

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**“INFLUENCIA DE DOS SUSTRATOS Y TRES TAMAÑOS DE SEMILLA EN
LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE LA CAOBA
(*Swietenia macrophylla* King.) EN TINGO MARÍA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION FORESTALES**

PRESENTADO POR:

MAURICIO VERDE LAFOSSE

2014



T
CF

Verde Lafosse, Mauricio

"Influencia de dos Sustratos y tres tamaños de semilla en la germinación y crecimiento inicial de la Caoba (*Swietenia macrophylla King.*) en Tingo María"

84 páginas; 24 cuadros; 18 fgrs.; 53 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables. 2014

1. SEMILLA CAOBA 2. VIVERO FORESTAL 3. GERMINACION
4. CRECIMIENTO 5. SEMILLA/FORESTAL 6. SUSTRATO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



TINGO MARIA-PERU

ACTA DE SUSTENTACION TESIS

Los que suscriben miembros de jurado con Fecha: 28 de mayo del 2014 a horas 1: pm en la sala de grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva facultad Recursos naturales Renovables para calificar la tesis titulada.

EFFECTO DE DOS SUSTRATOS Y TRES TAMAÑOS DE SEMILLA EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King.) EN TINGO MARÍA

Presentado por el bachiller: **Mauricio Verde Lafosse** después de haber escuchado la sustentación y las interrogantes formuladas por el jurado se declara aprobado con el calificativo **MUY BUENO**

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **título de INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN FORESTAL**, que será aprobado por el consejo de Facultad, tramitando al consejo universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 26 de Junio del 2014

Ing. M.Sc. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE

PRESIDENTE

Ing. M.Sc. ERLE BUSTAMANTE SCAGLIONI

MIEMBRO

Ing. RAÚL ARAUJO TORRES

MIEMBRO



Ing. EDILBERTO DÍAZ QUINTANA

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios; por darnos la bendición día a día.

A mi Madre Enedina Lafosse; por su inmenso amor, dedicación y entrega brindado durante todo este tiempo para ser cada día mejor.

A mi querida esposa Elizabeth, y mis hijos Fabio André y Raphael Enrique; por su confianza y el gran amor que nos une, constituyendo una familia maravillosa.

A mis tíos, primos y demás familiares; porque sin ellos no podría haber cumplido este logro y sueño.

AGRADECIMIENTOS

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, diversas personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Edilberto Díaz Quintana, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

Al Ing. Fritz Palomino Vera, quien con sus conocimientos y experiencia me orientó y asesoró en la investigación.

A mis amigos y colegas de la promoción de ingreso a la Universidad Nacional Agraria de la Selva 1999 – I, por ser parte de mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Crecimiento vegetal	4
2.2. La semilla.....	5
2.2.1. Recolección de semillas.....	5
2.2.2. Tamaño de las semillas	7
2.3. La germinación	8
2.3.1. Ensayos de germinación.....	9
2.3.2. Poder germinativo	12
2.3.3. Energía de germinación	12
2.3.4. Latencia de semillas.....	13
2.3.5. Factores ambientales que intervienen en el proceso de germinación.....	14
2.3.6. Fases del proceso de germinación	15
2.3.7. Tipos de germinación.....	16
2.3.8. Propagación por semillas forestales botánicas	18
2.4. Sustrato	20

2.4.1.	Tipos de sustratos.....	20
2.4.2.	Componentes más usados en la formulación de sustratos.....	21
2.4.3.	Funciones de los sustratos.....	23
2.4.4.	Características de sustratos en viveros forestales.....	24
2.4.5.	Importancia de la materia orgánica en el sustrato.....	24
2.4.6.	El abono orgánico tipo bokashi.....	25
2.5.	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King.).....	27
2.5.1.	Taxonomía de la especie.....	27
2.5.2.	Generalidades.....	28
2.5.3.	Fenología, polinización y dispersión.....	29
2.5.4.	Semilla de caoba.....	30
2.5.5.	Manejo de la especie en etapa de vivero.....	31
2.6.	Antecedentes de la investigación.....	34
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1.	Lugar de ejecución.....	40
3.1.1.	Ubicación.....	40
3.1.2.	Clima.....	40
3.1.3.	Zona de vida.....	40

3.2. Materiales y equipos	41
3.2.1. Insumos.....	41
3.2.2. Herramientas y equipos	41
3.3. Metodología	42
3.3.1. Descripción del árbol y cosecha de semillas.....	42
3.3.2. Actividades en laboratorio	42
3.3.3. Actividades en vivero	46
3.4. Diseño experimental y análisis estadístico	47
3.4.1. Población	48
3.4.2. Componentes en estudio	48
3.5. Modelo aditivo lineal	50
3.5.1. Contrastación estadística de significación.....	51
3.6. Variables evaluadas.....	52
3.7. Fase de gabinete.....	53
IV. RESULTADOS	55
4.1. Características de las semillas de <i>S. macrophylla</i> King.....	55
4.2. Influencia de dos tipos de sustrato en la germinación de <i>S. macrophylla</i> King.	56
4.3. Efecto del tamaño de semillas de <i>S. macrophylla</i> King. en el poder y energía germinativa	58

4.4. Efecto del tamaño de semillas de <i>S. macrophylla</i> King. y tipos de sustrato en el crecimiento de diámetro del tallo, altura del plantón, relación tallo - raíz y la biomasa, en la etapa de vivero	60
4.4.1. Diámetro del tallo en plantones de <i>S. macrophylla</i> King.....	60
4.4.2. Altura de plantones de <i>S. macrophylla</i> King.....	66
4.4.3. Relación tallo – raíz en plantones de <i>S. macrophylla</i> King. por efecto del tipo de sustrato y tamaño de semilla.....	69
4.4.4. Biomasa aérea y radicular en plantones de <i>S. macrophylla</i> King. por efecto del tamaño de semilla y tipo de sustrato.....	74
4.5. Correlación entre el factor tamaño de semilla y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plantones de <i>S. macrophylla</i> King.	76
V. DISCUSIÓN	77
5.1. Influencia de dos tipos de sustrato en la germinación de <i>S. macrophylla</i> King.	77
5.2. Efecto del tamaño de semillas de <i>S. macrophylla</i> King. en el poder y energía germinativa	78
5.3. Efecto del tamaño de semillas de <i>S. macrophylla</i> King. y tipos de sustrato en el crecimiento de diámetro del tallo, altura del plantón, relación tallo - raíz y la biomasa, en la etapa de vivero	79

5.4. Correlación entre el factor tamaño de semilla y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plantones de *S. macrophylla* King.81

