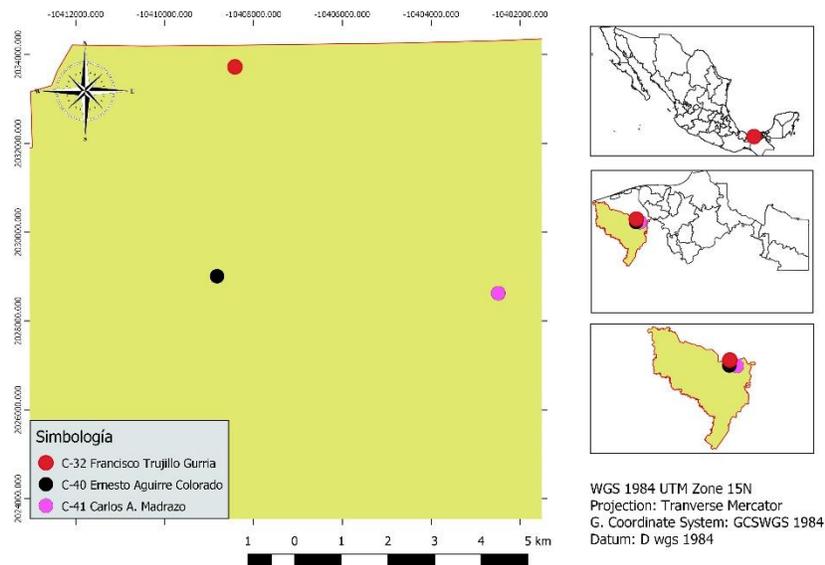
El mejoramiento genético de árboles forestales se ha basado en la selección de árboles padre y en la evaluación de procedencias; estas evaluaciones en cedro y caoba se han concentrado en buscar resistencia al barrenador *Hypsipyla grandella* que ataca a estas especies.

El uso irracional de los recursos naturales es un problema; sin embargo, Ogata (2018) menciona que los sistemas agroforestales (SAF) diversificados son una alternativa de mitigación, sus principales beneficios son: el alimento, la medicina, leña y construcción siendo el cedro, caoba y roble (*Tabebuia rosea* Bertol) las especies de madera más usadas en los SAF de Tabasco. Moreno-Calles *et al.*, (2013) describen a los SAF, como un sistema donde se preservan componentes forestales leñosos y perennes. Las especies arbóreas en el SAF-cacao (*Theobroma cacao* L.) juegan un papel importante para la conservación de la biodiversidad y disponibilidad de germoplasma en la Región de la Chontalpa, Tabasco, México (Sánchez, 2012). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológicamente los frutos y semillas y evaluar la producción potencial de semillas de *C. odorata* y *S. macrophylla* en plantaciones de cacao de tres poblados del Plan Chontalpa, Tabasco.

## 2.3. Materiales y métodos

### 2.3.1. Área de estudio

El presente trabajo tuvo lugar en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, que colinda al Norte y Este con Cárdenas y el estado de Chiapas; al Sur con la zona interestatal Tabasco-Chiapas y los estados de Chiapas y Veracruz; al Oeste con Veracruz (INEGI, 2005). Tiene un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), con una temperatura media anual de 26.2 °C, con una máxima media mensual de 30.6 °C en el mes de mayo y una máxima absoluta de 45 °C y una precipitación media anual de 2,290 mm (SEMARNAT, 2010); Huimanguillo se posiciona en la Llanura Aluvial del estado; es decir en la Planicie Costera del golfo en un área plana de origen aluvial, con sedimentos profundos del Cuaternario Reciente principalmente, los sedimentos fueron acarreados por numerosos ríos y arroyos que surcan la zona a partir del intemperismo de las rocas de la Sierra y de la erosión de los suelos de las Zonas de Lomeríos (Palma-López *et al.*, 2007). El Aluvión corresponde a la era Cenozoica del periodo cuaternario con 0.01 millones de años de formación (GSM, 2005). En la figura 1, se observa los poblados donde se realizó la colecta de frutos.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio en el Plan Chontalpa, Huimanguillo, Tabasco.

### 2.3.2. Selección de las plantaciones

La selección de plantaciones de cacao con árboles candidatos a colecta de frutos de cedro y caoba se realizó en los Poblados C-32 (Francisco Trujillo Gurria), C-40 (Ernesto Aguirre Colorado) y C-41 (Carlos A. Madraza) del Plan Chontalpa, específicamente del municipio de Huimanguillo, Tabasco, previa comunicación y autorización con los ejidatarios y el Comisariado Ejidal de cada ejido.

Para la identificación e ingreso a las plantaciones de cacao, se realizó un acercamiento a las autoridades ejidales, productores y técnicos del programa Sembrando Vida. Se preguntó quiénes de los productores tenían en sus plantaciones árboles de cedro y caoba como sombra y su disposición para colaborar en el proyecto. Posteriormente se programaron reuniones para acordar las visitas a las plantaciones de cada participante (Figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Reunión con productores



**Figura 3.** Visita en parcelas de productores

### 2.3.3. Selección y caracterización de árboles candidatos

La densidad de árboles de cedro y caoba se obtuvo mediante entrevistas a los ejidatarios antes de acceder a las plantaciones de cacao. Para la selección de árboles se tomaron en cuenta todos los árboles presentes en cada plantación y se caracterizaron fenotípicamente (Figura 4 y 5). Los árboles candidatos para la colecta de frutos fueron los de categoría 1 y 2 de acuerdo a CONAFOR (2016) como se muestra en los cuadros 1 y 2.

**Cuadro 1.** Variables, características fenotípicas y asignación de puntajes para la selección de árboles candidatos a colecta de frutos.

<b>ID</b>	<b>Variable</b>	<b>Características fenotípicas</b>	<b>Puntaje</b>
1	Formas del fuste	Recto (con contrafuerte, acanalado, cilíndrico)	6
		Ligeramente sinuoso (Curva escasa en 1 o 2 planos)	4
		Torcido (curva extrema en un plano)	2
		Muy torcido (Curva extrema en más de un plano)	1
2	Bifurcaciones	No bifurcado	6
		Bifurcado en el 1/3 superior	4
		Bifurcado en el 1/3 medio	2
		Bifurcado en el 1/3 inferior	1
3	Inserción de ramas	Ángulo de inserción de 60° a 90° (Pocas y gruesas)	6
		Ángulo de inserción de 30° a 60° (Pocas)	4
		Ángulo de inserción de 0° a 30° (Muchas y delgadas)	2
4	Número de ramas	Pocas y gruesas en el 1/3 superior	6
		Pocas y delgadas en el 2/3 medio	4
		Muchas y delgadas desde el 1/3 bajo	2
5	Forma de copa	Circular redondeada	6
		Circular irregular	5
		Medio círculo	4
		Menos de medio círculo	3
		Pocas ramas	2
		Solo rebrotes	1
6	Vigor de copa	Bueno (Follaje denso y verde intenso de más de 10 m de diámetro)	6
		Regular (Follaje menos denso de color verde amarillento, de 5 a 10 m de diámetro)	4
		Malo (Follaje ralo amarillento, de menos de 5 m de diámetro)	2
7	Posición en dosel	Dominante	6
		Codominante	4
		Intermedio	2
		Suprimido	1
8	Plagas, enfermedades y daños físicos	Ninguno	7
		Descortezadores	6
		Barrenadores	5
		Defoliadores	4
		Plantas parásitas	3
		Hongos	2
		Daños físicos	1

**Cuadro 2.** Descripción de las categorías para seleccionar árboles candidatos.

<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Descripción</b>
1	33-49	Árboles excelentes, rectos, sin bifurcaciones, pocas ramas gruesas en el tercio superior, copa circular, buen vigor, dominantes o codominantes, libres de plagas y enfermedades y buenos productores de semillas.
2	25-32	Árboles buenos, ligeramente torcidos, bifurcaciones, pocas ramas gruesas y delgadas desde el tercio medio, copa medio circular, vigor regular, dominantes o codominantes, libres de plagas y enfermedades, con algunos daños físicos y regulares productores de semillas.
3	<25	Árboles indeseables, muy torcidos, con bifurcaciones bajas en varios planos, muchas ramas desde el primer tercio, copa menos de medio círculo, vigor malo, intermedio o suprimido, con presencia de plagas y enfermedades, con daños físicos y malos productores de semillas.



**Figura 4.** Identificación de árboles candidatos



**Figura 5.** Árbol de categoría 3

### **2.3.3.1. Medición de las variables dasométricas de árboles**

Las plantaciones seleccionadas fueron geo-referenciadas con GPS Garmin eTrex 20, y en cada una se registraron todos los árboles de cedro y caoba presentes, tomando en cuenta las características fenotípicas descritas en el cuadro 1 (altura total y diámetro normal), y fueron enumerados consecutivamente con pintura de aerosol.

La altura total (At), se midió con un Clinómetro Suunto®; se tomó una distancia similar a la altura del árbol (10, 15, 20, 25 y 30 m) y desde ese punto se realizó una medida a la base y la otra a la parte apical del árbol, para obtener la At, se sumaron las dos medidas

(Muñoz *et al.*, 2014). El diámetro normal (DN) se obtuvo con una cinta diamétrica, Forestry Suppliers® y fue tomada a 1.3 m de altura de cada árbol.

### 2.3.3.2. Recolecta de frutos

Antes de iniciar la recolección de frutos, el equipo participante, se informó y familiarizó con la fenología del cedro y de la caoba, principalmente cuando los árboles se defolian y fructifican, como se observa en la figura 6 (CONAFOR, 2016).



**Figura 6.** Frutos en ramas de árboles de caoba (izq.) y de árbol de cedro (Der.).

Para coleccionar los frutos, una persona ascendió a cada uno de los árboles seleccionados; el ascenso fue con ayuda de cuerda, escalera y equipo de escalamiento. De cada árbol, se recolectó la mayor cantidad de frutos alcanzados utilizando extensores y cuchillas cortadoras. Con la finalidad de facilitar el levantamiento de los frutos, previo al corte, el suelo se cubrió con plásticos de 4 x 8 m. Los frutos de cada árbol fueron separados en costales y se identificaron con el nombre del productor y el número de árbol correspondiente para facilitar su transporte y manejo. Posteriormente los frutos se sacaron de los costales, para que no guardara humedad y proceder con su caracterización.

