



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de Titulación presentado como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero Forestal**

“Propagación de *Carapa amorphocarpa* W. Palacios, empleando diferentes tratamientos, en el
noroccidente del Ecuador”

AUTOR

Freddy Hernán Villota González

DIRECTOR

Ing. Segundo Fuentes Cáceres, Mgs

Ibarra, 22 de julio de 2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

“PROPAGACIÓN DE *Carapa amorphocarpa* W. Palacios, EMPLEANDO DIFERENTES
TRATAMIENTOS, EN EL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR”

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Segundo Fuentes, Mgs.

Director de Trabajo de Titulación.....

Ing. María Vizcaíno.

Tribunal de titulación.....

Ing. Walter Palacios.

Tribunal de titulación.....

Ing. Hugo Vallejos, Mgs.

Tribunal de titulación.....

Ibarra - Ecuador

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	0401870365
Apellidos y nombres:	Villota González Freddy Hernán
Dirección:	San Gabriel, cantón Montúfar, provincia del Carchi.
Email:	freddyvillota@gmail.com
Teléfono fijo:	Teléfono móvil: 0986050340

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Villota González Freddy Hernán, con cédula de ciudadanía Nro. **040187036-5**; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de titulación descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 22 de julio de 2016.

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:

.....
Villota González Freddy Hernán
C.C.:0401870365

.....
Ing. Betty Chávez

JEFE DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Villota González Freddy Hernán**, con cédula de identidad Nro. 040187036-5; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominada **“PROPAGACIÓN DE *Carapa amorphocarpa* W. Palacios, EMPLEANDO DIFERENTES TRATAMIENTOS, EN EL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR”** que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Villota González Freddy Hernán

C.C.: 0401870365

Ibarra, a los 22 días del mes de julio del 2016

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA -UTN

Fecha: 22 de julio de 2016

Villota González Freddy Hernán: “Propagación de *Carapa amorphocarpa* W. Palacios, empleando diferentes tratamientos, en el noroccidente del Ecuador”/ TRABAJO DE TITULACIÓN. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra, 22 de julio de 2016. 129 páginas.

DIRECTOR: Ing. For. Segundo Fuentes Mgs.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar el tratamiento adecuado, para la propagación de *Carapa amorphocarpa*. Entre los objetivos específicos se encuentra: Determinar el mejor sustrato. Identificar un tratamiento pregerminativo adecuado. Determinar el porcentaje de germinación. Calcular el porcentaje de sobrevivencia. Determinar el tiempo y costos de producción.

Fecha: 22 de julio de 2016

.....

Ing. For. Segundo Fuentes Mgs.

Director de Trabajo de titulación

.....

Villota González Freddy Hernán

Autor

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, especialmente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería Forestal, quien me dio la oportunidad de cumplir con esta meta tan anhelada.

Al Ing. Segundo Fuentes, por brindarme sus conocimientos, su tiempo y esfuerzo, que fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación, y culminar con éxito esta etapa de mi vida académica.

Al Ing. Hugo Vallejos, Ing. María Vizcaíno, Ing. Walter Palacios, Ing. Karla Dávila, por su paciencia, dedicación y apoyo en la realización de todo el proceso de investigación con su valioso aporte técnico y científico.

A mi familia y cada una de las personas, que de una u otra manera creyeron en mí y me colaboraron durante todo este proceso.

¡A todos ustedes, gracias!

El trabajo está dedicado a Dios, quién supo guiarme por el buen camino y permitirme estar en este día tan especial; por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Porque gracias a ellos he logrado llegar hasta estas instancias de mis estudios.

A mi hermano, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos, que se me han presentado a lo largo de mi vida.

FREDDY

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	iv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN	10
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I.....	14
1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 General	15
1.1.2 Específicos.....	15
1.2 HIPÓTESIS	15
1.2.1 Nula	15
1.2.2 Alternativa	15
CAPÍTULO II.....	16
2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	16
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
2.2.1 Género <i>Carapa</i>	17
2.2.2 Condiciones para la instalación de ensayos de investigación	19
2.2.3 La semilla	20

2.2.4	Tratamientos pregerminativos	33
2.2.5	Sustratos	34
2.2.6	Labores culturales.....	38
CAPÍTULO III		40
3	METODOLOGÍA	40
3.1	DESCRIPCIÓN DEL SITIO	40
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	41
3.2.1	Equipos e instrumentos	41
3.2.2	Material vegetal	42
3.2.3	Insumos	42
3.3	METODOLOGÍA	42
3.3.1	Factores en estudio	42
3.4	MANEJO DEL ENSAYO	43
3.4.1	Instalación del ensayo	43
3.4.2	Preparación del sustrato.....	45
3.4.3	Procedencia de materiales	45
3.4.4	Siembra directa.....	47
3.4.5	Labores culturales.....	47
3.4.6	Características del ensayo	48
3.5	TOMA DE DATOS.....	48
3.5.2	Variables de la especie forestal	48
3.5.3	Calidad de la planta	49

3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	51
3.7	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	51
3.7.1	Análisis de varianza.....	52
3.7.2	Prueba de medias.....	52
3.7.3	Análisis de correlación	52
3.7.4	Análisis de costos	52
	CAPÍTULO IV	53
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1.	Germinación.....	53
4.1.2	Sobrevivencia	58
4.1.3	Crecimiento a los 30 días después de la germinación	59
4.1.4	Crecimiento a los 60 días después de la germinación	66
4.1.5	Análisis de correlación	73
4.1.6	Relación entre longitud de raíz y longitud de tallo	74
4.1.7	Costos	74
4.2	DISCUSIÓN.....	75
4.2.1	Germinación.....	75
4.2.2	Sobrevivencia	76
4.2.3	Crecimiento	77
4.2.4	Relación entre longitud de raíz y longitud de tallo	77
4.2.5	Costos	78
	CAPÍTULO V	79
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79

5.1	CONCLUSIONES.....	79
5.2	RECOMENDACIONES	80
	CAPÍTULO VI.....	81
6	BIBLIOGRAFÍA	81
	CAPÍTULO VII	90
7	ANEXOS	90
	Anexo A: Tablas.....	90
	Anexo B: Fotografías.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Tratamientos en estudio.....	43
Tabla 2. Características del ensayo.....	48
Tabla 3. Categorización de la sanidad.....	50
Tabla 4. Análisis de varianza del Diseño Irrestricto al Azar.....	52
Tabla 5. Análisis de la varianza del tiempo de germinación.....	55
Tabla 6. Análisis de varianza de porcentaje de germinación.....	57
Tabla 7. Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días después de la germinación.....	59
Tabla 8. Análisis de varianza del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación....	59
Tabla 9. Análisis de varianza de altura a los 30 días después de la germinación.....	61
Tabla 10. Análisis de varianza de forma a los 30 días después de la germinación.....	63
Tabla 11. Clasificación de la forma en porcentaje.....	65
Tabla 12. Análisis de varianza de sanidad, a los 30 días después de la germinación.....	65
Tabla 13. Clasificación de la sanidad en porcentaje.....	66
Tabla 14. Análisis de varianza del diámetro basal, a los 60 días después de la germinación ..	66
Tabla 15. Análisis de varianza de altura a los 60 días después de la germinación.....	68
Tabla 16. Análisis de varianza de forma a los 60 días después de la germinación.....	70

Tabla 17. Clasificación de la forma en porcentaje	71
Tabla 18. Análisis de varianza de sanidad, a los 60 días después de la germinación.....	72
Tabla 19. Clasificación de la sanidad en porcentaje.....	73
Tabla 20. Coeficientes de correlación por tratamiento	74
Tabla 21. Análisis de correlación entre longitud de raíz y longitud de tallo	74
Tabla 22. Costos del ensayo	75
Tabla 23. Diferencias entre las investigaciones sobre propagación de <i>Carapa guianensis</i> y <i>Carapa amorphocarpa</i>	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Fig. 1. Semilla típica (Corte longitudinal).....	20
Fig. 2. Fruto dehiscente septicida.....	25
Fig. 3. Germinación criptocotilar	31
Fig. 4. Plántula de <i>Carapa guatemalensis</i>	32
Fig. 5. Mapa de ubicación del sitio, donde se colectó los frutos y se instaló el ensayo	40
Fig. 6. Plano del ensayo.....	44
Fig. 7. Posición de la semilla.....	54
Fig. 8. Mal formaciones de la semilla.	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
<i>Gráfico 1.</i> Medias de tiempo de germinación	56
<i>Gráfico 2.</i> Medias de porcentaje de germinación.....	58
<i>Gráfico 3.</i> Medias de diámetro basal, a los 30 días después de la germinación	61
<i>Gráfico 4.</i> Medias de altura, a los 30 días después de la germinación.....	62
<i>Gráfico 5.</i> Medias de altura, a los 30 días después de la germinación.....	64
<i>Gráfico 6.</i> Medias de diámetro basa, a los 60 días después de la germinación	67
<i>Gráfico 7.</i> Medias de altura, a los 60 días después de la germinación.....	69
<i>Gráfico 8.</i> Medias de forma, a los 60 días después de la germinación	71
<i>Gráfico 9.</i> Medias de sanidad, a los 60 días después de la germinación.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Tablas

Tabla A1. Volumen de sustrato utilizado	90
Tabla A2. Prueba de “t” de Student para factor A y factor B, del tiempo de germinación.	90
Tabla A3. Prueba de “t” de Student para factor A y factor B, del porcentaje de germinación.	91
Tabla A4. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), del porcentaje de germinación.	91
Tabla A5. Prueba de SNK para el Factor B (sustratos), del porcentaje de germinación.	91
Tabla A6. Prueba de SNK para tratamientos, del porcentaje de germinación.	91
Tabla A7. Prueba de SNK para el factor A (escarificación mecánica), del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación	92
Tabla A8. Prueba de SNK para factor B (sustratos), del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación.....	92
Tabla A9. Prueba de SNK para tratamientos del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación.	92
Tabla A10. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de la altura a los 30 días después de la germinación.....	92
Tabla A11. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de la altura a los 30 días después de la germinación.	93
Tabla A12. Prueba SNK para tratamientos, de la altura a los 30 días después de la germinación.	93

Tabla A13. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de forma a los 30 días después de la germinación.....	93
Tabla A14. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de forma a los 30 días después de la germinación.....	93
Tabla A15. Prueba SNK para tratamientos, de forma a los 30 días después de la germinación.....	93
Tabla A16. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de diámetro basal a los 60 días después de la germinación.....	94
Tabla A17. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de diámetro basal a los 60 días después de la germinación.....	94
Tabla A18. Prueba SNK para tratamientos, de diámetro basal a los 60 días después de la germinación.....	94
Tabla A19. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de la altura a los 60 días después de la germinación.....	94
Tabla A20. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de la altura a los 60 días después de la germinación.....	94
Tabla A21. Prueba SNK para tratamientos, de la altura a los 60 días después de la germinación.....	95
Tabla A22. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de forma a los 60 días después de la germinación.....	95
Tabla A23. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de forma a los 60 días después de la germinación.....	95

Tabla A24. Prueba SNK para tratamientos, de forma a los 60 días después de la germinación.	95
Tabla A25. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de sanidad a los 60 días después de la germinación.....	96
Tabla A26. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de sanidad a los 60 días después de la germinación.....	96
Tabla A27. Costos.....	97
 Anexo B: Fotografías	
Fotografía 1. Identificación del área donde se encuentra la especie en estudio.....	98
Fotografía 2. Pendiente del terreno.....	98
Fotografía 3. Identificación del árbol plus.....	99
Fotografía 4. Marcación de los árboles plus.....	99
Fotografía 5. Pericarpio del fruto de <i>Carapa amorphocarpa</i> después del ataque de roedores.	100
Fotografía 6. Ataque de <i>Hypsiphyla ferrealis</i>	100
Fotografía 7. Asenso al árbol plus.....	101
Fotografía 8. Recolección de frutos desde el árbol.....	101
Fotografía 9. Semillas recolectadas desde el suelo.....	102
Fotografía 10. Obtención de semillas.....	102
Fotografía 11. Escarificación mecánica a la semilla.....	103

Fotografía 12. Limpieza y nivelación del área de estudio.....	103
Fotografía 13. Colocación de pingos.....	104
Fotografía 14. Alambrado y cercado con malla.	104
Fotografía 15. Colocación de cubierta y construcción de platabandas.	105
Fotografía 16. Área de platabandas.....	105
Fotografía 17. Área de sustratos.....	106
Fotografía 18. Transporte y preparación de sustratos.	106
Fotografía 19. Llenado de fundas.....	107
Fotografía 20. Siembra directa.....	107
Fotografía 21. Rotura de la testa de la semilla.	108
Fotografía 22. Aparición del hipocótilo.	108
Fotografía 23. Aparición del peciolo cotiledonar.....	109
Fotografía 24. Emergencia del epicótilo.	109
Fotografía 25. Germinación de semillas del ensayo.	110
Fotografía 26. Evidencia de epicótilo y raíz.	110
Fotografía 27. Identificación del hipocótilo en la plántula.	111
Fotografía 28. Germinación inadecuada debido a la posición incorrecta de la semilla.	111
Fotografía 29. Posición incorrecta de la plántula en la funda.	112
Fotografía 30. Posición en la que debe sembrarse la semilla.....	112

Fotografía 31. Registro de datos de las mediciones de las variables altura total y diámetro basal.....	113
Fotografía 32. Medición de diámetro basal.....	113
Fotografía 33. Medición de altura total.....	114
Fotografía 34. Longitud de raíz y longitud de tallo.....	114
Fotografía 35. Riego.....	115
Fotografía 36. Limpieza del área de ensayo.....	115
Fotografía 37. Remoción.....	116
Fotografía 38. Control de malezas.....	116
Fotografía 39. Establecimiento de las plántulas utilizadas para la medición de longitud de tallo y raíz.....	117
Fotografía 40. Etiquetado.....	117

TITULO: PROPAGACIÓN DE *Carapa amorphocarpa* W. PALACIOS, EMPLEANDO DIFERENTES TRATAMIENTOS, EN EL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR.

Autor: Villota González Freddy Hernán

Director de trabajo de titulación: Ing. Segundo Fuentes, Mgs.

Año: 2016

RESUMEN

El Ecuador es considerado un país megadiverso, y en ciertas áreas de este territorio se restringen un sinnúmero de especies forestales, que se encuentran amenazadas debido a la explotación. En este sentido, la presente investigación se realizó con la finalidad de generar información sobre la propagación de *Carapa amorphocarpa*, especie de ámbito restringido que se encuentra amenazada. Dicha investigación se efectuó en el sector El Carmen, parroquia Jijón y Caamaño, cantón Mira, provincia del Carchi; se determinó el tratamiento adecuado para la propagación de *Carapa amorphocarpa* W. Palacios. Se consideraron los siguientes objetivos: a) Determinar el mejor sustrato, b) Identificar un tratamiento pregerminativo adecuado, c) Determinar el porcentaje de germinación, d) Calcular el porcentaje de sobrevivencia, y e) Determinar el tiempo y costos de producción. Los frutos se recolectaron en el bosque protector Cerro Golondrinas, directamente desde el árbol; algunos de ellos a pesar de su coloración café verdosa no presentaban madurez morfológica y fisiológica. Por esta razón se dejaron almacenados en tierra de bosque durante ocho días, después se procedió a la extracción de las semillas. Se utilizaron cuatro tratamientos; T1: tierra de bosque + arena, en proporción 3:1 y escarificación mecánica, T2: tierra de bosque en su totalidad y escarificación mecánica, T3: tierra de bosque + arena, en proporción 3:1 y sin escarificación mecánica, T4: tierra de bosque en su totalidad y sin escarificación mecánica. Para la escarificación se utilizó un machete y se hizo un corte en la parte angular de la semilla. Se preparó 1,50 m³ de sustrato. El Diseño estadístico que se aplicó es el irrestricto al azar, con arreglo factorial A x B, con un total de cuatro tratamientos, se estableció 40 unidades experimentales, con 20 plántulas por unidad experimental. Se aplicó la prueba de medias Student-Newman-Keuls (SNK) al 95% de probabilidad estadística y se determinó los

mejores tratamientos. Además, se utilizó la prueba de “*t*” de Student, y se analizó el tiempo y porcentaje de germinación. Mediante la correlación se determinó un alto grado de asociación entre el diámetro basal y la altura. La germinación se evidenció a partir de los 43 días, se obtuvo un porcentaje de 83,13 y la sobrevivencia registrada a los 60 días después de la germinación fue de 99,25 %. En lo que respecta al crecimiento los valores promedios de diámetro basal fueron de 0,90 cm y una altura total de 49,56 cm. Por otra parte, la forma registró un 85,53% de plantas rectas y la sanidad el 73,13% de plantas excelentes. Los costos de producción registrados durante el ensayo fueron de \$ 824 (dólares americanos), con un costo por planta de \$1,37.

TITLE: SPREAD OF *Carapa omorphocarpa* W. Palacios, USING DIFFERENT TREATMENTS IN THE NORTHWEST REGION IN ECUADOR.

Author: Villota González Freddy Hernán

Director of titling job: Ing. Segundo Fuentes, Mgs.