VI. CONCLUSIONES.....	83
VII. RECOMENDACIONES	84
VIII. ABSTRACT	85
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXO.....	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Factores óptimos para la fabricación de bokashi.	26
2. Componentes para la fabricación del abono orgánico bokashi.	26
3. Combinación de factores formulada en la investigación.	49
4. Características de tres tamaños de semillas de <i>S. macrophylla</i> King.	55
5. Germinación de semillas en ambos tipos de sustrato.	57
6. Energía germinativa de <i>S. macrophylla</i> King. con influencia de los dos sustratos.	57
7. Efecto del tamaño de las semillas sobre la germinación.	59
8. Energía germinativa de <i>S. macrophylla</i> King. por efecto del tamaño de semillas.	60
9. ANVA para la variable diámetro del tallo de <i>S. macrophylla</i> King.	61
10. Prueba Tukey para el diámetro de tallo en plántulas de <i>S.</i> <i>macrophylla</i> King. por efecto de dos tipos de sustrato.	61
11. Prueba Tukey para la variable diámetro del tallo de <i>S.</i> <i>macrophylla</i> King. por efecto del tamaño de semillas.	62
12. ANVA para el efecto entre los niveles del factor A y B sobre la variable diámetro del tallo.	64
13. Prueba Tukey para el efecto del factor B en A sobre la variable diámetro del tallo.	65

14. Prueba Tukey para el efecto del factor A en B sobre la variable diámetro del tallo.....	65
15. ANVA para la variable altura de plantones de <i>S. macrophylla</i> King.....	66
16. Promedios de altura en plantones de <i>S. macrophylla</i> King. por efecto de dos tipos de sustrato.	67
17. Prueba Tukey para la variable altura por efecto del tamaño de semillas.	68
18. ANVA para la relación tallo - raíz de plantones de <i>S. macrophylla</i> King. producidos con diferentes sustratos y tamaños de semillas.	70
19. Prueba Tukey para la relación tallo - raíz por efecto del tipo de sustrato.	70
20. Prueba Tukey para la relación tallo - raíz por efecto del factor tamaño de semilla.	71
21. ANVA para el efecto entre los niveles del factor A y B sobre la variable tallo-raíz.	73
22. Prueba Tukey para el efecto del factor B en A sobre la relación tallo - raíz.	73
23. Prueba de Tukey para el efecto del factor A en B sobre la relación tallo-raíz.	74
24. Biomasa aérea y radicular (g) en plantones producidos con diferentes tamaños de semilla y dos tipos de sustrato.....	75
25. Correlación entre el tamaño de las semilla y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plantones de <i>S. macrophylla</i> King.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Fases de la germinación.	16
2. Germinación epigea.	17
3. Germinación hipógea.	18
4. Longitud de las semillas de <i>S. macrophylla</i> King. (ACOSTA, 2011).	45
5. Distribución de las combinaciones con sus respectivas repeticiones.	50
6. Pureza varietal y número de semillas por kilogramo en tres tamaños de semillas de <i>S. macrophylla</i> King.	56
7. Germinación de las semillas en los dos tipos de sustrato.	57
8. Energía germinativa por efecto de dos tipos de sustrato en las semillas de <i>S. macrophylla</i> King.	58
9. Germinación en los tres tamaños de semillas.	59
10. Energía germinativa por efecto del tamaño de semillas de <i>S. macrophylla</i> King.	60
11. Crecimiento del diámetro del tallo en plántones de <i>S. macrophylla</i> King. por efecto de dos tipos de sustrato.	62
12. Diámetro del tallo por efecto del tamaño de las semillas.	63

13. Interacción del tipo de sustrato y el tamaño de semillas sobre el diámetro a nivel del cuello en los plantones de <i>S. macrophylla</i> King.....	63
14. Altura de plantones de <i>S. macrophylla</i> King. por efecto de dos tipos de sustrato.....	67
15. Altura de plantones por efecto del tamaño de semillas.....	68
16. Interacción entre el tipo de sustrato y tamaño de semillas.....	69
17. Interacción entre el efecto del tamaño de semillas y dos tipos de sustrato, sobre la relación tallo – raíz.....	72
18. Biomasa aérea y radicular (g) en plantones de <i>S. macrophylla</i> King. producidos con diferentes tamaños de semilla y dos tipos de sustrato.	75

RESUMEN

El tamaño de la semilla es considerado un factor importante en la ecología de la especie, que puede influir sobre la velocidad de germinación y una serie de atributos de la plántula. Por consiguiente, la investigación plantea los siguientes objetivos: cuantificar la influencia de dos tipos de sustrato en la germinación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.); determinar el efecto del tamaño de semillas de *S. macrophylla* King. en el poder y energía germinativa; determinar el efecto del tamaño de semillas y tipos de sustrato en el crecimiento de diámetro del tallo, altura de plantones, relación tallo - raíz y biomasa, en la etapa de vivero; y realizar la correlación entre el factor tamaño de semillas y las variables altura del plantón y diámetro del tallo. El estudio se realizó en ambientes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, políticamente ubicado en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. Los ensayos de las semillas se desarrollaron siguiendo la metodología de la (ISTA, 1976), y para el análisis de germinación y crecimiento en vivero se empleó el Diseño Completo al Azar con arreglo factorial 2A x 3B, con dos tipos de sustrato: tipo 1 (con tierra de bosque) (a1) y tipo 2 (con bokashi) (a2), y tres tamaños de semilla: pequeño (b1), mediano (b2) y grande (b3). Concluido el experimento, los resultados indican que: el mayor porcentaje de germinación promedio se logró con el sustrato tipo 1 (a1), con 82.2 % y energía germinativa de 78.6 %; las semillas grandes (b3) presentaron mayor porcentaje de germinación (83.0 %), con una energía germinativa de 78.4 %; hubo mejores efectos sobre el diámetro del tallo en las combinaciones a2b2 (0.49) y a2b3 (0.51); mientras que la altura del plantón, relación tallo – raíz y biomasa tuvieron mejor comportamiento al utilizar la combinación a1b3; y se encontró correlación entre el tamaño de semillas con el crecimiento en altura y diámetro de los plantones.

I. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de especies vegetales endémicas como parte del repoblamiento forestal, garantiza la conservación de la diversidad genética en la zona. Sin embargo, las semillas de diversas especies pueden variar en tamaño, forma, estructura del embrión y presencia de tejidos de almacenamiento (HARTMANN y KESTER, 1982). De estos, el tamaño de la semilla es considerado un factor importante en la ecología de la especie (LEISHMAN *et al.*, 2000); este factor puede influir sobre la velocidad de germinación (BOCKUS y SHROYER, 1996) y una serie de atributos de la plántula, particularmente el tamaño (DALLING, 2002).

Se ha determinado que especies con semillas grandes producen plántulas más vigorosas en el sotobosque, mientras que especies con semillas pequeñas, con rápida germinación, estarían adaptadas a la colonización de nuevos espacios (SNOW, 1971).