### 2.3.3.3. Caracterización de frutos y semillas

#### ***Cedrela odorata***

Para estimar la producción de frutos por árbol; los frutos recolectados se pesaron en conjunto en una balanza; posteriormente, de forma aleatoria se seleccionaron 100 frutos

por árbol, estos fueron medidos en diámetro y longitud; cada uno fue puesto en bolsas de papel, para tener un control sobre las semillas al momento de abrir los frutos. Cada bolsa fue identificada con las iniciales del nombre del productor, el número de árbol colectado y el número consecutivo de frutos. Los datos fueron anotados en un formato diseñado para la actividad (Anexo 2).

### ***Swietenia macrophylla***

Los frutos de los árboles de caoba, fueron medidos y cuantificado su número de semillas, dado que el número de árboles colectados fue menor comparado con los de cedro.

Cada fruto fue puesto en bolsa de papel, para un mejor control en el conteo de semillas. Cuando los frutos secaron y abrieron de forma natural (Figura 7), se procedió al conteo de semillas, para obtener el total de producción de semillas por frutos. Siguiendo la descripción de Márquez-Ramírez *et al.*, (2019), las semillas fueron separadas en desarrolladas y no desarrolladas.



**Figura 7.** Frutos secos ya abiertos de caoba (izq.) y de cedro (der.)

Las semillas de los frutos de caoba fueron contadas al 100% y las de cedro las de los 100 frutos por árbol, seleccionados al azar. La eficiencia de producción de semillas se calculó de acuerdo a (Alderete y Márquez, 2004), quienes indican que la productividad del fruto puede variar de 0 a 100%. La ecuación fue:

$$EPS = \frac{NSV}{NST} * 100$$

Dónde:

EPS = Eficiencia de producción de semillas.

NSV= Número de Semillas Viables.

NST = Número de Semillas Totales.

Después de contar las semillas de cada árbol colectado se tomaron 100 semillas al azar y se midió la longitud.

## **2.4. Análisis de datos**

Los datos de diámetro de fruto (cm), largo de fruto (cm), semillas viables, semillas vanas y semillas totales fueron analizados con el programa InfoStat, mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias de (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), previa prueba de normalidad y homogeneidad de varianza y de su transformación cuando fue necesaria.

## **2.5. Resultados y discusión**

### **2.5.1. Identificación de plantaciones**

#### ***Cedrela odorata***

En 14 de las 17 plantaciones de cacao visitadas se presentó cedro como árbol de sombra en el municipio de Huimanguillo, en el Plan Chontalpa, Tabasco.

En total se registraron 255 árboles, 166 en 4 plantaciones del poblado C-41, 49 árboles en dos plantaciones del C-40 y 40 árboles en 4 plantaciones del poblado C-32. El poblado C-41 reportó mayor número de árboles de categoría 1 con 155 individuos, C-40 con 44 y C-32 con 40 árboles (Cuadro 3). El mayor número de árboles de categoría 1 registrado en el poblado C-41 fue por el manejo silvícola que realizaron los productores como la poda de formación y también por el número de plantaciones (8) y árboles (166) estudiados.

**Cuadro 3.** Caracterización de árboles de *C. odorata* identificados en los poblados C-32, C-40 y C-41, Huimanguillo, Tabasco, México.

Poblado	N° de productores	N° de árboles	N° de Árboles por Categoría	Altura (m)		DN (cm)	
				Mín.	Máx.	Mín	Máx
C-32	4	40	1 (40)	11	20	23	72
C-40	2	49	1 (44) y 2 (5)	11	22	13	55
C-41	8	166	1 (155), 2(10) y 3 (1)	6	25	12	75

Dn., Diámetro normal, Mín. mínimo, Máx. Máximo.

De los 255 árboles registrados, en 20 se colectaron frutos, ocho en el poblado C-32, dos en el C-40 y 10 en el C-41. En el cuadro 4, se describe la cantidad (Kg) de frutos recolectados por cada árbol; en el poblado C-41 se registró un peso promedio 26.6 kg por árbol y los poblados C-32 y C-40 un peso promedio de 24.5 kg por árbol. En el poblado C-41 se registró el árbol con mayor peso de frutos con 45 kg. En promedio cada kilogramo tenía 160 frutos.

**Cuadro 4.** Medidas descriptivas de los árboles y cantidad de fruto colectado por árbol de *C. odorata* de los Poblados C-32, C-40, y C-41, Huimanguillo Tabasco, México.

Poblado	N° de árboles	Diámetro normal (cm)	Altura (m)	Frutos (kg)	Diámetro de copa (m)
C-32	1	40	13	23.0	17.4
	2	31	14	24.0	11.5
	3	48	13	25.0	15.8
	4	24	14	20.0	10.8
	5	40	14	20.0	12.6
	6	46	15	24.5	14.7
	7	36	16	32.0	19
	8	32	14	27.5	22
C-40	1	38	14	23.0	11.6
	2	40	22	26.0	18.8
C-41	1	37	16	30.0	18.1
	2	26	10	33.0	12.5
	3	75	25	24.0	22
	4	56	23	45.0	15.5
	5	34	16	23.0	12.7
	6	28	17	22.0	12
	7	32	18	30.0	11.3
	8	46	16	22.0	11.3
	9	43	21	18.0	12.9
	10	45	22	19	13.3

### ***Swietenia macrophylla***

Únicamente en los Poblados C-40 (Ernesto Aguirre Colorado) y C-41 (Carlos A. Madrazo), se localizaron árboles de caoba. En el cuadro 5 se observan, las características de los 30 árboles registrados; es decir, su categoría, altura y diámetro normal, mínimo y máximo en cada Poblado.

**Cuadro 5.** Caracterización de árboles de *S. macrophylla* identificados en los poblados C-40 (Ernesto Aguirre Colorado) y del Poblado C-41 (Carlos A. Madrazo), Huimanguillo Tabasco, México.

Poblado	N° de productores	N° de arboles	Categoría	Altura (m)		DN (cm)	
				Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
C-40	2	24	1 (23) y 2 (1)	10	19	9	63.7
C-41	2	6	1 (6)	11	22	23	140

De los 30 árboles registrados, se colectaron frutos de dos árboles: uno en el poblado C-40 y uno en el poblado C-41. Del poblado C-41 se recolectaron 191 frutos y del C-40 59 frutos (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Medidas descriptivas de los árboles y número de frutos por árbol de *S. macrophylla* del Poblado C-40 y C-41, Huimanguillo Tabasco, México.

Variable	Poblado C-40	Poblado C-41
Altura (m)	15	13
DN (cm)	120	140
Diámetro de copa (m)	15	19
Frutos colectados	59	191

### **3.5.2. Caracterización de frutos y semillas**

#### ***Cedrela odorata***

En el poblado C-32 se registró mayor número de semillas promedio por fruto con 49 de las cuales 25 (51%) fueron desarrolladas (Cuadro 7). Este resultado fue superior en comparación del estudio de Rodríguez *et al.* (2001) quien reportó un promedio de 43 semillas totales y 21 vanas; el peso de sus frutos presentó mayor coeficiente de variación y mayor eficiencia en la producción de semillas, tuvo homogeneidad en el ancho de frutos

y potencial de producción de semillas. También se presentó diferencia de producción de semillas con Márquez *et al.*, (2020), quien menciona 39.9 semillas por fruto. Así mismo, se presenta diferencia de producción con Alderete y Márquez (2004) quienes encontraron 42.35 semillas por fruto con una eficiencia de producción de frutos del 56.35%; este porcentaje de eficiencia es mayor a la de los poblados del Plan Chontalpa, en tanto que se encontró eficiencias de producción de 53% en el poblado C-41, 51% en el C-32 y 48% en el poblado C-40. Estas producciones son inferiores a lo reportado por Márquez *et al.* (2020), quien cita una eficiencia de producción de semillas de 58.86%.

Los frutos con mayor longitud se encontraron en los poblados C-32 y C-40 con 3.4 cm promedio, y el menor valor en el C-41 con 3.2 cm. El Poblado C-32, presentó mayor tamaño de frutos promedio con 3.46 cm de longitud y 1.81 cm de ancho (Cuadro 7); el valor en longitud es superior pero en diámetro es menor respecto a los resultados registrados por Márquez *et al.* (2020), con frutos colectados en sitios y progenies establecidas en el ejido La Balsa de Emiliano Zapata, Veracruz; ya que recolectó frutos de 3.25 cm largo y 1.87 cm en diámetro; también son mayor a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2001); quien obtuvo frutos de 3.34 cm de longitud y 1.82 cm de ancho, en un área natural de la localidad La Antigua en Veracruz. Alderete y Márquez (2004), colectaron frutos en el área de delta de los ríos Grijalva y Usumacinta, con dimensiones similares en longitud y mayores en diámetro a los del Poblado C-40 (Cuadro 7), ya que reportan frutos de 3.42 cm de longitud y 1.97 cm de ancho. Mendizábal-Hernández *et al.* (2013), reportan un promedio de 3.25 cm en longitud y 1.80 en diámetro de frutos colectados en tres sitios del estado de Veracruz.

En el poblado C-40 se registró el mayor número de semillas viables (25); con un promedio de 25 semillas por fruto, equivalente el 52% de las semillas por fruto y el menor valor se registraron en el poblado C-41 con 23 semillas por fruto, representando el 48 % del total de las semillas (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Medidas descriptivas de frutos de *C. odorata* de los Poblados C-32, C-40 y C-41, Huimanguillo Tabasco, México

Variable*	Poblado	Media	D.E	Mín.	Máy.
Diámetro de fruto (cm)	C-32	1.81 b	0.17	1.10	3.20
	C-40	1.78 b	0.10	1.50	2.10
	C-41	1.74 a	0.22	1.20	3.70
Largo de fruto (cm)	C-32	3.46 b	0.33	2.30	4.20
	C-40	3.42 b	0.27	2.70	3.90
	C-41	3.21 a	0.45	1.90	4.30
N° de semillas viables	C-32	24.37 b	5.51	8.00	41.00
	C-40	25.12 b	3.29	14.00	36.00
	C-41	22.76 a	5.72	0.00	37.00
N° de semillas vanas	C-32	24.99 b	5.61	10.00	49.00
	C-40	23.19 a	3.43	9.00	32.00
	C-41	25.71 b	5.37	0.00	55.00
N° de semillas totales	C-32	49.36 b	6.42	22.00	69.00
	C-40	48.30 a	3.31	31.00	59.00
	C-41	48.46 a	4.05	21.00	64.00

D.E.: Desviación estándar. Mín.: Mínimo. Máx.: Máximo. Valores con letras iguales (por variable) son estadísticamente iguales (Tukey  $p \leq 0.05$ ).  $n=100$ .