Date: 2016

ABSTRACT

Ecuador is considered as a mega-diverse country, and certain areas of its territory have restriction in countless forest species, which are endangered due to exploitation. Thus, this investigation was conducted in order to generate information about the spread of *Carapa amorphocarpa*, which is threatened. This research was conducted at El Carmen, Jijon y Camaaño, Mira, Carchi province; where the correct treatment for propagation of *Carapa amorphocarpa* W. Palacios was determined. The objectives for this study are: a) To determine the best substratum, b) To identify an appropriate pregerminative treatment, c) To determine germination percent, d) To calculate the survival percent, and e) To determine time and cost of production. Fruits were collected in Cerro Golondrinas forest; it comes from the trees directly. Some of them despite of their green-brown color had no morphological and physiological maturity. For this reason, they were stored in forest land during eight days; then, the seeds were extracted. In this process there were four treatments; T1: forest dust + sand, in proportion 3:1 and mechanic scarification, T2: pure forest dust and mechanic scarification, T3: forest dust + sand, in proportion 3:1 without mechanic scarification, T4: pure forest dust without mechanic scarification. To scarify, it was used a browie knife in order to cut the angular seed part. 1,5m³ of substratum was prepared. The statistical design that was applied is unrestricted random with factorial arrangement A x B, as result, four treatments, 40 experimental units were established, with 20 seedlings per experimental unit. Medias Student-Newman-Keuls (SNK) was applied to 95% statistical probability and the best treatments were determined. In addition, “*t*” of Student test was used, time and percentage of germination were analyzed as well. By correlating a high degree of association between basal diameter and height was establish. From the 30 first days,

the germination was evident; it means 83,13 percent and the survival recorded at 60 days, after germination, was 99,25%. Regarding the growth of basal diameter mean values were 0,90 cm and a total height of 49.56 cm. Moreover, the form registered a 85,53% straight plants and 73,13% healing excellent plants. Production costs during the trial were \$824 (US dollars), with a cost of \$1,37 per plant.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

Las características climáticas y geográficas del Ecuador permiten que en el país exista una gran biodiversidad en todas sus zonas, con innumerables especies que poseen un alto valor económico y ecológico (Gordillo, 2009). Sin embargo, no existe suficiente variedad de dichas especies en una misma área dentro del bosque natural. En este contexto, para cubrir las necesidades del mercado, se origina una explotación indiscriminada y hasta ilegal de la madera (Ecuador Forestal, 2007).

En el cerro Golondrinas, noroccidente del Ecuador; *Carapa amorphocarpa*, de ámbito restringido, se explota con fines maderables (Palacios, 2012); como consecuencia, se reduce el número de estos individuos dentro de su área. Además, se ha evidenciado que los roedores se alimentan de las semillas de esta especie, afectando directamente a su propagación. Probablemente, las acciones mencionadas anteriormente se relacionen con el estudio realizado por Palacios (en prep.) donde señala a *Carapa amorphocarpa*, como una de las especies amenazadas del chocó.

En este sentido, es indispensable implementar acciones concretas que contrarresten la extinción y disminución de especies arbóreas; y una de las opciones más viables es a través de la propagación. Sin embargo, *Carapa amorphocarpa* fue descrita recientemente y carece de estudios sobre su manejo y silvicultura, en especial de su propagación. Por esta razón, se realizó un estudio que consiste en propagar la especie, empleando dos sustratos diferentes y escarificación mecánica en la semilla, con el fin de estimular su germinación y determinar el mejor tratamiento. Otra contribución del estudio, fue brindar información mediante pruebas de germinación. Se determinó la posición de la semilla, tipo de germinación, estructura de la semilla

y experiencias obtenidas en la instalación del ensayo tales como la protección con malla para evitar el ataque de los depredadores de la semilla.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Determinar el tratamiento adecuado, para la propagación de *Carapa amorphocarpa*.

1.1.2 Específicos

- Determinar el mejor sustrato.
- Identificar un tratamiento pregerminativo adecuado.
- Determinar el porcentaje de germinación.
- Calcular el porcentaje de sobrevivencia.
- Determinar el tiempo y costos de producción.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Nula

La germinación de *Carapa amorphocarpa* es similar en todos los tratamientos.

1.2.2 Alternativa

La germinación de *Carapa amorphocarpa* es diferente en al menos uno de los tratamientos.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente proyecto está enmarcado en la línea de investigación propuesta por la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica del Norte “Producción y protección de los recursos forestales”. Y sustentada en los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV 2013-2017) siguientes:

Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global, en la política **7.3:** Consolidar la gestión sostenible de los bosques enmarcada en el modelo de gobernanza forestal; y el lineamiento estratégico: **b.** Incluir esquemas de agroforestería y silvicultura con perspectiva paisajística en los planes de manejo y gestión de los recursos forestales maderables y no maderables (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2013, p. 221).

La investigación también está ligada, al **Art. 16:** “La semilla colectada correspondiente a un lote, deberá ser de al menos 15 árboles de la fuente; a excepción de la fuente semillera identificada. Los frutos o semilla colectada deben ser colocados en un sitio con la suficiente aireación, protegidos de la lluvia e insolación fuerte, en los casos en los que no se la pueda procesar en forma inmediata” y al **Art. 17:** “Los envases en los cuales los frutos o semilla se transportarán desde la fuente semillera hasta el sitio de procesamiento; deberán ser debidamente etiquetados, al menos con la siguiente información: 1) Especie, 2) Sitio de recolección, 3) Número de registro de la fuente, 4) Número del lote, 5) Fecha de la recolección, 6) Nombre del recolector y 7) Categoría de fuente semillera”, descritos en el capítulo VI de la Norma de Semillas Forestales (2004).

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Género *Carapa*

Carapa (Meliaceae), es uno de los géneros con mayor importancia económica; sus especies se localizan en África tropical y en América desde Guatemala hasta Costa Rica, en las Islas del Caribe Colombia, Brasil, Ecuador, Perú, Venezuela, Surinam y Guyanas (Morales, 1997).

Las especies de *Carapa* son árboles siempre verdes, con fuste recto y cilíndrico, además poseen una copa grande y densa (Morales, 1997). No obstante, las principales características que difieren a este género de los demás, dentro de la familia Meliaceae, son los frutos semicarnosos y las semillas grandes cubiertas con una gruesa sarcotesta (Palacios, 2011).

Las especies del género se restringen en ambientes húmedos tropicales y las semillas son consideradas recalcitrantes (Msanga, Smith y Wang, 2010). Por tal razón es necesario conocer la propagación de la especie más conocida del género, como es el caso de *Carapa guianensis* Aubl (González, 1976).

2.2.1.1 Especie representativa del género *Carapa*

C. guianensis es la especie más conocida del género *Carapa* y una de las más importantes de la familia Meliaceae (Morales, 1997). Esta especie es frecuente en bordes de pantanos o marismas poblados de mangles en zonas bajas que se inundan temporalmente (Méndez, Salazar y Soihet, 2000). Poseen frutos grandes y redondeados de 20 a 30 cm de largo y 8 a 12 cm de diámetro, constan de cuatro semillas, las cuales miden de 4 a 5 cm y tienen una viabilidad corta de aproximadamente 30 días (COMAFORS, 2005). En un kilogramo pueden hallarse alrededor de 20 a 30 semillas (Boshier y Cordero 2003).

Son árboles altos y la recolección de frutos es difícil (De Liones, Deago, Hall, Román y Sautu, 2012). Por esta razón, los frutos se recolectan directamente del suelo cuando presentan una

coloración café verdosa, se trasladan en bolsas plásticas selladas, con una pequeña cantidad de agua, para evitar que las semillas se deshidraten. La siembra se realiza lo antes posible (Méndez y otros, 2000).

La semilla fresca presenta una viabilidad de 80,00 %, y se obtiene una germinación hipogea de 90,00 a 92,00 %, que inicia de 12 a 15 días después de la siembra y se completa a los 27 (Méndez y otros, 2000). En viveros de Costa Rica se utiliza inmersión en agua por tres días, cambiando el agua todos los días. Además, realizando un pequeño corte o raspado en la parte angular de la semilla, se obtiene una germinación homogénea en unos diez días (Boshier y Cordero, 2003).

Según Mendez y otros (2000), las semillas se siembran directamente en bolsas plásticas grandes con una mezcla de tierra y arena en proporción de 2:1 como sustrato; las plántulas son tolerantes a la sombra en los primeros estadios y es esencial mantener la humedad del sustrato; están listas para llevarlas al campo máximo a los seis meses después de la siembra, cuando alcanzan una altura de 25 a 35 cm. No obstante, un sistema que ha dado buenos resultados en el CATIE, Costa Rica, es colocar las semillas bajo sombra en camas de aserrín húmedo, semicubiertas, en cuanto se nota desarrollo de la radícula y el tallo, se trasladan y se siembran en el sitio definitivo (Boshier y Cordero, 2003).

2.2.1.2 La Especie –*Carapa amorphocarpa*

El nombre de la especie tiene relación con la forma consistentemente amorfa de los frutos, la característica más distintiva a otras del género (Palacios, 2012).

a) Descripción Botánica

C. amorphocarpa puede alcanzar una altura de 25 m y un Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) de 60 cm. Su copa es oblonga y densa, con hojas paripinnadas, que presentan de tres a cinco folíolos opuestos, oblongo elípticos, coriáceos, envés verde-claro. El fruto es una cápsula redondeada-amorfa, 4 valvada, no acostillada, lenticelada, mide 6 a 15 x 5.5 a 9 cm, ápice y base

redondeados; epicarpio coriáceo o subleñoso, 0.5 a 0.9 cm de grosor; columna central con cuatro alas sinuosas blandas; semillas, de 3 a 4 por valva, pegadas a la columna central, irregulares en forma y tamaño, 3 a 5(7) cm de largo, 3 cm de ancho, angulares, lado externo convexo, lado interno \pm plano por compresión; hilo 0.8 a 2.3 cm de largo (Palacios, 2012).

b) Distribución geográfica

Se encuentra entre 2000 y 2300 m de altitud en las faldas del Cerro Golondrinas, noroccidente del Ecuador, en bosque muy húmedo, con árboles repletos de epífitas y sotobosque dominado por Chusquea, asociada en el dosel con especies arbóreas como *Billia rosea* (Planch. y Linden) C. Ulloa y P. Jørg., *Wettinia* sp. y *Guarea kunthiana* Kunth (Palacios, 2012).

c) Ecología

La floración ocurre entre marzo y abril; se han encontrado frutos maduros entre agosto y septiembre (Palacios, 2012).

2.2.2 Condiciones para la instalación de ensayos de investigación

Se consideran las siguientes (AECI y Caritas Española, 2000):

- Fuente de agua permanente en calidad y cantidad.
- Protección y seguridad.
- Cerca de una vivienda
- Preferentemente plano o ligeramente inclinado.
- Vías de acceso (cerca de un camino, carretera, etc.).
- Tenencia o propiedad del terreno (desconcentrar producción).
- No deben de estar en lugares con mucha sombra o debajo de árboles grandes.

Para la instalación del ensayo es recomendable utilizar materiales de la zona, para reducir costos y facilitar el transporte de los mismos.

2.2.3 La semilla

La semilla es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro, que está compuesto por la cubierta o testa, el embrión en estado latente y un tejido de reserva (Galarraga, 1982). La función de la semilla es multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen (Doria, 2010).

2.2.3.1 Estructura de la semilla

La semilla madura tiene una cubierta seminal producto de uno o ambos tegumentos: el endospermo y el embrión, además las células esclerenquimatosas (fibras o escléridas), proveen resistencia y rigidez a dicha cubierta (Vozzo, 2010). En la Figura 1, se muestran las partes de una semilla madura.

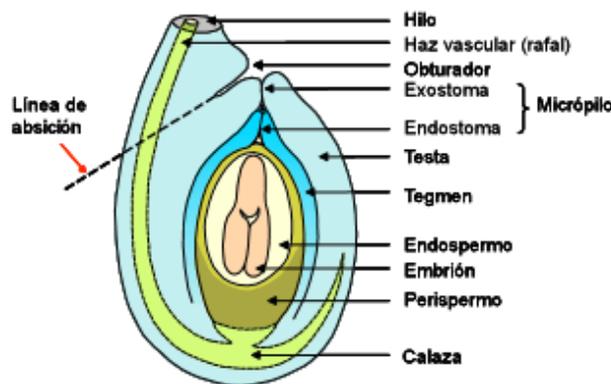


Fig. 1. Semilla típica (Corte longitudinal)

Fuente: Manual de semillas de árboles tropicales, Vozzo (2010)

Existen semillas bitégmicas que tienen la testa formada por el tegumento externo y un tegmen formado del tegumento interno. Cada tegumento tiene su propia apertura en la terminación distal

de la semilla; la apertura del tegumento externo se llama exostoma y endostoma para la apertura del interno. Estas aperturas a su vez forman el micrópilo (Vozzo, 2010).

Por otra parte, según Flores y Rivera (1989) las semillas unitégmicas poseen sólo una apertura llamada micrópilo, y a la cubierta seminal se le denomina testa. La zona del hilo puede extenderse y convertirse en una parte significativa de la testa de la semilla o puede combinar esta extensión, con la de la zona calazal denominada Paquicalaza.

Varios métodos de dispersión y germinación, originan una gran diversidad de las estructuras internas y externas de las semillas (Vozzo, 2010):

- **Variaciones morfológicas**, especialmente diferencias en tamaño, forma, textura, color y presencia o ausencia de estructuras especiales como los arilos.
- **Variaciones anatómicas**, se refieren a la presencia, ausencia o posición de los tejidos de almacenamiento; tamaño, forma y posición del embrión; la forma y tamaño de la zona calazal, y la estructura de la testa.

En el género *Carapa* se observa a los cotiledones secos del embrión con 65,00 a 70,00% de lípidos no saturados en el parénquima de almacenamiento, son gruesos, traslapados y están encerrando el pequeño hipocótilo. El tipo de embrión es axilar-foliado-revestido y pueden estar asociados a plantas criptocotilares, además es grande, erecto, ocupa de un cuarto al total del lumen de la semilla y es más central que periférico. El endospermo está ausente o es muy reducido (Flores, 2010).

2.2.3.2 Tamaño

El tamaño de las semillas varía entre las especies de plantas, a pesar que su origen ontogenético es constante y tiene una función bien definida (Ramos y otros, 2009). El número de semillas

producidas y su tamaño, afectarán la sobrevivencia y perpetuación de las especies (Cervantes, Orozco, Rojas, Sánchez y Vázquez, 1997).

Un estudio realizado por Wakeley, indica que las plántulas más vigorosas y de mejores características son producidas por las semillas grandes debido a su mayor cantidad de reserva (como se citó en Cuadrado, 1985).

2.2.3.3 Calidad de las semillas

La calidad de la semilla se caracteriza de manera fisiológica y genética. La calidad fisiológica, se refiere a las buenas condiciones físicas como alto vigor, capacidad de germinar y estar libre de enfermedades y plagas. Por otra parte la calidad genética, no se detecta con seguridad, debido a las variaciones entre árboles de la misma especie en cuanto a características de forma tales como: la rectitud del tronco, el desarrollo de la copa, la cantidad y tamaño de las ramas, así como su vigor y velocidad de crecimiento (Boshier y Cordero, 2003).

Para determinar la calidad de semilla, se consideran los siguientes grupos (Borrajo, 2006):

a) Viabilidad

La viabilidad se define como la capacidad de sobrevivir o seguir el desarrollo, por lo tanto, una semilla viable es capaz de germinar en condiciones favorables (Arnáez y Moreira, 1996); es decir, una buena recolección, un buen secado y un correcto almacenamiento en condiciones de temperatura y humedad adecuados, favorecen la viabilidad de la semilla (Sierra, 2005). Los mayores valores de viabilidad se presentan cuando existe una adecuada madurez fisiológica (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1991).

b) Vigor

El vigor corresponde a las propiedades de la semilla que determinan el potencial de brotación y desarrollo rápido y uniforme de plántulas normales, bajo varias condiciones sobre el terreno

(Willan, 1991). Según Perry, las semillas que se desempeñan bien, son catalogadas como de alto vigor y aquellas de desempeño pobre, son denominadas de bajo vigor (como se citó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 2000).

Para determinar el vigor de las semillas se toma en cuenta la interacción de las siguientes características (Pérez y Pita, 2001):

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

c) Longevidad

Bonner, Vozzo, Elam y Land (como se citó en CATIE, 1995) definen la longevidad como una característica específica, influida por varios factores en el almacenamiento que son: el contenido de humedad y la temperatura. En este sentido, la longevidad se relaciona con el periodo de tiempo en el que las semillas se mantienen viables; algunas se deterioran rápidamente, mientras que otras mantienen su viabilidad por largo tiempo (Arnáez y Moreira, 1996).

d) Pureza

Si una semilla aparece normal en su tamaño, forma y aspecto general externo se denomina pura; por otra parte una semilla impura es demasiado pequeña, que ha sido parcialmente comida por los insectos o pone en evidencia manchas producidas por los hongos (Folliott y Thames, 1983).

e) Contenido de humedad

El proceso de deshidratación es indispensable para que las semillas germinen, esto se debe al inicio de la transición de un metabolismo de acumulación y síntesis de reservas a uno de germinación. En función a la capacidad de reducir la cantidad de agua sin perder su viabilidad las semillas se agrupan en (Alizaga, Guevara, Herrera, y Jiménez, 2006):

- **Semillas recalcitrantes.-** Roberts emplea el término recalcitrantes para las semillas que no sobreviven luego de una deshidratación completa (como se citó en Alizaga y *otros*, 2006). Muchas especies con semillas recalcitrantes son de frutos carnosos y se encuentran en el trópico húmedo o maduran durante la época de lluvia. La mayoría de estas semillas tienen un periodo de vida corto aun en condiciones óptimas (Jara, 1997).
- **Semillas ortodoxas.-** son tolerantes a la desecación, durante su desarrollo; pueden alcanzar contenidos de agua inferiores al 5,00% y aun así retener su viabilidad por periodos predecibles de tiempo (Alizaga y *otros*, 2006). Entre más bajo sea el contenido de humedad y temperatura, estas semillas sobrevivirán más tiempo (Jara, 1997).

El comportamiento recalcitrante se determina genéticamente y su vez la base genética aún no ha sido bien comprendida. Esto se debe, a que los niveles de humedad bajo los cuales una semilla pierde su viabilidad, varían de una semilla a otra; se han encontrado variaciones entre semillas recolectadas del mismo árbol al igual que semillas de diferentes árboles, zonas, estaciones del año y años (Flores, 2010).

2.2.3.4 Madurez del fruto y la semilla

Existen indicadores que ayudan a determinar si los frutos están maduros y si es la época propicia para empezar la recolección (Méndez y *otros*, 2000):

- El cambio de color, ya que los frutos al madurar suelen pasar de un color verde a diversos tonos de amarillo, café, gris o morado.
- La presencia de animales frugívoros en los árboles.
- El aumento de tamaño de los frutos en algunas especies.
- El endurecimiento del pericarpio (parte externa) en algunos frutos secos
- Inicio de la caída de los frutos en el suelo.
- Presencia de hojas externas secas y secamiento del cuerpo de la planta.