El comportamiento del tamaño de semillas sobre la germinación es variable, TENORIO *et al.* (2008) encontró que las semillas grandes de *Cecropia obtusifolia* Bertol germinaron casi el doble que las pequeñas, ARTEAGA (2007) añade que el tamaño de semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl no influye sobre la velocidad de germinación ni sobre el tamaño de plántula; MACO *et al.* (2000) indica que las semillas grandes de camu-camu arbustivo en agua de lluvia

alcanzaron mayor energía germinativa, porcentaje de germinación, altura total y área foliar, superando a las medianas y pequeñas.

Respeto al comportamiento del tamaño de semillas de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y su influencia en la germinación, se tiene limitada información en la zona de Tingo María, a pesar de ser una especie valiosa que se encuentra cada día reduciendo su población en la parte baja de la amazonía, debido a la presión de la tala selectiva de árboles de la referida especie.

Swietenia macrophylla King. es un recurso cada vez más escaso, y dentro de las áreas boscosas que el Estado peruano ha destinado para el aprovechamiento comercial de los recursos forestales, esta especie se encuentra con una densidad baja, siendo inexistente en algunos casos debido a la extracción desmesurada y desorganizada de la que ha venido siendo objeto desde el siglo pasado (AIDSESEP, 2007). En tal sentido, se plantea la investigación que trata de determinar la influencia del sustrato y tamaño de semillas sobre la germinación y crecimiento inicial de *S. macrophylla* King., información que evidentemente servirá de base para proyectos de repoblamiento forestal, fortaleciendo los aspectos técnicos para su propagación en condiciones de Tingo María. Se plantea por consiguiente la hipótesis: "las semillas de *S. macrophylla* King. con mayor tamaño, presentan mejor germinación y crecimiento inicial en fase de vivero".

1.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del sustrato y tamaño de semilla sobre la germinación y crecimiento inicial de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en Tingo María.

1.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la influencia de dos tipos de sustrato en la germinación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.).
- Determinar el efecto del tamaño de semillas de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en el poder y energía germinativa.
- Determinar el efecto del tamaño de semillas de *Swietenia macrophylla* King. y tipos de sustrato en el crecimiento de diámetro del tallo, altura de plántones, relación tallo - raíz y la biomasa, en la etapa de vivero.
- Realizar la correlación entre el factor tamaño de semillas y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plántones de caoba (*Swietenia macrophylla* King.).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Crecimiento vegetal

El crecimiento vegetal, así como el desarrollo, el aumento de biomasa y la productividad dependen, en último lugar, de la capacidad del metabolismo y la fisiología vegetal para adaptarse y aclimatarse a las condiciones ambientales en cambio constante. Las condiciones ambientales son percibidas por los distintos órganos de la planta, y esta información se transmite internamente mediante la modulación de la síntesis de señales, fundamentalmente hormonas, que activan las respuestas de desarrollo y crecimiento vegetativo (Talón *et al.*, 1991; Zeevart *et al.*, 1993; citados por MONTELIU, 2010).

Las respuestas de la planta dependen del genotipo y del estado de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la duración y la severidad del mismo y de los factores ambientales que lo provoquen. Una vez activadas estas respuestas, el crecimiento propiamente dicho, se verá limitado por el aporte de nutrientes, elementos minerales y carbohidratos (Gillips *et al.*, 1993; citados por MONTELIU, 2010).

La planta es capaz de, si las condiciones ambientales se vuelven favorables, reprimir las respuestas de crecimiento (incluso después de haberse iniciado el periodo de desarrollo) y desencadenar mecanismos de protección y

defensa que abortan el desarrollo y aseguran la supervivencia de la planta bajo condiciones ambientales adversas (MONTELIU, 2010).

2.2. La semilla

Es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. En la naturaleza la semilla es fuente de alimento básico para muchos animales; mediante la producción agrícola, la semilla es esencial para el ser humano y sirven de alimento para varios animales domésticos (VÁZQUEZ *et al.*, 1997).

2.2.1. Recolección de semillas

La recolección de semillas, se realiza de árboles semilleros, previamente seleccionados, atendiendo exclusivamente, a las características de vigor (diámetro y altura del árbol) y rectitud del fuste (desarrollo vertical del fuste sin desviaciones). Se establece la madurez de la semilla, mediante la coloración negra que toma el fruto la que coincide con la madurez de la semilla y que se comprueba al observar las semillas caídas en el suelo (WADSWORTH, 2000). Por la característica de esta especie, las semillas no son separadas del fruto con facilidad, por lo tanto son embolsados y transportados al lugar de almacenamiento.

Los problemas de adquisición de semillas en los trópicos son internacionales; WADSWORTH (2000) hablaba de los problemas en Asia, los

cuales parecen ser típicos de la América tropical también. Hay necesidad de grandes cantidades de semillas, de un sistema de información que canalice las solicitudes a las mejores fuentes disponibles, y de prácticas de ensayo y almacenaje confiables. También se necesitan servicios de certificación de semillas y técnicos capacitados.

Desde hace tiempo se ha reconocido que existen “años semilleros” para los árboles tropicales, pero en la mayoría de los casos este patrón no ha sido bien explicado ni es previsible. Como ya se dijo, la floración y fructificación de muchas especies no se correlacionan bien con el clima. Se ha supuesto que una fructificación poco usual es una reacción a la depredación de las semillas por los animales. El hecho es que para algunas especies se deben acumular las semillas de más de una cosecha durante los años en que las semillas son abundantes para producir un cultivo de plántulas.

La estación de fructificación es más regular que la ocurrencia de años semilleros. La estación es crítica para la colección, porque pocos frutos o semillas son fáciles de recoger o son viables por largo tiempo, después de haber caído. Las coníferas de México ilustran este punto; allí los pinos están distribuidos a través de 12° de latitud, y sin embargo, la recolección de semillas se puede hacer durante dos meses aproximadamente (WADSWORTH, 2000).

El híbrido Mysore de *Eucalyptus tereticornis* de la India florece dos veces al año, de mayo a junio y de octubre a noviembre. *E. grandis* en Uganda florece y fructifica más de una vez al año. Algunos árboles florecían o fructificaban mucho antes que los demás (WADSWORTH, 2000).

La variabilidad de la producción estacional de semillas de lugar en lugar y por especie. Debido a que la variación también ocurre de año en año, los tiempos de cosecha de una región no son indicios confiables para otra. Por lo tanto, se deben compilar registros fenológicos para cada especie y región.

