



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA REPRODUCCIÓN SEXUAL DE *Swietenia macrophylla* (CAOBA) EN EL VIVERO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, EN LA CIUDAD RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

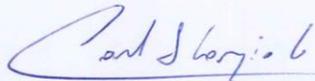
MARLON RENÉ TENORIO ESPÍN

**RIOBAMBA -ECUADOR
2018**

HOJA DE CERTIFICACIÓN

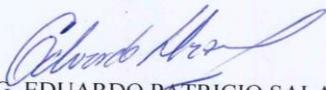
EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado: EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA REPRODUCCIÓN SEXUAL DE *Swietenia macrophylla* (CAOBA) EN EL VIVERO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, EN LA CIUDAD RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO de responsabilidad del señor Marlon Rene Tenorio Espín ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN



ING. CARLOS FRANCISCO CARPIO COBA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

21/01/2019



ING. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA
ASESOR DEL TRIBUNAL

21/01/2019

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Marlon Rene Tenorio Espín, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales.

Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.



Marlon Rene Tenorio Espín
C.I. 160057227-3

AUTORÍA

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Escuela Superior Politécnica Del Chimborazo (ESPOCH).

DEDICATORIA

A mis padres por ser el apoyo incondicional y el motor fundamental en mi vida, gracias a su paciencia, confianza y por ser un gran ejemplo para mí y mis hermanos.

A todos aquellos que compartimos buenos momentos en las aulas y me motivaron a seguir adelante, me brindaron su apoyo cuando más lo necesite.

A mi hermana mayor Mercy que ha sido uno de los pilares fundamentales para que obtuviera este logro importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser el pilar fundamental en vida, gracias a su apoyo incondicional que me brindaron y su fortaleza a pesar de la distancia.

A mis amigos, que se convirtieron como hermanos y nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos.

A mis profesores que nos brindaron su apoyo en cada etapa de nuestra carrera en la universidad, ya que sus consejos y apoyo satisficieron mis dudas en la realización de la tesis.

A la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH por permitirme formarme como profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
I. TÍTULO.....	1
II. INTRODUCCIÓN	
A. IMPORTANCIA.....	1
B. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. OBJETIVOS	
1. Objetivo General.....	4
2. Objetivos Específicos.....	4
IV. HIPÓTESIS	4
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
A. BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DEL ECUADOR	5
B. PROBLEMAS PARA LA REGENERACIÓN NATURAL DE LA ESPECIE.....	5
C. MEDIO AMBIENTE Y SU INFLUENCIA.....	6
D. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE DE ESTUDIO.....	7
i. Ecología.....	7
ii. Clasificación Taxonómica.....	8
iii. Descripción Botánica	9

iv. Importancia Ecológica	10
v. Fenología.....	11
vi. Especie de alto valor económico.....	11
vii. Desventaja en plantación.....	12
E. CARACTERÍSTICAS DE <i>SWIETENIA MACROPHYLLA</i>	13
F. VIVERO FORESTAL	14
G. CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA GERMINACIÓN.....	14
i. Temperatura.....	14
ii. Humedad del sustrato.....	15
iii. Presión atmosférica	16
H. DISPERSIÓN NATURAL DE <i>Swietenia macrophylla</i>	16
I. COMPORTAMIENTO ECOLÓGICO DE LA ESPECIE.....	17
i. Temperamento.....	17
ii. Comportamiento Radical.....	17
J. VIABILIDAD, VIGOR Y LONGEVIDAD DE SEMILLAS.....	18
K. PROPAGACIÓN SEXUAL DE <i>Swietenia macrophylla</i> (CAOBA).....	19
L. MANEJO DE <i>Swietenia Macrophylla</i> EN VIVERO.....	20
M. LOS SUSTRATOS EN LA PRODUCCION VIVERISTICA.....	22
N. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN SUSTRATO.....	22
O. PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS.....	23
P. COMPOSICIÓN DEL SUSTRATO.....	25
Q. INDICADORES MORFOLÓGICOS DE LAS PLÁNTULAS EN VIVERO.....	26

VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	
	A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	28
	1. Localización de estudio	28
	2. Ubicación geográfica.....	28
	3. Características climáticas.....	28
	B. MATERIALES Y EQUIPOS	29
	1. Equipos y herramientas	29
	2. Materiales de campo	29
	3. Materiales de oficina	29
	4. Material genético	29
	C. METODOLOGÍA	30
	1. Recolección de semilla.....	30
	2. Desinfección de la semilla	31
	3. Preparación de los sustratos.....	31
	4. Llenado de las fundas semilleros.....	32
	5. Siembra	32
	6. Cuidados culturales bajo el invernadero.....	33
	7. Registro de datos e información de la investigación.....	33
	8. ADEVA	34
	9. Recolección de los datos.....	35
VII.	RESULTADOS	37
VIII.	DISCUSIÓN	49
IX.	CONCLUSIONES	54

X.	RECOMENDACIONES.....	55
XI.	RESUMEN.....	56
XII.	SUMMARY.....	57
XIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
XIV.	ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

Nº	DESCRIPCIÓN	Pág.
Tabla 1.	Temperatura registrada en la parte del Umbráculo.....	38
Tabla 2.	Temperatura registrada en la parte del Mini Umbráculo.....	39
Tabla 3.	Porcentaje de germinación de semillas de caoba en la cama del Umbráculo.....	41
Tabla 4.	Porcentaje de germinación de semillas de caoba en la cama del Mini Umbráculo...	42
Tabla 5.	Análisis de los datos obtenidos de Altura en el ensayo del Umbráculo.....	43
Tabla 6.	Análisis de los datos obtenidos del Diámetros a la Altura del Cuello (DAC) de las plántulas en el ensayo del Umbráculo.....	43
Tabla 7.	Análisis de los datos obtenidos de Altura y Diámetros a la Altura del Cuello (DAC) de las plántulas en los resultados en el ensayo de la parte del Mini Umbráculo.....	44
Tabla 8.	Análisis de Tukey demostrando no significativo en la parte del Umbráculo.....	45
Tabla 9.	Análisis de Friedman para datos no paramétricos en la parte del Mini Umbráculo.....	46
Tabla 10.	Tabla de porcentaje de mortalidad en los ensayos en vivero.....	46
Tabla 11.	Temperatura y precipitaciones registrada en el sector de Curaray (cercanía del lugar de procedencia de la semilla).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	DESCRIPCIÓN	Pág.
Figura 1.	Caoba joven (<i>Swietenia macrophylla</i>).....	8
Figura 2.	Árbol de caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) en el bosque.....	9
Figura 3.	Fruto y semillas de caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>).....	10
Figura 4.	Efecto destructivo de la larva De H. grandella en plantaciones (foto tomada de la tesis “Validación de una medida cultural y uso de micorriza para el manejo integrado de plagas del Cedro y la Caoba”).....	13
Figura 5.	Colocación del sustrato en las fundas semilleros.....	32
Figura 6.	Elaboración y colocación de la semilla en el umbráculo.....	33
Figura 7.	Primeras plántulas en el sustrato de arena de río.....	37
Figura 8.	Plántulas germinadas en el sustrato estéril BM2.....	38
Figura 9.	Primeras plántulas de caoba en el ensayo realizado en el vivero de Riobamba.....	40
Figura 10.	Comparación de los sustratos en los dos ensayos en relación al DAC.....	45
Figura 11.	Comparación de los sustratos en los dos ensayos en relación a la altura.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

N°	DESCRIPCIÓN	Pág.
Cuadro 1.	Características de un sustrato ideal según la FAO, 2002.....	23
Cuadro 2.	Hoja de registro para evaluar la germinación de las semillas.....	34
Cuadro 3.	Diseño de los bloques completos al azar.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	DESCRIPCIÓN	Pág.
Anexo 1.	Registro de los datos de Altura de la parte del Mini Umbráculo.....	65
Anexo 2.	Registro de los datos de Diámetro A La Altura Del Cuello (DAC) de la plántula del Mini Umbráculo.....	65
Anexo 3.	Registro de los datos de Altura de la parte del Umbráculo.....	66
Anexo 4.	Registro de los datos de Diámetro A La Altura Del Cuello (DAC) de la plántula del Umbráculo.....	66
Anexo 5.	Porcentaje de germinación registrado en la parte del Umbráculo.....	67
Anexo 6.	Porcentaje de germinación registrado en la parte del Mini Umbráculo.....	67
Anexo 7.	Recolección de la semilla en campo.....	67
Anexo 8.	Selección de las camas semilleros para la elaboración del umbráculo en el vivero de la institución de la ESPOCH.....	68
Anexo 9.	Llenado de las fundas semilleros y colocación de las semillas en los diferentes sustratos.....	69
Anexo 10.	Colocación de cascarilla en cada uno de los sustratos.....	69
Anexo 11.	Colocación de jaulas en las camas semilleros para los Datalogers.....	70
Anexo 12.	Recopilación de los datos de temperatura y humedad relativa de los Datalogers.....	71
Anexo 13.	Recolección de datos de altura y DAC en los ensayos.....	71

I. EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA REPRODUCCIÓN SEXUAL DE *Swietenia macrophylla* (CAOBA) EN EL VIVERO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, EN LA CIUDAD RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

II. INTRODUCCIÓN

A. IMPORTANCIA

Swietenia macrophylla esta especie tiene riesgo calificado de vulnerable existiendo pocas especies en el Ecuador, por lo tanto necesita especial atención por parte de todos nosotros para que aumente su probabilidad de sobrevivencia, ha sido explotada intensamente desde tiempos de la colonia, al extremo que el establecimiento de la colonia inglesa en donde tiene su razón de ser debido a esta especie, de tal manera que fueron los ingleses los que iniciaron su explotación en el Norte (Aguilar & Cumes, 1992), la madera de caoba era una de la parte fundamental en las industrias siendo muy importantes de ese entonces, la extracción de madera de caoba se ha remontado hasta los tiempos actuales, la madera es duradera, fuerte, fácil de trabajar y de una belleza extraordinaria, está entre las maderas más codiciadas del mundo. Por sus características únicas, sigue siendo una de las más comercializadas nacional e internacionalmente. Es una importante fuente de divisas para productores como Bolivia y Brasil y uno de los recursos naturales renovables más importantes de América Latina (Aguilar, 1996).

Actualmente, la caoba es una especie protegida por el Estado Ecuatoriano mediante normas legales, debido a la fuerte explotación que ha sufrido en los últimos tiempos, y ha quedado un número reducido de individuos en bosques fragmentados que podrían estar sufriendo talas ilegales, esto ha motivado a tomar medidas para un mejor manejo, ordenación,

caracterización de sus recursos genéticos existentes, e investigaciones relacionadas con sus posibilidades de mejoramiento, esto ha obligado a varias regiones de Latinoamérica a obtener fuentes genéticas de *Swietenia macrophylla* y a obtener métodos de propagación para evitar la pérdida de la población de dicha especie.

Los diferentes sustratos contienen diferentes materiales como: corteza compostada, pura o en mezcla con otras sustancias como corteza fresca, aserrín, pumicita o suelo de cenizas volcánicas, constituye un sustrato de buenas características para el cultivo de plantas y para el mejoramiento de ciertos factores de la fertilidad del suelo. La función de los sustratos de cultivo es sustituir al suelo, permitiendo el anclaje y adecuado crecimiento del sistema radicular de la planta (Terés, 2001).

B. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad aumentado el interés en el estudio y conservación de *Swietenia macrophylla*, debido a su gran consumo en el mercado por la calidad de su madera, el cual se ha teniendo en cuenta en conservar su genética ya que es una especie condicionada y prohibida en algunos países. La forma alada y dimensión que tiene la semilla le permite recorrer grandes distancias para propagarse, pero esta ha sido afectada debido a la destrucción que tiene esta especie por su madera, como resultado del alto grado de deforestación detectado en las áreas de bosque húmedo tropical. La mayoría de las especies forestales de los bosques húmedos tropicales, se propagan mediante semillas, en el cual, su calidad fisiológica y genética influye de manera significativa en el éxito de su propagación (Instituto nicaragüense de recursos naturales y del ambiente, 2002).

En el Ecuador, se ha motivado al manejo sustentable de los recursos forestales existentes en el país. Se trata de una especie que se encuentra en peligro crítico de extinción, por haber

sido objeto de una intensa explotación maderera entre los 80 y 90 entrando en el libro rojo de especies en el Ecuador. Para lo cual se está impulsando en programas de cultivo en plantaciones con especies de ciclos cortos, impulsando su conservación en la amazonia ecuatoriana en donde se ha explotado en gran medida. Al momento, se estima que en Ecuador existen entre 4.000 y 4.500 árboles de caoba, lo que constituye una cantidad muy pequeña y de ahí la importancia de preservar esta especie (Colegio de ingenieros forestales de Pichincha, 2007).

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Evaluar cuatro sustratos para la reproducción sexual de *Swietenia macrophylla* (Caoba) en el vivero de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, en la ciudad Riobamba, provincia de Chimborazo.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el porcentaje de germinación en los cuatro sustratos.
2. Evaluar las plántulas en los diferentes sustratos durante 30, 45 y 60 días en el vivero.