En el cuadro 8 se describe la diferencia estadística significativa ( $p < 0.001$ ) de correlación de Pearson entre las variables morfológicas de frutos y producción de semillas de *Cedrela odorata*; en los frutos del poblado C-32 se encontró una correlación altamente significativa; las variables con mayor correlación fueron ancho de fruto vs largo de fruto (0.59) y semillas vanas vs semillas totales (0.59). En el poblado C-40, no se observó ninguna correlación mayor al 50% entre las variables estudiadas y en el Poblado C-41 las variables con mayor correlación fueron ancho de fruto vs largo de fruto (0.77).

**Cuadro 8.** Correlación de Pearson entre las variables morfométricas de frutos y producción de semillas de *Cedrela odorata*.

		<i>Cedrela odorata</i>					
		C-32		C-40		C-41	
Variable 1	Variable 2	Pearson	p-valor	Pearson	p-valor	Pearson	p-valor
Ancho de fruto (cm)	Largo de fruto (cm)	0.59	<0.0001	0.48	<0.0001	0.77	<0.0001
	Semillas viables	0.39	<0.0001	0.28	<0.0001	0.19	<0.0001
	Semillas vanas	0.22	<0.0001	-0.20	0.0055	-0.12	0.0001
	Semillas totales	0.52	<0.0001	0.08	0.26	0.11	0.0004
Largo de fruto (cm)	Semillas viables	0.48	<0.0001	0.17	0.0165	0.21	<0.0001
	Semillas vanas	0.11	0.0028	-0.24	0.0007	-0.17	<0.0001
	Semillas totales	0.51	<0.0001	-0.08	0.2719	0.08	0.0134
Semillas viables	Semillas vanas	-0.33	<0.0001	-0.52	<0.0001	-0.74	<0.0001
	Semillas totales	0.06	<0.0001	0.46	<0.0001	0.44	<0.0001
Semillas vanas	Semillas totales	0.59	<0.0001	0.52	<0.0001	0.29	<0.0001

### **Medidas de semillas**

Longitud de semillas de los poblados: C-32, Semilla con ala 16.95 mm mínimo, máximo 30.28 mm y promedio de 24.53 mm, sin alas 5.49 mm mínimo, máximo 12.28 mm y en promedio 8.75 mm. En el poblado C-40 mínimo 18.75 mm y máximo 31.23 mm, con promedio de 24.77 mm y sin alas 6.37 mm mínimo, máximo 10.67 y un promedio de 8.62; En el poblado C-41, se presenta mínimo de 8.61 mm, máximo de 30.35 mm y promedio de 22.53 mm respecto a semillas sin alas mínimo de 5.02 mm, máximo de 11.41 mm y promedio de 8.17 mm. Se observa que las semillas del plan Chontalpa, son de menor tamaño a las colectadas por Alderete *et al.* (2005) en Campeche y Tabasco, puesto que presentan 26 mm de longitud.

### ***Swietenia macrophylla***

De las tres comunidades de estudio, sólo en dos se encontró árboles de *S. macrophylla*; Poblado C-40, la plantación cuenta con 15 árboles, 10 de ellos con características fenotípicas sobresalientes, mismos que tenían frutos; pero, derivado de la demanda de semillas por parte del Programa Sembrando Vida, los participantes del programa recolectaron los frutos días antes de lo acordado y eso permitió sólo recolectar 59 frutos en un árbol. Poblado C-41, únicamente se ubicó una plantación con un solo árbol, del cual se recolectaron 191 frutos.

Respecto al número de semillas, en el Poblado C-40 se encontró un promedio de 52 semillas por frutos (Cuadro 9), lo que indica que, es un promedio mayor a los reportado por Niembro *et al.* (2007), él reportó frutos con promedio de 48.9 semillas desarrolladas, máximo de 54.9 y mínimo de 34.5 semillas. De igual manera, y comparado con lo reportado por este autor, las semillas vanas de los frutos colectados en los poblados C-40 (13) y C-41 (23) son superiores al mínimo de 7.4 semillas, máximo de 22.7, con promedio de 13.71.

En relación a la producción de semillas totales, se encuentra dentro del rango del reporte de Niembro (1998), quien encontró entre 54 a 89 semillas por frutos, lo más largos y anchos presentaron mayor número de semillas desarrolladas.

La eficiencia de producción de semillas es de 80% para el C-40 y 63% para el C-41.

En este estudio los frutos con mayor dimensión se presentaron en el Poblado C-40 con dimensiones de 13.75 cm y 8.37 en longitud y diámetro respectivamente; siendo menores a los obtenidas por De la Cruz y Mendizábal (2004), quienes reportan promedio de 25.63 cm en longitud y 15.8 cm en diámetro por fruto en una colecta realizada en un área de distribución que comprendió una extensión cercana a los 400 kilómetros de longitud, en el estado de Campeche; también son de menor tamaño al estudio de 20 familias con media de 17.30 cm en longitud y 8.76 cm en diámetro reportado por Niembro *et al.* (2007).

**Cuadro 9.** Medidas descriptivas de frutos de *S. macrophylla* del Poblado C 40 (Ernesto Aguirre Colorado) y del Poblado C 41 (Carlos A. Madrazo), Huimanguillo Tabasco, México.

Variable	C-40*				C-41**			
	Media	D.E	Mín.	Máx.	Media	D.E	Mín.	Máx.
Ancho (cm)	8.37 b	0.42	6.90	9.10	8.01 a	0.44	6.70	9.10
Largo (cm)	13.75 a	0.89	12.10	16.00	13.72 a	1.08	9.40	17.70
N° de semillas viables	52 b	7.20	20.00	59.00	39 a	8.23	4.00	55.00
N° de semillas vanas	13 a	5.87	5.00	37.00	23 b	7.99	7.00	45.00
N° de semillas totales	65 b	3.73	56.00	72.00	62 a	4.87	17.00	73.00

\*59 frutos y \*\* 191 frutos. Mín. Mínimo. Máx. Máximo. D.E. Desviación estándar. Valores con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales (Tukey  $P < 0.05$ ).

En el cuadro 10, se describe la diferencia estadística significativa ( $p < 0.001$ ) de correlación de Pearson entre las variables morfométricas de frutos y producción de semillas de *S. macrophylla*; en los frutos del poblado C-40 las variables con mayor correlación de Pearson fueron semillas viables vs semillas vanas (0.60) y una correlación negativa de semillas vanas vs semillas totales (-0.86) y en el Poblado C-41, la mayor correlación fue ancho de fruto vs largo de fruto (0.54) y una negativa entre semillas vanas y semillas totales (-0.82).

**Cuadro 10.** Correlación de Pearson entre las variables morfométricas de frutos y producción de semillas de *Swietenia macrophylla*.

<i>Swietenia macrophylla</i>					
		C-40		C-41	
Variable 1	Variable 2	Pearson	p-valor	Pearson	p-valor
Ancho de fruto (cm)	Largo de fruto (cm)	0.38	0.0034	0.54	<0.0001
	Semillas viables	0.33	0.0101	0.09	0.1991
	semillas vanas	0.49	0.0001	0.12	0.1074
	Semillas totales	-0.4	0.002	-0.06	0.3832
Largo de fruto (cm)	Semillas viables	0.12	0.3565	-2.00E-03	0.9776
	Semillas vanas	0.33	0.0115	0.07	0.3057
	Semillas totales	-0.33	0.0114	-0.08	0.2839
Semillas viables	Semillas vanas	0.60	<0.0001	0.34	<0.0001
	Semillas totales	-0.1	0.4366	0.26	0.0004
Semillas vanas	Semillas totales	-0.86	<0.0001	-0.82	<0.0001

## **Medidas de semillas**

En promedio, 100 semillas de árboles de caoba del poblado C-40 pesan 49.58 g y 55.86 g del poblado C-41. Las semillas aladas del Poblado C-40 tienen una longitud de mínima de 51.99 mm, máxima de 93.65 y un promedio de 78.16 mm; las semillas sin alas un mínimo de 17.47 y máximo de 31.90 mm con un promedio de 24.36 mm de longitud. Las semillas aladas del Poblado C-41, tienen una longitud mínima de 61.38 y 88.87 mm y un promedio de 78.56 mm; las semillas sin alas tienen una dimensión mínima de 19.45 mm, un máximo de 31.62 mm, en promedio 25.68 mm. Espinoza (2012), muestreó árboles de *S. macrophylla* con alturas máximas de 12.4 m, 8.5 m de diámetro de copa y 36 de DN, con semillas de 26.15 mm de largo lo que indica que son de mayor dimensión a las recolectadas en este estudio en los poblados del Plan Chontalpa, Tabasco.

## **2.6. Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que, en las dos especies de meliáceas muestreadas, el tamaño del fruto influye en la presencia de semillas viables; es decir, los frutos de mayor dimensión en diámetro y longitud presentan mayor número de semillas viables y totales. En cedro los frutos con menor dimensión tienen semillas de mayor longitud y mejor eficiencia de producción. En caoba los frutos de mayor dimensión representan mayor eficiencia de producción de semillas por fruto; por lo anterior, para colectar un mayor número de semillas, se deben elegir los frutos de mayor dimensión.

## 2.7. Referencias bibliográfica

- Alderete ChÁ, de la Cruz LN y González DL (2005). Variación en semillas de *Cedrela odorata* L. procedentes de los estados de Campeche y Tabasco, México . Foresta Veracruzana. 7(002). 41-44.
- Alderete ChÁ, Márquez RJ (2004). Variación de frutos de *Cedrela odorata* L y determinación de su potencial y eficiencia de producción de semillas en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana. 6(1). 5-8.
- Bustamante-García V, Prieto-Ruíz JÁ, Merlín-Bermudes E, Álvarez-Zagoya R, Carrillo-Parra A y Hernández-Díaz, JC (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. ISSN 1405-0471.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2017). Guía complementaria para elaborar programas de manejo forestal sustentable y documentos técnicos unificados que incluyan aprovechamiento de caoba (*Swietenia macrophylla*) en el marco de las disposiciones de la CITES.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal (2016). Manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal:[https://www.gob.mx/cms/uploads/docs/Manual\\_para\\_el\\_establecimiento\\_de\\_unidades\\_productoras\\_de\\_Germoplasma\\_Forestal.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/docs/Manual_para_el_establecimiento_de_unidades_productoras_de_Germoplasma_Forestal.pdf)
- De la Cruz LN y Mendizábal HL (2004). Variación en frutos de *Swietenia macrophylla* king y determinación de su potencial y eficiencia de producción de semillas en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana. 6(001).1-5.
- Doria J (2010). Generalidades sobre las semillas: Su producción conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*. 31 (1), p. 74-85.
- Espinoza OS, Ramírez-García E, Márquez RJ, Mendizábal-Hernández LdC y Cruz-Jiménez H (2012). Variación de semillas de *Swietenia macrophylla* King procedentes de Campeche. Foresta veracruzana. 14(2). 37-42.