2.2.2. Tamaño de las semillas

El tamaño de las semillas entre diferentes especies de plantas varía en una forma impresionante, a pesar de que se trata de un órgano vegetal cuyo origen ontogenético es constante y que tiene una función bien definida. Hay aproximadamente 11 órdenes de magnitud de diferencia en tamaño entre las semillas más pequeñas y las más grandes que existen en la naturaleza. Las semillas de una orquídea pueden pesar 0.1 mg, en tanto que la palma de coco doble del Pacífico produce semillas de 10 kg de peso.

Los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un número menor de semillas grandes. El número producido y su tamaño afectarán la capacidad de sobrevivencia y perpetuación de las especies.

Las plantas que producen muchas semillas pequeñas se diseminan más ampliamente y tienen mayores oportunidades de encontrar un sitio favorable para germinar y crecer; sin embargo, su tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la nueva planta y ésta depende muy pronto de los recursos disponibles en su medio, por lo que su riesgo de morir es muy alto.

También tienen menor resistencia a los efectos de la defoliación por herbívoros y pueden ser aplastadas fácilmente por la hojarasca que cae al

suelo. Aunque esto se compensa de alguna manera por el gran número, sólo una pequeña fracción sobrevive a todos esos accidentes (VÁZQUEZ *et al.*, 1997).

2.3. La germinación

La capacidad de germinación es la cantidad total de semillas en la muestra que ha germinado en un ensayo, más la cantidad de semillas que queda por germinar, pero que son aún sanas al final de la prueba, expresadas en porcentajes. Del punto de vista práctico manifiesta que esta estadística se parece al valor del porcentaje de semilla plena o completa obtenida en un ensayo de viabilidad (PERETTI, 1997).

Los ensayos de germinación que se efectúan en laboratorio tienen por finalidad principal estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas. La utilización de condiciones ideales normalizadas en el laboratorio, como las que prescribe la ISTA (FAO, 1991).

Con pocas excepciones, todos los ensayos de germinación deben efectuarse con semillas puras separadas mediante el ensayo de pureza. Se mezcla bien la semilla pura y se cuenta aleatoriamente en réplicas. Después se espacian de manera uniforme sobre el substrato del ensayo.

Normalmente un ensayo consta de 400 semillas en 4 réplicas de 100 semillas cada una, pero, si 100 semillas son demasiadas para el substrato de que se dispone, entonces las replicaciones pueden subdividirse en un número mayor de réplicas más pequeñas, de 50 ó 25 semillas cada una. Se

recomienda de manera general dejar entre las semillas entre 1.5 y 5 veces la anchura o el diámetro normal de la semilla, para reducir el riesgo de que se desarrollen mohos de hongos (FAO, 1991).

Las excepciones son las especies que tienen la semilla muy pequeña, pues en ellas es imposible (algunas especies de *Eucalyptus*) separar la semilla de la materia inerte o granzas que la acompañan. En estos casos el ensayo se efectúa con el mismo número de réplicas, pero éstas son de igual peso y no de igual número de semillas (FAO, 1991).

2.3.1. Ensayos de germinación

El análisis de germinación tiene como objetivo fundamental conocer la capacidad germinativa de la semilla, sirviendo además para comparar este valor, en porcentaje, de diferentes lotes en una misma especie. En este análisis se controlan algunas o todas las condiciones externas, tratando de obtener una germinación regular y completa.

Dado que la semilla es un objeto de transacción comercial, los procedimientos en cada uno de los análisis deben tener normas comunes. Así, los resultados de una muestra deberían ser repetidos, en otros ensayos similares, con tolerancias aceptables.

Por tales motivos, los análisis de las semillas forestales en la mayoría de los países del mundo se efectúan de acuerdo a normas internacionales para semillas (MUÑOZ, 1995).

2.3.1.1. Análisis de semillas forestales

Es un proceso por el cual se trata de determinar si la semilla cumple ciertas características como pureza, viabilidad, ausencia de enfermedades. Estos análisis de semillas nos da una idea de lo pura o limpia que esta la semilla y, por otro lado indica cuál es su porcentaje de germinación y su vitalidad, entendiéndose por vitalidad a cuan viva esta la semilla (DUARTE, 1981).

2.3.1.2. Análisis de pureza

Tiene como objetivo determinar la composición de las semillas y cuantificar las clases de semillas contenidas en un lote. Se consideran semillas puras, semillas de otras especies y materia inerte, para determinar la pureza el tamaño de la muestra debe ser de un peso estimado que contenga por lo menos 2,500 semillas, sujeto a un mínimo de 0.5 g y un máximo de 1,000 g (MUÑOZ, 1995).

Semilla pura se hace referencia a la semilla de la especie de que se trate, y además de las semillas maduras y sin daños, se incluyen las semillas de tamaño inferior al normal, consumidas, inmaduras y germinadas, siempre que puedan identificarse claramente como pertenecientes a la especie de que se trate, y los trozos de semillas rotas cuyo tamaño es superior a la mitad del original.

Se pesa la muestra de trabajo, que contiene todas las impurezas, y después se aparta y pesa por separado la semilla pura. Las reglas de la ISTA

(2002) prescriben que el pesado se efectúe en gramos con el mínimo número de decimales que sea necesario para calcular el porcentaje de sus componentes con un decimal.

Del componente de semilla pura que se obtiene en el análisis de pureza puede tomarse una sub muestra para el ensayo de germinación, así como para determinar el peso de la semilla. Como el ensayo de germinación se basa en semilla pura, se advierte enseguida que el análisis de pureza y el ensayo de germinación se complementan entre sí. No se puede determinar el potencial productivo de un lote de semillas si no tienen en cuenta a la vez el análisis de pureza y los ensayos de germinación (FAO, 1991).

2.3.1.3. Número de semillas por kilogramo

Obtener el número de semillas por kilogramo, nos permite conocer en forma adecuada las cantidades que se requieren, en un peso de semillas, para la siembra de un almacigo o para un programa de plantaciones (MUÑOZ, 1995).

2.3.1.4. Ensayo de viabilidad

Se puede determinar a través del método directo de germinación o a través de los métodos indirectos como la prueba de corte, sal de tetrazolio y flotación en agua. Estos métodos sirven para determinar rápidamente la viabilidad de las muestras de semillas de especies que germinan con la lentitud o que presentan latencia (ISTA, 2002). VARGAS (1988) define la viabilidad como la capacidad que tiene la semilla de manifestarse como organismo viviente, en otras palabras que la semilla o embrión este vivo.

2.3.2. Poder germinativo

La germinación se expresa como el porcentaje de semillas puras que produce plántulas normales o como el número de semillas que germinan por unidad de peso de la muestra. Es el porcentaje del número de semillas sembradas de una muestra determinada (FAO, 1991). Al respecto, BISCHOFF (2008) sostiene que la pérdida del poder germinativo se debe a oxidaciones internas en las semillas; los factores que influyen sobre el son:

- Estado de la semilla en el momento de la cosecha.
- Cuidados u conservación (humedad).
- Temperatura durante la conservación.
- Naturaleza del terreno donde crece la planta madre.
- Edad de esta última.
- No todas las semillas envejecen o pierden su poder germinativo en un lapso igual.