IV. HIPÓTESIS

A. HIPÓTESIS NULA – H₀

Ningún sustrato es ideal para la germinación de *Swietenia macrophylla* (caoba).

B. HIPÓTESIS ALTERNANTE –H₁

Un sustrato presenta la mejor condición para la germinación de *Swietenia macrophylla* (caoba).

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DEL ECUADOR

La Amazonía del Ecuador alberga exuberantes extensiones de bosques húmedos tropicales, con una gran diversidad biológica y especies exclusivas de esta región. Debido a las condiciones especiales de clima, topografía y geología en esta zona se encuentran especies que son de gran valor económico debido a su madera dura. Las especies de gran valor económico, ofrecen a más de su madera múltiples beneficios como la regulación del ciclo de agua y el clima, producen oxígeno y absorben dióxido de carbono, controlan inundaciones, evitan la erosión, proveen de alimentos y promueven la conservación de la biodiversidad, entre otros bienes y servicios. Varios científicos consideran que la Amazonía del Ecuador, contiene la mayor riqueza vegetal que cualquier área de tamaño similar en el Neo trópico y casi con certeza, una de las concentraciones más altas de especies de plantas vasculares aún por descubrir, de ahí la gran importancia de conservar los nichos ecológicos donde se desarrolla *Swietenia macrophylla* (Fundación Natura, Ministerio del Ambiente, CDC-Ecuador & Fundación Arcoiris, 2000).

B. PROBLEMAS PARA LA REGENERACIÓN NATURAL DE LA ESPECIE

Para comprender la regeneración de la especie es necesario contar con información sobre su reproducción, pero aún son escasos los estudios sobre este aspecto, en cada país el tiempo fenológico varía según sus condiciones climáticas. Los resultados indican que existe una gran variación en la producción de frutos entre individuos y entre años, siendo los árboles mayores a 75 cm de DAP, arboles de estado adulto siendo los principales productores de semillas (Norghauer, Grogan, Malcolm, & Felfeli, 2010).

Según Vester y Navarro, sugiere que para asegurar la regeneración de esta especie se requiere dejar al menos un árbol grande como semillero por hectárea, también se considera la distancia a la que son dispersadas las semillas puede ser de vital importancia para su sobrevivencia (Vester & Navarro-Martínez, 2006)

Al respecto, Janzen postuló que el principal beneficio de la dispersión de semillas es su alejamiento de la planta madre, escapando de la elevada mortalidad denso-dependiente debida a parásitos, depredadores y/ o herbívoros debajo de la copa del árbol materno; dicha teoría predice que el máximo reclutamiento de individuos puede ocurrir a una distancia intermedia del árbol madre (Janzen, 1970).

Estudios posteriores, han probado la hipótesis de Janzen-Connell para el caso de la caoba. Los resultados sugieren que la sobrevivencia fue mayor conforme incrementaba la distancia al árbol madre y el ataque de plántulas recién emergidas fue menor a más distancia, encontrando la cantidad más alta de caobas defoliadas a los 15 m de la madre. Aunque aún es poca la evidencia sobre la depredación en semillas de caoba pre-dispersión, algunos autores han observado frutos dañados y semillas comidas por loros, microorganismos patógenos e insectos (Norghauer, Malvolm, & Zimmerman, 2006).

C. MEDIO AMBIENTE Y SU INFLUENCIA

Las especies son organismos que se distribuyen en un espacio geográfico en función de factores ambientales limitantes y de las interacciones con otras especies, las distintas especies de interés para la producción forestal, se encuentran asociadas a ciertas condiciones de sitio, esto es, condiciones propias del lugar como el clima, suelos y topografía, donde pueden reproducirse y crecen mejor que en otros lugares. El éxito de una especie depende de intervenciones que están dirigidas a satisfacer sus requerimientos ambientales, como espacio de crecimiento, luz, agua y nutrientes del suelo, y a controlar la competencia con otras

especies de plantas o el ataque de insectos parásitos o patógenos (Smith, Larson, Kelty, & Ashton, 1997)

El medio ambiente de un organismo o de una especie determinada, consiste en el conjunto de factores externos a dicha población. Estos factores incluyen a la propagación de dichas especies, los animales son distribuidores de semillas a lo largo del bosque, así también los factores abióticos que presenta la zona, con los cuales tienen lugar interacciones positivas, como el mutualismo plantas-hongos en las micorrizas o plantas-animales en la polinización, o interacciones negativas, como las interacciones con depredadores, parásitos o patógenos, e incluso la influencia de diversos agentes físicos, biológicos o antropogénicos que originan eventos discretos en el tiempo y espacio, que son causa mortalidad o daño para la población (Wright, Calderon, & Patton, 2004).

A través del proceso evolutivo, las especies se han adaptado para sobrevivir y reproducirse en determinadas condiciones ambientales. La variación en las condiciones ambientales a las cuales una especie está adaptada, constituye su nicho ecológico. El nicho ecológico de una especie puede ser conceptualizado como un espacio multidimensional, en el cual cada dimensión representa a los factores de su ambiente (Hutchinson, 2003). Cuando se modifican las condiciones ambientales, esto puede ampliar o reducir las condiciones favorables para una especie determinada provocando que no se pueda propagar reduciendo sus condiciones de desarrollo. Desde una perspectiva de la ecología de poblaciones, el deterioro o degradación del ambiente de una población consiste en una reducción del espacio de nicho que esta puede ocupar, lo cual puede llevarla a la extinción (Pianka, 2002).

D. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE DE ESTUDIO

i. ECOLOGÍA

El hábitat natural de la caoba es el bosque tropical y subtropical de América que inicia desde México hasta Bolivia, a altitudes de 50-500 msnm, pudiendo llegar hasta los 1400 msnm,

con temperaturas de 22-28°C, con climas secos, húmedos o muy húmedos, donde las precipitaciones oscilan entre 1000 y 2500 mm, aunque se puede encontrar en áreas más extremas, más húmedas o más secas. Puede tolerar estaciones secas de cuatro meses. Sin embargo, una región con una alta precipitación y una estación seca prolongada es menos adecuada para su crecimiento que una con menor precipitación, pero una estación seca más corta. Crece en una gran variedad de suelos, desde arcillosos a arenosos, pero prefiere suelos aluviales profundos, bien drenados y fértiles, preferiblemente alcalinos a neutros desarrollándose de gran manera, también puede crecer en suelos ácidos, con pH de hasta 4.5 pero su población es reducida. En Mesoamérica se comporta como una especie pionera colonizadora en tierras agrícolas degradadas (López Ríos, 2008).

ii. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

TAXONOMÍA:

REINO: Plantae o vegetal

DIVISIÓN: Angiospermae

CLASE: Dicotyledoneae

ORDEN: Rurales

FAMILIA: Meliaceae

GÉNERO: *Swietenia*

ESPECIE: *macrophylla*

NOMBRE COMÚN: Caoba.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Swietenia macrophylla*.



Figura 1. Caoba joven (*Swietenia macrophylla*)

iii. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol de gran tamaño, de 30 a 60 metros de altura con el fuste limpio hasta los 25 metros de altura, los arboles adultos miden entre 75 a 350 cm a la altura del pecho.

- Copa con diámetro de 14 m. Presenta ramitas gruesas de color castaño con muchos puntos levantados ó lenticelas.
- Fuste recto, libre de ramas en buena proporción, bastante cilíndrico, los contrafuertes pueden tener una altura de más de 4 metros (González, 1991).
- Corteza externa color café rojizo oscuro con muchas fisuras profundas a lo largo del fuste, la corteza interna es de un color rosado rojizo hasta café. Sabor amargo.
- Hojas alternas grandes, paripinnadas alternas de 20 a 40 cm de largo; pecioladas, portando de 6 a 12 folíolos delgados oblicuamente lanceolados por lo regular de 8 a 15 cm de largo y 2.5 a 7 cm de ancho, acuminados en el ápice, agudos o muy oblicuos en la base. Haz verde oscuro brillante, envés verde pálido.



Figura 2. Árbol de caoba (*Swietenia macrophylla*) en el bosque

- Flores colocadas sobre panículas de 10 a 20 cm de largo o más, glabras; cáliz 2 a 2.5 mm de largo, lóbulos cortos, redondeados; 5 pétalos ovados de color blanco, 5 a 6 mm de largo; 10 estambres formando un tubo cilíndrico con dientes agudos o acuminados.
- Fruto es una cápsula ovoide dehiscente, comúnmente de 6 a 25 cm de largo y 2 a 12 cm de diámetro, reducido hacia el ápice en punta, color pardo grisáceo, lisa o diminutamente verrugosa, con 4 y 5 valvas leñosas de 6 a 8 mm de grueso; cada cápsula contiene entre 45 a 70 semillas, esponjosas y frágiles.
- Semillas sámaras, aladas, livianas, de 7.5 a 10.0 cm de largo por 2.0 a 3.0 cm de ancho, de color rojizo café, sabor muy amargo (Centro Técnico de Evaluación Forestal, 1973).



Figura 3. Fruto y semillas de caoba (*Swietenia macrophylla*)

iv. IMPORTANCIA ECOLÓGICA

S. macrophylla es la especie maderable tropical más estudiada, sin embargo, la mayoría de los trabajos realizados se han enfocado en la ecología de la regeneración y la silvicultura de la caoba en condiciones experimentales, aunque en la última década han incrementado los estudios en bosques naturales. Estos estudios permiten evaluar el estado de conservación de las poblaciones naturales de la especie y la dinámica con el medio ambiente, debido a que ayuda a la estabilización de bancos de arena en territorios secos y mejora la fertilidad del suelo en épocas de crecimiento de la especie con la aportación de hojarasca al suelo (Grogan *et al*, 2018).

v. FENOLOGÍA

La caoba florece y empiezan a mostrar los primeros frutos entre los meses de diciembre a febrero, pero varía de acuerdo a la región en donde este situada. Los frutos inician su maduración en julio, prolongándose hasta finales del mes de septiembre, donde existe árboles de caoba que muestran sus frutos en marzo, abril hasta junio. Es importante indicar, aparentemente como consecuencia de los cambios climáticos, la caoba y otras especies arbóreas han variado su época de floración y fructificación, manteniendo un retraso de 90 días aproximadamente. Pero, lo parte que más preocupa, es la poca viabilidad germinativa que presentan desde el año 2010. Semillas recientemente colectadas de estas tres especies forestales y colocadas en el germinador, alcanzaron solo 30% de germinación en promedio, debido a las precipitaciones bajas registradas en la zona de estudio (Pérez, 2016).

vi. ESPECIE DE ALTO VALOR ECONÓMICO

Esta especie produce una de las maderas más conocidas y apreciadas del mundo para muebles, ebanistería, entre otros, debido a esto es comercializada y utilizada internacionalmente por más de 400 años. Es una especie de crecimiento moderadamente rápido con características favorables para plantaciones, que puede producir madera de aserrío

en turnos de rotación de 30- 40 años. La madera de la caoba es moderadamente pesada (densidad de 0.63 g/cm³), dura, resistente al deterioro por factores ambientales cuando está protegida de la lluvia y de la humedad y también es conocida en todo el mundo por su atractivo acabado y figura altamente decorativa, así como por sus buenas propiedades para usos comerciales. Aunque se usa principalmente para muebles y chapa decorativa, su facilidad para trabajarla y su alta resistencia en comparación a su peso la hace apta para un gran número de usos como construcción ligera, de embarcaciones, instrumentos musicales, modelos y maquetas (Bauer, Gerald, & Francis, 2005).

vii. DESVENTAJA EN PLANTACIÓN

La principal desventaja a la plantación es su susceptibilidad al barrenador del tallo (*Hypsipyla grandella*). Este insecto puede atacar diversas estructuras del árbol, pero el daño principal lo causa al barrenar el brote principal en árboles jóvenes, lo cual provoca ramificación, bifurcaciones, y así, el valor comercial del árbol resulta disminuido o anulado. Aunque Howard & Giblin-Davis, (2005), enfatizan que se han hecho investigaciones para desarrollar métodos de manejo de *Hypsipyla* como plaga de árboles forestales de alto valor comercial por lo que dicha población de esta especie es muy difícil de controlar. La dificultad estriba en que hasta las poblaciones ligeras pueden causar daño significativo por el hecho que la destrucción del brote terminal es el resultado de una sola larva. La plaga ataca en viveros y plantaciones, este aparece sin previo aviso y no se le detecta hasta que la planta presenta decaimiento de sus hojas. En relación al control químico de *Hypsipyla* afirma que en las ocho décadas de la investigación en 23 países tropicales todavía no existe un método de control químico confiable, económico y ambientalmente sano para prevenir el daño económico por esta especie de insecto.