- Gutiérrez-Vázquez BN y Flores-Montaña A (2017). Rodales semilleros: Opción para la conservación in situ de recursos genéticos forestales en Chiapas, México. *Foresta Veracruzana*. 19(2). 41-48.
- INEGI. (2005). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huimanguillo, Tabasco. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Ipinza CR (1998). Métodos de Selección de Árboles Plus. Chile.
- Magnitskiy S y Plaza G (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*. 25(1). 96-103.
- Márquez-Ramírez J, Cruz JH, Alba-Landa J, Mendizábal-Hernández LdC, Ramírez-García EO y Lavallo MR. (2019). Producción de frutos y semillas de *Cedrela odorata* L. en dos sitios de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 21 (1). 23-28.
- Márquez RJ, Cruz JH, Alba-Landa J, Mendizábal-Hernández, LdC, Ramírez-García EO. (2020). *Cedrela odorata* L. Variación en la producción de semillas en dos sitios de Veracruz. *Cedrela odorata* L. *Foresta Veracruzana*. 22 (1). 25-30.
- Márquez RJ, Xotla VU y Gonzalez dITJE (2005). Estudio de Germinación y crecimiento inicial de plantulas de *Cedrela odorata* L. *Foresta Veracruzana*. 7(2). 45-52.
- Mendizábal-Hernández LdC, Hernández VJJ y Alba-Landa J (2013). Estudio de conos y semillas de *Cedrela odorata* L en una generación parental y una generación. *Foresta Veracruzana*. 15(1). 45-51.
- Moreno-Calles AI, Toledo VM y Casas A (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4). 375-398.
- Muñoz FH, Muñoz GJ, Hernández AH, García MJ, Coria AC y Hernández RJ (2014). Caracterización dasométrica de tres rodales semilleros de especies del género pinus en el estado de Guerrero, México. *Foresta Veracruzana*, 16(2), 23-30.

- Navarro MM. (2015). Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Xalapa-Enríquez, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Niembro A (1998). Estudios sobre la producción de semillas, germinación y crecimiento inicial de la caoba *Swietenia macrophylla* King. SAGAR, Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental China. División Forestal Campeche, Campeche, México.125.
- Niembro RA, Ramírez-García EO y Aparicio-Rentería A (2007). Correlación entre características de frutos de *Swietenia macrophylla* King con su contenido de semillas desarrolladas. Foresta Veracruzana. 9(1). 49-53.
- Ogata N (2018). El cacao como sistema de diversificación productiva para el desarrollo del sureste de México. En *Diversificación productiva para el desarrollo del sureste México*. 59-82. [http://etnoecologia.uv.mx/diversidad\\_biocultural/herdez/](http://etnoecologia.uv.mx/diversidad_biocultural/herdez/)
- Palma-López DJ, Cisneros DJ, Moreno CE, y Rincón Ramírez JA (2007). Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. Tabasco.
- Rodríguez RG, Márquez RJ y Rebolledo CV (2001). Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedrela odorata* L. y su relación con caracteres morfométricos de frutos. Foresta veracruzana. 3(001). 23-26.
- Sanchez GF (2012). Recursos maderables en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco. Tesis de maestría en Producción Agroalimentaria en el Tropicó. 77p.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). Datos generales del proyecto, del promevente y responsable del estudio de impacto ambiental. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Tabasco.
- SGM. (2005). Carta Geológico-Minera. Villahermosa E15-8 Tab., Ver., Chis., Oax. Servicio Geológico Mexicano.
- Vallejos J, Badilla Y, Picado F y Murillo O (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genetico forestal. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 105-119.
- Velasco-García V, Hernández-Arroyo DG, Lilia MG, Castillo-Martínez CR, Vallejo-Reyna MA y García-Campusano F (2022). Crioconservación de semillas de *Cedrela odorata* L.: germinación y establecimiento temprano en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 32-55. 13(69).

### 3. CAPÍTULO III: CALIDAD DE SEMILLA Y CRECIMIENTO DE PLANTA DE CEDRO Y CAOBA EN FASE TEMPRANA DE VIVERO, EN LA CHONTALPA, TABASCO.

#### 3.1. Resumen

Evaluar la calidad de planta permite conocer la capacidad que tienen para adaptarse y desarrollar en las condiciones ambientales del sitio de plantación. Por lo anterior, en este estudio se evaluó la viabilidad y calidad de planta de las especies *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* a partir de semilla proveniente de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los poblados C-32, C-40 y C-41, del Plan Chontalpa, Huimanguillo Tabasco, México. Para evaluar germinación se usó un diseño experimental con arreglo factorial de tratamientos completamente aleatorizado, teniendo como factores los tres sitios de colecta de semilla (C-32, C-40 y C-41) y cuatro sustratos: 1) Tierra negra: Cachaza de caña (1:1), 2) Composta; 3) Tierra negra: Arena (1:1) y 4) Peat Moos: Agrolita (1:1). Para evaluar el crecimiento de planta los factores fueron los tres poblados mencionados, tres sustratos (1, 2 y 3) y fertilizante Greenfool® 600 (con y sin fertilizante). Las variables fueron el número de semillas germinadas, altura de planta (At), diámetro del cuello de la raíz (DCR), biomasa húmeda y en seca de la parte aérea y de la raíz. Con la biomasa se calculó el índice de calidad de Dickson. Se germinaron semillas de cedro de frutos con promedios de 3.46 cm de longitud y 1.81 cm de diámetro; 25 semillas viables, 26 semillas vanas y 49 semillas totales; eficiencia de producción de semillas (EPS) de 53% y frutos de caoba con promedios de 13.75 cm de longitud y 8.37 cm de diámetro, de 51.73 semillas viables, 23 semillas vanas y 65 semillas totales y una EPS, 80%. En la germinación de cedro el porcentaje más alto se registró en la semilla del Pob. C-41 (33%) con el sustrato Tierra negra: Cachaza de caña; y en caoba el mayor porcentaje fue el Poblado C-40 (28%), con el sustrato 4. Las plantas provenientes de semillas del Poblado C-40 presentaron mayor DCR (5.33 mm), At (18.66 cm) e ICD mayor (0.87), con fertilizante y sustrato 1, a los 90 días de crecimiento. Las plantas de caoba del Poblado C-40 presentaron mayor DCR (4.74 mm), At (30.22 cm) e ICD (0.51), con fertilizante y sustrato 1.

### 3.2. Introducción

Evaluar la calidad de planta permite conocer la capacidad que tienen para adaptarse y desarrollar en las condiciones ambientales del sitio de plantación (Rueda *et al.*, 2012). La calidad de planta en vivero es una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos para lo cual son necesarias labores culturales adecuadas con la semilla, los sustratos, el contenedor de plantas y la nutrición (Rodríguez-Ortiz *et al.*, 2020). Ramos-Huapaya y Lombardi-Indacochea (2020) atribuyen la calidad de planta a las características genéticas de la semilla y al manejo en vivero. Si esto no ocurre, aunque las semillas provengan del mismo lote, la calidad puede variar entre las plantas (Cano y Cetina, 2004). Emplear planta de calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones.

Para medir la calidad, existen diferentes índices como: a) índice de esbeltez (IE), es un carácter morfológico y es la relación entre la altura (cm) y el diámetro (mm); valores superiores a 100 se consideran críticos y los cercanos a 70 se consideran normales (León-Sánchez *et al.*, 2019). Estudios sobre esbeltez se han realizado mayormente en fase de vivero; b) índice de lignificación evalúa parámetros de peso, plantas con valores altos de lignificación son más resistentes a daños físicos y al manejo en el establecimiento en campo (Muñoz *et al.*, 2014). c) relación Parte Aérea/Parte Radicular (RAR), predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea seca, y el sistema radicular seco de la planta (Muñoz *et al.*, 2014); d) índice de Calidad de Dickson (ICD), integra todos los parámetros de los demás índices citados (Villalón-Mendoza *et al.*, 2016). Ramos-Huapaya y Lombardi-Indacochea (2020) indican que, valores altos de ICD indican plantas de mejor calidad.

En la producción de plantas, con raíz cubierta, las características del envase influyen en la morfología y calidad de planta, principalmente en la raíz (Sánchez-Aguilar *et al.*, 2016; Castro-Garibay *et al.*, 2018). Por lo tanto, el volumen del sustrato debe ser constante, tanto húmedo, como seco (Cano y Cetina, 2004). Para producir plantas de calidad en vivero se emplean sustratos comerciales (peat moss-agrolita y vermiculita); sin embargo, el uso de esos materiales reduce los márgenes de utilidad; por lo anterior, en las

comunidades, se opta por usar los recursos disponibles como arena, composta, turba, suelo de monte como medio o sustrato de crecimiento.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cuatro sustratos en germinación y de tres sustratos y fertilizante en crecimiento y calidad de plantas de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* en fase temprana de vivero.

### **3.3. Materiales y métodos**

#### **3.3.1. Área de estudio**

El presente estudio se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado en el municipio de Huimanguillo en la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos Km 21, entre las coordenadas 18°0'3.77"N y 93°34'49.25"O. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), con una temperatura media anual de 26.2 °C, y precipitación media anual de 2,290 mm (SEMARNAT, 2010).

#### **3.3.2. Material vegetal**

La procedencia de semillas de cedro fue de frutos colectados de árboles seleccionados en plantaciones de cacao en los poblados C-32 (Francisco Trujillo Gurria), C-40 (Ernesto Aguirre Colorado) y C-41 (Carlos A. Madrazo), del Plan Chontalpa, Tabasco. Se recolectaron frutos de 20 árboles de *C. odorata*; ocho árboles en el poblado C-32, con frutos de tamaño promedio de 1.81 cm de diámetro y 3.46 cm de longitud; dos árboles en el Poblado C-40, con frutos de dimensiones promedio de 1.78 cm de diámetro y 3.42 cm de longitud y 10 árboles en el Poblado C-41, dimensiones promedio de 1.74 cm y 3.2 cm de diámetro y longitud, respectivamente.