2.3.3. Energía de germinación

Hay más de una forma de definir la energía de germinación. El porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un período determinado (que se denomina el período de energía), por ejemplo en 7 ó 14 días, en óptimas o determinadas condiciones.

El porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar al momento de germinación máxima, que

generalmente significa el número máximo de germinaciones en 24 horas. La semilla debe germinar en el menor tiempo posible (FAO, 1991).

La energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla. El interés por la energía germinativa se basa en la teoría de que probablemente solo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones favorables del laboratorio serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno, donde una germinación débil o retrasada suele tener consecuencias fatales (FUNDEAGRO, 1989).

MOREIRA (2002) considera que la energía germinativa está relacionada con el porcentaje de sobrevivencia. Las semillas que germinan durante este intervalo de tiempo producirán plántulas lo bastante vigorosas para sobrevivir en campo abierto.

2.3.4. Latencia de semillas

Es un estado fisiológico en el cual una semilla dispuesta a germinar no lo hace, aún en condiciones ambientales favorables (GUEVARA, s.d.). La latencia de las semillas se debe entender bien, si no se quiere tener tropiezos con la germinación. Se reconocen tres tipos de latencia de las semillas (Chapman y Allan, 1978; citados por WADSWORTH, 2000).

- Latencia exógena, relacionada con propiedades de la envoltura de las semillas (mecánica, física o química).
- Latencia endógena, regida por las propiedades del embrión o endospermo (morfológica o fisiológica).

- Latencia combinada, causada por una combinación de las dos anteriores.

2.3.5. Factores ambientales que intervienen en el proceso de germinación

GARCÍA (s.d.) mencionan que son tres los factores ambientales importantes: la humedad, la temperatura y el oxígeno.

2.3.5.1. La humedad

- Absorción de agua desde el exterior.
- Un exceso de agua es desfavorable, ya que impide el acceso del O₂.
- La entrada es siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico.

2.3.5.2. La temperatura

- Factor decisivo, ya que actúa sobre las enzimas y, por lo tanto, sobre el metabolismo de la semilla.
- La temperatura varía mucho de unas especies a otras.
- Límites estrechos en especies adaptadas a hábitats muy concretos.
- Límites más amplios en especies de gran distribución ecológica.

- Las semillas de especies tropicales germinan bien a temperaturas superiores a 25 °C; las de especies originarias de zonas frías, lo hacen a temperaturas bajas, 5 – 15 °C; las especies de zonas templadas, lo hacen a temperaturas entre 15 y 20 °C.

2.3.5.3. El oxígeno

- Fundamental para la viabilidad celular: obtención de energía metabólica.
- La mayoría germinan bien en atmósferas con 21 % de O₂.
- Las especies acuáticas o de suelos encharcados, lo hacen mejor a concentraciones más bajas de O₂ (5 – 10 %).
- La presencia de compuestos químicos o de estructuras total o parcialmente impermeables al O₂ dificultan la germinación.
- La disponibilidad de O₂ se ve afectada por la cantidad de agua presente y por la temperatura.

2.3.6. Fases del proceso de germinación

GARCÍA (s.d.) cita tres fases del proceso de germinación.

2.3.6.1. Fase de hidratación

Se da una intensa absorción de agua por los tejidos de la semilla, que va acompañada de un aumento proporcional en la actividad respiratoria.

2.3.6.2. Fase de germinación

Se da lugar a grandes transformaciones metabólicas que preparan el camino para la siguiente fase. Se reduce considerablemente la entrada de agua, y hasta aquí la germinación es todavía reversible.

2.3.6.3. Fase de crecimiento

Es la última etapa del proceso, donde se da el inicio de cambios morfológicos apreciables. Comienza la elongación de la radícula, y un constante incremento de la absorción de agua y de la actividad respiratoria (Figura 1).

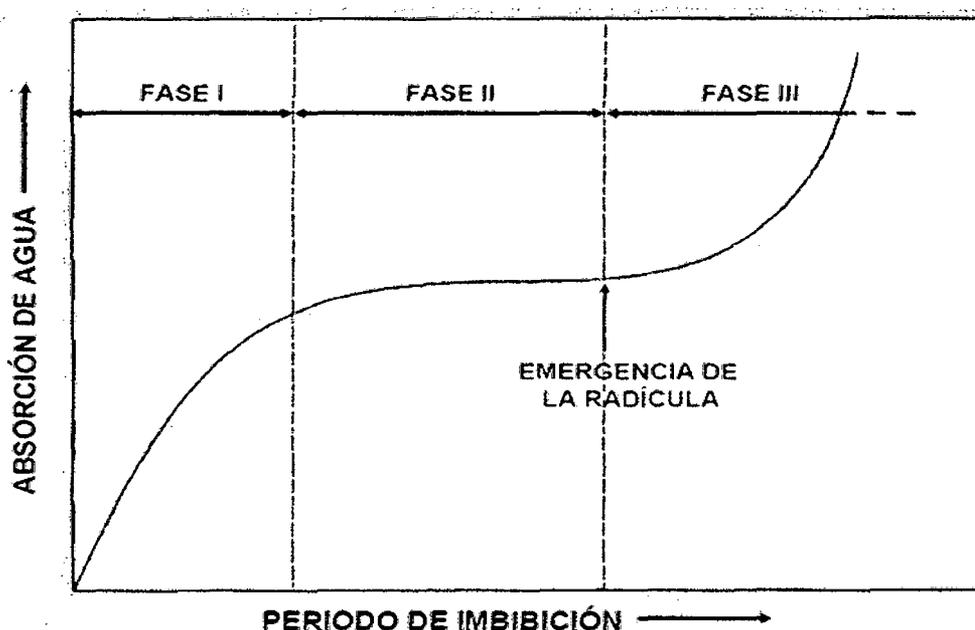


Figura 1. Fases de la germinación (AZCÓN-BIETO y TALÓN, 2000).

2.3.7. Tipos de germinación

GARCÍA (s.d.) cita tres fases del proceso de germinación.

2.3.7.1. Germinación epigea

El alargamiento del hipocótilo lleva los cotiledones y la yema apical por encima del nivel del suelo. Una vez en el exterior, en los cotiledones se diferencian cloroplastos (primeros órganos fotosintetizadores de la planta). A continuación comienza a desarrollarse el epicótilo (Figura 2).