Figura 4. Efecto destructivo de la larva De *H. grandella* en plantaciones (foto tomada de la tesis “Validación de una medida cultural y uso de micorriza para el manejo integrado de plagas del Cedro y la Caoba”)

E. CARACTERÍSTICAS DE *Swietenia macrophylla*

Una especie que exige luz, pero tolera la sombra en su etapa juvenil, lo cual se debe a que se desarrolla en zonas con numerosas especies de árboles de gran tamaño, por lo que en los primeros años de su vida tiene que crecer a pesar de que los demás árboles le limitan la cantidad de insolación hasta que alcanza una altura suficiente como para descollar entre los demás árboles. Más aún: cuando en su juventud tienen una insolación suficiente, no crecen tanto como si se ven obligados a crecer para obtener una insolación abundante (Vela, 2006).

Es considerada una de las maderas de mejor calidad en la región neo tropical y tropical, de grano fino, muy utilizada en trabajos de ebanistería, siendo una de las maderas de mayor valor en el mercado mundial, con sus semillas aladas se podían transportar grandes extensiones de terreno, debido al uso excesivo de esta especie su propagación es casi nula, las condiciones de sitio son cada vez más adversas (Carpio Malavassi, 1992).

F. VIVERO FORESTAL

El vivero forestal tiene como objetivo general la producción silvícola, generar plantas de alta calidad, en la forma más eficiente, plántulas que posean las mayores tasas de supervivencia y de crecimiento inicial para un sitio determinado, además es un componente importante en todo programa de reforestación, actividad considerada en la política del gobierno como carácter prioritario, sustentada en su Plan Nacional de Reforestación, cuyo objetivo es la de contribuir como alternativa viable a la mitigación de los impactos negativos al cambio climático, retener o disminuir la degradación de los suelos que viene incrementándose en forma alarmante (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014), acarreado con ello problemas socio-económicos y ecológicos en el ámbito rural o urbano, así como mejorar la calidad de vida de la gente y del medio en los que se desarrollan a través de la contribución de plantas para usos con diferentes afines, al cumplir estas con sus diferentes funciones que lo caracterizan, teniendo entre estas a la conservación y recuperación de suelos degradados o en proceso de degradación, reguladores del ciclo hidrológico, conservación y protección de la biodiversidad, establecer o recuperar la cobertura boscosa, entre otros beneficios (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2010).

G. CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA GERMINACIÓN

i. TEMPERATURA

La temperatura es tal vez el factor ambiental más importante que regula la germinación de cualquier especie vegetal, afectando tanto el porcentaje como la tasa de germinación. La tasa o velocidad de germinación generalmente se reduce a temperaturas bajas, pero aumenta paralelamente con la elevación de la temperatura.

Los efectos de las temperaturas constantes sobre la germinación de semillas son distintos para cada especie de planta, de temperaturas de germinación máximas y mínimas, las

temperaturas muy bajas o muy altas, impiden la germinación de la mayoría de las semillas de especies; temperaturas inmediatamente superiores al punto de congelación permiten que germine sólo un pequeño porcentaje de semillas, y en forma muy lenta. La germinación de las semillas de la mayoría de las especies arbóreas puede ocurrir dentro de un rango de temperaturas bastante amplio, pero la germinación más rápida de las semillas no latentes generalmente se produce a temperaturas altas (Awal & Ikeda, 2002).

Las temperaturas óptimas de germinación pueden variar entre árboles individuales dentro de un rodal, así como entre poblaciones de una especie dada. Los requerimientos de temperatura no sólo tienen importancia práctica en la germinación en vivero, sino que también en la selección de especies para la plantación debido a que en algunas áreas es necesario usar especies que germinen con la temperatura existente en terreno cuando hay una adecuada humedad del suelo (Bonner, Vozzo, Elam, & Land, 1994).

ii. HUMEDAD DEL SUSTRATO

La humedad de la semilla determinará a la capacidad para germinar y dar lugar a plántulas sanas en condiciones favorables. Esta facultad puede verse disminuida por diversos factores que también afectan a su longevidad (tiempo durante el que son viables). El primer condicionante de la calidad de una semilla es su proceso de producción, que deberá llevarse a cabo en condiciones óptimas y con plantas sanas. El exceso de humedad producirá cualquier enfermedad o plaga podría contagiarse al resto de material que se está propagando, si están en las mismas instalaciones, por lo que éste es un factor al que prestan especial atención al momento de realizar el riego respectivo en el vivero (Varela & Arana, 2011).

iii. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica en la Tierra es de aproximadamente 101 kilopascales, o kPa, que es la condición ideal para que las plantas puedan crecer. Una de las razones por las que las plantas tienen problemas para crecer en otros planetas es la diferencia en la presión atmosférica. Por lo tanto, es importante evaluar qué efecto puede tener un cambio en la presión sobre las plantas para ayudar en la supervivencia del hombre (Turtenwald, 2018).

La concentración de gas es más importante que el valor de la presión atmosférica a la hora de germinar una semilla. En la atmósfera terrestre el oxígeno constituye alrededor del 20 por ciento de los gases presentes en el aire. Este es un elemento necesario para el crecimiento de las plantas. Incluso si reduces o aumentas la presión atmosférica es importante mantener la misma cantidad de oxígeno para su crecimiento, que es aproximadamente de 15 a 20 kPa sin importar la cantidad de presión. Para evitar la inflamabilidad del aire, la presión atmosférica debe permanecer por arriba de los 30 a 50 kPa de presión total (Tang *et al*, 2010).

H. DISPERSIÓN NATURAL DE *Swietenia Macrophylla*

La semilla alada de la caoba se dispersa por el viento permitiendo recorrer grandes extensiones de terreno, para lo cual, la especie utiliza la anemocoría que es crítica en los bosques tropicales, este proceso de propagación es un poco entendido en la actualidad, para ello, un estudio pionero en México demostró el proceso que tiene un árbol adulto para dispersar su semilla, las semillas son elevadas al doble de la altura del árbol y de esa manera son llevadas lejos, la mayor cantidad de semillas cayo en zonas densas al lado norte siendo que el 80% de las semillas dispersadas no logró establecerse debido a la depredación, la cual es una de las principales causas de mortalidad en las primeras fases del ciclo de vida de una planta, y la otra parte de la semilla se encontró que fue dispersado hacia el este, principalmente, a una distancia entre 10 y 20 m de la madre encontrándose plántulas (Norghauer, Malcolm, Zimmerman, & Felfili, 2006).

I. COMPORTAMIENTO ECOLÓGICO DE LA ESPECIE

i. TEMPERAMENTO

Se clasifica como una especie intolerante, no puede sobrevivir la sombra densa. En la luz débil bajo un dosel forestal tropical denso, las plántulas de la caoba que germinan por lo usual fracasan en sobrevivir por más de unos pocos meses. Bajo una luz filtrada, las plántulas podrán persistir por muchos años, creciendo de manera lenta en una condición suprimida (Juárez Sánchez, 2016).

El crecimiento más rápido se alcanza bajo una luz solar plena con protección lateral. Las plántulas responden de manera rápida a la liberación de la vegetación terrestre baja y el dosel superior. Se mostró que las plantaciones de caoba reciclan los nutrientes de manera eficiente y sostuvieron casi tantas especies del sotobosque como los adyacentes bosques secundarios naturales. Tiene las ventajas de un rápido crecimiento, una tolerancia a la sequía y a los suelos pobres y un follaje verde oscuro (Alcalá Martínez & Gutiérrez-Granados, 2011).

ii. COMPORTAMIENTO RADICAL.

Produce una vigorosa raíz pivotante en la etapa de plántula. Añade muchas raíces laterales finas que se engruesan de manera gradual para formar un extenso sistema radical lateral. Los árboles de mayor edad desarrollan unos contrafuertes de pequeños a medianos. Las raíces laterales de los árboles de gran tamaño se ven expuestas sobre el terreno por un metro o más en los sitios muy húmedos y en los suelos arcillosos (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2016).

J. VIABILIDAD, VIGOR Y LONGEVIDAD DE SEMILLAS

La mayoría de las especies forestales son utilizadas por el hombre para su aprovechamiento de su fuste, como plantas cultivadas (plantaciones), utilizan semillas para reproducirse. No obstante, en muchas ocasiones, las semillas tras su maduración y dispersión no son capaces de germinar, o bien porque son durmientes o bien porque las condiciones ambientales no les son favorables para su desarrollo. En esta situación las semillas comienzan a deteriorarse lo que se manifiesta por la progresiva pérdida de su capacidad de germinar (viabilidad) y de dar lugar a plántulas sanas y vigorosas. El tiempo que tardan las semillas en perder su viabilidad es variable según las especies y dependiente de factores tanto externos (temperatura ambiental), como internos (contenido en humedad, genotipo, etc.) a las propias semillas (Cardozo, 2003).

- a) Viabilidad de la semilla: Es la capacidad que tiene esta por brotar y formar una nueva plántula para las siguientes temporadas, todas las semillas tienen una viabilidad diferente y es muy importante en todo este proceso su conservación. No todos tenemos acceso a grandes métodos de conservación, pero es importante que se guarden en sitios frescos, oscuros y secos para garantizar que nos germinen y por supuesto que su viabilidad nos dure más años. Yo por regla general y por no aprenderme la viabilidad de cada semilla no las conservo más de 4 años (Duque, 2006).

- b) Longevidad: La longevidad de semillas es el tiempo que pueden mantenerse viables en unas determinadas condiciones de temperatura y contenido de humedad. De forma natural las semillas presentan una longevidad que varía entre especies; mientras que las semillas recalcitrantes permanecen viables sólo durante unas pocas semanas, las de muchas especies de familias de las Leguminosas pueden conservar la capacidad de germinar durante 150 a 200 años. En algunos casos estas diferencias se manifiestan incluso entre diferentes subespecies, cultivares o líneas genéticas (López Sánchez, 2004).

c) Vigor: se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor. El vigor de un lote de semillas es el resultado de la interacción de toda única serie de características de las semillas:

- Constitución genética.
- Condiciones ambientales y nutricionales a que ha estado sometida la planta madre durante el periodo de formación.
- Grado de madurez.
- Tamaño, peso y densidad.
- Integridad mecánica.
- Grado de deterioro y envejecimiento.
- Contaminación por organismos patógenos (León Flores, 2003).

K. PROPAGACION SEXUAL DE *Swietenia macrophylla* (CAOBA)

La propagación sexual o semillas de una especie forestal es una respuesta favorable para la pérdida de la diversidad biológica provocada por la deforestación de los bosques en Ecuador y en especial de los bosques tropicales y andinos de las tres regiones naturales, los mismos que de acuerdo a (Paladines, 2003) son los ecosistemas más amenazados del planeta; en virtud aquello, diversas instituciones tanto públicas como privadas han tomado la iniciativa en contribuir a la reducción de la tasa de deforestación y recuperar la cobertura vegetal perdida en este proceso, para lo cual recolectan semillas de diversas especies forestales para propagar y hacer mejoras genéticas del material existente.

Aguirre, Günter, & Stimm, (2013), menciona que la reforestación con especies nativas constituye una herramienta promisoría para la restauración de ecosistemas degradados; sin embargo, la conservación in situ, ha sido una de las estrategias preferidas por los gobiernos

de turno para afrontar este problema, como es el caso del programa socio bosque y la integración de nuevas áreas naturales al sistema nacional de áreas protegidas. De igual forma a nivel nacional, se está observando una preocupación por el incremento de los programas de plantaciones forestales con fines comerciales y de protección, así como la intención de llevar a cabo proyectos a gran escala como lo es el plan nacional de forestación y reforestación del Ecuador. En esta misma línea, los centros de educación superior e instituciones dedicadas a realizar investigación, se encuentran generando conocimientos tomando como base diferentes técnicas, entre ellas la propagación in vivo e in vitro de especies forestales.

L. MANEJO DE *Swietenia Macrophylla* EN VIVERO.

Desde el momento que las nuevas plantitas de caoba son transferidas a las camas vivero, éstas necesitan de atención adecuada, porque de los factores que se manejen, depende la obtención de plántones en condiciones ideales para el trasplante. Estos factores son los siguientes:

a. Humedad

El riego en las camas vivero debe ser constante (dos veces por semana), humedeciendo suficientemente sin llegar al anegamiento. Esta recomendación se debe continuar hasta el momento del trasplante de los plántones al campo definitivo. En zonas que presentan precipitaciones mayores a 100 mm mensuales, el riego deberá ser realizado cuidadosamente. Para ello, la humedad del suelo se debe determinar manualmente, introduciendo el dedo en el suelo de las camas vivero o de las bolsas (Pérez, 2008).

b. Deshierbas

Cuando las plantas de caoba están recién sembradas en las bolsas conteniendo suelo y colocadas en las camas vivero, las malezas son las principales competidoras, principalmente por luz. Esta competencia se debe controlar al máximo para evitar la variabilidad en cuanto al crecimiento en altura de las plantas. Las deshierbas se deben realizar manualmente con mucho cuidado. No usar químicos para controlar malezas en esta etapa (Teni Choc, 2007).

c. Sanidad

La caoba es resistente al ataque de plagas o enfermedades, pero no en condiciones extremas. En el vivero se observa algunas veces Chupadera fungosa, pero, de los que hay que tener mayor cuidado son de la hormiga cortadora de hoja y del barrenador de brotes. El primero produce daños extremadamente desbastadores en el vivero, como en las plantaciones establecidas en campo definitivo. El segundo produce daños significativos en campo definitivo, cuando las plantas hayan alcanzado desde uno, hasta nueve metros de altura (Solís Carrera, 2009).

d. Adaptación al medio natural

Cuando los plantones de caoba hayan logrado cierta rigidez en el vivero y alcanzado entre 10 y 15 cm de altura, éstas deben ser expuestas a las condiciones ambientales naturales; en este momento se debe retirar la cobertura que servía de protección inicial. Esta nueva fase permite dar condiciones adecuadas a los plantones, para que, al momento del trasplante, sufran el menor stress posible por efecto de la radiación solar y demás factores ambientales al cual estarán expuestas. Durante este periodo es importante mantener la humedad del suelo, para lo cual el riego se debe realizar mínimamente con una frecuencia de tres veces por semana (Snook, Negreros Castillo, & O'Connor, 2005.).