Los frutos de las especies del género *Carapa* son dehiscentes septicidas y se abren al madurar longitudinalmente a través de septos (Flores, 2010).



Fig. 2. Fruto dehiscente septicida

Fuente: Biología de las semillas, Vozzo (2010)

Las semillas maduras de cada especie, presentan variaciones en: tamaño, color, consistencia, etc.; estos caracteres determinan el porcentaje de semillas inmaduras, para estimar la viabilidad de cierta cantidad de semillas físicamente identificables (CIAT, 1991). La madurez de las semillas es definida por Pérez (2003) desde los siguientes puntos de vista:

- a) **Madurez morfológica.**- corresponde al desarrollo completo de las distintas estructuras que constituyen la semilla y se relaciona a menudo con la deshidratación de los diferentes tejidos de la misma.
- b) **Madurez fisiológica.**- implica la pérdida de sustancias inhibitoras y la acumulación de sustancias promotoras de la germinación, también reajusta el equilibrio hormonal de la semilla y la sensibilidad de sus tejidos para las distintas sustancias activas.

Por lo tanto una semilla madura reúne los siguientes caracteres (Pérez, 2003):

- Su embrión ha completado su proceso de diferenciación.
- Ha alcanzado su tamaño máximo.
- Dispone de las suficientes reservas nutritivas.
- Es capaz de germinar, siempre y cuando no presente mecanismos de dormición.

La mayoría de semillas que llegan a la madurez muestran las siguientes partes: cubierta seminal (puede ser suave, dura o carnosa), perispermo, endospermo y embrión; la cubierta seminal carnosa recibe el nombre de sarcotesta (Arnáez y Moreira, 1996).

Los factores ambientales externos que regulan la actividad del árbol progenitor durante la maduración de la semilla, incluyen temperatura, luz, fotoperíodo, termoperíodo, humedad relativa y potencial de agua en el suelo y los parámetros internos, como el potencial de agua, nutrición y estado hormonal del árbol progenitor, así como la posición de la semilla en el árbol, también afectan la maduración de la semilla (Vozzo, 2010).

2.2.3.5 Manejo de semillas forestales

El manejo de semillas forestales abarca un conjunto de actividades que efectúan la calidad final de la semilla, esto incluye (Trujillo, 1995; Boshier y Cordero, 2003):

a) Selección de árboles semilleros

Actividad que consiste en seleccionar y marcar fenotipos sobresalientes de plantaciones o del bosque natural, con el fin de recolectar su semilla; cuando se selecciona un árbol semillero en el bosque natural, las heredabilidades son bajas, debido a su variación y la selección está basada en el árbol madre únicamente y no hay control sobre los progenitores masculinos (Jara, 1994).

Una limitante para seleccionar árboles semilleros, es el alto costo y la baja eficiencia de la recolección, debido a las grandes distancias entre árboles, por lo que es necesario desplazar al personal y equipo de sitio en sitio para recolectar semillas de un solo árbol cada vez (Jara, 1998).

b) Recolección de frutos o semillas

Los sistemas de recolección de semillas o frutos forestales serán intermedios entre la maduración del fruto y la desimación y se pueden clasificar en (Serrada, 2000):

- **Recogida de árboles apeados.**- se aprovechan las cortas, condicionando la época de apeo para que coincida con la maduración.
- **Recogida en depósitos producidos por viento, agua o animales.**
- **Recogida del suelo.**- consiste en esperar la caída natural de los frutos o semillas, despreciando las que caen en primer lugar que suelen ser inmaduras o afectadas por insectos.
- **Recogida de árboles en pie.**- se trata de cortar los pedúnculos o ramas que sostienen los frutos. Se puede hacer desde el suelo con auxilio de herramientas de corte o subiéndose al árbol.

c) Procesamiento de frutos o semillas

Para determinar el tipo de procesamiento requerido en la extracción de las semillas, se debe distinguir los siguientes tipos de fruto (Boshier y Cordero, 2003):

- **Frutos carnosos.-** primero se elimina la pulpa; una forma de hacerlo es remojando el fruto en agua, pero no más de 48 horas para evitar la fermentación. Luego se maceran los frutos para sacar la semilla, la cual por último se seca a la sombra.
- **Frutos secos.-** deben secarse más, para que se abran y suelten la semilla. El secado se hace con los frutos extendidos sobre manteados o mallas, para que haya una buena circulación de aire. Se seca bajo sombra cuando el sol está muy fuerte, para evitar temperaturas muy elevadas.

d) Secado

El proceso de secado en una semilla consiste en reducir su actividad fisiológica, lo cual permite almacenarla por más tiempo (Boshier y Cordero, 2003). Sin embargo las semillas recalcitrantes usualmente maduran durante la estación húmeda para evitar su desecación y germinar antes de la estación seca (Jara, 1997).

e) Almacenamiento

La colecta de las semillas no siempre coincide con el momento ideal para su siembra en el vivero, por lo que es necesario almacenar las semillas por diversos periodos de tiempo, hasta utilizarlas (Boshier y Cordero, 2003). El almacenamiento de semillas debe ser cuidadoso, para que éstas no pierdan su viabilidad y pueden pasar almacenadas el tiempo necesario (Serrada, 2000).

Existen semillas que solo se pueden almacenar por poco tiempo o no se pueden almacenar del todo, este es el caso de las semillas recalcitrantes. Cuando se pueden almacenar, se usa bolsas de papel o tela, o mediante algún medio que contenga la humedad (aserrín húmedo dentro de una funda de tela). Cabe recalcar, que las fundas plásticas no son recomendables por la tendencia de promover el crecimiento de hongos (Boshier y Cordero, 2003).

2.2.3.6 Estado de latencia

La latencia es un estado en el cual, una semilla viable es incapaz de activar e iniciar su proceso de germinación, aunque estén en condiciones apropiadas de humedad, temperatura, gases e iluminación (Arnáez y Moreira, 1996). Este estado es reversible sometiendo a la semilla a tratamientos con factores no esenciales para la germinación y se origina por causas físicas o fisiológicas (Jara, 1996):

- **Físicas.-** corresponden a una condición morfológica.
- **Fisiológicas.-** ocurren cuando las semillas, aunque maduras anatómicamente, no germinan hasta que se den cambios fisiológicos en el embrión o el endospermo.

Las principales causas que conducen a la latencia son: la inmadurez del embrión, impermeabilidad de la cubierta al agua, resistencia mecánica de la cubierta seminal al crecimiento del embrión, baja permeabilidad de la cubierta seminal a gases y endógena del embrión (Arnáez y Moreira, 1996).

2.2.3.7 Proceso de germinación

La germinación de semillas, es uno de los eventos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas (Melgarejo y Suarez, s.f.). En semillas que no estén en estado de latencia se define como el proceso que termina con la emergencia y crecimiento de la raíz embrionaria (radícula). No obstante, este proceso no se puede revertir, por ejemplo, la semilla no puede entrar de nuevo ha estado de latencia (Jara, 1996) y se pueden distinguir tres fases (Alizaga y otros, 2006):

- **Fase I.-** ocurre la imbibición, que consiste en la absorción del agua necesaria para la rehidratación de proteínas y organelos celulares, así como para el transporte y para que ocurran las reacciones hidrolíticas.

- **Fase II.-** se produce la activación del metabolismo (o germinación en suscrito), donde ocurre la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. También se incrementan las actividades enzimáticas, así como la degradación inicial de las reservas.
- **Fase III.-** tiene lugar la emergencia de la radícula (crecimiento visible), concluyendo el proceso germinativo ya que el crecimiento subsecuente se considera un proceso separado.

Dentro de los requerimientos ambientales para la germinación, se consideran esenciales: el agua, el oxígeno, la temperatura y la luz (Sterringa, 1974). En ausencia de alguno de estos factores, la mayoría de las semillas se mantendrían en un estado quiescente, aún sin reposo; en el caso de las semillas recalcitrantes, se produciría una rápida disminución de la longevidad de la semilla; la germinación culmina con el desarrollo de la radícula (básicamente por alargamiento celular) y la protusión de los tejidos adyacentes (Alizaga y otros, 2006).

2.2.3.8 Germinación de semillas de *Carapa*

Cabe recalcar que la germinación de semillas de *Carapa* está representada por un hipocótilo, el cual según Flores (2010), es la parte del eje de la plántula y se extiende del cuello de la raíz al nudo cotiledonar. Morfológicamente esta estructura es la zona de transición entre la raíz (con una distribución radial de yemas alternadas del xilema y floema) y el epicótilo (parte del eje de la plántula que es distal a los cotiledones sobre el nodo cotiledonar), con yemas vasculares formados por el xilema y el floema (como se citó en Flores, 2010).

Existen diferentes tipos de germinación así como germinación epigea e hipogea (criptocotilar y fernicotilar). La germinación criptocotilar los cotiledones permanecen dentro de la semilla. Este tipo de germinación es común en árboles tropicales y frecuente en semillas grandes y recalcitrantes (Vozzo, 2010).



Fig. 3. Germinación criptocotilar

Fuente: Biología de las semillas; Vozzo (2010)

Según Boesewinkel y Bouman (1984) en la mayoría de las semillas, la radícula emerge a través del micrópilo; en algunas, el embrión empuja la testa, fragmentándola y emergiendo a través de un punto específico. Según Flores (1999) este punto o abertura se denomina opérculo, embriostega o tapón y es más común en monocotiledóneas; varía en ortogenia, estructura y mecanismo de apertura, se forma en las regiones hilar y micropilar, por la exostoma y endostoma, o solamente por el endostoma (como se citó en Vozzo, 2010).

Flores (2010) indica que:

“Las plántulas con germinación hipogea fanerocotilar o criptocotilar, se observa usualmente un hipocótilo pequeño y vestigial, poco visible. Sin embargo en algunos casos, el hipocótilo es un órgano masivo, de almacenaje, que ocupa casi completamente el interior de la semilla; este órgano permanece escondido dentro de la semilla por varias semanas o meses, después se alarga y engrosa lentamente, y al final rompe la cubierta seminal que lo rodea. Existen cuatro tipos de hojas en las plantas: cotiledonales, protofilas, megafilas y las profilas”.

El género *Carapa* posee hojas cotiledonales, es decir que las primeras hojas de la planta son los cotiledones. Una de las causas principales que impiden la emergencia del cotiledón durante la germinación de semillas encerradas en cubiertas seminales duras, frutos con endocarpos duros o

diásporas con otros tejidos adheridos, es la condición del tipo de hojas cotiledonales, denominada sincotilia (Vozzo, 2010).

En estas semillas:

“La emergencia del epicótilo requiere crecimiento intercalar en la base de los cotiledones, llevando a la formación del pecíolo. La elongación de los pecíolos cotiledonares desplaza el nodo cotiledonar hacia el exterior de la testa. Una vez afuera, los pecíolos se abren hacia atrás. Su superficie con concavidad adaxial produce espacio para el desarrollo de la plúmula la cual está envuelta en la base del nodo de los cotiledones. En las especies que son sincotilia, con germinación hipogea y una plántula criptocotilar, los pecíolos cotiledonares algunas veces son gruesos, cortos y leñosos o corchosos, y contienen un color diferente, pero siempre son adaxialmente acanalados (Flores, 2010)”.

En la Figura 4, se muestra las partes de la semilla que se mencionaron en el párrafo anterior.

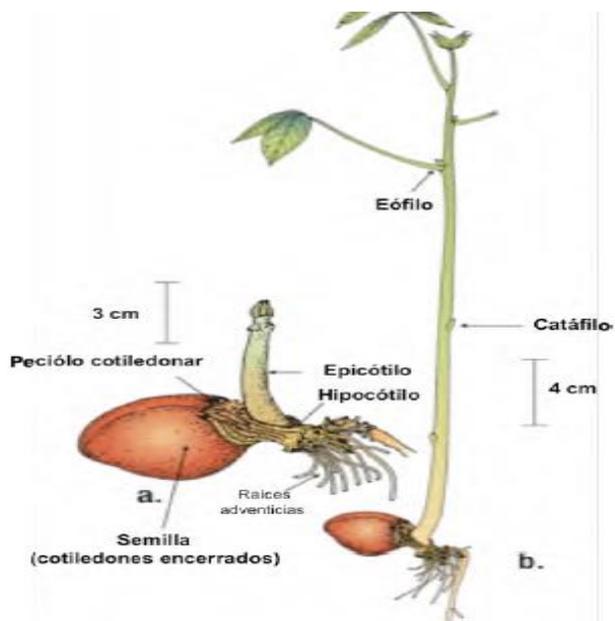


Fig. 4. Plántula de *Carapa guatemalensis*

Fuente: Biología de las semillas; Vozzo (2010)

2.2.4 Tratamientos pregerminativos

El tratamiento pregerminativo es una técnica empleada para lograr la germinación de la semilla (Rojas, 2006). La viabilidad y el vigor de algunas semillas mejoran con un tratamiento pregerminativo y a la vez se reduce el tiempo necesario para el inicio de la germinación (Boshier y Cordero, 2003). Estas técnicas no pueden recomendarse de uso generalizado, debido a que su acción depende de las características propias de cada especie, por lo tanto, la indicación de su uso es particular para cada caso (Guevara, Jiménez y Mesén, 1996).

Los métodos pregerminativos más comunes según Arana y Varela (2011) son:

- **Estratificación.**-se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor.
- **Escarificación.**-es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.
- **Lixiviación.**- consiste en remojar las semillas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta.
- **Combinación de tratamientos.**- se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.
- **Hormonas y otros estimulantes químicos.**- existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA3), citokininas, entre otros.
- **Flotación.**- si bien no constituye un tratamiento pre-germinativo pero si, la separación de las semillas vanas de las semillas llenas es aconsejable como un primer paso.
- **Inmersión.**-puede ser en agua caliente o a temperatura ambiente.

2.2.5 Sustratos

El sustrato es todo material sólido diferente del suelo (INFOAGRO, 2010), cuyo origen puede ser: natural, sintético, residual, mineral u orgánico (Mancera y Pérez, 2012). El sustrato da soporte a la planta; almacena y suministra a las raíces agua, aire y nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal (Alvarado y Solano, 2002).

2.2.5.1 Propiedades de los sustratos

a) Propiedades físicas

Están directamente asociadas a la capacidad de proveer agua y aire al sistema radicular (INFOAGRO, 2010):

- **Porosidad.-** es el volumen total del sustrato no ocupado por partículas sólidas, como consecuencia, los espacios serán ocupados por aire o agua en una cierta proporción.
- **Densidad.-** se puede referir a la densidad del material sólido que compone al sustrato (densidad real), o a la densidad calculada que considera el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso (densidad aparente).
- **Estructura.-** puede ser granular o fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras.
- **Granulometría.-** el tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, debido a que influye directamente en su densidad aparente y varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa (mayor granulometría mayor tamaño de poros).

b) Propiedades químicas

Estas propiedades influyen en el suministro de nutrientes a través de la capacidad de intercambio catiónico, la cual depende, en gran medida, de la acidez del sustrato (Gómez, 2001). La reactividad química de un sustrato es la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces y se debe a reacciones de distinta naturaleza (INFOAGRO, 2010):

- **Químicas.-** se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar: efectos fitotóxicos, efectos carenciales y efectos osmóticos.
- **Físico-químicas.-** son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso.
- **Bioquímicas.-**son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico.

c) Propiedades biológicas

La actividad biológica en los sustratos es perjudicial, debido a que los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes, también pueden empeorar las características físicas de estos medios de cultivo. Las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en (INFOAGRO, 2010):

- **Velocidad de descomposición.-** es una función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato y puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato.
- **Efectos de los productos de descomposición.-** muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa.

- **Actividad reguladora del crecimiento.**- es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

2.2.5.2 Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Para obtener resultados positivos durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requiere un sustrato con las siguientes características (Mancera y Pérez, 2012):

- Elevada capacidad de retención de agua.
- Suficiente suministro de aire.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable.
- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Capacidad para mantener constante el potencial hidrógeno (pH).
- Mínima velocidad de descomposición.
- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

2.2.5.3 Tipos de sustrato

Se diferencian dos categorías (INFOAGRO, 2010):

a) Según sus propiedades

- **Sustratos químicamente inertes.-** arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.-** turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

b) Según el origen de los materiales

Materiales orgánicos:

- **De origen natural.-** se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- **De síntesis.-** son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- **Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas.-** deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

Materiales inorgánicos o minerales:

- **De origen natural.-** se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- **Transformados o tratados.-** a partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- **Residuos y subproductos industriales.-** materiales procedentes de distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.).

2.2.5.4 Materia Orgánica

La materia orgánica mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuyen al crecimiento vegetal. Debido a su función nutricional sirve como fuente de N, P para el desarrollo vegetal. También afecta profundamente las actividades de organismos de microflora y microfauna debido a su función biológica. Finalmente su función física y fisico-química promueve una buena estructura del suelo, por lo tanto mejora la labranza, aireación y retención de humedad e incrementando la capacidad amortiguadora y de intercambio de los suelos (Nigoul, 2006).

2.2.6 Labores culturales

2.2.6.1 Riego

Actividad que permite un rápido crecimiento, formación saludable e hidratación adecuada. Existen distintas formas de riego, las principales son el riego por goteo, riego por aspersión y riego por nebulización (Galarza, 1960).

La fuente de agua debe ser permanente y no puede faltar en tiempo de sequía. Se puede almacenar el agua en un tanque: regar todos los días hasta que la semilla germine, luego de la germinación, regar pasando un día (por las tardes), evitando encharcamientos para prevenir pudrición de raíces (Nigoul, 2006).

2.2.6.2 Control de malezas

La maleza q no se elimine a tiempo se convierte en un serio problema en la competencia con las plántulas por agua, luz, espacio y nutrientes; también la maleza en ocasiones crece agresivamente y es refugio de plagas y enfermedades (Jiménez, s.f.). La finalidad de esta labor cultural es evitar la competencia de nutrientes entre malezas y la plántula; es recomendable realizar esta actividad a tiempo y manualmente (Pérez, 2001).