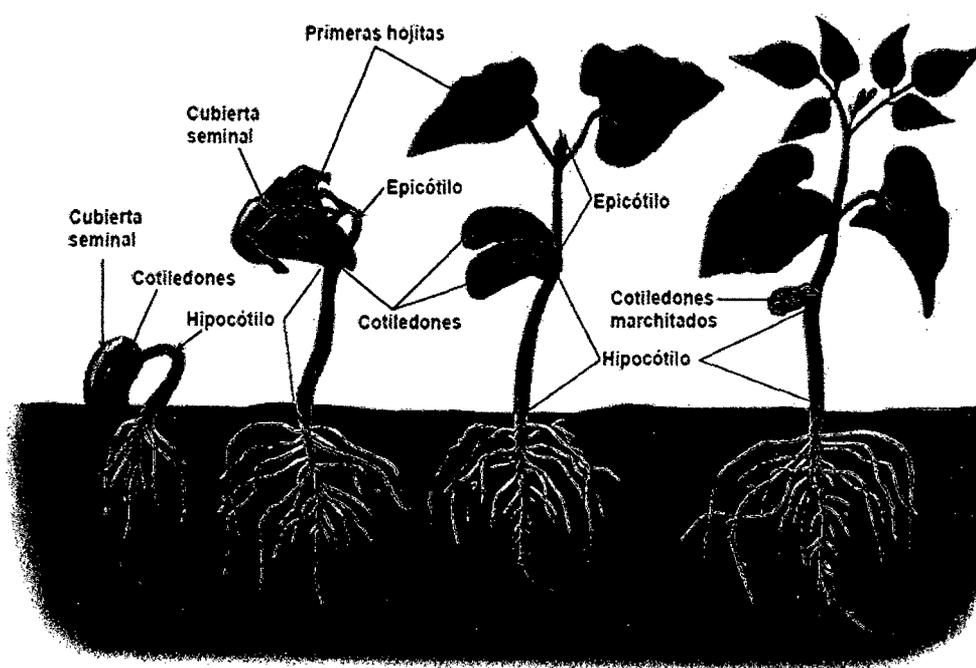


Figura 2. Germinación epigea (ROST *et al.*, 1997).

2.3.7.2. Germinación hipogea

Los cotiledones permanecen enterrados. Únicamente la plúmula supera el nivel del suelo. El alargamiento del hipocótilo es prácticamente nulo. El alargamiento del epicótilo lleva a la yema apical por encima del nivel del suelo. Son por tanto hojas y no cotiledones los primeros órganos fotosintetizadores de la planta (Figura 3).

2.3.8. Propagación por semillas forestales botánicas

PNUMA (2003) describe el ciclo sexual, donde la propagación se da por semillas, mediante la cual se logran nuevas plantas, con caracteres que reflejan la contribución genética de ambos progenitores.

Se emplean varios métodos de propagación, donde las características genéticas de las plantas, se conservan en sus descendientes, casi en forma intacta. La manipulación de las semillas con fines de producción de plantas, pueden ser muchas. El afán de buscar una técnica, que permita la producción de plantas de alta calidad en el menor tiempo y con los menores recursos económicos, hace que se emplee la semilla bajo diferentes formas.

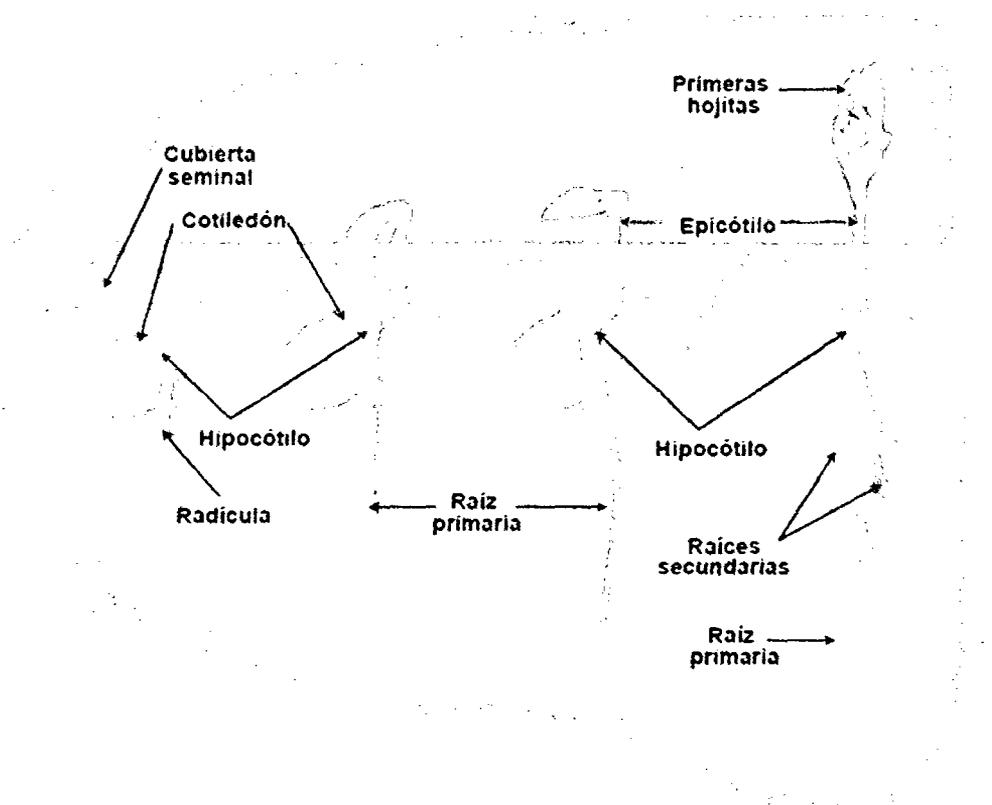


Figura 3. Germinación hipógea (ROST *et al.*, 1997).

2.3.8.1. Clasificación de semillas forestales

En la actualidad se distinguen dos tipos principales de semillas: Ortodoxas y recalcitrantes. Dentro de estos dos tipos pueden establecerse varias subdivisiones, como por ejemplo entre semillas ortodoxas con o sin cubierta y entre semillas recalcitrantes que soportan o no temperaturas bajas, inferiores a unos 10 °C.

Dentro de cada una de las clases principales siguen existiendo diferencias considerables entre las especies en cuanto al período durante el que se mantiene la viabilidad en unas condiciones dadas.

Cabe establecer asimismo una distinción entre las especies auténticamente recalcitrantes y las que son simplemente difíciles; estas últimas pueden llegar a comportarse como las ortodoxas cuando por ejemplo se eligen con especial atención los métodos que se aplican para secarlas (FAO, 1991).

- Semillas ortodoxas

Las semillas que pueden secarse hasta un CH bajo, de alrededor del 5% (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0 °C durante largos períodos (FAO, 1991).

- Semillas recalcitrantes

Semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de

20% y 50%, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos.