M. LOS SUSTRATOS EN LA PRODUCCION VIVERISTICA

El sustrato es lo más importante en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente al suelo o procedente del mismo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor o en fundas semilleros puedan ayudar al desarrollo de la generación de plántulas, esto puede ser utilizado de forma pura o mezclado, lo que permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada, esto varía según el criterio técnico. La propia experiencia dentro de los viveros demuestra que el manejo de un buen sustrato es una de las claves a la hora de propagación de especies forestales (Burés, 1999).

El correcto manejo del sustrato, sobre todo respecto de la gestión del riego abre la puerta de una producción adecuada, ya que este drena el agua en exceso, pero a su vez le permite mantener la cantidad necesaria para la absorción de la planta. Un buen sustrato desde el punto de vista físico y químico puede comportarse de manera muy deficiente si no se maneja adecuadamente; mientras que un sustrato inadecuado mantendrá limitaciones respecto de sus propiedades físicas y químicas (porciones a mezclar a la hora de crear el sustrato) puede obtener producciones elevadas si su manejo es el adecuado (Gallardo & Valenzuela, 2005).

N. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN SUSTRATO

El conocimiento de las propiedades de los sustratos como medios de crecimiento es importante para la toma de decisiones, pero no es suficiente para determinar un sustrato ideal, ya que en cada vivero se maneja un sustrato de acuerdo a los requerimientos de los viveristas y al costo de producción de cada uno de ellos. Aunque en realidad, el sustrato ideal quizá no exista, únicamente se puede conocer el sustrato adecuado porque va a depender de muchos factores: tipo de planta, fase del proceso productivo en el que se interviene (semillado, estaquillado, esquejes, entre otros), condiciones climatológicas, y el manejo del sustrato. Aunque no se pueda determinar un sustrato ideal, debido a que cada especie forestal tiene

sus propios requerimiento, según el cuadro 2 se mencionan algunas características ideales presentadas por la FAO (2002), entre las cuales se mencionan: Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, elevada aireación, baja densidad aparente, elevada porosidad, baja salinidad, elevada capacidad tampón, baja velocidad de descomposición, estabilidad estructural, reproductividad y disponibilidad, bajo costo, fácil manejo (mezclado, desinfección, etc.)

Cuadro 1. Características de un sustrato ideal según la FAO, 2002

Propiedades	Parámetro
- densidad aparente	0,22 g/cm ³
- densidad real	1,44 g/cm ³
- espacio poroso total	85%
- fase sólida	10-15%
- agua fácilmente disponible	20-30%
- contenido de aire	20-30%
- agua de reserva	6-10%
- pH	5,5-6,5
-capacidad de intercambio catiónico	10-30 meq/100 g peso seco
- contenido de sales solubles	200 ppm (2mS/cm)

O. PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS

Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz en las hortalizas y flores, permitiendo que la “solución nutritiva” se encuentre disponible para su desarrollo en los cuales tenemos las siguientes propiedades:

- POROSIDAD.

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz (Wightman, 2002).

- DENSIDAD.

La densidad de un sustrato se referirá al material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente (Abad, Martínez, & Martínez, 2003).

- ESTRUCTURA.

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente, pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (Landis, Tinus, McDonald, & Barnett, 2005).

- GRANULOMETRÍA.

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría (Arancon, Edwards, Atiyeh, & Metzger, 2004).

P. COMPOSICIÓN DEL SUSTRATO

- **AGUA.**

Es común su empleo como portador de nutrientes, aunque también se puede emplear como sustrato.

- **GRAVAS**

Suelen utilizarse las que poseen un diámetro entre 5 y 15 mm. Destacan las gravas de cuarzo, la piedra pómez y las que contienen menos de un 10% en carbonato cálcico. Poseen una buena estabilidad estructural, su capacidad de retención del agua es baja si bien su porosidad es elevada (Mendoza & Hernández, 2004).

- **ARENAS.**

Las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava. Su capacidad de retención del agua es media; su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula (Reséndez, Gómez, Ruíz, Cueto, & Rodríguez-Dimas, 2008).

- **TIERRA VOLCÁNICA.**

Son materiales de origen volcánico que se utilizan sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, proceso o manipulación. Están compuestos de sílice, alúmina y óxidos de hierro. También contiene calcio, magnesio, fósforo y algunos oligoelementos. Las granulometrías son muy variables al igual que sus propiedades físicas (Anovas & Díaz, 2006).

- **TURBAS.**

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica (Fernández, López, & Pérez, 2004).

- **CORTEZA DE PINO.**

Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Al ser un material de origen natural posee una gran variabilidad. Las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas. Las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y de fitotoxicidad (Llurba, 2002).

- **FIBRA DE COCO.**

Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3-6,5) y una densidad aparente de 200 kg/m³. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee (Maroto, 1990).

Q. INDICADORES MORFOLÓGICOS DE LAS PLÁNTULAS EN VIVERO

Los atributos morfológicos, pueden correlacionarse exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial en terreno de muchas especies de uso forestal, señalándose que mientras más grande es la planta, mayor es su potencialidad de supervivencia. Por esta razón se consideran parámetros adecuados para evaluar la calidad de las plantas. Se señalan los

atributos morfológicos e Índices de calidad, medibles en la producción de plántulas nativas en vivero, que permitirán caracterizar en forma cuantitativa la calidad de la planta (Universidad Politécnica de Madrid, 2015).

- **Diámetro de cuello (DAC)** El diámetro a la altura de cuello es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Esta variable se expresa generalmente en milímetros (mm), se establece como indicadores de calidad de una planta la altura, el diámetro de cuello y el peso fresco de la planta, señalando que mientras mayor es el diámetro y el peso fresco de una planta, mejor será la calidad de ella (Arnold, 1996).
- **Altura** La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm) (Czabator, 1996).

VI. MATERIALES Y METODOLOGÍA

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización de estudio

La presente investigación se realizó en el vivero de la ESPOCH, Facultad de Recursos Naturales, en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica

- Lugar: vivero de la ESPOCH – RIOBAMBA – CHIMBORAZO
- Latitud: 1°39'4,86"S
- Longitud: 78°40'49.29"O
- Altitud: 2755 msnm

Según el Ministerio del Ambiente es considerado Como Vivero Forestal (Ministerio del Ambiente, 2013).

3. Características climáticas

El lugar de ubicación donde se realizó el trabajo de titulación, presentó las siguientes condiciones climáticas:

Precipitación media anual: 561 mm.

Temperatura media anual: 14,0 ° C.

Humedad Relativa media diaria: 63,1 %

Datos obtenidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en la estación meteorológica de la ESOPCH en años posteriores. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017)

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Equipos y herramientas

Durante la investigación se utilizará los siguientes equipos y materiales:

1. Materiales de campo

Libreta de campo, apuntador, regla, carretilla, sarán, manguera, fundas plásticas, plástico de invernadero, caja metálica, sustratos (arena negra, cascarilla, arcilla, bm2, turba), mascarilla, calibrador digital (pie de rey), pala, palos, letreros, regadera, cinta métrica, VITAVAX 400 (carboxim, Thiram), cámara digital.

2. Materiales de oficina

Computador, impresora, internet.

3. Material genético

Semillas de caoba (*Swietenia macrophylla*).

C. METODOLOGÍA

La investigación se realizó con la finalidad de evaluar el porcentaje de germinación de la semilla *Swietenia macrophylla* (Caoba) en diferentes sustratos para determinar cuál es el mejor para su reproducción sexual en el vivero de la ESPOCH. Los datos empleados en la investigación fueron cualitativos y cuantitativos debido a que se empleó información registrada como la supervivencia y mortalidad de las plántulas, así como las características particulares de cada plántula en los diferentes sustratos.

Para obtener información necesaria para lograr la germinación se recurrió a fuentes secundarias en donde se incluye el acceso a información en la red y documentos digitales de diferentes investigadores en el campo de la propagación de semillas forestales.

Previo a concluir el estudio de las prácticas pre-profesionales, donde se obtuvo información preliminar de los datos de germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*. (Caoba), en donde se requiere seguir con el método pre-germinativo, en donde, se estableció el método de remojo de las semillas por 24 horas en agua fría, para obtener un dato confiable, para la cual se procede con la investigación a realizar en diferentes sustratos. Se realiza en el vivero de la ESPOCH, creando un umbráculo en una cama semillero, semejando las condiciones ideales para la germinación.

1. Recolección de semilla

La semilla utilizada en la presente investigación se obtuvo de frutos de caoba recolectados en la región amazónica de Arajuno en las comunidades de Pitacocho y Nushino en donde los

frutos se obtuvieron de árboles con características fenotípicas superiores, se colectaron los frutos de la parte media de la copa de los arboles existentes en la zona.

Se trasladaron los frutos en bolsas de lona y otras en la mochila de campo para evitar el maltrato de las semillas. Para el beneficio, los frutos se pusieron a sombra y en un lugar seco para no tener contacto con la humedad y así evitar el proceso germinativo de la semilla.

2. Desinfección de la semilla

Recolectada la semilla se procede a desinfección de las semillas utilizando VITAVAX 400 (carboxim, Thiram). Fungicida usado para el tratamiento de semillas en diversos cultivos, de acción sistémica y protectante. Controla efectivamente hongos presentes en las primeras etapas del cultivo.

3. Preparación de los sustratos

Los sustratos fueron elegidos para crear las condiciones ideales en la germinación de las semillas, requiriendo las condiciones que en la naturaleza no se encuentra, existiendo una menor tasa de muerte al momento de germinación junto con las labores culturales de los viveros forestales. Estos sustratos para mejorar la germinación de las semillas de caoba son:

- Sustrato de arcilla (Ts) este sustrato es utilizado en especies forestales de la zona del oriente.
- Arena de río (T1) utilizado en especies forestales con semillas extraídas cerca de los ríos.
- Sustrato de tierra negra 70%, turba 20% y cascarilla 10% (T2) este sustrato utilizado en viveros forestales de especies nativas.
- Sustrato estéril BM2 (T3) utilizado en la producción agraria en los diferentes cultivos y en ciertas especies forestales.

4. Llenado de las fundas semilleros

Se llenaron en fundas semilleros Montgar de 4x6 cm y luego se procedió a regar las fundas, preparando las condiciones para las semillas.

El llenado de las fundas semilleros es del 80%, dejando espacio para la colocación de la semilla con el método de siembra directa y luego se procede a recubrir la semilla con cascarilla de arroz para mantener la humedad de los sustratos.



Figura 5. Colocación del sustrato en las fundas semilleros

5. Siembra y elaboración del umbráculo

La siembra de la semilla se realizó el 23 de junio del 2018 en fundas semilleros de plástico de 0,4 m x 0,6 m, para ello se procedió a crear un umbráculo de plástico invernadero encajando en la cama semillero para elevar la temperatura del umbráculo, y las otras semillas se dejaron en la cama semillero siguiente, el cual se procedió a sembrar la semilla sistemáticamente y luego recubrirla con cascarilla de arroz. Finalmente, y luego de realizar la siembra quedo establecido el ensayo (Figura 6).



Figura 6. Elaboración y colocación de la semilla en el Mini Umbráculo.

6. Cuidados culturales bajo el invernadero

Se realizó riegos constantes en un lapso de dos días en la semana, en las primeras horas del día a las 08:30 am los días martes y jueves, empleando una regadera manual. También se realizó deshierbas de forma manual para eliminar hierbas y elementos no deseados.

7. Registro de datos e información de la investigación

Para la evaluación de la germinación de las semillas de *Swietenia macrophylla*, se realizó registrar los datos una vez germinada la semilla cada 15 días por el periodo de 60 días. Las variables que se evaluaron fueron: número de semillas germinadas, DAC (diámetro a la altura del cuello) y altura (Cuadro 2).

- Germinación de la semilla: A los 5 días después de la aparición de las primeras plántulas se procedió a contabilizar el número de semillas germinadas, en un cuadro registro.

Formula del cálculo de porcentaje de germinación de las semillas.

$$\text{porcentaje de germinacion} = \frac{\# \text{ de semillas germinadas}}{\# \text{total de semillas} \times \text{bloque}} * 100$$

Cuadro 2. Hoja de registro para evaluar la germinación de las semillas

NUMERO	TRATAMIENTO	PLANTAS	ALTURA	DAC	TRATAMIENTO	PLANTAS	ALTURA	DAC
BLOQUE	t.....				j.....			