Los frutos de caoba también fueron recolectados de árboles seleccionados en plantaciones de cacao, uno en el poblado C-40 y uno en el C-41. Las dimensiones de frutos del poblado C-40 fueron 8.37 cm de diámetro y 13.75 cm de longitud, del C-41, 8.01 cm y 13.72 cm de diámetro y longitud, respectivamente.

### **3.3.2.1. Colecta de frutos y calidad de semillas**

De cada árbol de cedro, se colectó y pesó la mayor cantidad de frutos posible; posteriormente, de forma aleatoria se seleccionaron 100 frutos por árbol, estos fueron medidos en diámetro y longitud; después, cada uno fue puesto en bolsas de papel, con la finalidad de tener un control sobre las semillas al momento de abrir los frutos; cada bolsa fue identificada con las iniciales del nombre del productor, el número de árbol colectado y el número consecutivo de frutos. Los datos fueron anotados en un formato diseñado para la actividad.

Los frutos de caoba colectados fueron medidos y cuantificado su número de semillas. Cada fruto fue puesto en bolsas de papel, para un mejor control en el conteo de semillas. Cuando los frutos secaron y abrieron de forma natural, se procedió al conteo de semillas.

Para obtener el total de producción de semillas por fruto de cada especie colectada, las semillas fueron separadas en desarrolladas y no desarrolladas. Las semillas de los frutos de caoba fueron contadas al 100% y las de cedro 100 frutos por árbol, seleccionados al azar.

Para ambas especies se consideró como semillas vanas, las que solo tenían alas y las que tenían ala y embrión como viables.

Después de contar la producción de semillas por fruto de cada especie; estas fueron revueltas (conservando la separación por árbol) y de cada árbol se tomaron 100 semillas al azar y se midió la longitud de cada una.

### **3.3.2.2. Germinación y crecimiento de planta en vivero**

El estudio se llevó a cabo en dos fases, en la primera se evaluó la germinación y en la segunda la calidad de planta en función de tres sustratos y la adición de fertilizante Greenfool® 600 en cedro y caoba de tres poblados (C-32, C-40 y C-41).

El diseño experimental usado en la germinación fue completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos completamente aleatorizado; el factor uno fueron los sitios de colecta de la semilla (3 poblados) y el factor dos fue el sustrato (4), para un total de 12

tratamientos. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones con 100 semillas; es decir 400 semillas por tratamiento. Los sitios de colecta fueron los poblados C-32, C-40 y C-41 y los sustratos: 1) Tierra negra: Cachaza de caña (1:1), 2) Composta; 3) Tierra negra: Arena (1:1) y 4) Peat Moos: Agrolita (1:1). Los frutos de caoba se colectaron en dos comunidades. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos. El factor uno fueron los sitios de colecta (2 poblados), el factor dos fue el sustrato (4) para un total de 8 tratamientos con cuatro repeticiones y 100 semillas por repetición.

Las semillas de cada progenitor fueron sembradas en cajas de madera, cada caja, fue la unidad experimental (UE); por cada tratamiento, cada progenitor tuvo 4 repeticiones. En cedro se colectaron 20 árboles, por lo tanto se construyeron 320 cajas con una dimensión de 20 x 30 cm. Para caoba, se construyeron 32 cajas con una dimensión de 30 x 40 cm (Figura 8 y 9); puesto que, se colectaron dos árboles de esta especie.

El porcentaje de germinación se calculó a los 65 días después de la siembra; considerando como semillas germinadas las plantas emergidas; en cada una de las especies, el resultado se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semilla germinada}}{\text{N}^\circ \text{ total de semilla sembrada}} * 100$$



**Figura 8.** Cajas construidas para la germinación



**Figura 9.** Semillas de *S. macrophylla* sembradas.

### **3.3.2.3. Crecimiento de planta**

Con el propósito de conocer la calidad de planta en relación a los sustratos, las plantas de cedro y caoba se evaluaron en crecimiento; de acuerdo a la distribución de las unidades experimentales de germinación los sustratos evaluados fueron los mismos, con excepción del tratamiento peat moos y agrolita. Las plantas se llevaron a bolsas de polietileno negro con dimensiones de 13 x 25 cm y se adicionó fertilizante greenfool® 600, formulación 15-31-15 de N-P-K. Se realizaron dos aplicaciones de fertilizante, la primera fue el día de trasplante y la segunda 30 días después; la dosis fue con una concentración del 1%, se prepararon 8.64 litros de solución en una aspersora de 16 litros y de ahí se aplicó 60 ml por planta (0.6 g de fertilizante por planta). Previa calibración de la boquilla de la aspersora.

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos. En cedro el factor uno fue el sitio de colecta (3 poblados), factor dos fue el sustrato (3) y el factor tres el fertilizante Greenfool® 600 (Con y sin fertilizante); los poblados fueron C-32, C-40 y C-41 y los sustratos: 1) Tierra negra: Cachaza de caña (60:40) 2) Composta; 3) Tierra negra: Arena (60:40), para un total de 18 tratamientos con cuatro repeticiones y cuatro plantas por repetición. Cada especie se evaluó por separado. En caoba, del factor sitios de colecta fueron dos niveles, sustrato (3) y fertilizante (2), para un total de 12 tratamientos con cuatro repeticiones y cuatro plantas por repetición.

Las variables medidas fueron el diámetro al cuello de la raíz (DCR) y la altura total de la planta (At). El DCR fue medido con un vernier digital Surtek® y la At con una regla de 50 cm, con precisión de 1 mm, desde la base del tallo hasta la yema apical. Ambas variables se registraron cada ocho días durante tres meses con base en la Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (DOF, 2016).

### **3.3.2.4. Índice de calidad de planta**

Al final del experimento se realizó un muestreo destructivo para cuantificar la biomasa. Para ello se extrajo una planta al azar de cada repetición (4 plantas en total). A cada planta se le lavó la raíz para eliminar el sustrato adherido; se evitó la pérdida de raíz en el proceso; posteriormente, se separó la raíz de la parte aérea y se registró el peso en

una balanza analítica EMAGIE modelo EM-ML-KC10 con precisión a miligramos. Las muestras se colocaron en bolsas de papel, se identificaron con las iniciales del productor, el número de árbol del cual procede la planta, el tratamiento y el número de repetición y fueron secadas en una estufa a 65° C hasta alcanzar un peso constante. Transcurrido ese lapso se pesaron por separado la parte aérea y raíz.

Con las variables del muestro destructivo se calculó el índice de calidad de plantas, mediante la ecuación:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco de parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de raíz (g)}}}$$

### **3.4. Análisis de datos**

En la construcción de la base de datos se usó Excel 2013, y el análisis se realizó con el programa InfoStat. Con el análisis de varianza se identificaron las interacciones significativas con un valor  $p \leq 0.05$ . Con una prueba de medias Tukey, se obtuvieron las diferencias estadísticas significativas de las variables: germinación, crecimiento en Diámetro Cuello de Raíz, Altura total y del Índice de Calidad de Dickson; previa prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas.

### **3.5. Resultados**

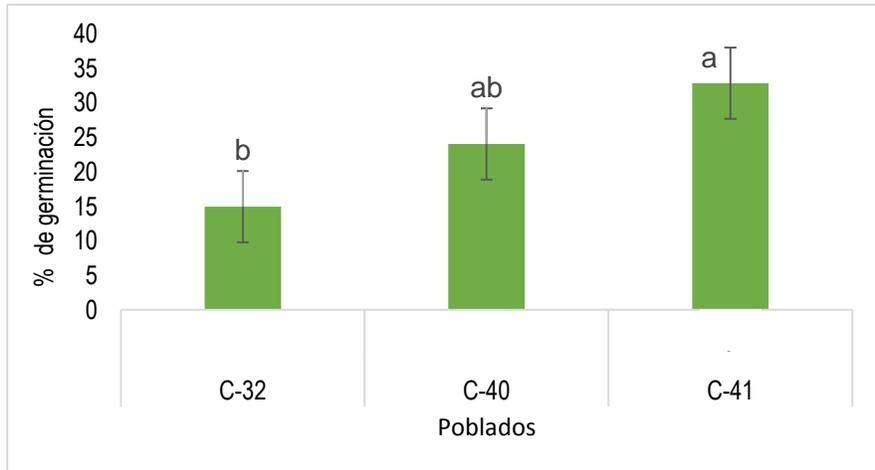
#### **3.5.1. Germinación y crecimiento de planta**

##### **3.5.1.1. Germinación de semilla**

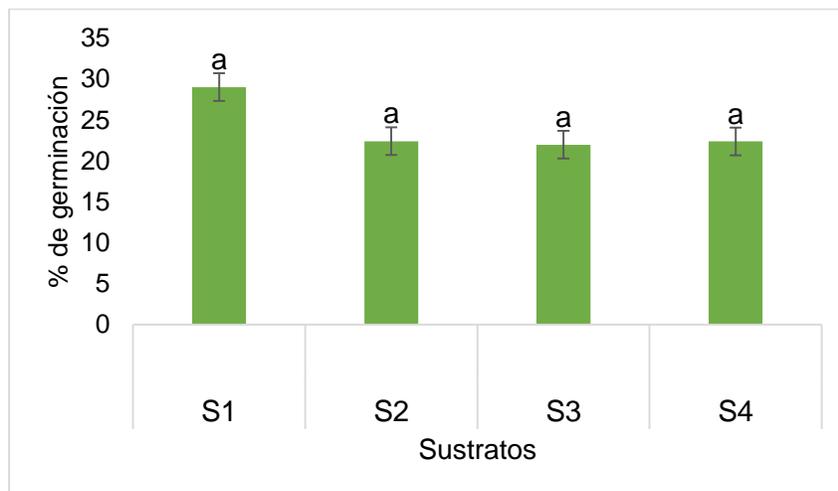
###### ***Cedrela odorata***

El análisis de varianza indicó efecto de los sustratos y sitio de colecta o procedencia de la semilla, en la germinación de semillas. Los valores del porcentaje (%) de germinación de semillas de *C. odorata*, fueron separadas por sitios de colecta (Figura 10), el poblado el C-41 muestra el máximo porcentaje de germinación (33%) y el C-32 el más bajo (15%). En la figura 11, se observa el porcentaje de germinación respecto a los sustratos usados, en ambos factores se encontraron diferencias estadísticas significativas.

El mayor porcentaje de germinación se presentó en el sitio de colecta C-41 (29%), usando el sustrato 1, 1) Tierra negra: Cachaza de caña; sin embargo, no se presentó diferencias estadísticas significativas.