Las especies recalcitrantes y de vida corta de los trópicos se encuentran en su mayoría en los bosques húmedos, en los que durante todo el año existen unas condiciones que propician la germinación inmediata por la humedad y temperatura altas (FAO, 1991).

2.4. Sustrato

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo natural de síntesis o residual mineral u orgánico, que colocado en un contenido en forma pura o mezclada permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por lo tanto un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo mineral de la planta (AZCÓN-BIETO y TALÓN, 2000).

2.4.1. Tipos de sustratos

2.4.1.1. Sustrato natural

Como sustrato natural se puede aprovechar la tierra suelta o arenosa de color cenizo o negra que contiene los elementos necesarios en proporciones naturales para un desarrollo normal de la planta. Generalmente se encuentra como capa superficial en el monte alto o purmas viejas, barrizales de ríos y quebradas (AZCÓN-BIETO y TALÓN, 2000).

2.4.1.2. Sustrato especial

Es la mezcla de tierra, arena y abono en proporción por la mano del hombre para satisfacer en forma óptima las necesidades de las plantas. Esta mezcla debe realizarse en caso que no se consiga el sustrato natural. Este sustrato especial como suelo mejorado, permite un buen prendimiento de las especies en terrenos definitivos y en particular un desarrollo normal de las plantas pequeñas.

La tierra agrícola es un material natural que se obtiene de la capa superficial del suelo y es un medio para la nutrición y el crecimiento de las plantas y cuyas características determinadas por los factores climáticos y de los organismos vivos que actúan sobre el material original (AZCÓN-BIETO y TALÓN, 2000).

Según MALPARTIDA (2007), en su práctica realizada, menciona que obtuvo un porcentaje de prendimiento en la especie tornillo de 86.7% y 13.3% de mortandad con un sustrato formado por tierra agrícola 50% + aserrín descompuesto 10% + arena 10% + humus 30%.

2.4.2. Componentes más usados en la formulación de sustratos

RUANO (2003) clasifica los componentes de los sustratos más usados en los viveros forestales en:

2.4.2.1. Componentes orgánicos de los sustratos

Los materiales orgánicos son usados en el sustrato porque proporcionan una gran cantidad de microporos, lo que se traduce en una alta

capacidad de retención de agua, siendo además bastante elásticos para resistir la compactación. Los materiales orgánicos tienen, además, una alta capacidad de intercambio catiónico y pueden por consiguiente retener iones nutrientes contra la lixiviación y proporcionar al mismo tiempo una amortiguación contra los cambios rápidos de salinidad.

La proporción de materiales orgánicos suele ser variable, según el gusto o necesidades del viverista, pero normalmente llega, en general, al 60%. Las turbas son uno de los materiales orgánicos importantes, se han formado por la descomposición parcial de plantas acumuladas bajo el agua en zonas con baja temperaturas, poca oxigenación y niveles bajos de nutrientes. El tipo de vegetal, su grado de descomposición, la temperatura local y la calidad del agua en que se forman, son las que diferencian un turba de otra.

Destacan la turba de musgo *Sphagnum*, la turba de musgo *Hypnum*, las turbas de carrizo y juncia, la turba de humus. En las mezclas para obtener sustratos, también son usados muy a menudo serrines y virutas de madera; cortezas; hojas y acículas; tierra de castaño; corcho; paja; restos de compost de champiñones; restos de poda, caña de azúcar y regaliz; estiércol; gallinaza; orujo de aceituna; cascarilla de arroz; lodos de depuradora de aguas residuales urbanas; plantas marinas, etc.

2.4.2.2. Componentes inorgánicos de los sustratos

La incorporación de materiales inorgánicos a un sustrato, tiene como función principal la de producir y mantener una estructura de macroporos que aporte aireación y drenaje. Muchos tienen una pequeña capacidad de intercambio catiónico y proporcionan al medio de cultivo una base química

inerte. Tres materiales son los que principalmente y con cierta rutina, se usan en la mezcla de los sustratos; por orden de uso: vermiculita, perlita y arena.

2.4.3. Funciones de los sustratos

El sustrato tiene la función de aportar por sí mismo o a través de él, ciertos requerimientos funcionales a las plantas para su desarrollo (RUANO, 2003):

- El sustrato debe tener una alta capacidad de absorción y retención hídrica, para aportar el agua que necesita la planta, entre un riego y el siguiente.
- El sustrato es el medio temporal del cual la planta absorbe los nutrientes minerales que requiere para crecer y cumplir sus procesos fisiológicos. Con excepción hecha del carbono, hidrógeno y oxígeno, las plantas deben obtener los 13 nutrientes minerales esenciales de las soluciones del sustrato.
- El sustrato debe ser suficientemente poroso como para proporcionar unos cambios eficientes de oxígeno y dióxido de carbono necesarios para la respiración aerobia de la planta.
- El sustrato proporciona una reserva de nutrientes minerales entre dos fertilizantes a través de una provisión de nutrientes absorbidos, el cual es medido por la CIC.
- El sustrato es el ancla de la planta en el envase y, por tanto, el soporte físico para mantenerla en posición vertical, en esta

función es necesario tener en cuenta la densidad y rigidez del sustrato.

2.4.4. Características de sustratos en viveros forestales

La calidad de una plantación forestal está relacionada con la calidad del plantín. En el vivero, para obtener un plantín de calidad no sólo es necesario contar con buen material genético, también es indispensable la incorporación de la tecnología adecuada en el proceso de producción.

En tal sentido, el sustrato en el que la planta desarrollará sus primeros estadios de vida es un elemento tecnológico fundamental para la obtención de plantas de calidad.

El sustrato es empleado para el cultivo de plantas en una maceta o contenedor. Su función, al igual que el suelo, es dar soporte físico para el crecimiento y desarrollo de la planta; por ello, la matriz del sustrato es la responsable de otorgar un espacio para el crecimiento de las raíces y almacenamiento de agua y nutrientes.

Existe una gran heterogeneidad de sustratos utilizados para la producción de plantines forestales. Los materiales que más se utilizan en la composición de los sustratos son: cortezas de especies forestales, turbas y suelos (VALENZUELA *et al.*, 2001).

2.4.5. Importancia de la materia orgánica en el sustrato

La materia orgánica del suelo está compuesta por residuos de plantas, animales y microorganismos que han muerto en ese suelo. La

descomposición de estos residuos, especialmente los que contienen lignina, dan origen al humus. El humus es de gran importancia en el suelo porque posee nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micronutrientes. Además, los ácidos poliurónicos, que son un producto intermedio en la formación del humus, son los responsables de mantener la estructura del suelo.

La adición de materia orgánica puede favorecer el desarrollo radical de las plantas, tanto en forma directa como indirecta. La aplicación de enmiendas orgánicas estimula la producción de raíces finas lo que favorece la absorción de nutrientes (VEGA, 2005).