8. ADEVA

En el modelo de ADEVA se presentó cuatro repeticiones, en donde, se utilizaron 45 plantas por repetición; con tres tratamientos y un testigo, T1, T2, T3, con diferentes ensayos, el primer ensayo se realizó en una cama semillero del umbráculo, el segundo ensayo se construyó un umbráculo para adecuar a las semillas a las condiciones de temperatura semejantes al lugar de procedencia. Siguiendo un modelo de bloques al azar para determinar los tratamientos de las semillas a germinar. En el proceso se tomó con bloques completos al azar.

Cuadro 3. Diseño de los bloques completos al azar

Testigo	T1	T2	T3
T1	T3	Testigo	T2
T2	Testigo	T3	T1

9. Análisis de los datos

Los datos a recolectados son de variables que se examinaron durante la investigación con el fin de determinar su distribución normal y homogeneidad requeridas para el análisis de varianza (ANOVA) en el programa Infostat. Los datos recolectados eran de cada tratamiento, en lo cual, estos contienen 45 fundas por cada tratamiento, los datos fueron tomados después de observar la germinación de las semillas en las fundas en el tiempo establecido, estableciendo su porcentaje de germinación y realizando una regla de tres con las semillas muertas para determinar su porcentaje de mortalidad al 100%.

Los datos analizados en el modelo estadístico son los siguientes:

- Tiempo que tomo el brote de las plántulas de caoba
- Conteo de mortalidad y de supervivencia de las plántulas.
- Altura en donde la variable se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora.

- Diámetros a la altura del cuello (DAC) de cada planta es un indicador que mide la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, la resistencia mecánica y el desarrollo de la planta.
- Temperatura.

La temperatura se registró gracias al equipo de medición de temperatura y humedad relativa llamado Datalogers situada en la mitad del ensayo, registrando la temperatura cada media hora en un periodo de un mes, en el cual se recolectaba la información de forma mensual.

Las variables fueron tomadas de las semillas colectadas y germinadas en el vivero, como el conteo de mortalidad y de supervivencia de las plántulas. Las mediciones de las plántulas fueron a los 30, 45 y 60 días respectivamente, utilizando el pie de rey para el diámetro de la altura de cuello en la plántula y para la altura una regla graduada.

VII. RESULTADOS

Para la “Determinación de evaluación de los cuatro sustratos para la reproducción sexual de *Swietenia macrophylla*” se obtuvieron resultados siguientes:

Análisis de los sustratos empleados en los ensayos

Ensayo en la parte del umbráculo

En los diferentes sustratos evaluados en el vivero de la ESPOCH, se muestran resultados de germinación temprana en el sustrato de arena de río, el cual se obtuvo la germinación de una planta de caoba, como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 7. Primeras plántulas en el sustrato de arena de río.

Para los siguientes días se pudo observar el brote de más plántulas en los diferentes sustratos, determinando una germinación de menos 5% siendo no significativa en los cuatro tipos de sustrato, debido a la baja germinación registrada en el ensayo.

Ensayo en la parte del mini umbráculo

En los sustratos evaluados en la parte del mini umbráculo se determinó que el sustrato de BM2 obtuvo resultados de germinación, siendo este sustrato un poco relevante ante los otros sustratos, en el sustrato de arena de río y el sustrato tierra negra 70%, turba 20% y cascarilla 10%, demostraron una germinación casi significativa ante el sustrato de arcilla, y además se notó que estos mantuvieron la humedad para el desarrollo de las nuevas plántulas.



Figura 8. Plántulas germinadas en el sustrato estéril BM2.

Para el cumplimiento del primer objetivo se obtuvo los resultados siguientes:

GERMINACIÓN DE SEMILLA

Variables ambientales registradas en la parte de Afuera del umbráculo

Tabla 1. Temperatura registrada en la parte del umbráculo.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Temp, °C	2147	14,74	5,28	4,61	31,51
HR, %	2147	68,90	17,46	25,97	91,12

La temperatura registrada en el lapso de la toma de medidas nos demuestra que en la parte del umbráculo se registró una baja de temperaturas en la hora de la madrugada con $4,61^{\circ}\text{C}$ y una temperatura superior de $31,51^{\circ}\text{C}$, en donde la humedad relativa tuvo un máximo de $91,12\%$ y un mínimo de $25,97\%$ esto influyó de gran manera para la germinación de la semilla.

Para la segunda recolección de datos se observó la quema de las nervaduras y los ápices de las plántulas debido a las bajas de temperaturas, afectando a un gran número de brotes germinados lo que provocó el bajo porcentaje de germinación en la parte del umbráculo.

VARIABLES AMBIENTALES EN LA PARTE DEL MINI UMBRÁCULO

La temperatura registrada en la parte del mini umbráculo nos demuestra que se mantenía a una temperatura constante y casi similar a las zonas de procedencia de la semilla, pero en la madrugada se registró una baja de temperatura muy notable con una temperatura mínima de $7,52^{\circ}\text{C}$, y en horas del mediodía una máxima de $34,41^{\circ}\text{C}$, esta temperatura se ve influenciando con la humedad relativa registrada con una mínima de $41,69\%$ y una máxima de $99,39\%$, en el cual, la germinación de las semillas fue de forma significativa obteniendo algunas plántulas vivas en la parte del ensayo.

Tabla 2. Temperatura registrada en la parte del Mini Umbráculo.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Temp, $^{\circ}\text{C}$	2147	16,23	5,63	7,52	34,41
HR, %	2147	87,35	12,69	41,69	99,39

Tiempo de germinación de las semillas

Para el tiempo de germinación se tomó en cuenta los primeros brotes de las semillas y se registró en un calendario fotográfico acerca el progreso de germinación de la especie. El tiempo que se obtuvo de germinación de la especie en los diferentes ensayos fue en un lapso de 45 días de iniciado el ensayo en el umbráculo y a los 48 días en el mini umbráculo.



Figura 9. Primeras plántulas de caoba en el ensayo realizado en el vivero de Riobamba.

Las primeras plántulas presentaron un desarrollo de sus tallos muy rápido y un desarrollo foliar muy lento.

Porcentaje de germinación en la parte del umbráculo.

En la tabla 1 se presenta los datos registrados en la evaluación de germinación de las semillas de *Swietenia macrophylla* en los diferentes sustratos, para lo cual se evaluó el porcentaje de

germinación, teniendo como resultado que la Arena de río es 3,70% de germinación y arcilla obtuvo un porcentaje de 3,46%, no existió mucha diferencia en los tratamientos.

Tabla 3. Porcentaje de germinación de semillas de caoba en la cama del Umbráculo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
afuera %	12	0,29	0,02	283,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,92	3	1,31	1,08	0,4117
sustrato	3,92	3	1,31	1,08	0,4117
Error	9,71	8	1,21		
Total	13,63	11			

El número de individuos evaluados fue de 14 plántulas que sobrevivieron en cada uno de los tratamientos, este número es reducido debido a las condiciones ambientales presentadas en la parte del umbráculo.

Porcentaje de germinación en la parte del Mini Umbráculo.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de germinación de la parte del mini umbráculo, mostrando un incremento de germinación, en este ensayo se adecuo a las condiciones climáticas del sector de la región de recolecta de la semilla, en donde el sustrato Bm2 se obtuvo un porcentaje de 7,90% como superior a los demás mientras que el sustrato de Arcilla se obtuvo un porcentaje de 2,72%.

Tabla 4. Porcentaje de germinación de semillas de caoba en la cama del Mini Umbráculo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
adentro %	12	0,24	0,00	227,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,71	3	6,90	0,83	0,5127
sustrato	20,71	3	6,90	0,83	0,5127
Error	66,35	8	8,29		
Total	87,06	11			

Los datos recolectados en la parte del mini umbráculo demuestran que existen una baja germinación, pero debido a que en el ensayo casi se asemeja a las condiciones climáticas del sitio de procedencia de las semillas, los datos recolectados demostraron que sustrato obtuvo un porcentaje relativamente mayor al resto, en este sustrato se podría considerar como mejor para su utilización, ya que este mantuvo un porcentaje germinativo considerable y la humedad para la germinación de las semillas.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se obtuvo los resultados siguientes:**Ensayo realizado en la parte del umbráculo**

En el ensayo de la parte del umbráculo se demostró que la semilla de caoba estaba expuesta a temperaturas inferiores de los 5°C, debido a las condiciones de bajas de temperatura que se registró en la ciudad de Riobamba. Se observó que las primeras plántulas que brotaron en cada uno de los tratamientos fue muy baja, existiendo de 1-4 plántulas por tratamiento y se presenció en sus primeros días de vida, había quemaduras en sus ápices y nervaduras debido a las bajas temperaturas registradas en horas de la noche, las plántulas en su mayoría no sobrevivieron.

Tabla 5. Análisis de los datos obtenidos de Altura en el ensayo del Umbráculo.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura promedio	36	0,32	0,21	47,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,44	5	3,69	2,88	0,0306
Tratamiento	6,12	3	2,04	1,59	0,2113
Tiempo	12,31	2	6,16	4,81	0,0154
Error	38,40	30	1,28		
Total	56,83	35			

Tabla 6. Análisis de los datos obtenidos del Diámetros a la Altura del Cuello (DAC) de las plántulas en el ensayo del Umbráculo.**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN dac promedio	32	0,68	0,62	18,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,54	5	0,11	10,96	<0,0001
Tratamiento	0,01	3	3,5E-03	0,36	0,7856
Tiempo	0,52	2	0,26	26,83	<0,0001
Error	0,25	26	0,01		
Total	0,79	31			

Ensayo realizado en la parte del Mini Umbráculo

En el ensayo de la parte del mini umbráculo se demostró que la semilla de caoba se mantuvo a una temperatura casi constante gracias a que se mantenían en una cubierta de plástico invernadero debido a estas condiciones se logró germinar unas pocas semillas y se logró mantener vivas a las plantas existiendo un porcentaje nulo de mortalidad.

La temperatura favoreció a que se germinara unas pocas semillas, debido a que la temperatura registrada a la hora de la noche descendía hasta llegar a los 7,52°C como temperatura mínima, esto impedía que las semillas germinaran en su totalidad, según la literatura citada influyó que algunas semillas entren en estado de letargo. Algunas plántulas comenzaron a sufrir quemaduras en sus ápices y hojas lo cual produjo la muerte de unas pocas plántulas afectando el porcentaje de germinación del sustrato evaluado.

Tabla 7. Análisis de los datos obtenidos de Altura y Diámetros a la Altura del Cuello (DAC) de las plántulas en los resultados en el ensayo de la parte del Mini Umbráculo.

Prueba de Friedman

<u>Altura</u>				
Tratamiento	Media (Ranks) n			
arcilla	1,00	3	A	
bm2	2,33	3	B	
cascarilla	2,67	3	B	C
arena de rio	4,00	3	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,050)

<u>DAC</u>				
Tratamiento	Media (Ranks) n			
arcilla	1,00	3	A	
bm2	2,67	3	A	B
cascarilla	3,00	3	B	
arena de rio	3,33	3	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,050)

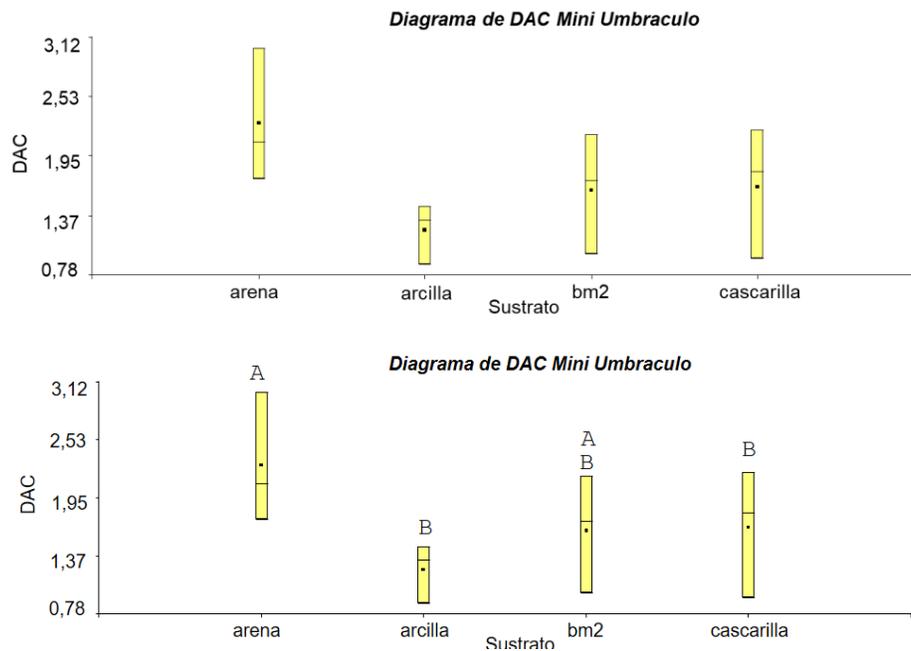
Análisis de los datos obtenidos

En el ensayo con *Swietenia macrophylla* se obtuvo un número reducido de datos en la parte de umbráculo, esto al momento de ser analizado en el programa Infostat, demostró que esta investigación los datos presentados son estadísticamente no significativos, ya que no existe una diferencia significativa entre los sustratos debido a la baja germinación registrada en todos los tratamientos.