2.2.6.3 Remoción

Las plantas que se encuentran en fundas se deben remover, para evitar que las raíces que salen de la bolsa se fijen directamente en el suelo; se realiza directamente la poda de raíces y a la vez se clasifican las plantas por tamaño, por lo general las pequeñas se mueren (Juárez, 2002).

Además, se separan las plantas muertas, y al momento de agruparlas se coloca las más grandes al centro de las camas y las más pequeñas a los costados, asimismo, ayudan a lignificar o endurecer las plantas. Dependiendo de las condiciones de homogeneidad de las plantas y de la fijación de las raíces; se realizan de dos a tres remociones (De Francesco y González, 2000).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El estudio se realizó en el Bosque Protector Cerro Golondrinas (Figura 5), ubicado en los cantones: Mira, Espejo y Tulcán, provincia del Carchi al noroccidente del Ecuador.

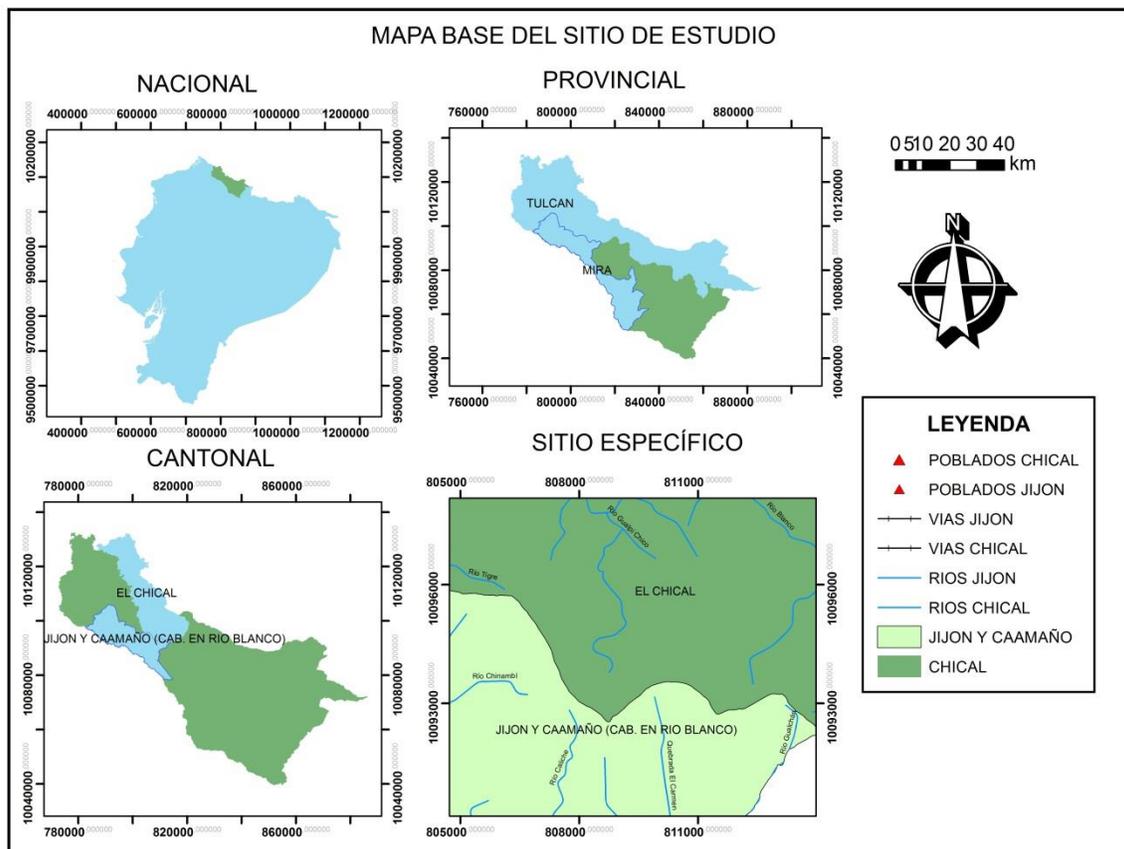


Fig. 5. Mapa de ubicación del sitio, donde se colectó los frutos y se instaló el ensayo

Elaborado por: Freddy Villota

El Bosque Protector Cerro Golondrinas se localiza dentro de la región bio-geográfica del Chocó, que es reconocida como una de las 25 regiones más ricas en biodiversidad del planeta; la flora, es caracterizada por su riqueza, variedad y endemismo, presentando un importante banco de germoplasma para el país (Grupo de Apoyo Interinstitucional del Bosque Protector Golondrinas [GAIBPG],2006). Su altitud oscila entre los 1 360 y 3 060 msnm, la precipitación anual varía de 2000 a 2500 mm, y su temperatura media es de 15°C (Gobierno Provincial del Carchi [GPC], 2015).

Un estudio realizado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador sostiene que la mayor parte del Bosque Protector Cerro Golondrinas corresponde a Bosque Siempre verde Montano Bajo y en menor porcentaje a una transición entre Bosque Siempre verde Montano Bajo y Bosque de Neblina Montano(como se citó en GAIBPG,2006).

Los problemas más apremiantes que afectan actualmente al bosque son; la deforestación, ampliación de fronteras agropecuarias y la presión ejercida por los colonos sobre el bosque (GAIBPG, 2006).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Equipos e instrumentos

- Alambre
- Alicata
- Barra
- Carretilla
- Clavos
- Cuchilla
- Cuerdas

- Flexómetro
- Fundas de polietileno
- Machete
- Madera para sujetar el sarán
- Malla
- Palas
- Pico
- Pie de Rey
- Pingos de madera
- Plástico
- Recipientes plásticos
- Regadera
- Sarán
- Sierra

3.2.2 Material vegetal

- Semillas de *Carapa amorphocarpa*

3.2.3 Insumos

- Arena
- Tierra de bosque

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Factores en estudio

a) Factor A (escarificación)

- A1: Con escarificación mecánica.
- A2: Sin escarificación mecánica.

b) Factor B (sustratos)

- B1: Sustrato 1: tierra de bosque + arena, en proporción 3:1.
- B2: Sustrato 2: tierra de bosque en su totalidad.

Se estudiaron cuatro tratamientos, que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Tratamiento	Factores		Escarificación	Sustratos	Código
T1	A1	B1	Con escarificación mecánica.	S1: tierra de bosque + arena, en proporción 3:1.	CE+S1
T2	A1	B2	Con escarificación mecánica.	S2: tierra de bosque en su totalidad.	CE+S2
T3	A2	B1	Sin escarificación mecánica.	S1: tierra de bosque + arena, en proporción 3:1.	SE+S1
T4	A2	B2	Sin escarificación mecánica.	S2: tierra de bosque en su totalidad.	SE+S2

Elaborado por: Freddy Villota

3.4 MANEJO DEL ENSAYO

3.4.1 Instalación del ensayo

El ensayo se instaló en la finca del Sr. José Eugenio López Escobar ubicada en el sector El Carmen, parroquia Jijón y Caamaño, cantón Mira; a 2100 msnm, lo más cerca posible al sitio de recolección de las semillas. Se empleó cuatro días para la instalación, se utilizó un área de 32 m² (Figura 6). Se realizó la limpieza del área eliminando la maleza existente y se limitó con una cerca de alambre de púas. En el área de platabandas se utilizó adicionalmente malla, así se evitó

el ataque de los depredadores de semilla. La cubierta del área de estudio se estructuró de la siguiente manera:

- El área de platabandas se cubrió con material de la zona, en este caso hojas de plátano y palmas. Se decidió utilizar este tipo de cubierta con el fin de aprovechar la época de lluvia y así se evitó el riego a diario.
- En el área de sustratos se utilizó plástico, en este sentido se brindó protección contra la lluvia facilitando el desarrollo de actividades correspondientes a llenado de fundas, escarificación mecánica y almacenaje de sustratos.

El área de estudio se dividió en dos espacios: área de almacenamiento y mezcla de sustrato (4 m²) y área de platabanda (28 m²). Se construyó dos platabandas de 7 m de longitud y 1,10 m de ancho. En las platabandas se destinaron diferentes secciones correspondientes a los tratamientos en estudio y ensayos de germinación. Además, se designó un espacio para la maduración de frutos debido a que la mayoría de frutos que se colectaron no estaban maduros. En las secciones de tratamientos en estudio se colocaron 80 fundas por cada una.

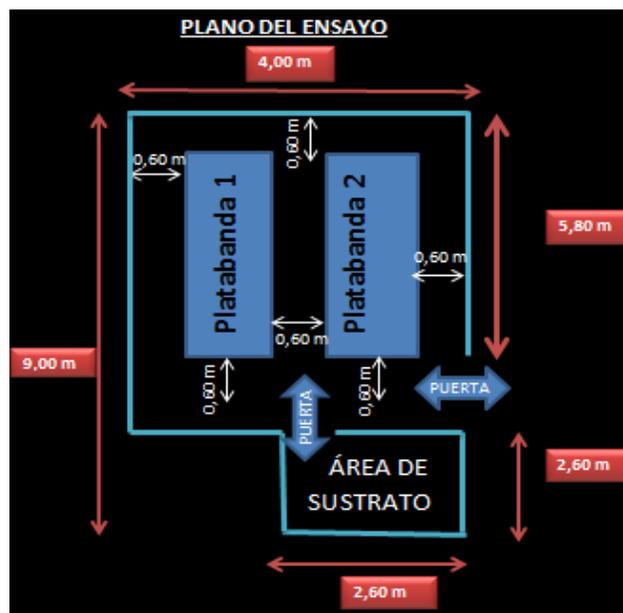


Fig. 6. Plano del ensayo

Elaborado por: Freddy Villota

3.4.2 Preparación del sustrato

Las actividades para la preparación del sustrato se llevaron a cabo durante tres días. Se trasladaron hasta el área de estudio los componentes requeridos. La tierra de bosque se extrajo de la zona de recolección de las semillas, este medio de cultivo no fue tamizado ni desinfectado, así se mantuvo el material vegetativo de la zona. Se mezcló la tierra de bosque y arena en las siguientes proporciones:

- Sustrato 1: tierra de bosque + arena, en proporción 3:1.
- Sustrato 2: tierra de bosque en su totalidad.

En total se ocupó 1,50 m³ de sustrato aproximadamente (Ver anexo 1), el cual se llenó en fundas de polietileno de 7x9 pulgadas, a 1 cm del borde evitando que se generen bolsas de aire. Una vez llenas las fundas se colocaron en cuatro bloques y se etiquetaron según el sustrato y tratamiento pregerminativo. Se dejó una reserva de los diferentes componentes porque con la lluvia el sustrato se desbordó y las semillas quedaban descubiertas.

3.4.3 Procedencia de materiales

3.4.3.1 Selección del árbol plus

Se realizó un reconocimiento general del área de trabajo y se ubicó los árboles plus. En cada árbol se observó un promedio de nueve frutos. Los frutos maduros presentaron un color café verdoso y el pericarpio agrietado, se desprendían del árbol uno a la vez en largos lapsos de tiempo. En algunos individuos la producción de frutos era muy baja e incluso nula, en cambio existieron individuos con una gran producción alcanzando hasta los 15 frutos por árbol.

Existía gran cantidad de hojarasca y ramas caídas dentro del bosque, razón por la cual se dificultó la recolección de los frutos desde el suelo. Además, la pendiente existente ocasionó grandes desplazamientos de los frutos al momento de caer. Se seleccionaron 15 individuos con

las mejores características fenotípicas: perfecto estado de sanidad, maduro (ni muy joven ni muy viejo), recto y de buena forma, que al menos produzca una troza aserrada comercial, buena copa, accesible, seguro (que no vaya a ser cortado). Todos los árboles fueron numerados con pintura de color blanco, el número se colocó en la parte más visible a 1,30 m del suelo.

Se consideraron con prioridad los árboles que estaban más cerca al área de estudio, así se facilitó el traslado de los frutos y se evitó la desecación. Para identificar los frutos se utilizó binoculares, la actividad se realizó en horas de la mañana debido a que las tardes se tornan muy nubladas.

3.4.3.2 Recolección de los frutos

La recolección de los frutos se realizó del 14 al 25 de septiembre del 2016; en los primeros días que se desarrolló esta actividad se evidenció la caída de un escaso número de frutos. Además, las semillas eran comidas por los roedores, razón por la cual se encontró únicamente los pericarpios de los frutos y restos de la testa de las semillas. Como consecuencia, se realizó la recolección de frutos directamente del árbol. Se eligieron los frutos que presentaron un color café verdoso y se trasladaron en un recipiente plástico que contenía una pequeña cantidad de agua.

3.4.3.3 Obtención de las semillas

Una vez trasladados los frutos se procedió a retiró el pericarpio utilizando un machete. Sin embargo, se observó que la mayoría de los frutos aún estaban inmaduros a pesar que ya presentaban una coloración café verdosa. Por esta razón, la mitad de frutos inmaduros que se colectaron se dejaron en agua durante ocho días, mientras que la otra mitad se destinó a un espacio denominado área de maduración, aquí se cubrieron los frutos con hojarasca y tierra de bosque.

Las semillas inmaduras poseían la testa de color blanco y se sembraron en una sección destinada a pruebas de germinación. A los ocho días se evidenció que el pericarpio de los frutos dejados en agua estaba en proceso de descomposición, mientras la otra mitad que se dejó en el área de maduración estaban en excelentes condiciones y con el pericarpio agrietado.

Como consecuencia, se extrajeron las semillas de los frutos que fueron almacenados en agua y se sembraron en el área de pruebas de germinación, mientras que las semillas de los frutos almacenados en el espacio destinado a la maduración se sembraron directamente en el área de estudio. Algunas semillas se colectaron desde el suelo, principalmente de las cuevas de los roedores.

3.4.3.4 Aplicación del tratamiento pregerminativo

Las semillas sometidas a la escarificación mecánica fueron aquellas que se obtuvieron de los frutos colectados maduros y parte de los frutos que se sometieron a maduración. Para la aplicación del tratamiento se realizó un pequeño corte en la parte angular de la semilla utilizando una cuchilla. Una vez realizado el corte, la semilla se sembró inmediatamente para evitar la desecación.

3.4.4 Siembra directa

La siembra se realizó directamente en las fundas de polietileno colocando una semilla por funda. Para determinar la posición de la semilla se realizó una prueba de germinación.

3.4.5 Labores culturales

Se regó únicamente el día de la siembra y los dos días posteriores, después se dio inicio la época de lluvia y la cubierta del área de platabandas permitió el paso del agua a manera de riego por goteo, por esta razón no fue necesario el riego. Por otra parte, el deshierbe se realizó siempre que existía la presencia de malezas, se evitó la competencia del aprovechamiento de nutrientes y agua. Esta actividad se realizó con cuidado para que las plántulas no se maltraten al momento de la extracción de la maleza existente en la funda. La remoción no fue necesaria debido a que la raíz de esta especie no se desarrolla con rapidez.

Se utilizó cercas de malla y alambre de púas con el fin de brindar seguridad a las semillas antes de su germinación, principalmente se evitó el ataque de los depredadores y dispersores de la semilla e incluso de personas.

3.4.6 Características del ensayo

En la tabla que se muestra a continuación, se resumen las características generales del ensayo.

Tabla 2. Características del ensayo

Variables	Cantidad
Número de unidades experimentales.	16
Número de plantas por unidad experimental.	20
Número de repeticiones.	4
Número de tratamientos.	4
Número de plantas por tratamiento.	80
Número de plantas total.	320
Área de almacenamiento y mezcla de sustrato.	12 m ²
Área de platabandas.	16 m ²

Elaborado por: Freddy Villota

3.5 TOMA DE DATOS

Se realizó la toma de datos de acuerdo a lo planteado en el proyecto considerando las variables a evaluar que son:

3.5.2 Variables de la especie forestal

Para la toma de datos de las variables de la especie forestal, se inició con el registro de la fecha de la siembra de la semilla de *Carapa amorphocarpa* en los diferentes sustratos. Las variables de evaluación son las siguientes:

3.5.2.1 Tiempo de germinación en días

Para comparar y determinar la mejor germinación en los diferentes sustratos y las semillas sometidas a los tratamientos pregerminativos, el tiempo se registró en días que las plántulas tarden en brotar. Sin embargo, la germinación fue heterogénea y se realizó una tabla donde se registró la fecha de germinación de cada semilla, con la finalidad de obtener los datos exactos sobre el tiempo de germinación.

3.5.2.2 Porcentaje de germinación

Para calcular el porcentaje de germinación se utilizó la siguiente fórmula (International Seed Testing Association [ISTA], 1993):

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas sembradas}} \times 100$$

3.5.3 Calidad de la planta

3.5.3.1 Diámetro basal

El diámetro basal se midió a los 30 y 60 días después de la germinación. Para esta medición se utilizó el pie de rey.

3.5.3.2 Altura total

Se midió la altura total con flexómetro a los 30 y 60 días después de la germinación, desde la base del suelo hasta la altura del ápice vegetativo.

3.5.3.3 Forma

La forma se determinó en base a los siguientes criterios:

- Recto 3
- Torcido 2
- Bifurcado 1

3.5.3.4 Sanidad

Se determinó la presencia de plantas muertas, hongos y plagas, mediante la categorización, que se muestra en la siguiente tabla (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas [CESA], 1984).