**Figura 10.** Porcentaje de germinación de semilla de *Cedrela odorata* de árboles de plantaciones de cacao de tres poblados del Plan Chontalpa Tabasco, México. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey,  $p > 0.05$ )

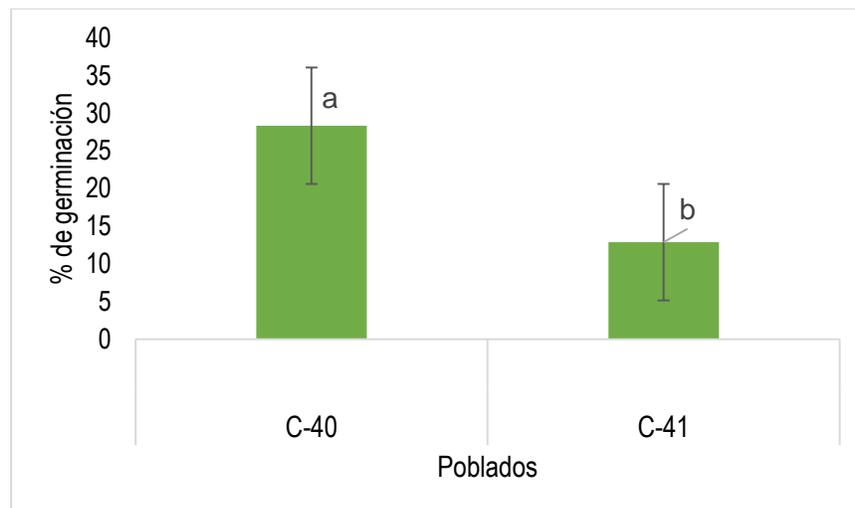


**Figura 11.** Efecto de sustratos en el porcentaje de germinación de semilla de *Cedrela odorata*. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey,  $p > 0.05$ ). S1: Tierra negra: Cachaza de caña (60:40), S2: Composta; S3: Tierra negra: Arena (60:40) y S4: Peat Moos: Agrolita (1:1).

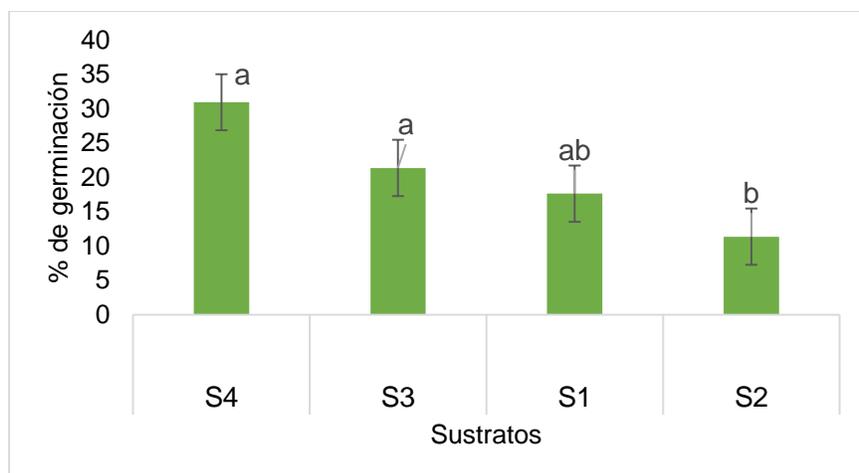
Los frutos colectados en el Poblado C-32 presentaron dimensiones de 3.46 cm de longitud y 1.81 cm de ancho y con el sustrato 1, presentó 29.02% de germinación. Ureta *et al.*, (2019), reporta frutos de menores dimensiones 2.51 cm y 0.76 cm de largo y ancho respectivamente con 85% de germinación; Mendizábal-Hernández *et al.* (2016), con frutos procedentes de La Balsa municipio de Emiliano Zapata, Veracruz también presenta germinación superior, promedio de 77.76%. Aun cuando las semillas procedentes de Colombia fueron remojadas por 24 horas, presentaron germinación de 47.2% y el sustrato usado fue compuesto de gallinaza y arena 2:1 (Torres-Torres *et al.* 2018).

### ***Swietenia macrophylla***

Los valores del porcentaje (%) de germinación de semillas de *S. macrophylla*, fueron separadas por poblados (Figura 12); la semilla colectada en el poblado C-40 presentó el máximo porcentaje de germinación (28%) y el C-41 el más bajo (13%). En la figura 13, se observa el porcentaje de germinación respecto a los sustratos usados, en este experimento el tratamiento 4, presenta las mejores condiciones para germinación de *S. macrophylla* (31%).



**Figura 12.** Porcentaje de germinación de semilla de *Swietenia macrophylla* de árboles de plantaciones de cacao de dos poblados del Plan Chontalpa Tabasco, México. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey,  $p > 0.05$ ).



**Figura 13.** Efecto de sustratos en el porcentaje de germinación de semilla de *Swietenia macrophylla*. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey,  $p > 0.05$ ).

Las semillas aladas de *S. macrophylla* procedentes del Poblado C-40 tienen una longitud promedio de 78.16 mm; las semillas sin alas un promedio de 24.36 mm de longitud. Las semillas aladas del Poblado C-41, tienen un promedio de longitud de 78.56 mm; las semillas sin alas tienen una longitud promedio de 25.68 mm. Acosta *et al.*, (2012), menciona que, semillas con longitudes promedio de 27.28 mm presentaron 15.08% de germinación y Espinoza (2012), reporta semillas de 26.15 mm de largo con promedio de germinación de 68.58%.

### 3.5.1.2. Crecimiento de la planta

#### ***Cedrela odorata***

El análisis de varianza con  $p < 0.05$  mostró diferencias significativas entre factores, en el crecimiento de plantas al día 15, 48 y 90 después del trasplante; la mayor significancia se presentó en los factores: fertilizante, sitio de colecta, sustrato (Cuadro 11).

A las plantas con semillas provenientes de los poblados C-32, C-40 y C-41, se realizó una prueba de medias con Tukey con diferencias estadísticas significativas en DCR y At de las plantas (Cuadro 12).

Para este experimento se reporta altura máxima promedio de 18.66 cm en las plantas de semillas colectadas en el poblado C-40, el cual se encuentra por debajo de la media reportada por Orozco *et. Al.* (2020), donde reporta plantas de *C. odorata* de tres meses

con una altura promedio de 38.12 cm y Torres-Torres *et al.*, (2018), describe plantas producidas con gallinaza, arena y tierra de hormiga 1:1:1; sin tratamiento pre-germinativo con alturas de 15 cm.

**Cuadro 11.** Análisis de Varianza en el efecto de los factores: fertilizante, sitio de colecta y sustrato y la interacción entre factores sobre variable Diámetro al Cuello de Raíz (DCR) y altura (At) de plantas de *Cedrela odorata* a los 15, 48 y 90 días después del transplante.

		<i>C. odorata</i> L								
		Día 15			Día 48			Día 90		
Variable	Factor	Gl	F value	Pr (>F)	Gl	F value	Pr (>F)	Gl	F value	Pr (>F)
DCR (mm)	Fertilizante	1	38.73	5.82e-08***	1	70.11	2.48E-11	1	94.675	1.78e-13***
	Sitio de colecta	2	74.48	<2e-16***	2	83.44	<2e-16***	2	38.709	3.72e-11***
	Sustrato	2	12.37	3.35e-05***	2	135.60	<2e-16***	2	83.187	<2e-16***
	Fertilizante: sitio de colecta	2	2.314	0.108	2	5.74	0.0055473**	2	2.827	0.06798
	Fertilizante: sustrato	2	0.327	0.723	2	9.73	0.000246**	2	1.809	0.17358
	Sitio de colecta: sustrato	4	1.936	0.117	4	4.70	0.002491**	4	3.885	0.00762**
	Fertilizante: sitio de colecta: sustrato		1.54	0.2028	4	2.474	0.055085	4	0.764	0.55343
At (cm)	Fertilizante	1	4.97	0.0296*	1	7.48	0.00842**	1	10.482	0.0026**
	Sitio de colecta	2	217.863	<2e-16***	2	101.65	<2e-16***	2	50.914	3.72e-13***
	Sustrato	2	24.4	2.35e-05***	2	46.48	1.82e-12***	2	22.88	9.78e-08***
	Fertilizante: sitio de colecta	2	2.427	0.0972	2	4.23	0.01972*	2	1.522	0.22749
	Fertilizante: sustrato	2	1.108	0.337	2	1.22	0.30428	2	2.15	0.12639
	Sitio de colecta: sustrato	4	2.307	0.0688	4	2.03	0.10275	4	0.942	0.44697
	Fertilizante: sitio de colecta: sustrato	4	1.4	0.2463	4	0.321	0.86258	4	1	0.4542

\*\*\*0.001 \*\*0.01 \*0.05

**Cuadro 12.** Comparación de medias Tukey en el efecto de procedencia, fertilizante y sustrato sobre diámetro al cuello de la raíz y Altura total de *Cedrela odorata* a los 15, 48 y 90 días después del transplante.

Variable	Día 15			Día 48			Día 90		
	Poblado	Fertilizante	Sustrato	Poblado	Fertilizante	Sustrato	Poblado	Fertilizante	Sustrato
<i>C. odorata</i> DCR (mm)	1) 1.38 b	1) 1.51 a	1) 1.52 a	1) 2.74 b	1) 3.03 a	1) 3.50 a	1) 4.63 b	1) 5.27 a	1) 5.79 a
	2) 1.70 a	2) 1.25 b	2) 1.35 b	2) 3.29 a	2) 2.47 b	2) 2.18 c	2) 5.33 a	2) 3.99 b	2) 3.81 c
	3) 1.07 c		3) 1.27 b	3) 2.27 c		3) 2.57 b	3) 3.92 c		3) 4.29 b
<i>C. odorata</i> At (cm)	1) 7.91 b	1) 7.98 a	1) 8.62 a	1) 10.78 b	1) 10.47 a	1) 12.27 a	1) 16.95 b	1) 16.75 a	1) 17.63 a
	2) 10.34 a	2) 7.52 b	2) 7.81 b	2) 12.45 a	2) 9.62 b	2) 9.02 b	2) 18.66 a	2) 14.89 b	2) 16.65 a
	3) 5.00 c		3) 6.83 c	3) 7.27 c		3) 9.01 b	3) 11.84 c		3) 13.18 b

DCR, diámetro al cuello de la raíz. At, altura de planta. Procedencias: 1, Pob. C-32; 2, Pob. C-40; 3, Pob. C-41. Fertilizante: 1, Con; 2, Sin. Sustratos: 1, Tierra negra: Cachaza de caña; 2, Composta; 3, Tierra negra: Arena. Valores con letras iguales por especie y variable son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).  $n = 12$ .