Tabla 8. Análisis de Tukey demostrando no significativo en la parte del Umbráculo.**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13607***Error: 0,0098 gl: 26*

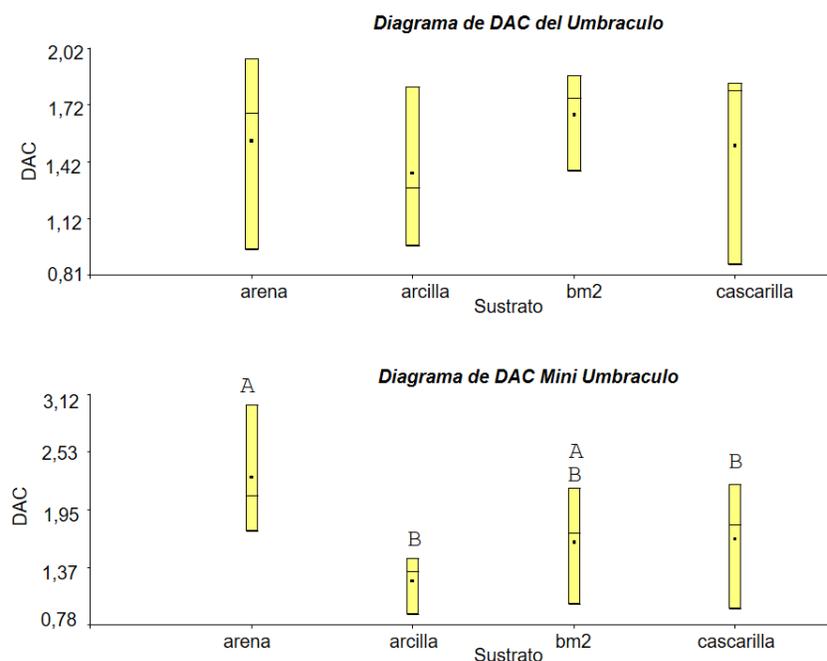
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
cascarilla	0,49	8	0,04	A
bm2	0,50	9	0,03	A
arcilla	0,54	7	0,04	A
arena	0,60	8	0,04	A

En las figuras obtenidas se determinó que existe heterogeneidad en relación diámetro altura del cuello (DAC) en la plántula en la parte del umbráculo y sus promedios se encuentran muy distantes a sus medianas en el umbráculo, en el ensayo del mini umbráculo se determinó que existe variación en cada sustrato, demostrando homogeneidad en sus tratamientos y el promedio se acerca a sus medianas en lo que se distingue de cada tratamiento, teniendo relevancia por cada sustrato.

Figura 10. Comparación de los sustratos en relación al DAC.

En las siguientes figuras se determinó que existe homogeneidad en los sustratos en relación a la altura, en la parte del umbráculo debido a su baja germinación registrada, debido a esto muestran que los datos son similares en todos los tratamientos, en el ensayo del mini umbráculo se determinó que existe variación en cada sustrato, demostrando variación por tratamiento por lo que se distingue en la figura 11, teniendo relevancia por cada sustrato.

Figura 11. Comparación de los sustratos en los dos ensayos en relación a la altura.



Análisis de varianza

En los ensayos realizados acerca de la germinación de *Swietenia macrophylla* se determinó que los datos recolectados y analizados en el programa, son iguales, no existe una diferencia significativa entre los tratamientos.

En la parte del mini umbráculo se pudo determinar los datos obtenidos con la prueba de Friedman, este nos revelo que dos tratamientos son diferentes al resto, mostrando un buen resultado en comparación con la germinación del ensayo de la parte del umbráculo.

Tabla 9. Análisis de Friedman demuestran significancia en dos sustratos en la parte del Mini Umbráculo.

Prueba de Friedman

TS	T1	T2	T3	T ²	p
1,00	3,00	3,33	2,67	3,63	0,0841

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 5,651

Tratamiento	Media (Ranks)	n		
arcilla	1,00	3	A	
bm2	2,67	3	A	B
arena de rio	3,00	3		B
cascarilla	3,33	3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,050)

En la prueba de Friedman se obtuvo que el sustrato de arcilla y BM2 presentan relevancia, condiciones para la germinación de caoba ante los otros tratamientos con diferentes sustratos.

Porcentaje de mortalidad en los sustratos

Al final del ensayo se determinó el número total de plantas vivas y muertas por cada sustrato, en el cual, se aprecia que existió un porcentaje de mortalidad mayor en el umbráculo. Mientras que en el ensayo del mini umbráculo se determinó que no hubo mortalidad significativa, la mayoría de las plántulas sobrevivieron.

Tabla 10. Tabla de porcentaje de mortalidad en los ensayos en vivero.

Umbráculo					Mini Umbráculo		
Sustrato	% mortalidad	# individuos muertos	# individuos vivos	total	Sustrato	% mortalidad	# individuos vivos
Arena	50	5	5	10	Arena	0,00	11
Cascarilla	66,67	6	4	10	Cascarilla	0,00	11
Arcilla	71,43	5	2	7	Arcilla	0,00	5
Bm2	50	3	3	6	Bm2	0,00	12
Total		19	14	33	Total		39

VIII. DISCUSION

Evaluación de los sustratos

Abraham De Noir & Ruiz De Riberi, (1995), indican que para que se produzca la germinación de semillas de cualquier especie vegetal es necesaria la interacción de factores externos influenciados como sustrato, temperatura, humedad, aireación e iluminación, así también de factores internos de la semilla (viabilidad y latencia), estos dos factores están muy fuertemente ligados para el éxito de producción de cualquier especie vegetal.

Los sustratos utilizados para la investigación fueron previamente seleccionados para la germinación de caoba, debido a que son utilizados en diferentes viveros forestales, gracias a sus propiedades que contienen y son muy utilizados en los viveros de producción forestal, presentan cualidades muy buenas, y seguramente éste suplió la necesidad en cantidad y calidad de nutrientes requeridos por las plantas, lo que puede ser comprobado al tener el mismo desarrollo de las plantas de cada tratamiento, control absoluto ya que no recibieron fertilización alguna.

Porcentaje de germinación

En estudios realizados en el Perú por Pérez, (2016), se obtuvo semillas colectadas de tres especies forestales entre ellas se encuentran semillas de *Swietenia macrophylla* fueron colocadas en el germinador, en lo cual alcanzaron solo 30% de germinación en promedio, debido a las precipitaciones bajas y otros factores ambientales registradas en la zona de estudio en los años anteriores.

El porcentaje de germinación en el vivero de la ESPOCH fue muy bajo en la parte del umbráculo alcanzo un valor de 3,70% y en la parte del mini umbráculo alcanzo un valor de 7,90%, siendo afectado por la temperatura variable que existe en Riobamba nos demuestra que estas cifras son muy bajas, en el ensayo realizado en el Puyo se obtuvo un resultado 34,82% una cifra casi favorable dado a la investigación de Pérez en 2016, y que la temperatura promedio que se mantiene es de 21,3°C siendo considerable e ideal para la germinación de la caoba.

Tabla 11. Temperatura y precipitaciones registrada en el sector de Curaray (cercanía del lugar de procedencia de la semilla).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
temperatura media (°C)	25,2	25,3	25,1	24,9	24,7	24,3	24	24,6	25,1	25,3	25,5	25,5
temperatura min (°C)	20,2	20,2	20,3	20,2	20,2	19,9	19,5	19,5	19,8	20,1	20,5	20,4
temperatura max (°C)	30,2	30,4	30	29,6	29,3	28,7	28,5	29,8	30,5	30,6	30,6	30,7
Precipitación Mm	207	202	263	329	307	352	289	199	252	310	292	227

El clima aquí es húmedo tropical. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Af (Húmedo Tropical Ecuatorial). En Curaray, la temperatura media anual es de 25,0 ° C. En un año, la precipitación media es 3229 mm, pero en años anteriores se registró precipitaciones que oscilan entre de 4500mm (Climate-Data, 2018).

Según estudios realizados con temperaturas superiores a los 20°C demuestran que existe mayor energía germinativa debido a la interacción que existe entre la semilla y la temperatura, la combinación que produjo la mayor energía germinativa fue un número menor de días para alcanzar el 50 % de la geminación, correspondido a la temperatura que oscila entre 22,6-30°C. acorde la investigación realizada por Willenborg, Wildeman, Miller, Rossnagel, & Shirtliffe, (2005).

De acuerdo con la investigación de Buchanan, Gruissem, & Jones, (1998) en el tiempo de germinación de una planta a otro ambiente con factores distintos de su procedencia este retrasa su desarrollo, por lo que se obtuvo en los diferentes ensayos un registro de que la primera plántula germinó a los 45 días una vez iniciado el ensayo, el brote de las primeras plántulas se registró con alturas de 2,61cm y un DAC de 1,29cm de promedio en la parte del umbráculo, demostrando que la temperatura de 14,74°C influyó en la germinación de las semillas, debido a la baja germinación registrada en la parte del umbráculo. Mientras que en la parte del mini umbráculo se registró las primeras plántulas tenían alturas de 3,6 cm y una DAC de 1,32 cm esto se vio influenciado a la temperatura registrada, creando condiciones casi similares a la cual es procedente la semilla.

En el tiempo de germinación que se obtuvo en los diferentes ensayos tiene una gran variación de tiempo, el tiempo (días) que se registró en el Puyo fue a los 14 días de iniciado el proyecto, el brote de las primeras plántulas fue con alturas de 4,61cm y un DAC de 1,69cm de promedio en el ensayo, en el cual no se demoró en salir las siguientes plántulas. En el ensayo realizado en Riobamba muestra que las primeras plántulas salieron a los 45 días de haber realizado el ensayo y con medidas muy inferiores a las del Puyo, su crecimiento se vio reducido al pasar el tiempo con crecimiento apíntico y también algunas semillas no germinaron lo cual se mantiene inhibición y esto ocasionaría la pudrición de las mismas.

La diferencia de los tiempos se da gracias a la temperatura del lugar en donde se ha realizado el ensayo esto influyó de forma muy significativa el tiempo de germinación, y el crecimiento se vio también influenciado al desarrollarse la planta después de haber germinado debido a la diferencia de presiones que tiene por el lugar de ensayo y esto se ve de manera cualitativa ya que la planta tiene problemas en la absorción de gases para la fotosíntesis y es reflejada en su desarrollo de manera apíntica.

Influencia de la presión atmosférica en el desarrollo de *Swietenia macrophylla*.

Según Lambers & Chapin, (2008), la adaptabilidad y supervivencia de las plantas son los mejores indicativos cualitativos y cuantitativos lo que se puede evidenciar en la fase de vivero durante el proceso de germinación, pero una planta a diferente presión puede sufrir un estrés ambiental, significa por parte del potencial del ambiente difiere el potencial del organismo, de manera que existe una fuerza que conduce materia o energía dentro o fuera de él, que desencadena estrés y una respuesta a él, describen las respuestas de las plantas a los factores de estrés en una escala de tiempo. Un estímulo negativo de horas o de días, afecta el desempeño fisiológico de la planta, disminuye sus procesos internos y esto a su vez le causa la muerte.

A presión mayor (Puyo), las hojas de caoba variaban según el tratamiento, en el bm2 sus hojas eran anchas y de color verde claro, en los demás tratamientos las hojas eran un poco angostas y de color verde oscuro, su crecimiento es normal. La diferencia en los tallos por cada tratamiento presenta una elongación significativa, de color café claro, estas son visibles para los sustratos de arena de río y cascarilla, mientras que en bm2 y arcilla su tallo es de regular tamaño y más grueso. A presión menor (Riobamba) las hojas de caoba tienen un color verde amarillento, en cada sustrato se ve reflejado esta tonalidad, y su tamaño de hoja es pequeño, su crecimiento es lento en comparación con las de presión mayor. En los tallos se visualiza que cada tratamiento presenta una elongación no significativa, siendo delgados y de color verde claro, al pasar a la segunda toma de datos se ve cambio de tonalidad en las plántulas semeándose a las plántulas del Puyo a los 60 días de haber germinado.

Factores que influyen la adaptabilidad de las especies forestales.

Acorde a la investigación de Taiz & Zeiger, (2009), la calidad del sustrato y el riego son factores muy importantes en la adaptabilidad para obtener buenos resultados. El desarrollo y productividad de las plantas depende de la cantidad disponible de agua y de la eficiencia del organismo en el uso de ella. El agua puede limitar el crecimiento y la productividad de

plantas. Dentro de las estrategias de aclimatación de una especie a otro ambiente se necesita satisfacer su déficit hídrico para evitar la inhibición de la expansión foliar y asegurar su aumento de raíces. En el ensayo realizado la temperatura tiene un papel importante ya que se asume que se tendrá un alto porcentaje de mortalidad en las plántulas de la parte del umbráculo, debido al cambio brusco de temperatura registrado durante el proyecto, siendo este un estímulo negativo para las plántulas y de cierta manera la temperatura se ve influenciando a las plantas que se encuentran dentro del umbráculo, ya que como se mencionó anteriormente los sustratos ayudaron a mantener la humedad para la germinación.