Tabla 3. Categorización de la sanidad

Código	Categoría	Características
0	Mala	Plantas muertas, secas
1	Regular	Plantas con un porcentaje inferior al 50% de hojas verdes aparición de un brote
2	Buena	Plantas con por lo menos el 50% de hojas verdes
3	Excelente	Plantas con el 100% de hojas verdes

Elaborado por: Freddy Villota

3.5.3.5 Sobrevivencia

Se determinó el porcentaje de sobrevivencia registrando el número de plantas que murieron a los 30 y 60 días, después de la germinación. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$S\% = \frac{\text{Número de individuos vivos}}{\text{Número de individuos plantados}} \times 100$$

3.5.3.6 Relación entre longitud de raíz y longitud de tallo, durante el crecimiento

A los 60 días después de la germinación se realizó la medición de la longitud de raíz y de tallo, se seleccionó dos plantas por repetición; es decir, un total de ocho plantas por tratamiento, seleccionadas al azar. Se realizó un análisis del coeficiente de correlación entre las dos variables.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la investigación se aplicó el Diseño Irrestricto al Azar (DIA) en arreglo factorial A x B; siendo el factor A tratamientos pregerminativos y el Factor B sustratos.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$
$$\alpha + \theta + \alpha\theta$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación individual

μ = Media

τ_i = Efecto de tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

α = Efecto de tratamientos pregerminativos.

θ = Efecto de sustratos.

$\alpha\theta$ = Interacción efecto de tratamientos pregerminativos por sustrato.

3.7 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Con los datos de las variables en estudio se realizó los siguientes análisis estadísticos:

3.7.1 Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza del DI según el desglose de la siguiente tabla.

Tabla 4. Análisis de varianza del Diseño Irrestricto al Azar

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Tratamientos	$t-1 = (4-1) = 3$
Tratamientos pregerminativos (Factor A)	$e-1 = (2-1) = 1$
Sustratos (Factor B)	$s-1 = (2-1) = 1$
Interacción A×B	$(e-1)(s-1) = (2-1) \times (2-1) = 1$
Error	$t(n-1) = 4 \times (4-1) = 12$
Total	$(t \times n)-1 = (4 \times 4)-1 = 15$

Elaborado por: Freddy Villota

3.7.2 Prueba de medias

Se aplicó la prueba de medias Student-Newman-Keuls (SNK) al 95% de probabilidad estadística para determinar los mejores tratamientos. Además, se utilizó la prueba de “t” de Student para el análisis del tiempo y porcentaje de germinación.

3.7.3 Análisis de correlación

El análisis de correlación se determinó a base del diámetro basal y altura total.

3.7.4 Análisis de costos

Los costos de los sustratos y de los tratamientos pregerminativos se evaluaron individualmente a lo largo de la investigación, para obtener resultados que permitan calcular el tratamiento más factible en la producción de *Carapa morphocarpa*.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se describe los resultados obtenidos y su respectiva discusión; cabe indicar que *Carapa amorphocarpa* carece de investigaciones anteriores. La especie en estudio es de reciente identificación (Palacios, 2010), por ello para la discusión se utilizó como referencia investigaciones similares de propagación, estructura de semilla y los aprendizajes del cuaderno de campo.

4.1. Germinación

A través de la investigación se determinó que la germinación de *Carapa amorphocarpa* es hipogea criptocotilar y está representada por un órgano denominado hipocótilo; este órgano es parte del eje de la plántula y se extiende del cuello de la raíz hasta el nudo cotiledonar, permanece escondido dentro de la semilla, después se alarga y engrosa lentamente, y al final rompe la cubierta seminal que lo rodea.

De igual manera se determinó la posición de la semilla donde el opérculo que delimita con el hilo, debe ser colocado en la parte inferior para una adecuada germinación y calidad de la plántula, como se observa en la Figura 7.



Fig. 7. Posición de la semilla

En caso de que la posición de la semilla no sea correcta se presentarían malformaciones como las que se muestran en la siguiente Figura 8.



Fig. 8. Mal formaciones de la semilla.

Una vez conocido el comportamiento de germinación de *Carapa amorphocarpa* se determinaron el tiempo y el porcentaje.

4.1.1.1 Tiempo de germinación

El tiempo de germinación fue heterogéneo en cada uno de los tratamientos, los primeros epicótilos germinaron a los 43 días y los últimos a los 93 días; sin embargo al realizar el análisis de varianza con respecto a la fuente de variación tratamiento se observa un coeficiente de

variación de 6,97% que indica homogeneidad en la variable tiempo de germinación; es decir, el tiempo de germinación fue irregular en todo el ensayo. Por otra parte, se obtuvo un valor de Fisher calculado de 2,75 valor no significativo al nivel del 95,00% de probabilidad estadística (Ver tabla 5). Es decir, no existen diferencias significativas entre los tratamientos investigados; por lo que no se realizó el desglose del arreglo factorial.

Tabla 5. Análisis de la varianza del tiempo de germinación

F.V.	SC	GI	CM	FC	F α 0.05%	F α 0.05%	
Tratamiento	211,84	3	70,61	2,75	ns	3,49	5,95
Error	307,64	12	25,64				
Total	519,48	15					
CV= 6,97							

Elaborado por: Freddy Villota

En lo que respecta a la prueba de “*t*” de Student, se observa que en el factor A (escarificación mecánica) se registra un valor de “*t*” de 2,98, valor altamente significativo al nivel del 95,00% de probabilidad estadística. Por esta razón, se obtuvo un menor tiempo promedio de germinación en las semillas con escarificación. Por otra parte, en el factor B (sustratos) se registra un valor de “*t*” 0,16, valor no significativo, por esta razón se deduce que el tipo de sustrato no influye en la variable tiempo de germinación (Ver anexo 2).

Los tratamientos en los cuales no se utilizó escarificación mecánica, fueron los que más tiempo tardaron en germinar, además se determinó el tratamiento cuatro, como el peor tratamiento. En cambio, los tratamientos que presentan escarificación mecánica, fueron los mejores destacándose el tratamiento dos, como el más sobresaliente (Gráfico 1).

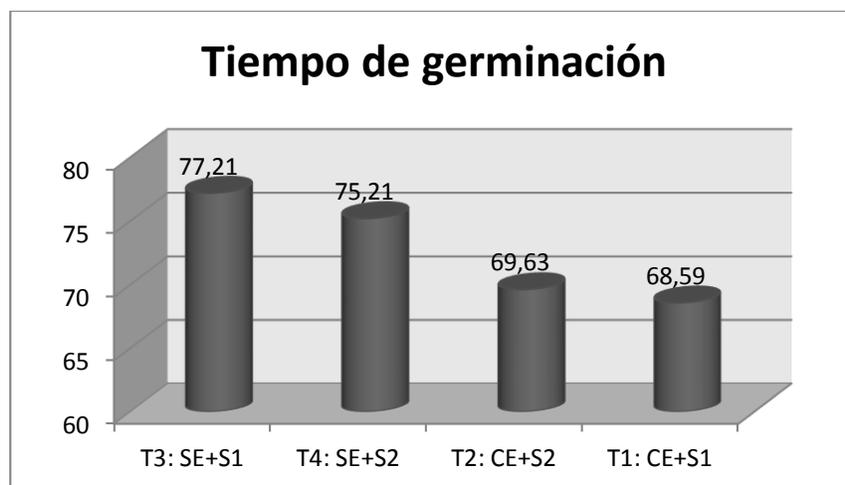


Gráfico 1. Medias de tiempo de germinación

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.1.2 Porcentaje de germinación

Como resultado se obtuvo que el principal factor que influye en la germinación es la escarificación mecánica. El porcentaje de germinación de todo el ensayo fue 83,13, el mayor valor en cuanto al tratamiento pregerminativo se evidenció en semillas sin escarificar (95,00%); mientras que, para sustratos el mejor valor fue el sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1), con un valor de 88,75%. En las plántulas que germinaron a pesar de la escarificación, se observó un deficiente crecimiento en altura y diámetro basal.

En el análisis de varianza al 95,00% de probabilidad estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 9,67% que indica homogeneidad en todos los tratamientos, en cuanto a la variable porcentaje de germinación. Por otra parte, para las fuentes de variación tratamientos, factor A (escarificación mecánica) y factor B (sustratos) un valor de Fisher calculado significativo y altamente significativo. Por tal motivo, se asevera que los tratamientos investigados son estadísticamente diferentes. Por otra parte, la interacción A*B, registró un valor de Fisher calculado no significativo (Ver tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza de porcentaje de germinación

F.V.	SC	Gl	CM	FC		F α 0.05%	F α 0.01%
Tratamiento.	2818,75	3	939,58	14,55	**	3,49	5,95
Factor A	2256,25	1	2256,25	34,94	**	4,75	9,33
Factor B	506,25	1	506,25	7,84	*	4,75	9,33
Factor A*Factor B	56,25	1	56,25	0,87	ns	4,75	9,33
Error	775,00	12	64,58				
Total	3593,75	15					
CV=9,67							

Elaborado por: Freddy Villota

En cuanto a los resultados de la prueba de “*t*” de Student se registra en el factor A (escarificación mecánica) un valor de “*t*” altamente significativo al nivel del 95,00% de probabilidad estadística; es decir, que se obtuvo un mejor porcentaje de germinación promedio en las semillas sin escarificación. En cambio, en el factor B (sustratos) se registra un valor de “*t*” no significativo, por esta razón se deduce que el tipo de sustrato no influye en la variable porcentaje de germinación (Ver anexo 3).

En lo que respecta a las pruebas de rango múltiple de SNK en comparación a su correspondiente tabular, al 95,00% de probabilidad estadística, se observa que para el factor A (escarificación mecánica), se registra una media de 95,00% en semillas sin escarificación, mientras que 71,25% en semillas con escarificación. Por esta razón, se evidencia, que el tratamiento pregerminativo influye en el porcentaje de germinación y las semillas sin escarificación germinaron en mayor porcentaje (Ver anexo 4).

Por otra parte, los resultados para el factor B (sustratos) indican que el sustrato uno (tierra de bosque + arena en proporción, 3:1), posee una media de 88,75 % y el sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad) una media de 77,50 %. Por tal motivo, se asevera que el sustrato uno presenta un mayor porcentaje de germinación, destacándose como el mejor sustrato (Ver anexo 5).

En cuanto a la fuente de variación tratamientos se formaron tres rangos; destacándose en el primer rango con los mayores valores promedios de porcentaje de germinación el tratamiento tres: semillas sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1); seguido por el tratamiento cuatro: semillas sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad). Mientras que en el siguiente rango se registró el tratamiento uno: semillas con escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). Finalmente el tratamiento dos: semillas con escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad) fue el de menor porcentaje promedio, ubicándose en el último rango como el peor tratamiento (Ver anexo 6). Para un mejor análisis, a continuación se presenta el gráfico 2, que muestra la diferencia de porcentajes de germinación entre tratamientos.

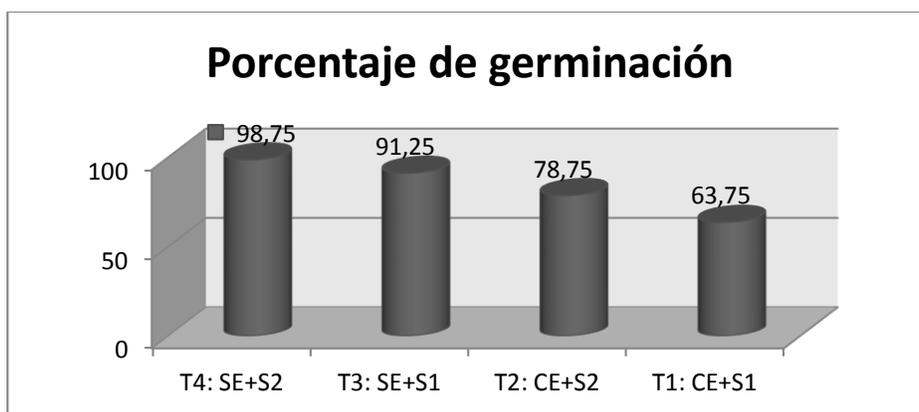


Gráfico 2. Medias de porcentaje de germinación

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.2 Sobrevivencia

En la presente investigación a los 60 días después de la germinación se registró un porcentaje de sobrevivencia promedio de 99,38. Los únicos tratamientos que presentaron mortalidad fueron aquellos donde se aplicó la escarificación mecánica en la semilla.

Tabla 7. Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	% Sobrevivencia
T1	Con escarificación	S1	98,75
T2	Con escarificación	S2	98,75
T3	Sin escarificación	S1	100
T4	Sin escarificación	S2	100

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.3 Crecimiento a los 30 días después de la germinación

Para determinar el comportamiento de la especie en cuanto a crecimiento, se midió 30 días después de la germinación las siguientes variables:

4.1.3.1 Diámetro basal

Después de realizar el análisis de varianza al nivel del 95,00% de probabilidad estadística, se obtiene un coeficiente de variación de 4,99% que indica homogeneidad en el ensayo, en cuanto a la variable diámetro basal. Por otra parte, se observa para las fuentes de variación tratamientos y factor A (escarificación mecánica) un valor de Fisher calculado altamente significativo, para la interacción A*B un valor significativo y para el factor B (sustratos) no se registraron diferencias estadísticas (Ver tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación

F.V.	SC	Gl	CM	Fc		F α 0.05%	F α 0.09%
Tratamiento	0,1	3	0,03	19,88	**	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A)	0,09	1	0,09	51,07	**	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	3,60	1	3,60	2,11	ns	4,75	9,33
Factor A*Factor B	0,01	1	0,01	6,47	*	4,75	9,33
Error exp.	0,02	12	1,70				
Total	0,12	15					
CV= 4,99 %							

Elaborado por: Freddy Villota

Mediante la prueba de rango múltiple de SNK en comparación a su correspondiente tabular al 95,00% de probabilidad estadística, se identificó que el factor A (escarificación mecánica) registra una media de 0,90 cm para semillas sin escarificación y 0,75 cm en semillas con escarificación. Por esta razón, se evidencia, que el tratamiento pregerminativo influye en la variable diámetro basal; como consecuencia las semillas sin escarificación, son las que presentaron un mejor desarrollo en dicha variable (Ver anexo 7). En cuanto a los resultados para el factor B (sustratos) se observa, que el sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1) y el sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad), son estadísticamente similares (Ver anexo 8).

Para la fuente de variación tratamientos se formaron tres rangos; destacándose en el primer rango con los mayores valores promedios de diámetro basal el tratamiento cuatro: semillas sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad); a continuación en el mismo rango se registra el tratamiento tres: semillas sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). En el segundo rango está el tratamiento uno: semillas con escarificación mecánica y sustrato uno. Finalmente el tratamiento dos: semillas con escarificación mecánica y sustrato dos, este fue el tratamiento que presentó el valor promedio más bajo y se ubicó en el último rango (Ver anexo 9). En el Gráfico 3 se muestra la diferencia de la variable diámetro basal entre los tratamientos.

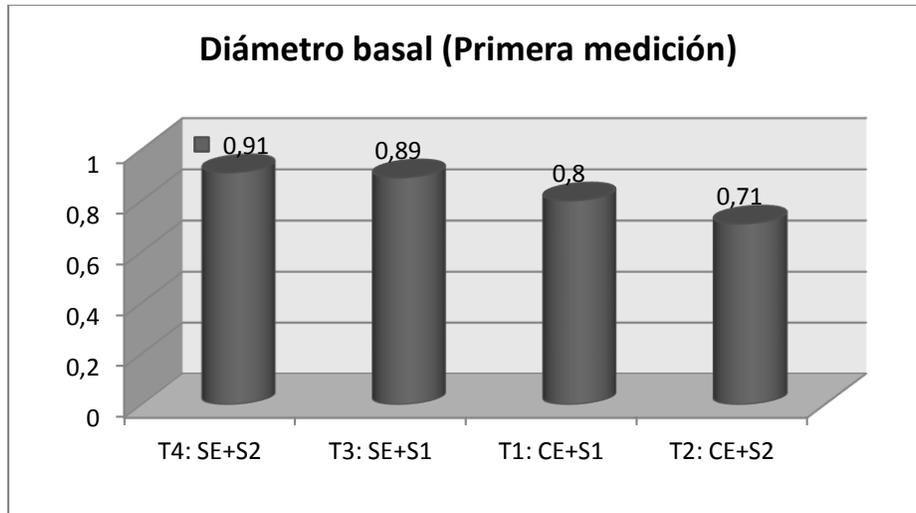


Gráfico 3. Medias de diámetro basal, a los 30 días después de la germinación

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.3.2 Altura total

En cuanto al análisis de varianza de la variable altura al 95,00% de probabilidad estadística, se observa un coeficiente de variación de 8,64% que indica homogeneidad en el ensayo en cuanto a la variable altura. Por otra parte, se obtuvo para las fuentes de variación tratamientos y factor A (escarificación mecánica) un valor de Fisher calculado altamente significativo, para la interacción A*B un valor significativo y para el factor B (sustratos) un valor no significativo (Ver tabla 9).

Tabla 9. Análisis de varianza de altura a los 30 días después de la germinación

FV	SC	GL	CM	FC		F α 0.05	F α 0.01
Tratamientos	927,64	3	309,21	22,69	**	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A).	794,11	1	794,11	58,28	**	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	9,42	1	9,42	0,69	<i>ns</i>	4,75	9,33
Factor A*Factor B	124,1	1	124,10	9,11	*	4,75	9,33
Error exp.	163,5	12	13,62				
Total	1091,14	15					
CV = 8,64							

Elaborado por: Freddy Villota

Una vez realizada la prueba de rango múltiple de SNK al 95,00% de probabilidad estadística, se observa para el factor A (medio de producción) una media de 49,76 cm en semillas sin escarificación y 35,67 cm en semillas con escarificación; fácilmente se puede evidenciar una mayor altura promedio en semillas sin escarificación (Ver anexo 10). Por otra parte, la fuente de variación factor B (sustratos) registra un valor no significativo, por esta razón se deduce que no existe diferencias significativas en los valores registrados para los sustratos (Ver anexo 11).

En cuanto a los resultados de la fuente de variación tratamientos, se formaron tres rangos; en el primer rango se destaca con los mayores valores promedios de altura, el tratamiento cuatro: sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad); seguido por el tratamiento tres: sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). Por otra parte, en el segundo rango se registra el tratamiento uno: con escarificación mecánica y sustrato uno. Finalmente en el último rango, se ubica el tratamiento dos: con escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad). Este tratamiento, fue el de menor valor promedio en altura (Ver anexo 12). En el Gráfico 4 se muestra la diferencia de la variable altura entre los tratamientos.