### ***Swietenia macrophylla***

El análisis de varianza en este experimento mostró diferencias significativas entre factores, con  $p < 0.05$ , en el cuadro 13, se describen las interacciones significativas entre factores en el crecimiento de plantas al día 15, 48 y 90 después del trasplante.

Se realizó una prueba de medias con Tukey (Cuadro 14), donde se observa que, al día 90 después del trasplante, el DCR presentó diferencias estadísticas significativas entre sitios de colecta, con y sin fertilizante, y entre los sustratos dos (Composta) y el tres (Tierra negra:Arena); siendo las plantas con mayor DCR las del poblado C-40, con fertilizante y sustrato de composta; respecto a la At, presentan mayor tamaño las del poblado C-40, con fertilizante, no presentando diferencias significativas en los sustratos.

Las plantas provenientes de semillas del poblado C-40, obtuvieron una altura promedio de 30.22 cm y 4.74 mm de diámetro; y Orozco *et al.* (2020), reporta 18.9 cm para *Swietenia humilis*.

Las plantas de los Poblados del Plan Chontalpa son superiores a las reportadas por Ramírez (2013), quien reporta que en un periodo de evaluación de 120 días, presentó plantas con altura promedio de 13.23 cm y 1.63 mm de diámetro, con un sustrato elaborado con 30% de palo podrido, 30% de humus de lombriz, 30% de tierra negra y 10% de arena; las reportadas por Niembro *et al.*, (2006), también son de menor tamaño, su información es de plantas de 100 días después de la siembra de 20 familias colectadas en el estado de Campeche fue 18.8 cm y diámetro de 4.01 mm y Bernabé *et al.*, (2013), plantas de un año de edad, sembradas con tierra negra como sustrato presentaron altura promedio de 18.16 cm y diámetro de plantas de 3.93 mm.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza en el efecto de los factores: fertilizante, sitio de colecta y sustrato y la interacción entre factores sobre variable Diámetro al Cuello de Raíz (DCR) y altura (At) de plantas de *Swietenia macrophylla* a los 15, 48 y 90 días después del transplante.

		<i>S. macrophylla</i>								
		Día 15			Día 48			Día 90		
Variable	Factor	Gl	F value	Pr (>F)	Gl	F value	Pr (>F)	Gl	F value	Pr (>F)
DCR (mm)	Fertilizante	1	1.9	0.17705	1	26.002	1.11e-05***	1	4.941	0.03259*
	Sitio de colecta	1	7.757	0.00868**	1	25.56	1.27e-05***	1	6.001	0.01929*
	Sustrato	2	0.438	0.64874	2	1.404	0.25879	2	3.115	0.05655
	Fertilizante: sitio de colecta	1	1.588	0.21625	1	12.417	0.00118**	1	9.453	0.00401**
	Fertilizante: sustrato	2	0.296	0.74532	2	2.383	0.10670	2	3.685	0.03499*
	Sitio de colecta: sustrato	2	1.514	0.23448	2	0.0778	0.46674	2	0.098	0.90669
	Fertilizante: sitio de colecta: sustrato	2	0.317	0.73068	2	----	----	2	----	----
At (cm)	Fertilizante	1	0.384	0.53962	1	0.139	0.712	1	2.677	0.11105
	Sitio de colecta	1	31.651	2.64e-06***	1	48.672	4.79e-08***	1	44.121	1.28e-07***
	Sustrato	2	2.086	0.13981	2	4.564	0.0175*	2	1.42	0.25564
	Fertilizante: sitio de colecta	1	7.747	0.00872**	1	6.127	0.0185*	1	11.109	0.00208**
	Fertilizante: sustrato	2	1.776	0.18471	2	2.688	0.0824	2	2.78	0.07617
	Sitio de colecta: sustrato	2	3.158	0.05520	2	2.059	0.1431	2	2.715	0.08055
	Fertilizante: sitio de colecta: sustrato	2	3.93	0.02914*	2	1.543	0.2283	2	2.538	0.19391

\*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05

**Cuadro 14.** Comparación de medias Tukey en el efecto de procedencia, fertilizante y sustrato sobre diámetro al cuello de la raíz y Altura total de *Swietenia macrophylla* a los 15, 48 y 90 días después del transplante.

Variable	Día 15			Día 48			Día 90		
	Poblado	Fertilizante	Sustrato	Poblado	Fertilizante	Sustrato	Poblado	Fertilizante	Sustrato
<i>S. macrophylla</i> DCR (mm)	2) 2.37 a	1) 2.33 a	1) 2.23 a	2) 3.84 a	1) 3.86 a	1) 3.52 a	2) 4.74 a	1) 4.74 a	1) 4.64 ab
	3) 2.17 b	2) 2.23 a	2) 2.29 a	3) 3.29 b	2) 3.27 b	2) 3.73 a	3) 4.23 b	2) 4.44 b	2) 4.79 a
			3) 2.31 a			3) 3.50 a			3) 4.36 b
At (cm)	2) 19.00 a	1) 17.50 a	1) 18.42 a	2) 23.60 a	1) 21.45 a	1) 22.78 a	2) 30.22 a	1) 27.74 a	1) 27.85 a
	3) 16.18 b	2) 17.81 a	2) 17.34 a	3) 19.34 b	2) 21.68 a	2) 20.51 b	3) 23.32 b	2) 26.02 a	2) 27.47 a
			3) 17.23 a			3) 21.41 ab			3) 25.53 a

DCR, diámetro al cuello de la raíz. At, altura de planta. Procedencias: 1, Pob. C-32; 2, Pob. C-40; 3, Pob. C-41. Fertilizante: 1, Con; 2, Sin. Sustratos: 1, Tierra negra: Cachaza de caña; 2, Composta; 3, Tierra negra: Arena. Valores con letras iguales por especie y variable son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).  $n = 12$ .

### 3.5.1.3. Índices de calidad de planta

#### *Cedrela odorata*

En el cuadro 15 se muestra que para cedro, la procedencia (Poblado) y el sustrato como factores, así como las interacciones fertilizante - sustrato, y sustrato - procedencia tienen efecto en la calidad de planta obtenida ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 15.** Análisis de Varianza en el efecto de la procedencia, fertilizante, sustrato y de sus interacciones sobre el Índice de Calidad de Dickson para *Cedrela odorata* a los 90 días del trasplante.

Factor	Gl	F value	Pr (>F)
Modelo	17	9.47	<0.0001
Fertilizante	2	0.09	0.9109
Sitio de procedencia	1	71.46	<0.0001
Sustrato	2	33.9	<0.0001
Fertilizante: sitio de procedencia	2	0.5	0.6122
Fertilizante: sustrato	4	2.69	0.0406
Sitio de procedencia: sustrato	2	4.22	0.0199
Fertilizante: sitio de procedencia: sustrato	4	0.033	0.8564

Lo anterior fue corroborado en la comparación de medias (Cuadro 16); el ICD estimado para *C. odorata* indicó que las plantas fertilizadas, producidas con Tierra negra: Cachaza de caña 60:40 presentaron un valor de 1.04 y a las que no se les aplicó fertilizante presentaron media de 0.71; entre sitios de procedencia no se encontró diferencia estadística significativa.

**Cuadro 16.** Comparación de medias Tukey en el efecto de la procedencia, fertilizante y sustrato sobre el Índice de Calidad de Dickson para *Cedrela odorata* a los 90 días del trasplante.

	Procedencia		Sustrato		Fertilizante	
	ICD		ICD		ICD	
C. odorata	Pob. C-32	0.86 a	Tierra negra: Cachaza de caña	1.02 b	Con	1.04 b
	Pob. C-40	0.87 a	Composta	0.94 b	Sin	0.71 a
	Pob. C-41	0.88 a	Tierra negra: Arena	0.65 a		

Pob., Poblado; ICD, Índice de Calidad de Dickson. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).  $n = 12$ .

Mateo-Sánchez *et al.*, (2011) utilizó sustrato de 70% de aserrín crudo, 30% de peat moss agrolita-vermiculita, aplicó 12 kg/m<sup>3</sup> de Osmocote plus® (15-9-12) y a los 100 días obtuvo un ICD de 0.19, resultado inferior a los de las plantas producidas con semillas colectadas en los Poblados del Plan Chontalpa, Tabasco. Los resultados de Díaz *et al.* (2013), también son menores, a los 90 días después de la siembra en plantas producidas con composta de cacao presentaron un ICD 0.39.

Basave *et al.*, (2016) desarrolló plantas en bolsa negra de polietileno de 500 ml con un sustrato de materia orgánica descompuesta de *Alchornia latifolia* Sw, adicionó 4 g de hidrogel con tamaño de partícula de 1-2 mm; además aplicó un fertilizante hidrosoluble de propósito general (20-20-20) a una dosis base de 17- 412 mg L<sup>-1</sup> de N y a los tres meses de medición obtuvo un ICD de 0.3.

### ***Swietenia macrophylla***

En el cuadro 17 se muestra que para caoba, la procedencia (Poblado) y el sustrato como factores, así como las interacciones fertilizante - sustrato, y sustrato - procedencia tienen efecto en la calidad de planta obtenida ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 17.** Análisis de Varianza en el efecto de la procedencia, fertilizante, sustrato y de sus interacciones sobre el Índice de Calidad de Dickson para *Swietenia macrophylla* a los 90 días del trasplante.

Factor	Gl	F value	Pr (>F)
Modelo	11	5.4	0.0001
Fertilizante	1	11.46	0.0017
Sitio de procedencia	1	6.45	0.0156
Sustrato	2	11.47	0.0001
Fertilizante: sitio de procedencia	1	4.15	0.0491
Fertilizante: sustrato	2	4.46	0.0187
Sitio de procedencia: sustrato	2	2.75	0.0776
Fertilizante: sitio de procedencia: sustrato	2	0.01	0.9873

Las plantas con mejor crecimiento fueron las del Poblado C-40, con fertilizante, a base de Tierra negra: Cachaza de caña (60:40), presentando un ICD de 0.57; el menor resultado se presentó con el sustrato de Tierra negra: Arena (60-40), con un ICD de 0.45, entre sustratos solo hubo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre el sustrato uno (Tierra negra: Cachaza de caña), el dos (Composta) y tres, (Tierra negra: Arena)

que fueron estadísticamente iguales entre ellos (Cuadro 18). El ICD, del poblado C-40 es mayor al reportado por Díaz *et al.* (2013), quien a los 90 días presentó un ICD de 0.43, resultado igual a las plantas del Poblado C-41.