IX. CONCLUSIONES

En los sustratos evaluados estadísticamente no hubo diferencia pero el que mejor se comportó fue la arena de río en la parte del umbráculo y el sustrato bm2 en el mini umbráculo, teniendo cierta relevancia ante los otros sustratos, los cuales demostraron las mejores condiciones para las necesidades germinativas de las semillas, en cuanto a cantidad y calidad de nutrientes requeridos por las plantas en sus primeros días de vida, condiciones que en la naturaleza no existe y esto puede ser comprobado al buen desarrollo foliar de las plantas por cada tratamiento y el control que se le dio a las mismas, estas semillas no recibieron hormonas y fertilización alguna para demostrar la capacidad de germinación de las semillas.

La temperatura influyó en el proceso de germinación debido a las condiciones de bajas de temperaturas siendo un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las actividades fisiológicas de la especie. La actividad germinativa tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo desarrollo en el intermedio de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables, debido a las bajas temperaturas registradas, algunas plantas sufrieron quemaduras por las heladas. La altura del brote, la longevidad de las hojas y la proporción de brotes fueron menores a baja presión ambiental como es en la zona andina de Riobamba.

Esta especie demostró que en sus primeros días de vida tiene un crecimiento pronunciado, debido a que las plántulas en su crecimiento fueron alcanzado una altura de unos 6,7 cm de alto, en sus primeros días, para igualar en tamaño a otras plántulas germinadas días anteriores, luego mantienen una altura constante, esto se vio influenciado en la interpretación de datos, mostrando un desarrollo homogéneo en los días siguientes.

X. RECOMENDACIONES

Al momento de recolectar la semilla de la copa de los árboles de *Swietenia macrophylla*, utilizar el equipo adecuado, ya que, si el fruto se abre sus semillas se esparcen por los alrededores.

En viveros forestales se recomiendan que produzcan especies condicionadas, debido a la necesidad de preservar las especies que se encuentran en peligro y para lo cual seleccionar un sustrato adecuado con el que se va a propagar, para obtener viabilidad de la semilla, ya que, el sustrato junto con las condiciones climatológicas adecuadas, las semillas no tendrán complicaciones en su poder germinativo.

Obtener semilla de calidad para lograr un buen resultado germinativo, si se tiene un sustrato de buena calidad y una semilla que no es viable se estaría perdiendo tiempo y recursos, ya que las semillas no germinarían en su totalidad.

Continuar con estudios similares con la especie forestal Caoba (*Swietenia macrophylla*) con la finalidad de lograr el mejoramiento de nuevas técnicas de escarificación y de propagación, y así obtener un buen porcentaje de germinación de dicha especie.

XI. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar cuatro sustratos para la reproducción sexual de *Swietenia macrophylla* (Caoba) en el vivero de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, en la ciudad Riobamba, provincia de Chimborazo; que nos permita mejorar la propagación sexual de una especie forestal que se encuentra en peligro extinción, como es *Swietenia macrophylla* (caoba), en donde, se practicaron dos ensayos en vivero, uno adecuando a las necesidades germinativas según el lugar de procedencia de la semilla y otro a temperatura ambiente del vivero de la ESPOCH. Se utilizaron 4 sustratos: T1) arcilla (testigo); T2) arena de río; T3) tierra negra 70%, turba 20% y cascarilla 10% (T2) (3:1:1) y T4) sustrato estéril BM2. Las variables de crecimiento evaluadas fueron las siguientes: Altura y el diámetro a la altura del cuello (DAC), porcentaje y el tiempo de germinación. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones; El análisis de varianza y la comparación de media a través de la prueba de Tukey con datos paramétricos y la prueba de Friedman con los datos no paramétricos, con un nivel de significancia (α) de 5% se realizó por medio del software InfoStat®. Los resultados para este estudio muestran que los sustratos que mejor se comportaron para la producción de *Swietenia macrophylla* en vivero son: arena de río y BM2, ya que obtuvieron un porcentaje un poco favorable ante los demás. El porcentaje bajo se dio a las condiciones ambientales que se registró en el vivero, la semilla sufrió un proceso de adaptación generando un bajo nivel de germinación. Para lo cual fue analizado el efecto de la temperatura y presión atmosférica que sufrió la semilla en la germinación.

Palabra clave: REPRODUCCIÓN SEXUAL – SUSTRATOS – VIVERO FORESTAL - ESPECIE FORESTAL.



XII. SUMMARY

The present research proposes: to evaluate four substrates for the sexual reproduction of *Swietenia macrophylla* (Caoba) in the plant nursery of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, in Riobamba city- Chimborazo province; that allows us to improve the sexual propagation of a forest species that is in danger of extinction, such as *Swietenia macrophylla* (Caoba). In the project, two trials were carried out in the plant nursery, one trial was adapting to the germinative needs according to the place of origin of the seed and another at room temperature in the plant nursery of ESPOCH. Four substrates were used: T1) clay (control); T2) river sand; T3) black earth 70%, peat 20% and husk 10% (T2) (3: 1: 1) and T4) sterile substrate BM2. The growth variables evaluated were the following: Height and diameter at neck height (DNH), percentage and germination time. The Completely Random Blocks experimental design was used with 4 treatments and 3 repetitions; the analysis of variance and average comparison through Tukey test with parametric data and Friedman test with the non-parametric data, with a level of significance (α) of 5%. It was made through InfoStat® software. The results for this study show that the substrates that best behaved for the production of *Swietenia macrophylla* in the plant nursery are: river sand and BM2, since they got a percentage a little favorable comparing with the others. The low percentage was given to the environmental conditions recorded in the plant nursery, the seed underwent an adaptation process generating a low level of germination, for which the effect of temperature and atmospheric pressure that the seed underwent on germination was analyzed.

Keywords: SEXUAL REPRODUCTION - SUBSTRATES- FOREST NURSERY- FOREST SPECIES.



XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. F., Martínez, M., & Martínez, J. (2003). Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Acta Horticulturae*. Chile. pp.11:141-154.
- Abraham De Noir, F., & Ruiz De Riberi, M. (1995). Laboratorio de semillas forestales. En: Bosques y Desarrollo. No. 14. *Organización Internacional de Maderas Tropicales*, pp. 24-28.
- Aguilar, J. (1996). Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. *Tipografía Nacionalde Guatemala*. (2^a. ed.). Guatemala. p. 383.
- Aguilar, J., & Cumes, M. (1992). *Arboles de la Biosfera Maya Petén, Guía para las especies del Parque Nacional Tikal*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Aguirre, N., Günter, S., & Stimm, B. (10 de Abril de 2013). *Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas del bosque montano en el Sur del Ecuador*. Recuperado el 11 de noviembre de 2018, de <http://nikolayaguirre.com/author/nikolayaguirre/>
- Alcalá Martínez, R., & Gutiérrez-Granados, G. (2011). Ecología, genética y conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*): herramientas para un manejo adaptativo de la selva maya de Quintana Roo, México. Cuernavaca, MX., *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*, p. 56.
- Anovas, F., & Díaz, J. (2006). Cultivos Sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. España: *Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería*, p. 121.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., & Metzger, J. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, pp. 139-144.
- Arnold, F. (1996). Manual de vivero forestal. En D. T. Conaf-Ded, *Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile*. p. 123.

- Awal, M., & Ikeda, T. (2002). Effects of changes in soil temperature on seedling emergence and phenological development in field-grown stands of peanut. *Environ.*, pp. 47:101-113.
- Bauer, A., Gerald, P., & Francis, J. (2005). *Swietenia macrophylla King, Cabaia hondureña. Meliaceae. 492-498*. U.S. Forest Service (Forest Service Shield), Recuperado el 12 de octubre de 2018: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Swieteniamacrofila.pdf>.
- Bonner, F., Vozzo, J. A., Elam, W., & Land, S. B. (1994). Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual. USDA, For. Serv. Southern Forest Experiment Station. *Gen. Tech. Rep. SO106. New Orleans.*, p. 160.
- Buchanan, B., Gruissem, W., & Jones, R. (1998.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. *ASPP.*, p. 650.
- Burés, S. I. (1999). Introducción a los sustratos: aspectos generales. Tecnología de sustratos: aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. J.N. Pastor S. (ed.). *España: Universidad de Lleida.* pp. 19-46.
- Cardozo, C. I. (2003). Estudio de deterioro de Semilla en condiciones controladas de conservación y evaluación de una técnica no destructiva para el control de calidad. Colombia: *Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.*, p. 130.
- Carpio Malavassi, I. M. (1992). Maderas de Costa Rica, 150 Especies Forestales. Costa Rica: *Editorial de la Universidad de Costa Rica*, p, 338.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2016). El estado de conservación de las especies maderables aprovechadas en las concesiones forestales de la Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. pp. 20.40.
- Centro Técnico de Evaluación Forestal. (1973). Estudio de la estructura anatómica y características dimensionales de 50 especies forestales del Petén. Guatemala: *Ministerio de Agricultura*, p. 81.

- Climate-Data. (09 de diciembre de 2018). *Climate-Data.Org*. Clima Curaray. Recuperado el 01 de diciembre de 2018: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pastaza/curaray-178397/>
- Colegio de ingenieros forestales de Pichincha. (Julio de 2007). *Propuesta nacional para el manejo sostenible de la swietenia macrophylla king "caoba" en Ecuador*. Recuperado el 09 de octubre de 2018: <http://191.98.188.189/Fulltext/7476.pdf>
- Czabator, F. P. (1996). *Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination*. USA: Forest Science 8.
- Denslow, J. S. (1987.). La selva tropical separa la diversidad de las especies de árboles. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, pp. 431-451.
- Duque, A. (2006). Encuesta nacional de plantas medicinales y aromáticas. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt"*. Bogotá, p. 120.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual preparado por el grupo de cultivos hortícolas dirección de producción y protección vegetal. *FAO*, Roma, pp. 50-80.
- Fernández, M., López, M., & Pérez, J. (2004). Suelo y medio ambiente en invernaderos. *Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.*, p. 100.
- Francis, J. (1991). *Swietenia mahagoni* Jacq., West Indies mahogany; Meliaceae, Mahogany family. U.S.D.A. *Forest Service Southern Station, international Tropical Forestry Report No. SM 46*, pp. 120-140.
- Fundación Natura, Ministerio del Ambiente, CDC-Ecuador & Fundación Arcoiris. (2000). Parque El Cóndor-Ecuador: Estudios y Propuesta. *Fundación Natura*. Otavalo. pp. 50-70.
- Gallardo, C., & Valenzuela, O. (2005). Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales. Argentina: *Universidad Entre Rios*, pp. 40-60.

- González, D. (1991). Descripción anatómica de once especies forestales de uso industrial en Panamá. Costa Rica. Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*. Turrialba. p. 61.
- Grogan, R., Landis, M., Free, C. M., Schulze, M. D., Lentini, M., Ashton, M. S., & Brando, P. (2018). Dinámicas poblacionales de *Swietenia macrophylla* de caoba de hoja grande e implicaciones para el manejo sostenible. *Journal of Applied Ecology*, pp. 664-674.
- Howard, F., & Giblin-Davis, R. M. (2005). *The Seasonal abundance and Feeding Damage of Hypsipyla grandella (Lepidoptera: Pyralidae) in Seed Capsule of Swietenia Mahagoni in Florida*. Estados Unidos: Florida Entomologist Recuperado el 12 de octubre de 2018: <http://www.fcla.edu/FlaEnt/fe80p34.htm>.
- Hutchinson, G. E. (2003). Simposios de Cold Spring Harbor sobre cuantitativo. *Biology*, Buenos Aires. pp. 415-427.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Registro de datos meteorológicos estación: Riobamba Politécnica*. Ecuador: Red de Estaciones Automáticas | INAMHI Recuperado el 18 de octubre de 2018: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, (. (2002). Caoba. En I. n. ambiente, *Servicio Forestal*, Nicaragua: *Departamento de Investigación, Laboratorio de tecnología de la madera*. p. 20.
- Iriondo, J., & Pérez, C. (1999). Propagation from seeds and seedpreservation. In: Bowes, B.G. (Ed) A Color Atlas of Plant Propagation and Conservation. *The New York Botanical Garden Press. USA: Bronx, New York..*, pp.46-57 .
- Janzen, D. (1970). Herbivores and the number of trees species in tropical forests. *American Naturalist* 104(940), pp. 501-528.
- Juárez Sánchez, M. (2016). Sistematización de experiencias en el establecimiento y manejo silvícola de plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la Región VIII del Instituto Nacional de Bosques (INAB). *Universidad de San Carlos de Guatemala*, pp. 50-70.