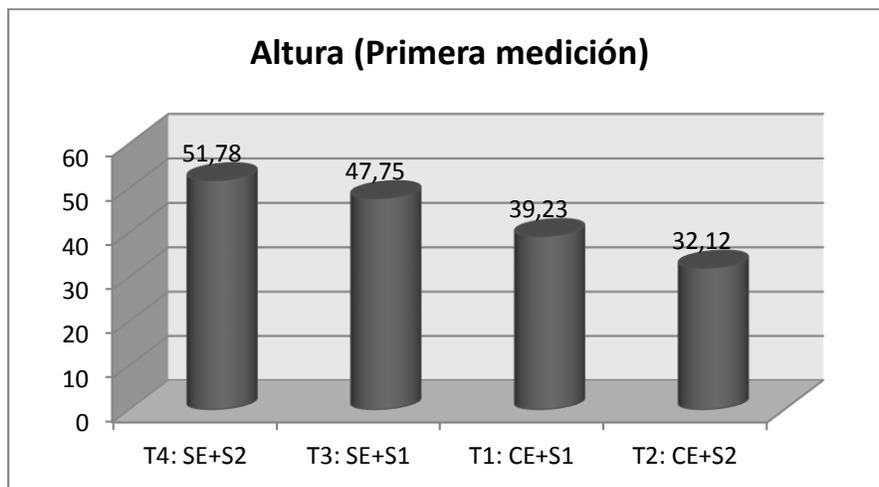


Gráfico 4. Medias de altura, a los 30 días después de la germinación.

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.3.3 Forma

Una vez realizado el análisis de varianza de la variable forma al 95,00% de probabilidad estadística, se observa un coeficiente de variación de 11,59% que indica homogeneidad en el ensayo, en cuanto a la variable forma. Además, para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un valor significativo, para el factor A (escarificación mecánica) un valor altamente significativo; finalmente para el factor B (sustratos) y la interacción A*B, un valor no significativo (Ver tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza de forma a los 30 días después de la germinación

FV	SC	GL	CM	FC		F α 0.05	F α 0.01
Tratamientos	1,08	3	0,36	4,55	*	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A)	0,9	1	0,9	11,37	**	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	0,05	1	0,05	0,64	ns	4,75	9,33
Factor A*Factor B	0,13	1	0,13	1,63	ns	4,75	9,33
Error exp.	0,95	12	0,08				
Total	2,04	15					
CV = 11,59							

Elaborado por: Freddy Villota

Los resultados de la prueba de rango múltiple SNK al 95,00% de probabilidad estadística, muestran para el factor A (medio de producción) una media de 2,67 en semillas sin escarificación y 2,19 en semillas con escarificación. Por esta razón, se deduce que existe mayor cantidad de plantas rectas en tratamientos con semillas sin escarificación (Ver anexo 13). En cuanto a los resultados de la fuente de variación factor B (sustratos) registran un valor no significativo, por esta razón se deduce que los sustratos son estadísticamente similares y no influyen en esta variable (Ver anexo 14).

Por otra parte, para la fuente de variación tratamientos, se formaron únicamente dos rangos; destacándose en el primer rango con los mayores valores promedios de altura el tratamiento cuatro: sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad); seguido por

el tratamiento tres: sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). Por otra parte en el segundo rango se registran el tratamiento uno: con escarificación mecánica y sustrato uno y el tratamiento: con escarificación mecánica y sustrato dos (Ver anexo 15). Para un mejor análisis de la diferencia que existe entre los tratamientos en base a la variable forma, a continuación se visualiza el Gráfico 5.

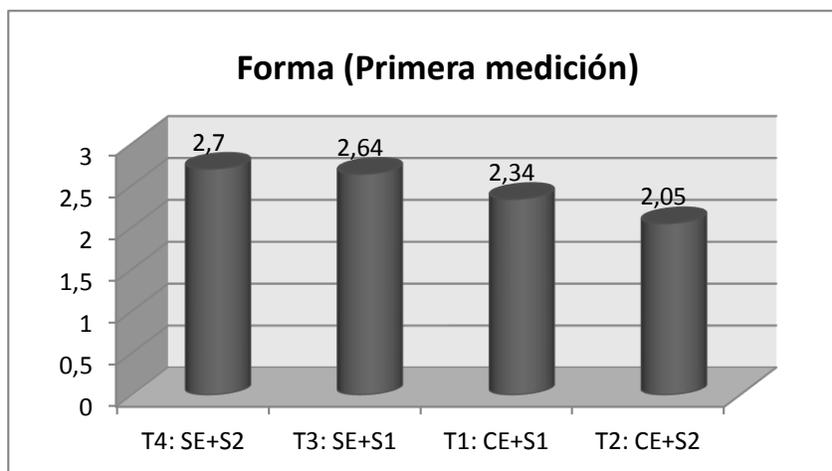


Gráfico 5. Medias de altura, a los 30 días después de la germinación.

Elaborado por: Freddy Villota

En cuanto a la variable forma se evidencia que los mayores porcentajes de plántulas de forma recta, es en el tratamiento tres: sin escarificación y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1), con un porcentaje de 94,52 y el tratamiento dos: con escarificación y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad), con un porcentaje de 92,06 (Ver tabla 11).

Tabla 11. Clasificación de la forma en porcentaje

Tratamiento	Factor A	Factor B	Recto	Torcido	Bifurcado
T1	Con escarificación mecánica	S1	78,43	19,61	1,96
T2	Con escarificación mecánica	S2	92,06	4,76	3,17
T3	Sin escarificación mecánica	S1	94,52	4,11	1,37
T4	Sin escarificación mecánica	S2	88,61	11,39	0,00

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.3.4 Sanidad

Los resultados del análisis de varianza de la variable sanidad al 95,00% de probabilidad estadística, muestran un coeficiente de variación de 2,95 % indica que el ensayo presenta homogeneidad en la variable sanidad. Además, se muestra un valor de Fisher calculado no significativo para todas las fuentes de variación, por tal motivo se deduce que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos y no es necesario realizar la prueba de medias (Ver tabla 12).

Tabla 12. Análisis de varianza de sanidad, a los 30 días después de la germinación

FV	SC	GL	CM	FC	F α 0.05	F α 0.01	
Tratamientos	0,06	3	0,02	2,91	<i>ns</i>	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A)	0,03	1	0,03	3,57	<i>ns</i>	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	0,01	1	0,01	0,89	<i>ns</i>	4,75	9,33
Factor A*Factor B	0,03	1	0,03	4,28	<i>ns</i>	4,75	9,33
Error exp.	0,09	12	0,01				
Total	0,15	15					
			CV = 2,95				

Elaborado por: Freddy Villota

Referente a la variable sanidad se indica que los mayores porcentajes de plántulas son excelentes en el tratamiento cuatro: sin escarificación y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad), con un porcentaje de 76,25 y el tratamiento tres: sin escarificación y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1) con un porcentaje de 73,75 (Ver tabla 13).

Tabla 13. Clasificación de la sanidad en porcentaje

Tratamiento	Factor A	Factor B	Excelente	Buena	Regular	Mala
T1	Con escarificación mecánica	S1	33,75	1,25	28,75	36,25
T2	Con escarificación mecánica	S2	51,25	25,00	2,50	21,25
T3	Sin escarificación mecánica	S1	73,75	7,50	10,00	8,75
T4	Sin escarificación mecánica	S2	76,25	8,75	13,75	1,25

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.4 Crecimiento a los 60 días después de la germinación

4.1.4.1 Diámetro basal

Una vez realizado el análisis de varianza al nivel del 95,00% de probabilidad estadística, se observa un coeficiente de variación de 5,70% que indica homogeneidad en el ensayo, en cuanto a la variable diámetro basal. Por otra parte, para las fuentes de variación tratamientos, factor A (escarificación mecánica) y la interacción A*B, se observa un valor de Fisher calculado altamente significativo. Por otra parte, para el factor B (sustratos) no se registraron diferencias estadísticas (Ver tabla 14).

Tabla 14. Análisis de varianza del diámetro basal, a los 60 días después de la germinación

F.V.	SC	GI	CM	Fc		F α 0.05%	F α 0.09%
Tratamiento	0,12	3	0,04	15,76	**	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A)	0,10	1	0,10	39,72	**	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	2,3	1	2,3	0,86	ns	4,75	9,33
Factor A*Factor B	0,02	1	0,02	6,70	*	4,75	9,33
Error exp.	0,03	12	2,6				
Total	0,16	15					
CV= 5,70 %							

Elaborado por: Freddy Villota

Mediante la prueba de rango múltiple de SNK en comparación a su correspondiente tabular al 95,00% de probabilidad estadística, se identificó que el factor A (escarificación mecánica) registra una media de 0,98 cm para semillas sin escarificación y 0,82 cm en semillas con escarificación. Por esta razón, se mantiene la afirmación que el tratamiento pregerminativo influye en la variable diámetro basal; se deduce que las semillas sin escarificación presentan un mejor desarrollo en dicha variable (Ver anexo 16).

Por otra parte, para el factor B (sustratos) se observa que el sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1) y el sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad) son estadísticamente similares (Ver anexo 17).

Para la fuente de variación tratamientos se formaron tres rangos; destacándose en el primer rango con los mayores valores promedios de diámetro basal, el tratamiento cuatro: semillas sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad); seguido por el tratamiento tres: semillas sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). En el segundo rango está el tratamiento uno: semillas con escarificación mecánica y sustrato uno. Finalmente el tratamiento dos: semillas con escarificación mecánica y sustrato dos fue el tratamiento que presentó el valor promedio más bajo y se ubicó en el último rango (Ver anexo 18). En el Gráfico 6 que se muestra a continuación, se puede evidenciar la diferencia de la variable diámetro basal entre los tratamientos.

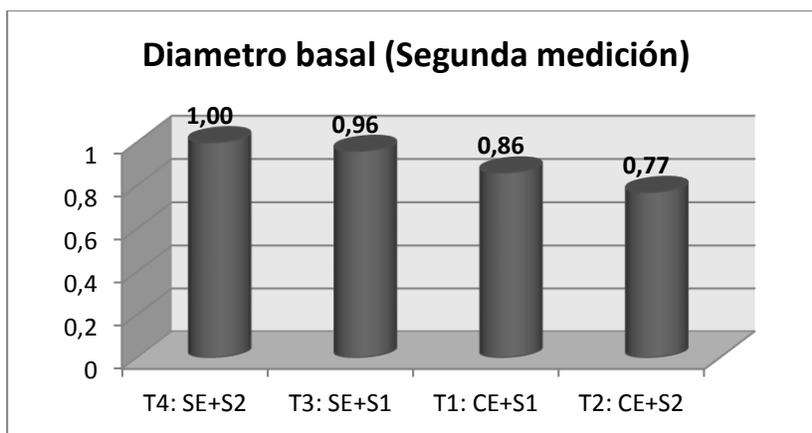


Gráfico 6. Medias de diámetro basa, a los 60 días después de la germinación

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.4.2 Altura

En cuanto al análisis de varianza de la variable altura al 95% de probabilidad estadística, se observa un coeficiente de variación de 9,08% que indica homogeneidad en el ensayo, en cuanto a la variable altura. Además, para las fuentes de variación tratamientos, factor A (escarificación mecánica) y la interacción A*B, se obtuvo un valor de Fisher calculado altamente significativo, y para el factor B (sustratos) un valor no significativo (Ver tabla 15).

Tabla 15. Análisis de varianza de altura a los 60 días después de la germinación

FV	SC	GL	CM	FC		F α 0.05	F α 0.01
Tratamientos	1374,21	3	458,07	22,61	**	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A)	1049,76	1	1049,76	51,82	**	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	1,53	1	1,53	0,08	<i>ns</i>	4,75	9,33
Factor A*Factor B	322,92	1	322,92	15,94	**	4,75	9,33
Error exp.	243,11	12	20,26				
Total	1617,32	15					
		CV = 9,08%					

Elaborado por: Freddy Villota

Mediante la prueba de rango múltiple de SNK al 95,00% de probabilidad estadística, se observa para el factor A (medio de producción) una media de 57,65 cm en semillas sin escarificación y 41,45 cm en semillas con escarificación; fácilmente se puede evidenciar una mayor altura promedio en semillas sin escarificación (Ver anexo 19). Mientras que la fuente de variación factor B (sustratos) registra un valor no significativo, por esta razón se deduce que los sustratos son estadísticamente similares (Ver anexo 20).

En cuanto a los resultados de la fuente de variación tratamientos se formaron cuatro rangos; destacándose en el primer rango con el valor promedio de altura más alto el tratamiento cuatro: sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad); en el segundo rango se ubicó el tratamiento tres: sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena,

en proporción 3:1). Por otra parte, en el tercer rango se registra el tratamiento uno: con escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). Finalmente, en el último rango, se ubica el tratamiento dos: con escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad). Este tratamiento fue el de menor valor promedio en altura (Ver anexo 21). En el Gráfico 7 que se muestra a continuación, se puede evidenciar la diferencia de la variable altura entre los tratamientos.

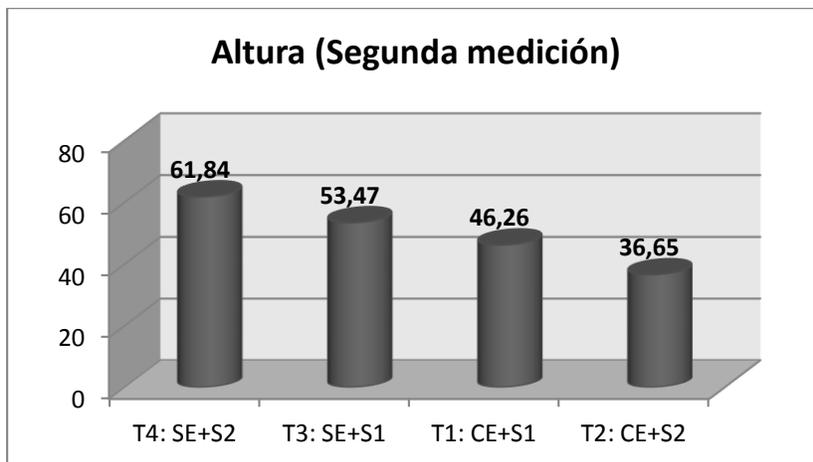


Gráfico 7. Medias de altura, a los 60 días después de la germinación

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.4.3 Forma

Una vez realizado el análisis de varianza de la variable forma al 95,00% de probabilidad estadística, se observa un coeficiente de variación de 6,14 % que indica homogeneidad en el ensayo, en cuanto a la variable forma. Además, para las fuentes de variación tratamientos y factor A (escarificación mecánica) se obtuvo un valor altamente significativo; mientras que para el factor B (sustratos) y la interacción A*B se registró un valor no significativo (Ver tabla 16).

Tabla 16. Análisis de varianza de forma a los 60 días después de la germinación

FV	SC	GL	CM	FC		F α 0.05	F α 0.01
Tratamientos	0,83	3	0,28	9,61	**	3,49	5,95
Escarificación mecánica (Factor A)	0,62	1	0,62	21,60	**	4,75	9,33
Sustratos (Factor B)	0,12	1	0,12	4	<i>ns</i>	4,75	9,33
Factor A* Factor B	0,09	1	0,09	3,22	<i>ns</i>	4,75	9,33
Error exp.	0,35	12	0,03				
Total	0,18	15					
		CV = 6,14					

Elaborado por: Freddy Villota

Los resultados de la prueba de rango múltiple SNK al 95,00% de probabilidad estadística, muestran para el factor A (medio de producción) una media de 2,97 en semillas sin escarificación y 2,57 en semillas con escarificación. Por esta razón, se deduce que existe mayor cantidad de plantas rectas en tratamientos con semillas sin escarificación (Ver anexo 22). En cuanto a los resultados de la fuente de variación factor B (sustratos) se registra un valor no significativo, por esta razón se deduce que los sustratos son estadísticamente similares y no influyen en esta variable (Ver anexo 23).

Por otra parte, para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un resultado altamente significativo formándose dos rangos; destacándose en el primer rango con el valor promedio de forma más alto el tratamiento tres: sin escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1); seguido por el tratamiento cuatro: sin escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad) y el tratamiento uno: con escarificación mecánica y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1). Finalmente segundo y último rango, se ubica el tratamiento dos: con escarificación mecánica y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad). Este tratamiento, fue el de menor valor promedio en forma (Ver anexo 24). Para un mejor análisis de la diferencia que existe entre los tratamientos en cuanto a la variable forma se muestra a continuación el Gráfico 8.

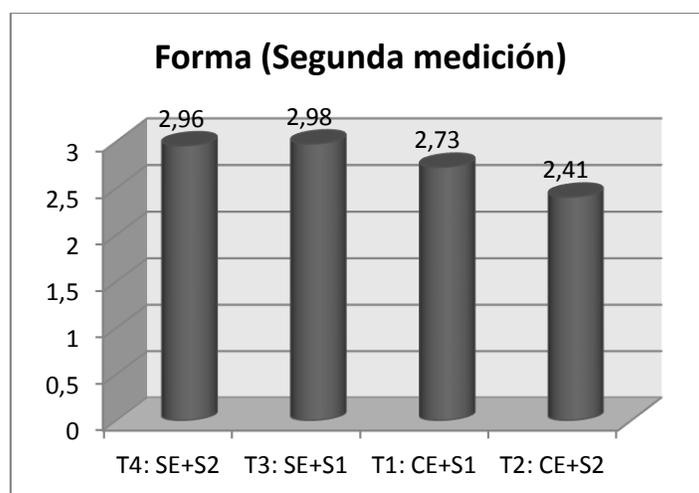


Gráfico 8. Medias de forma, a los 60 días después de la germinación

Elaborado por: Freddy Villota

En cuanto a la variable forma se evidencia que los mayores porcentajes de plántulas rectas, se encontraron en el tratamiento tres: sin escarificación y sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1) con un porcentaje de 93,15 y el tratamiento cuatro: con escarificación y sustrato dos (tierra de bosque en su totalidad) con un porcentaje de 89,87 (Ver tabla 17).