Díaz-Chuquizuta y Valdés-Rodríguez (2020), produjeron plantas con semillas provenientes de la provincia El Dorado, región San Martín, Perú; usaron sustrato a base de tierra agrícola de la región y, aplicaron extracto foliar a base de *Ricinus communis*, la aplicación la realizaron cada 15 días, con dosis de 60 ml 20 L<sup>-1</sup> y a los 60 días y obtuvieron un Índice de Calidad Dickson de 0.28

**Cuadro 18.** Comparación de medias Tukey en el efecto de la procedencia, fertilizante y sustrato sobre el Índice de Calidad de Dickson para *Swietenia macrophylla* a los 90 días del transplante

<i>S. macrophylla</i>	Procedencia	ICD	Sustrato	ICD	Fertilizante	ICD
	Pob. C-40	0.51 b	Tierra negra: Cachaza de caña	0.57 b	Con	0.52 b
Pob. C-41	0.43 a	Composta	0.39 a	Sin	0.41 a	
		Tierra negra: Arena	0.45 a			

Pob., Poblado; ICD, Índice de Calidad de Dickson. Valores con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).  $n = 12$ .

### 3.6. Conclusiones

En cedro y caoba, las características del fruto y la semilla fueron diferentes entre los poblados, lo cual indica un efecto de procedencia a pesar de ser de la misma región y área de estudio. Dichas características influyeron en la germinación de la semilla. En cedro, independientemente del sustrato, la semilla más grande proveniente de frutos más grandes germinó en menor porcentaje, que la semilla más pequeña de frutos más pequeños; no así para caoba, donde los frutos y semillas de mayor dimensión, tuvieron un mejor porcentaje de germinación. Este efecto de procedencia pierde su efecto con un buen manejo de riego, deshierbe y fertilización en vivero.

En vivero, independientemente del poblado las plantas de cedro fertilizadas con Greenfol® 600 y producidas en sustrato de Tierra negra: Arena (60:40), con base en el Índice de Calidad de Dickson, fueron de mejor calidad, que las producidas sin fertilizante o en los otros sustratos evaluados. En caoba las plantas fertilizadas con Greenfol® 600

y producidas en sustrato de Tierra negra: Arena (60:40) provenientes de los frutos de mayor dimensión presentaron mejor Índice de Calidad de Dickson.

### **3.7. Recomendaciones generales**

- 1.** Con base a las conclusiones se recomienda llevar a cabo la selección de frutos de mayor dimensión.
- 2.** En estudios futuros se debe considerar la edad de los árboles como una variable en la producción de frutos.
- 3.** A las plantas de cedro y caoba producidas con semillas provenientes de los sitios de colecta de los poblados C-32, C-40 y C-41, se les debe dar seguimiento en campo para obtener datos de sobrevivencia después de plantadas.
- 4.** Se debe tomar en cuenta el análisis físico y químico de los sustratos.

### 3.8. Referencias bibliográficas

- Acosta GR, Mendizábal-Hernández LdC, Alba-Landa J, Alderete ChÁ y de la Cruz, LN (2012). Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King de tres procedencias del estado de Tabasco, México. *Foresta Veracruzana*. 14(1). 35-42.
- Basave, VE, García CL, Castro RA, Calixto VC, Sigala RJ y García PJ (2016). Calidad de planta de *Cedrela odorata* L. asociada con prácticas culturales de vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 7(36). 65-80.
- Bernabé RJ, Ramírez-García EO, Alba-Landa J, Márquez RJ, Mendizábal-Hernández LdC y Cruz-Jiménez H (2013). VARIACIÓN DE PLANTAS DE *Swietenia macrophylla* King. *Foresta veracruzana*, 15(2), 31-36.
- Cano PA y Cetina AVM (2004). Calidad de planta en vivero y prácticas que influyen en su producción. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 12. Coahuila, México. 24 p
- Castro-Garibay SL, Aldrete A., López-Upton J y Ordáz-Chaparro VM (2018). Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. *australis* en vivero. *Agrociencia*. 52. 115-127.
- Díaz P, Torres D, Sánchez Z y Arévalo L (2013). Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. *Folia Amazónica*. 2 (1). 25-33.
- Díaz-Chuquizuta P, Valdés-Rodríguez OA (2020). Crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en respuesta a extractos vegetales. *Agrociencia*. 54. 673-68.
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2019). ACUERDO por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa Sembrando Vida. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435247/Lineamientos\\_de\\_Operaci\\_n\\_del\\_Programa\\_Sembrando\\_Vida.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435247/Lineamientos_de_Operaci_n_del_Programa_Sembrando_Vida.pdf). Consultado 29/11/19.

- Espinoza OS, Ramírez-García E, Márquez RJ, Mendizábal-Hernández LdC y Cruz-Jiménez H (2012). Variación de semillas de *Swietenia macrophylla* King procedentes de Campeche. *Foresta veracruzana*. 14(2). 37-42.
- León-Sánchez MA, Reyes PJ, Pérez LV, Bonilla VM y Herrero-Echavarría G. (2019). Esbeltez y fertilización mineral en plantaciones de *Pinus caribaea* en Cuba. *Madera y Bosques*, 25 (2). doi:10.21829/myb.2019.2521777.
- Mateo-Sánchez JJ; Bonifacio-Vázquez R, Pérez-Ríos SR, Capulín-Grande J y Mohedano-Caballero L (2011). Producción de (*Cedrela odorata* L.) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. *Ra Ximhai*. 7 (1). 195-204.
- Mendizábal - Hernández, L. dC, Alba-Landa J, Rodríguez-Juárez MC, Ramírez-García EO Márquez RJ y Cruz-Jiménez H (2016). Germinación de familias selectas de *Cedrela odorata* L. *Foresta Veracruzana*, 18(1), 55-62.
- Muñoz FH, Muñoz GJ, Hernández AH, García MJ, Coria AC y Hernández RJ (2014). Caracterización dasométrica de tres rodales semilleros de especies del género pinus en el estado de Guerrero, México. *Foresta Veracruzana*, 16(2), 23-30.
- Niembro RA, Márquez RJ y Ramirez, GEO (2006). Emergencia y crecimiento inicial de plantulas de 20 familias de caobas (Plántulas de 20 familias de caoba *Swietenia macrophylla* King–Meliaceae) procedentes de una plantación en el estado de Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 8(2), 33-38.
- Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. Certificación de la operación de viveros forestales
- Orozco GG, Muñoz FH, Rueda SA, Sígala RJ, Prieto RJ y García MJ (2020). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. 1(2). 135-145.
- Ramírez RE (2013). Crecimiento y sobrevivencia de plantulas de "caoba" *Swietenia macrophylla* en diferente sustratos, vivero forestal de Quistococha-GOREL,

- Loreto, Perú. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Perú.
- Ramírez RE. (2013). Crecimiento y sobrevivencia de plántulas de "caoba" *Swietenia macrophylla* en diferente sustratos, vivero forestal de Quistococha-GOREL, Loreto, Perú. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Perú.
- Ramos-Huapaya AE y Lombardi-Indacochea IR (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con "Eucalipto urograndis". *Revista Forestal del Perú*. 35(2). 132-145. ISSN 2523-1855.
- Rodríguez-Ortiz G, Aragón-Peralta RD, Enríquez-Del Valle JR, Adán HH, Santiago-García W y Campos-Angeles GV (2020). Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var oaxacana del sur de México. *Interciencia*. 45(2). 96-101.
- Rueda SA, Benavides SJ, Prieto-Ruiz JÁ, Sáenz RJ, Orozco-Gutiérrez G y Molina CA (2012). Calidad de planta producida en los viveros de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(14). 70-82.
- Sánchez-Aguilar H, Aldrete A, Vargas-Hernández J y Ordaz-Chaparro V (2016). Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de plantas de pino en vivero. *Agrociencia*. 50. 481-492.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). Datos generales del proyecto, del promevente y responsable del estudio de impacto ambiental. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Tabasco
- Torres-Torres JJ, Medina AHH y Martínez GM (2018). Germinación y crecimiento inicial de *Cedrela odorata* L. (Sapindales: Meliaceae), empleando semillas silvestres en el departamento del Chocó, Colombia. *Rev. Biodivers. Neotrop.* 8 (1).22-8.

Ureta LDA, Ocaña MMM, Medina GAG, Yunga GW, García QY y Arteaga CY (2019). Indicadores de calidad de semillas y plántulas de dos especies del género *Cedrela* cultivadas en vivero con fines de restauración en condiciones amazónicas. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*. 2(3). 193-202.

Villalón-Mendoza H, Ramos-Reyes J, Vega-López J, Marino B, Muños-Palomino M, y Garza-Ocañas F (2016). Indicadores de calidad de la planta de *Quercus canby* Trel. (encino) en vivero forestal. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*.12(1). 46-52.

**ANEXOS**

**Anexo 1: Formato para toma de datos en campo**

Dependencia o institución: Colegio de postgraduados, Campus Tabasco

Características de localización: \_\_\_\_\_ Fecha de muestreo: \_\_\_\_\_

Localización/Población, Municipio, Entidad: \_\_\_\_\_ Régimen de propiedad/privada,

Propietario: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_ W Latitud \_\_\_\_\_ N Altitud: \_\_\_\_\_ MSNM

N <sup>o</sup>	Especie	DAP	Altura	1. Forma de fuste	2. Bifurcaciones	3. Inserción de ramas	4. Número de ramas	5. Forma de copa	6. Vigor de copa	7. Posición de dosel	8. Plagas y enfermedades, daños físicos	Diámetro de copa
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
1												
1												
1												
1												
1												
1												
1												
1												
1												
2												
2												
2												
2												
2												
2												

**Anexo 2: Formato para toma de datos de frutos de frutos y semillas**

<b>Id</b>	<b>Nombre del productor</b>	<b>Ancho de fruto (cm)</b>	<b>Largo de fruto (cm)</b>	<b>Semillas con alas (mm)</b>	<b>Semillas sin alas (mm)</b>	<b>Número de semillas viables</b>	<b>Número de Semillas vanas</b>	<b>Número de semillas TOTALES</b>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								