- Lambers, H. S., & Chapin, T. (2008). Plant physiological ecology. . *Springer. New York.* , p. 604.
- Landis, T., Tinus, W., McDonald, S., & Barnett, J. (2005). Containers and growing media. En U. D. Agriculture, *En The Container Tree Nursery Manual. Vol. 2* Washington D.C: Forest Service: Agric. Handdbk. p. 88.
- León Flores, J. (2003). *Estudio germinativo de Euterpe predatoria Mart. (Huasaí), En camas de almacigo aplicando diferentes tratamientos pre,* (Tesis de grado. Ingeniero Forestal), Chile: Universidad Arturo Prat. pp. 100-120.
- Llurba, M. (2002). Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. *Revista Horticultura N° 125*, p. 60.
- López Ríos, C. (2008). Aportes para la identificación de especies forestales de uso actual en la región II de Las Verapaces e Ixcán. *Instituto Nacional de Bosques (INAB). Universidad de San Carlos de Guatemala*, p. 130.
- López Sánchez, S. (2004). Variabilidad Fenotípica y Porcentaje de Germinación de la semillas *Bactris gacipaes* Kunt (Pijuayo). *Perú: Banco de Germoplasma del ICRAF en Yurimaguas*, pp. 80-100.
- Maroto, J. (1990). Elementos de horticultura general, creacion de sustratos. *Madrid: Editorial Mundi-Prensa.* p. 50.
- Mendoza, D., & Hernández, J. (2004). Vermicompost y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para la producción de planta forestal. España: *Universidad Politécnica de Valencia*, 455.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Plan nacional de forestación y reforestación.* Remanencia de bosque. Recuperado el 11 de octubre de 2018: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155382.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Dirección de Comunicación del Ministerio del Ambiente.* Obtenido de Ecuador prohíbe la tala de caoba durante los próximos 10 años.

Recuperado el 11 de octubre de 2018: <http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-prohibe-la-tala-de-caoba-durante-los-proximos-10-anos/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). *Programa nacional de restauración forestal con fines de conservación ambiental, protección de cuencas hidrográficas y beneficios alternos*. Análisis Integral. Recuperado el 13 de octubre de 2018: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/REFORESTACION.pdf>

Naoki, K., Gómez, M., López, R., Meneses, R., & Vargas, J. (2006). Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, pp. 65-78.

Negreros-Castillo, P., Martínez-Salazar, I., Kellner, C. W., Mize, F., Swihart, R.K. (2009). Survival of *Swietenia macrophylla* King seed when directly planted into slash and burn agriculture fields in Quintana Roo, Mexico. Under preparation. p. 85.

Norghauer, J. M., Malcolm, J., Zimmerman, B., & Felfeli, J. (2006). An experimental test of density- and distant-dependent recruitment of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonian. *Oecologia* 148, pp. 437-446.

Norghauer, J. M., Malvolm, J. R., & Zimmerman, B. L. (2006). Juvenile mortality and attacks by a specialist herbivore increase with conspecific adult basal area of Amazonian *Swietenia macrophylla* (Meliaceae). *Journal of Tropical Ecology* 22, pp. 451-460.

Norghauer, J., Grogan, J., Malcolm, J., & Felfeli, J. (2010). Long-distance dispersal helps germinating mahogany seedlings escape defoliation by a specialist caterpillar. *Oecologia* 162, pp. 405-412.

Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque Seco en el Sur del Ecuador. *Fundación Científica San Francisco*, p. 130.

Pérez, J. M. (2008). Manejo de Seis especies forestales. Centro de Investigación y Producción Agroforestal. Yurimaguas. Perú: *Prosae*, pp. 70-90.

- Pérez, J. M. (2016). *Observaciones de la floración y fructificación de la Caoba entre la zona de alto Amazonas y San Martín*. Prosaes – Yurimaguas – Perú.: Sin publicar.
- Pianka, E. R. (2002). *Ecología evolutiva*. Nueva York.
- Reséndez, A., Gómez, F., Ruíz, P., Cueto, V., & Rodríguez-Dimas, N. (2008). Genotipos de tomate en mezclas de vermicompostas: arena en invernadero. *Terra*, 26: pp. 103-109.
- Salas, J., & Estrada, B. (2006). Árboles de Nicaragua. En I. N. ambientes, *árboles para el futuro*. Nicaragua: Irena p. 390.
- Smith, D. M., Larson, B., Kelty, M., & Ashton, P. (1997). *La práctica de la silvicultura: aplicada*. Yale University, New Haven, CT, USA.
- Snook, L., Negreros Castillo, P., & O'Connor, J. (2005.). Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México. *Costa Rica: Recursos Naturales y Ambiente*, pp. 91-99.
- Solís Carrera, S. (2009). Evaluación de la dinámica poblacional y el crecimiento diamétrico de especies arbóreas, en parcelas permanentes de muestreo, en la Unidad de Manejo San Andrés (AFISAP). (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). *Centro Universitario de Petén, Universidad San Carlos de Guatemala*. p. 93.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2009). *Fisiología Vegetal. Artmed. Porto alegre. 3a ed.* Porto Alegre. Brasil. 581 p.
- Tang, Y., Guo, S., Dong, W., Qin, L., Ai, W., & Lin, S. (2010). Effects of long-term low atmospheric pressure on gas exchange and growth of lettuce. *Advances in Space Research, Volume 46, Issue*. pp. 751-760.
- Teni Choc, M. (2007). Plan de manejo para la producción de plantas (vivero forestal) de la ecoregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. . *Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales.*, pp. 30-50.

- Terés, V. (2001). Relaciones aire-agua en sustrato de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratoria y modelización. Madrid. *Univesidad Politécnica de Madrid*, p. 225.
- Turtenwald, K. (2018). *Geniolandia*. Recuperado el 10 de octubre 2018: Los efectos de la presión atmosférica en las plantas: <https://www.geniolandia.com/13108647/los-efectos-de-la-presion-atmosferica-en-las-plantas>
- Ugalde, A. L. (1998). *Manejo de información sobre recursos arbóreos, Componente de Silvicultura MiraSilv, Sistema MIRA*,. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2010). *Área académica de ingeniería forestal*. Manual de practicas de viveros forestales. Recuperado el 13 de octubre de 2018
https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/2.pdf
- Universidad Politécnica de Madrid. (2015). *Facultad de Ciencias Forestales*. Parámetros morfológicos en la producción de algarrobo y brea en vivero. Recuperado el 14 de octubre de 2018: <https://jornadasforestales.files.wordpress.com/2015/08/sm01-parametros-morfologicos.pdf>
- Valenzuela, O., & Gallardo, C. (2005). Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales. Argentina: *Universidad Entre Rios*, p. 125.
- Varela, S., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados, Área Forestal - INTA EEA Bariloche*, pp. 3-6.
- Vela, L. A. (2006). *Caracterización de Sitio, que determina el crecimiento y productivid Caoba en plantaciones forestales, de la región forstal IX, costa sur de Guatemala*. Guatemala: Universidad Rafael Lándivar.
- Vester, H., & Navarro-Martínez, M. (2006). Ecological issues in Community Tropical Forest Management in Quintana Roo, Mexico. In: Bray D. B., I. MerinoPérez & D. Barry.

- The Community Forests of Mexico. Managing Sustainable Landscapes. *University of Texas Press. USA.*, pp.183-213.
- Vester, H., Navarro, M., & Martínez, A. (2005). The Community Forests of Mexico. . En U. o. Texas, *Ecological issues in Community Tropical Forest Management in Quintana Roo, USA.* : University of Texas Press. pp. 183-213.
- Wightman, K. (2002). Ensayos de sustratos y densidad con cedro (*Cedrela Odorata*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*), en el sur de la Península de Yucatán, Mexico. *Revista Forestal Centroamericana*, pp. 50-70.
- Wightman, K. E., Shear, T., Goldfarb, B., & Haggard, J. (2001). Nursery and field establishment techniques to improve seedling growth of tree Costa Rican hardwoods. Australia: *NewForests 22*, pp. 75-96.
- Willenborg, C. J., Wildeman, J. C., Miller, A. K., Rossnagel, B. G., & Shirliffe, S. J. (2005). Oat Germination Characteristics Differ among Genotypes, Seed Sizes, and Osmotic Potentials. *Crop Science Abstract - Crop Ecology, Management & Quality* , 45: pp. 2023–2029.
- Wright, S. J., Calderon, O. C., & Patton, G. S. (2004). The El Niño Southern Oscillation, variable fruit production and famine in a tropical forest. *Ecology 80*, pp. 1632-1647.

XIV. ANEXOS

Anexo 1. Registro de los datos de Altura de la parte del Mini Umbráculo.

Tratamiento	Tiempo	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Promedio
Arena	1	4,8	5,28	6,2	5,43
Arena	2	8,24	6,82	8,5	7,85
Arena	3	10,48	11,4	12,4	11,43
Arcilla	1	4,92	0	3,9	2,94
Arcilla	2	7,02	0	6,2	4,41
Arcilla	3	9,9	0	9,4	6,43
Bm2	1	0	4,7	5,3	3,33
Bm2	2	3,25	7,05	8,1	6,13
Bm2	3	4,93	11,11	11,4	9,15
Cascarilla	1	5,33	0	4,85	3,39
Cascarilla	2	7,08	4,3	7,75	6,38
Cascarilla	3	9,23	4,9	11,3	8,48

Anexo 2. Registro de los datos de Diámetro A La Altura Del Cuello (DAC) de la plántula del Mini Umbráculo.

Tratamiento	Tiempo	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Promedio
Arena	1	1,44	1,38	6,2	3,01
Arena	2	1,74	1,44	2,01	1,73
Arena	3	2,13	1,84	2,31	2,09
Arcilla	1	1,33	0	1,35	0,89
Arcilla	2	1,87	0	2,09	1,32
Arcilla	3	2,11	0	2,28	1,46
Bm2	1	0	1,52	1,44	0,99
Bm2	2	1,34	2	1,78	1,71
Bm2	3	1,61	2,66	2,21	2,16
Cascarilla	1	1,42	0	1,43	0,95
Cascarilla	2	2,17	1,44	1,8	1,80
Cascarilla	3	2,52	1,84	2,28	2,21

Anexo 3. Registro de los datos de Altura del Umbráculo.

Tratamiento	Tiempo	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Promedio
Arena	1	0,00	1,95	3,45	1,80
Arena	2	1,90	2,55	4,55	3,00
Arena	3	2,50	4,55	6,20	4,42
Arcilla	1	2,60	1,80	0,00	1,47
Arcilla	2	3,03	2,47	2,10	2,53
Arcilla	3	3,80	2,10	0,00	1,97
Bm2	1	2,10	1,70	1,60	1,80
Bm2	2	2,65	2,50	2,40	2,52
Bm2	3	2,40	2,40	3,40	2,73
Cascarilla	1	1,80	2,05	0,00	1,28
Cascarilla	2	2,60	2,95	1,90	2,48
Cascarilla	3	3,80	1,90	2,45	2,72

Anexo 4. Registro de los datos de Diámetro A La Altura Del Cuello (DAC) de la plántula del Umbráculo.

Tratamiento	Tiempo	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Promedio
Arena	1	0,00	1,26	1,58	0,95
Arena	2	1,54	1,68	1,83	1,68
Arena	3	1,79	1,83	2,29	1,97
Arcilla	1	1,51	1,40	0,00	0,97
Arcilla	2	1,85	1,83	1,79	1,82
Arcilla	3	2,04	1,79	0,00	1,28
Bm2	1	1,56	1,29	1,26	1,37
Bm2	2	1,63	1,76	1,90	1,76
Bm2	3	1,55	1,90	2,19	1,88
Cascarilla	1	1,36	1,26	0,00	0,87
Cascarilla	2	1,91	1,85	1,65	1,80
Cascarilla	3	2,09	1,65	1,79	1,84

Anexo 5. Porcentaje de germinación registrado en la parte del Umbráculo.

Umbráculo				
Sustratos	30 Días	45 Días	60 Días	Promedio
Arena De Rio	2,96	4,44	3,70	3,70
Arcilla	3,70	5,19	1,48	3,46
Bm2	3,70	3,70	2,22	3,21
Cascarilla	2,96	3,70	2,96	3,21

Anexo 6. Porcentaje de germinación registrado en la parte del Mini Umbráculo.

Mini Umbráculo				
Sustrato	30 Días	45 Días	60 Días	Promedio
Arena	6,67	8,15	8,15	7,65
Cascarilla	5,93	5,93	8,15	6,67
Arcilla	1,48	2,96	3,70	2,72
Bm2	6,67	7,41	9,63	7,90

Anexo 7. Recolección de la semilla en campo.



Anexo 8. Selección de las camas semilleros para la elaboración del umbráculo en el vivero de la institución de la ESPOCH



Anexo 9. Llenado de las fundas semilleros y colocación de las semillas en los diferentes sustratos



Anexo 10. Colocación de cascarilla en cada uno de los sustratos.





Anexo 11. Colocación de jaulas en las camas semilleros para los Datalogers.



Anexo 12. Recopilación de los datos de temperatura y humedad relativa de los Datalogers.



Anexo 13. Recolección de datos de altura y DAC en los ensayos.