Tabla 17. Clasificación de la forma en porcentaje

Tratamiento	Factor A	Factor B	Recto	Torcido	Bifurcado
T1	Con escarificación mecánica	S1	72,00	20,00	8,00
T2	Con escarificación mecánica	S2	87,10	4,84	8,06
T3	Sin escarificación mecánica	S1	93,15	4,11	2,74
T4	Sin escarificación mecánica	S2	89,87	8,86	1,27

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.4.4 Sanidad

Los resultados de la prueba de rango múltiple SNK al 95% de probabilidad estadística, muestran un coeficiente de variación de 5,31 % que indica homogeneidad en el ensayo, en cuanto a la variable sanidad. Además, para el factor A (escarificación mecánica), se registró un valor de Fisher calculado significativo y para las fuentes de variación factor B (sustratos), interacción A*B y tratamientos, registran un valor no significativo. Por tal motivo, se deduce que no existen diferencias estadísticas de las variables mencionadas entre los tratamientos (Ver tabla 18).

Tabla 18. Análisis de varianza de sanidad, a los 60 días después de la germinación

FV	SC	GL	CM	FC		F α 0.05	F α 0.01
Tratamientos	0,18	3	0,06	2,66	ns	3,49	5,95
Factor A	0,13	1	0,13	5,94	*	4,75	9,33
Factor B	0,02	1	0,02	0,85	ns	4,75	9,33
Factor A* Factor B	0,03	1	0,03	1,19	ns	4,75	9,33
Error exp.	0,27	12	0,02				
Total	0,44	15					
		CV = 5,31					

Elaborado por: Freddy Villota

Una vez realizada la prueba de medias de SNK al 95,00 % de probabilidad estadística para la fuente de variación factor A (escarificación mecánica), se obtuvo un valor promedio de 2,89 para semillas sin escarificación y 2,71 para semillas con escarificación (Ver anexo 25). En cuanto a la fuente de variación factor B (sustratos) se registró un valor no significativo. Por esta razón se asevera que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a este factor (Ver anexo 26). Para una mejor interpretación de resultados, a continuación se muestran las medias obtenidas por tratamiento (Gráfico 9).

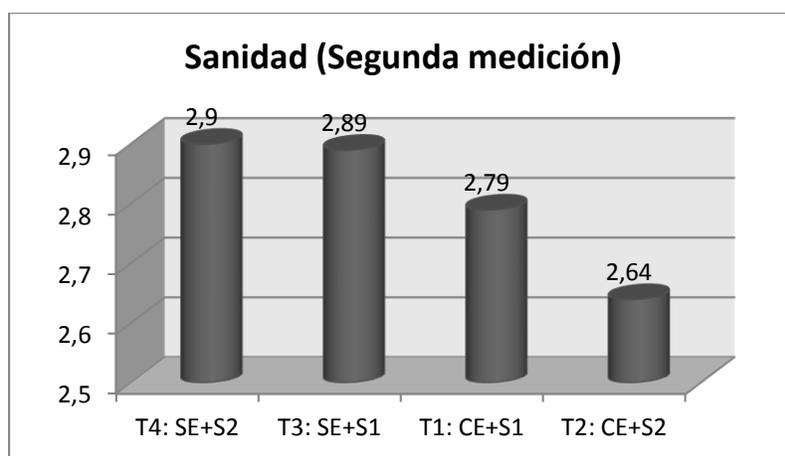


Gráfico 9. Medias de sanidad, a los 60 días después de la germinación

Elaborado por: Freddy Villota

Con respecto a sanidad se identifica que los mayores porcentajes de plántulas excelentes, en el tratamiento cuatro: sin escarificación y sustrato 2 (tierra de bosque en su totalidad), con un porcentaje de 97,50 y el tratamiento tres: sin escarificación y sustrato 1 (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1), con un porcentaje de 88,75 (Ver tabla 19).

Tabla 19. Clasificación de la sanidad en porcentaje

Tratamiento	Factor A	Factor B	Excelente	Buena	Regular	Mala
T1	Con escarificación mecánica	S1	42,50	5,00	15,00	37,50
T2	Con escarificación mecánica	S2	63,75	6,25	7,50	22,50
T3	Sin escarificación mecánica	S1	88,75	1,25	1,25	8,75
T4	Sin escarificación mecánica	S2	97,50	0,00	1,25	1,25

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.5 Análisis de correlación

Del análisis de correlación entre las variables diámetro basal y altura total, se registraron coeficientes de correlación (**r**) altamente significativos para todos los tratamientos, al nivel del

99% de probabilidad estadística. Como consecuencia, se asevera que existe un alto grado de asociación de dichas variables entre los tratamientos (Ver tabla 20).

Tabla 20. Coeficientes de correlación por tratamiento

Tratamiento	Factor A	Factor B	r	sig.	n	r α 95	r α 99
T1	Con escarificación	Sustrato 1	0,9974	**	3	0,878	0,959
T2	Con escarificación	Sustrato 2	0,9967	**	3	0,878	0,959
T3	Sin escarificación	Sustrato 1	0,9836	**	3	0,878	0,959
T4	Sin escarificación	Sustrato 2	0,9268	**	3	0,878	0,959

Elaborado por: Freddy Villota

4.1.6 Relación entre longitud de raíz y longitud de tallo

Las variables longitud de tallo y longitud de raíz no se encuentran correlacionadas, por esta razón no es pertinente realizar los análisis de relación (Ver tabla 21).

Tabla 21. Análisis de correlación entre longitud de raíz y longitud de tallo

Tratamiento	R	sig.	n	r α 95	r α 99
T1	0,39124	ns	4	2,776	4,604
T2	0,19612	ns	4	2,776	4,604
T3	0,55627	ns	4	2,776	4,604
T4	0,67514	ns	4	2,776	4,604

Elaborado por: Freddy Villota.

4.1.7 Costos

Para determinar los costos de producción de plantas de *Carapa amorphocarpa*, durante el proceso y la tecnología que se aplicó en esta investigación se consideró los siguientes aspectos: mano de obra y materiales e insumos (Ver tabla 22).

Tabla 22. Costos del ensayo

Resumen de costos del ensayo		
Número	Ítem	Costo
1	Componentes para sustratos	11
2	Material vegetativo	160
3	Materiales	198
4	Mano de obra	455
Total		824

Elaborado por: Freddy Villota

4.2 DISCUSIÓN

4.2.1 Germinación

Una vez obtenidos los resultados de germinación de las plántulas de *Carapa amorphocarpa*, se identificó al sustrato uno (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1) como el mejor; esto se debe a la presencia de tierra de bosque, la cual está provista de un alto contenido de materia orgánica. Según Nigoul (2016), la materia orgánica suministra suficiente nivel de N y P; nutrientes asimilables necesarios para el desarrollo de la planta. Además, la porosidad generada por la presencia de arena, permite un adecuado suministro de aire, debido a que este factor es indispensable para la germinación según lo indica Sterringa (1974). Lo mencionado anteriormente, concuerda con las características del sustrato ideal propuestas en un estudio de Mancera y Pérez (2012).

Por otra parte, para el tratamiento pregerminativo se muestran mayores valores en semillas sin escarificar a excepción del tiempo de germinación donde las semillas escarificadas tardaron menos tiempo en germinar; sin embargo, la diferencia en comparación a semillas sin escarificar no es significativa. En este sentido, se determinó que para esta especie no es recomendable realizar escarificación mecánica a la semilla.

Para analizar el comportamiento de las semillas frente a la escarificación, se investigó su estructura; un estudio realizado por Flores (2010), indica que el tipo de embrión de las semillas

de *Carapa* es axilar-foliado-revestido. Además, es grande, erecto, ocupa de un cuarto al total del lumen de la semilla y es más central que periférico. Por tal razón, se dedujo que la escarificación no se realizó correctamente. Al momento de realizar el corte en la parte angular de la semilla, se afectó al embrión ocasionando la descomposición del cotiledón antes que ocurra la germinación. Además, el porcentaje de germinación obtenido en la presente investigación es menor en comparación al estudio de *Carapa guianensis* realizado por Méndez y otros (2000) donde se obtuvo el 90 a 92% iniciando a los 12 días y completándose a los 27. Cabe recalcar que en dicho estudio no se realizó escarificación mecánica. En la Tabla 23 se muestra las diferencias entre los estudios.

Tabla 23. Diferencias entre las investigaciones sobre propagación de *Carapa guianensis* y *Carapa amorphocarpa*.

Variables	<i>Carapa guianensis</i>	<i>Carapa amorphocarpa</i>
Porcentaje de germinación del ensayo	92% (sin escarificación)	83,13% (todo el ensayo) 95% (semillas sin escarificación) 71,25% (semillas con escarificación)
Tiempo de germinación	<i>Inicia:</i> 12 días <i>Finaliza:</i> 27 días	<i>Inicia:</i> 43 días <i>Finaliza:</i> 93 días

Elaborado por: Freddy Villota

4.2.2 Sobrevivencia

Todas las especies forestales para su masificación y propagación se deben considerar los gradientes de altitud y temperatura (Fuentes, com. Pers., julio 2016), en el presente estudio los valores de sobrevivencia obtenidos por tratamiento son aceptables, esto se deduce a las condiciones de hábitat que tuvo la plántula durante el proceso de propagación y crecimiento. Además, se realizaron labores culturales como la protección contra el exceso de los factores climáticos (heliofanía y precipitación).

Los únicos tratamientos que presentaron mortalidad fueron aquellos que se aplicó la escarificación mecánica en la semilla. Esto se debe a la falta de desarrollo y crecimiento de las

plántulas ocasionado por la descomposición de los cotiledones, los cuales poseen sustancias nutritivas de reserva.

4.2.3 Crecimiento

De acuerdo al análisis del coeficiente de variación en diámetro basal, altura, forma y sanidad se obtuvo que el ensayo presentó homogeneidad, debido que las semillas de especies del género *Carapa* almacenan de 65,00% a 70,00% de lípidos no saturados en el parénquima de almacenamiento, los cuales se caracterizan por su función de reserva energética para el crecimiento de la planta (Flores, 1994). Además, almacenan grandes cantidades de carbohidratos ricos en hemicelulosa y principalmente proteínas, las cuales suministran el nitrógeno requerido por la plántula en sus etapas iniciales de crecimiento (Higgins, 1984). En el estudio de *Carapa guianensis* realizado por Mendez y otros, (2000), las plántulas alcanzaron a los seis meses de edad una altura de 35 cm, mientras que en la presente investigación *Carapa amorphocarpa* a los dos meses alcanzó una altura de 49 cm. Un estudio realizado por Wakeley, indica que las plántulas más vigorosas y de mejores características son producidas por las semillas grandes debido a su mayor cantidad de reserva (como se citó en Cuadrado, 1985). En este sentido, cabe recalcar que para la siembra se utilizó únicamente las semillas más grandes, descartando las semillas de menor tamaño.

4.2.4 Relación entre longitud de raíz y longitud de tallo

La gran cantidad de reserva en la semilla de *Carapa* permite un desarrollo mayor del epicótilo; la plántula en su crecimiento inicial no depende únicamente de los nutrientes del sustrato. Además, durante la investigación a los seis meses de edad los cotiledones de las semillas sin escarificar aún están presentes y las plántulas son las que presentaron mayor desarrollo en diámetro basal y altura total; sin embargo en las semillas con escarificación mecánica los cotiledones se pudrieron en un corto periodo de tiempo y como resultado se obtuvo plantas de menor tamaño.

4.2.5 Costos

Se evidenció, que en la mano de obra se obtuvo un valor muy elevado de egresos, esto es debido a la dificultad que se presentó en la realización de las diferentes actividades, principalmente en la recolección de frutos, en la cual se empleó mayor tiempo y número de jornales. Realizado el análisis respectivo de los rubros se puede determinar que el costo total es de 824 dólares americanos, este valor dividido para el total de plántulas, 601 en este caso (se incluye las plantas sometidas a pruebas de germinación); el valor por plántula es de 1,37 dólares. Los costos se determinaron mediante el desglose de todos los gastos en las actividades que se desarrolló en la investigación (Ver anexo 27).

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La germinación se presentó a partir de los 43 días con un porcentaje promedio del 83,13%; evidenciándose una menor germinación en los tratamientos con escarificación mecánica; esto sucedió por la afectación que se ocasiono al embrión cuando se realizó la escarificación. A los 60 días después de la germinación se registró una sobrevivencia promedio del 99,38%.
- La escarificación mecánica no es necesaria para propagar *Carapa amorphocarpa*. En semillas sin escarificar se obtuvo las plántulas de mejor crecimiento en diámetro basal y altura.
- Se determinó un crecimiento homogéneo con coeficientes de correlación altamente significativos al nivel del 95,00 y 99,00% de probabilidad estadística. Las plántulas a los sesenta días, se consideran de calidad porque presentan un crecimiento proporcional en cuanto a las variables diámetro basal y altura total.
- Los mejores tratamientos en cuanto a crecimiento en diámetro basal, altura total, forma, sanidad y correlación fueron: el tratamiento cuatro: sin escarificación y sustrato dos (tierra de bosque + arena, en proporción 3:1) y el tratamiento tres: sin escarificación y sustrato uno (tierra de bosque en su totalidad).
- El costo promedio por planta es de 1,37 dólares americanos. Este valor se obtuvo porque la instalación del ensayo y la recolección de semillas fueron las más costosas. Esto se debe a la dificultad que existió al momento de realizar las actividades y principalmente al mayor tiempo empleado y número considerable de jornales.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en cuenta la posición de la semilla al momento de la siembra. Tener en cuenta que el opérculo debe ubicarse en la parte inferior de la semilla. Además, los frutos de *Carapa amorphocarpa* que se recolecten inmaduros se deben almacenar en tierra de bosque durante 10 días; mientras que de los frutos maduros se debe obtener las semillas y proceder a la siembra lo antes posible.
- Se recomienda realizar un estudio de propagación de *Carapa amorphocarpa*, evaluando el tamaño de la semilla. Debido a la gran variedad de tamaño que existe en cada fruto.
- Realizar un estudio sobre la estructura de la semilla de *Carapa amorphocarpa* para determinar el comportamiento de las estructuras internas como el embrión y los cotiledones.
- Tomar en cuenta la característica recalcitrante de la semilla; es decir, evitar que la semilla se deseque, para ello no debe faltar humedad en el sustrato. En este sentido se propone utilizar componentes con alto contenido de materia orgánica.

CAPÍTULO VI

6 BIBLIOGRAFÍA

- AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional); Caritas Española. (2000). *Manual de Viveros Forestales*. Caritas Huacho (Ed). Recuperado el 05 de junio del 2015, de http://bioinsumosagric.ucoz.com/_ld/0/99_vivero.pdf
- Alizaga, R; Guevara, E; Herrera, J; E; Jiménez, V. (2006). *Germinación y crecimiento de la planta*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Alvarado V, MA; Solano S, JA. (2002). Medios o sustratos en la producción de viveros y plantas. En *Producción de sustratos para viveros*. Costa Rica. Recuperado el 05 de junio del 2015, de http://www.slideshare.net/jhonatanleandrobautista1/sustratos-paraviveros?from_action=save
- Arana, V; Varela, SA. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. En Varela, SA y Aparicio, A (Eds), *Silvicultura en vivero*. Área Forestal - INTA EEA Bariloche. (Serie técnica: Sistemas Forestales Integrados). Recuperado el 05 de junio del 2015, de http://inta.gob.ar/documentos/cuadernillo-no3-latencia-y-germinacion-de-semillas.-tratamientos-pregerminativos/at_multi_download/file/INTA_latencia.pdf
- Arnáez S, E; Moreira G, I. (1996). Biología de la semilla. En *Curso para profesores "Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales"*. Turrialba, Costa Rica.

- Boesewinkel, F; Bouman, F. (1984). *La semilla: estructura*. En: Johri, BM, ed. Embriología de las angiospermas. Berlín, Alemania: Springer-Verlag: 567-610.
- Borrajo, CI. (2006). *Importancia de la calidad de las semillas: Curso internacional en ganadería bovina subtropical*. Reconquista, Argentina. Recuperado el 26 de junio del 2015, de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/79-semilla.pdf
- Boshier, D; Cordero, J. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2000). *Técnicas para la germinación de semillas forestales*. Turrialba, Costa Rica. Danida Forest Seed Centre.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1995). *Curso Regional sobre Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales*. Turrialba, Costa Rica. Danida Forest Seed Centre.
- Cervantes, V; Orozco Segovia, A; Rojas, M; Sánchez, ME; Vázquez Yanes, C. (1997). *La reproducción de las plantas: Semillas y meristemos*. México. Recuperado el 05 de junio del 2015, de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_5.htm
- CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas). (1984). *Especies forestales nativas en los Andes ecuatorianos: resultados preliminares de algunas experiencias*. En Programa de forestación. Editorial Mendieta. Quito, Ecuador. 50p
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Trópic). (1991). Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. En Lascano, CE; Spain,

- JM (Eds), *Sexta reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT)*. Cali, Colombia.
- COMAFORS. (2005). Tangare. Proyecto PD 49/99 (F) “*Plan piloto para el manejo sustentable de bosques secundarios en el norte de la provincia de Esmeraldas*”. Manual de descripción general de especies de bosque secundario. Quito.
- Cuadrado Hidalgo, MF. (1985). *Influencia del tamaño del endocarpo de Gmelina arborea Robx. en el crecimiento inicial-fase vivero en Pavones* (Práctica de Especialidad). Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica.
- De Francesco, V; González, C. (2000). *Embrión y Plántulas de Monocotiledóneas y Dicotiledóneas*. Buenos Aires, Argentina.
- De Liones, R; Deago, J; Hall, JS; Román, F; Sautu, A. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico*. Recuperado el 23 de junio del 2015, de http://elti.fesprojects.net/Other/guia_propagacion_120_sps.pdf
- Doria, J. (2010). *Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento*. La Habana, Cuba. Recuperado el 06 de junio del 2015, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011
- Ecuador Forestal. (2007). *Planificación estratégica bosques nativos en el Ecuador: Análisis situacional del subsector*. Quito, Ecuador. 140 p.
- Flores, E. M; Rivera, D. I. (1989). *Estructura de la semilla y la plántula de Pentaclethra macroloba (Mimosaceae)*. Brenesia. 31: 99-108.

- Flores, E. M. 1994. *¿Son idénticas las semillas recalcitrantes?* Boletín de Mejoramiento Genético y Semillas Forestales [Programa de Semillas Forestales-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 9: 2-3.
- Flores, E. M. 1999. *La planta: estructura y función*. Cartago, Costa Rica: Editorial Libro Universitario Regional. 884 p.
- Flores, EM. (2010). *La biología de las semillas*. Academia Nacional de Ciencias Costa Rica.
- Folliott, PF; Thames, JL. (1983). *Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de Prosopis en América Latina: Evaluación de la calidad de la semilla*. FAO. Arizona, Estados Unidos. Recuperado el 06 de junio del 2015, de <http://www.fao.org/docrep/006/q2180s/Q2180S00.htm#TOC>
- GAIBPG (Grupo de Apoyo Interinstitucional para el Bosque Protector Golondrinas). (2006). *Plan de manejo del Bosque Protector Cerro Golondrinas*. Carchi, Ecuador.
- Galarraga O, T. (1982). *Evaluación de la calidad de semilla certificada producida en el país, de cuatro cultivares de trigo (Triticum vulgare L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito.
- Galarza Rosero, P. (1960). *Selección de algunas especies forestales a partir de su crecimiento y regeneración natural* (Tesis Maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Gómez M, F. (2001). *Evaluación del bokashi como sustrato para semilleros en la región Atlántica de Costa Rica* (Tesis pregrado), Guácimo, Universidad EARTH, Costa Rica.
- González T, GE. (1976). *Ecología de las Meliaceas Latinoamericanas*. En Whitmore, JL (Ed) *Studies on the shootborer Hypsipyla grandella (Heller) Lep. Pyralidae*. San José, Costa Rica. 3 vols.

- Gordillo Guerrero, O. (2009). *Ecología del Ecuador*. Ecuador. Recuperado el 23 de junio del 2015, de <http://ogordillo.blogspot.com/2008/09/ecologa-para-estudiantes-de-turismo.html>
- GPC (Gobierno Provincial del Carchi). (2015). *Bosque protector Golondrinas*. Recuperado de <http://www.tulcanonline.com/index.php/turismo/canton-espejo/bosque-protector-golondrinas.html>
- Guevara, AL; Jiménez, ML; Mesén, F. (1996). *Guía técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Serie técnica, Manual técnico; no 20).
- Higgins, T. (1984). *Síntesis y regulación de las principales proteínas en las semillas*. Annual Review of Plant Physiology. 35: 191-221.
- INFOAGRO. (s.f.). *Tipos de sustratos de cultivo*. Recuperado el 05 de junio del 2015, de http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm
- ISTA (International Seed Testing Association). (1993). *Seed Science and Technology* (Switzerland). 23:25-209.
- JARA, M L. (1994). *Selección y Manejo de rodales semilleros*. Edit. CATIE PROFESOR. Costa Rica. 176 p.
- Jara N, LF. (1996). *Biología de semillas forestales*. Turrialba, Costa Rica. Danida Forest Seed Centre.
- Jara, LF. (1997). *Recolección y manejo de semillas forestales antes del procesamiento*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Materiales de enseñanza; no 38).

- Jara, LF. (1997). *Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Serie técnica. Manual técnico; no. 24).
- Jara, LF. (1998). *Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Serie técnica. Reuniones técnicas /CATIE; no. 3).
- Jiménez Peris, MJ. (s.f.). *Viveros forestales para producción de planta a pie de repoblación*. Hojas divulgadoras, Núm. 6/93 HD.
- Juárez, M. (2002). *El vivero forestal*. El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería Dirección General de Recursos Naturales Renovables programa ambiental del Salvador. Proyecto PAES / IICA-CATIE-CRS-UCA.
- Mancera Gómez, JM; Pérez Macareno, G. (2012). *Los sustratos*. Sevilla, España. Recuperado el 23 de junio del 2015, de <http://es.slideshare.net/GerardoPM88/los-sustratos?related=2>
- Melgarejo, LM; Suárez, D. (2010). Biología y germinación de semillas. En *Experimentos en fisiología vegetal*. Cali, Colombia. Recuperado el 05 de junio del 2015, de disponible en http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/4/03_Cap01.pdf
- Méndez, JM; Salazar, R; Soihet, R. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 204 p. (Serie técnica. Manual técnico; no. 41)
- Morales Puentes, ME. (1997). *El género Carapa AUBL. (Meliaceae) en Colombia*. *Caldasia* 19(3): 397-407
- Msanga, HP; Smith, MT; Wang P, BS. (2010). Dormancia y germinación. En Vozzo, JA (Ed), *Manual de semillas de árboles tropicales*.

- Nigoul M. (2006). Función de la materia orgánica en el suelo. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 01 de junio del 2016, de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>
- Norma de Semillas Forestales. Acuerdo Ministerial # 3, Registro Oficial # 269. MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador). (2004). Ecuador.
- Palacios, W. (2012). *Cuatro especies nuevas de árboles del Ecuador*. Caldasia 34(1):75-85.
- Palacios, WA. (2011). *Árboles del Ecuador: Familias y géneros*. Quito, Ecuador. 923 p.
- Palacios. (en prep.). *Árboles amenazados del Chocó ecuatoriano*. Universidad Técnica del Norte.
- Pérez García, F; Pita Villamil, JM. (2001). Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Hojas divulgadoras. Núm. 2112 HD. Madrid, España. Recuperado el 06 de junio del 2015, de <http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/conservaci%C3%B3n%20semillas.pdf>
- Pérez, F. (2003). Germinación y dormición de semillas. En *Material vegetal de reproducción: Manejo, conservación y tratamiento*. Recuperado el 17 junio del 2015, de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-02_material_vegetal_de_reproduccion_manejo_conservacion_y_tratamiento/80-402/7_germinacion_y_dormicion_de_semillas.pdf
- Ramos Prado, JM; Rodríguez, SA; Sainz Campillo, C; Vergara Tenorio, MC. (2009). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales: Selección de semillas*. Veracruz, MX. Universidad Veracruzana, Dirección General Editorial. 246 p.

- Rodolfo Salazar (1999). *Segundo Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en America Latina* (2nd: 1999, Santo Domingo, República Dominicana). Memorias. Coordinador Turrialba, Costa Rica. DFSC, 2000.
- Rojas Rodríguez, F. (2006). *Viveros Forestales*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED).
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). (2013). *Plan nacional para el buen vivir*. Editorial El Conejo. Quito, Ecuador.
- Serrada, R. (2000). *Apuntes de repoblaciones forestales: Generalidades sobre semillas forestales*. Madrid, España. FUCOVASA.
- Sierra Posada, JO. (2005). *Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros: Propagación y multiplicación de especies forrajeras*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.
- Sterringa, JT. (1974). *Factores ambientales para la regeneración forestal*. Costa Rica. CATIE.
- Trujillo, E. (1995). *Manejo de semillas forestales: guía técnica para el extensionista forestal*. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Vozzo, JA. (2010). *Manual de semillas de árboles tropicales*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio Forestal.
- Willan, RL. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. FAO. ROMA, Italia. Consultado el 06 set. 2015. Recuperado el 06 de junio del 2015, de <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s00.htm#TOC>

ANEXOS

CAPÍTULO VII

7 ANEXOS

Anexo A: Tablas

Tabla A1. Volumen de sustrato utilizado

Tratamiento	Sustrato	Total fundas	Porcentajes (Proporción 3:1)	Cantidad en m3
T1	Tierra de bosque	80	75	0,3
	Arena		25	0,1
	Subtotal		100	0,4
T2	Tierra de bosque en su totalidad	80	100	0,4
	Subtotal		100	0,4
T3	Tierra de bosque	80	75	0,3
	Arena		25	0,1
	Subtotal		100	0,4
T4	Tierra de bosque en su totalidad	80	100	0,4
	Subtotal		100	0,4
Total fundas		320		1,6

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A2. Prueba de “t” de Student para factor A y factor B, del tiempo de germinación.

Clasif.	Variable	Grupo	Grupo	Media	Media	Tc		t α	t α
		1	2	1	2			0,05	0,01
Factor A	Tiempo germin.	CE	SE	69,11	76,21	2,98	**	2.145	2.977
Factor B	Tiempo germin.	S1	S2	72,42	72,9	0,16	ns	2.145	2.977

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A3. Prueba de “t” de Student para factor A y factor B, del porcentaje de germinación.

Clasif.	Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media1	Media2	tc	t α 0,05	t α 0,01	
Factor A	% germin.	CE	SE	71,25	95	4,86	**	2.145	2.977
Factor B	% germin.	S1	S2	88,75	77,5	1,52	ns	2.145	2.977

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A4. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), del porcentaje de germinación.

Factor A	Media (%)	Rango
SE	95,00	A
CE	71,25	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A5. Prueba de SNK para el Factor B (sustratos), del porcentaje de germinación.

Factor B	Medias	Rango
S1	88,75	A
S2	77,50	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A6. Prueba de SNK para tratamientos, del porcentaje de germinación.

Tratamientos	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T3	SE	S1	98,75	A
T4	SE	S2	91,25	A
T1	CE	S1	78,75	B
T2	CE	S2	63,75	C

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A7. Prueba de SNK para el factor A (escarificación mecánica), del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación

Factor A	Medias	Rango
SE	0,9	A
CE	0,75	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A8. Prueba de SNK para factor B (sustratos), del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación.

Factor B	Medias	Rango
S1	0,84	A
S2	0,81	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A9. Prueba de SNK para tratamientos del diámetro basal, a los 30 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T4	SE	S2	0,91	A
T3	SE	S1	0,89	A
T1	CE	S1	0,8	B
T2	CE	S2	0,71	C

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A10. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de la altura a los 30 días después de la germinación.

Factor A	Media (cm)	Rango
Sin escarificación	49,76	A
Con escarificación	35,67	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A11. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de la altura a los 30 días después de la germinación.

Factor B	Media (cm)	Rango
S1	43,49	A
S2	41,95	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A12. Prueba SNK para tratamientos, de la altura a los 30 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T4	SE	S2	51,78	A
T3	SE	S1	47,75	A
T1	CE	S1	39,23	B
T2	CE	S2	32,12	C

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A13. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de forma a los 30 días después de la germinación.

Factor A	Media (cm)	Rango
Sin escarificación	2,67	A
Con escarificación	2,19	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A14. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de forma a los 30 días después de la germinación.

Factor B	Media (cm)	Rango
S1	2,49	A
S2	2,38	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A15. Prueba SNK para tratamientos, de forma a los 30 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T4	SE	S2	2,70	A
T3	SE	S1	2,64	A
T1	CE	S1	2,34	A B
T2	CE	S2	2,05	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A16. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de diámetro basal a los 60 días después de la germinación.

Factor A	Media (cm)	Rango
Sin escarificación	0,98	A
Con escarificación	0,82	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A17. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de diámetro basal a los 60 días después de la germinación.

Factor b	Media (cm)	Rango
S1	0,91	A
S2	0,89	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A18. Prueba SNK para tratamientos, de diámetro basal a los 60 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T4	SE	S2	1	A
T3	SE	S1	0,96	A
T1	CE	S1	0,86	B
T2	CE	S2	0,77	C

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A19. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de la altura a los 60 días después de la germinación.

Factor A	Media (cm)	Rango
Sin escarificación	57,65	A
Con escarificación	41,45	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A20. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de la altura a los 60 días después de la germinación.

Factor b	Media (cm)	Rango
S1	49,86	A
S2	49,25	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A21. Prueba SNK para tratamientos, de la altura a los 60 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T4	SE	S2	61,84	A
T3	SE	S1	53,47	B
T1	CE	S1	46,26	C
T2	CE	S2	36,65	D

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A22. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de forma a los 60 días después de la germinación.

Factor a	Media (cm)	Rango
Sin escarificación	2,97	A
Con escarificación	2,57	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A23. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de forma a los 60 días después de la germinación.

Factor b	Media (cm)	Rango
S1	2,85	A
S2	2,68	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A24. Prueba SNK para tratamientos, de forma a los 60 días después de la germinación.

Tratamiento	Factor A	Factor B	Medias	Rango
T3	SE	S1	2,98	A
T4	SE	S2	2,96	A
T1	CE	S1	2,73	A
T2	CE	S2	2,41	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A25. Prueba de SNK para factor A (escarificación mecánica), de sanidad a los 60 días después de la germinación.

Factor A	Media (cm)	Rango
Sin escarificación	2,89	A
Con escarificación	2,71	B

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A26. Prueba de SNK para factor B (sustratos), de sanidad a los 60 días después de la germinación.

Factor B	Media (cm)	Rango
S1	2,84	A
S2	2,77	A

Elaborado por: Freddy Villota

Tabla A27. Costos.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total dólares
Componentes para sustratos				
Tierra de bosque	m ³	1,4	5,00	7,00
Arena	m ³	0,2	4,00	4,00
Subtotal	m³	1,6		11,00
Material vegetativo				
Semilla (con transporte)	Unidades	320	0,50	160,00
Subtotal				160,00
Materiales				
Pingos	4,00 m	20	4,00	80,00
Clavos	3 pulg	3	1,40	4,20
Clavos	2 pulg	2	1,40	2,80
Alambre de púas	1 rollo	1	30,00	30,00
Sarán	M	16	1,50	24,00
Malla	1 rollo	1	50,00	50,00
Alambre	1 rollo	1	5,00	5,00
Fundas	paq x 100	4	0,65	2,60
Subtotal				198,00
Mano de obra				
Transporte de materiales	Viajes	4	10,00	40,00
Preparación del área de estudio	Jornal	3	15,00	45,00
Instalación del área de estudio	Jornal	3	15,00	45,00
Preparación sustrato	Jornal	5	15,00	75,00
Enfundado	Jornal	4	15,00	60,00
Recolección de frutos	Jornal	6	15,00	100,00
Preparación de la semilla	Jornal	2	15,00	30,00
Escarificación de la semilla	Jornal	1	15,00	15,00
Labores culturales	Jornal	3	15,00	45,00
Subtotal				455,00
Total				824,00

Elaborado por: Freddy Villota

Anexo B: Fotografías

Árbol plus



Fotografía 1. Identificación del área donde se encuentra la especie en estudio.



Fotografía 2. Pendiente del terreno.



Fotografía 3. Identificación del árbol plus.



Fotografía 4. Marcación de los árboles plus.

Frutos y semillas



Fotografía 5. Pericarpio del fruto de *Carapa amorphocarpa* después del ataque de roedores.



Fotografía 6. Ataque de *Hypsiphyla ferrealis*.



Fotografía 7. Asenso al árbol plus.



Fotografía 8. Recolección de frutos desde el árbol.



Fotografía 9. Semillas recolectadas desde el suelo.



Fotografía 10. Obtención de semillas.



Fotografía 11. Escarificación mecánica a la semilla.

Instalación del ensayo



Fotografía 12. Limpieza y nivelación del área de estudio.



Fotografía 13. Colocación de pingos.



Fotografía 14. Alambrado y cercado con malla.



Fotografía 15. Colocación de cubierta y construcción de platabandas.



Fotografía 16. Área de platabandas.



Fotografía 17. Área de sustratos.

Preparación de sustratos, llenado de fundas y siembra directa



Fotografía 18. Transporte y preparación de sustratos.



Fotografía 19. Llenado de fundas.



Fotografía 20. Siembra directa.

Germinación



Fotografía 21. Rotura de la testa de la semilla.



Fotografía 22. Aparición del hipocótilo.



Fotografía 23. Aparición del pecíolo cotiledonar.



Fotografía 24. Emergencia del epicótilo.



Fotografía 25. Germinación de semillas del ensayo.



Fotografía 26. Evidencia de epicótilo y raíz.



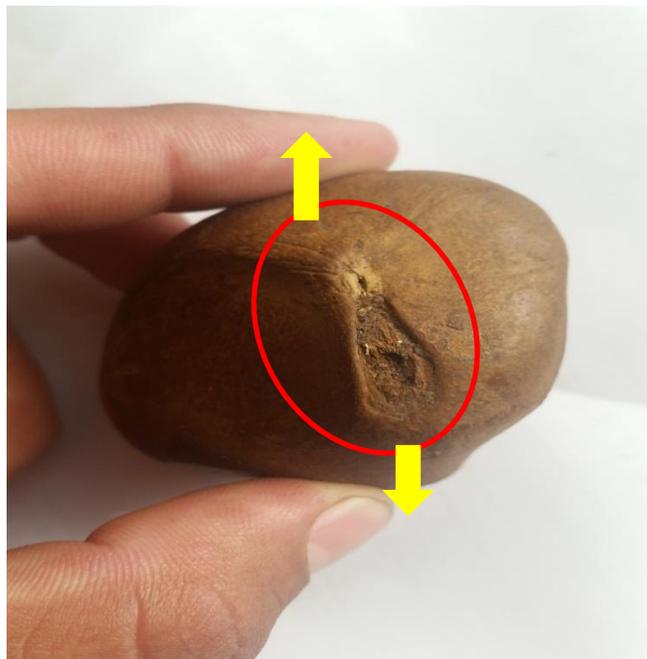
Fotografía 27. Identificación del hipocótilo en la plántula.



Fotografía 28. Germinación inadecuada debido a la posición incorrecta de la semilla.



Fotografía 29. Posición incorrecta de la plántula en la funda.



Fotografía 30. Posición en la que debe sembrarse la semilla.



Fotografía 31. Registro de datos de las mediciones de las variables altura total y diámetro basal.



Fotografía 32. Medición de diámetro basal.



Fotografía 33. Medición de altura total.



Fotografía 34. Longitud de raíz y longitud de tallo.

Labores culturales



Fotografía 35. Riego.



Fotografía 36. Limpieza del área de ensayo.



Fotografía 37. Remoción.



Fotografía 38. Control de malezas.



Fotografía 39. Establecimiento de las plántulas utilizadas para la medición de longitud de tallo y raíz.



Fotografía 40. Etiquetado.