2.4.6. El abono orgánico tipo bokashi

La utilización de abonos orgánicos tipo bokashi es una técnica de fertilización que se debe aplicar no solo en el campo agrícola sino también forestal ya que este es un abono que ayuda a mejorar las características físicas y químicas del suelo, incrementa la vida microbiana, ayuda a mejorar el desarrollo en plantas y favorece las actividades de conservación y mejoramiento de los suelos.

Es un término japonés que significa abono orgánico fermentado, que se logra siguiendo un proceso de fermentación acelerada, con la ayuda de microorganismos benéficos (CEID, s.d.). Es un proceso de descomposición aeróbica y termofílica de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos, que existen en los residuos (SHINTANI, 2000).

2.4.6.1. Factores óptimos de fabricación

Cuadro 1. Factores óptimos para la fabricación de bokashi.

Factores	Requerimiento
Temperatura	50° C
Humedad	50 a 60%
Aireación	5 a 10%
pH	6 a 7.5

Fuente: SHINTANI (2000).

Ingredientes básicos para la preparación de los abonos orgánicos tipo bokashi se encuentran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Componentes para la fabricación del abono orgánico bokashi.

Ingrediente	Porcentaje
Suelo tamizado	28%
Residuo animal	28%
Cascarilla de arroz, café o pajas bien picadas.	28%
Carbón quebrado en partículas pequeñas o pomina	14%
Carbonato de calcio, cal agrícola o ceniza de fogón	1.5%
Melaza	0.45%
Levadura	0.04%

Fuente: CEID (s.d.).

2.4.6.2. Aplicaciones

Para la germinación de las plántulas en vivero se recomienda una mezcla de tierra cernida 90% con Bokashi curtido 10%. Tiene la ventaja de no quemar las plántulas. Del mismo modo, se recomienda un abonado directo en la base del hoyo donde va a ser colocada la plántula en el momento del trasplante. En cultivos, se requiere 30 g para hortalizas de hojas, 80 g para hortalizas de tubérculos; y hasta 100 g. para tomate y pimentón (CEID, s.d.).

2.5. Caoba (*Swietenia macrophylla* King.)

2.5.1. Taxonomía de la especie

Dentro de los sinónimos se reconocen Chacalté (Maya) (Guatemala); Caoba de hoja grande, Caoba del Sur, Caoba del Atlántico, Cáguano (América Central, México y Colombia); Mongno, Aguano, Araputanga (Brasil); Mahogany Honduras, Acajou du Honduras (Guadalupe); Oruba (Venezuela); Mara (Bolivia); Mahoni (Surinam) (AGUILAR CUMES y AGUILAR CUMES, 1992).

Según MEDINILLA SÁNCHEZ (1999), la clasificación es:

Reino	: Vegetal
Subreino	: Embryobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida

Subclase	: Rosidae
Orden	: Sapindales
Familia	: Meliácea
Género	: Swietenia
Especie	: <i>Swietenia macrophylla</i> King.
Nombre común	: Caoba, aguano

2.5.2. Generalidades

El estado actual de las poblaciones de *S. macrophylla* es muy variable. Por ejemplo, ha sido casi eliminada de áreas accesibles de Honduras y Nicaragua, pero todavía se encuentra en áreas protegidas de Petén (Guatemala) y Belice. También existen grandes áreas de *S. macrophylla* en Bolivia y Brasil (AGUILAR CUMES y AGUILAR CUMES, 1992).

Un estudio durante seis años de la dinámica de la producción de semillas por árboles de *S. macrophylla* de diferentes tamaños reveló una variabilidad considerable de un año a otro y de un árbol a otro; pero los árboles con diámetros de 75 cm o más producían siempre muchas más semillas, y más constantemente, que los de menos diámetro, y las producen más consistentemente de año en año que árboles menores. Además, por ser árboles más altos, la dispersión de sus semillas es más amplia. Por lo tanto, para sostener la capacidad de producción de semillas de *S. macrophylla* se

deben mantener en pie individuos de caoba con un DAP de 75 cm o mayores (SNOOK y LÓPEZ, 2003).

Mientras que hasta el 27 por ciento de los árboles de diámetro inferior a 75 cm no produjeron semilla alguna en un año determinado, el 93 por ciento de los de diámetros mayores las produjeron todos los años (SNOOK y LÓPEZ, 2003).

Estos resultados son importantes para la regeneración de la *S. macrophylla*, natural o plantada: a menos que se protejan algunos árboles grandes, la extracción de árboles de caoba hasta un diámetro mínimo reducirá gravemente la producción potencial de semillas en estos bosques (SNOOK y LÓPEZ, 2003).

2.5.3. Fenología, polinización y dispersión

Registros de floración durante la estación seca, entre agosto – octubre y fructificación mayormente hacia fines de año. En otros países de Sudamérica, como Venezuela, la especie es decidua durante parte del año este árbol comienza a florecer entre los 12 – 15 años (Rosero, 1973; citado por LAMPRECHT, 1990).

Las flores de esta familia son visitadas por abejas pequeñas y mariposas, pero aún no está claro si estos insectos son legítimos polinizadores. El cruzamiento externo es aparentemente muy importante para la fecundación en esta especie. Las semillas son dispersadas por viento con distancias medias de 32 – 36 m y máximas de hasta 95 – 100 m (LAMPRECHT, 1990).

2.5.4. Semilla de caoba

En un estudio realizado en Abangares (Costa Rica), se determinó que hay diferencia significativa en la cantidad y calidad de las semillas según el tamaño del fruto; con base en estos resultados se recomienda recolectar sólo frutos grandes de *Swietenia macrophylla* King. para obtener mayor cantidad y calidad de semillas y plántulas con mayor desarrollo (SALAZAR y RAMÍREZ, 1996).

El fruto es una cápsula ovoide dehiscente, comúnmente de 6 a 25 cm de largo y 2 a 12 cm de diámetro, reducido hacia el ápice en punta, color pardo grisáceo, lisa o diminutamente verrugosa, con 4 y 5 valvas leñosas de 6 a 8 mm de grueso; cada cápsula contiene entre 45 a 70 semillas, esponjosas y frágiles (AGUILAR CUMES y AGUILAR CUMES, 1992).

Los frutos maduros son de color café claro, tienen forma de cápsulas erectas, ovoides, de 15 - 20 cm de largo y 6 - 8 cm de diámetro en su parte más ancha. La cubierta o pericarpio se raja, abriéndose en cinco valvas y exponiendo las 45 - 70 semillas aladas de unos 8 cm de longitud y 2 cm de ancho que contiene dispuestas en una columna interior (PATIÑO *et al.*, 2002).

El fruto es una cápsula grande en forma oval o de pera (de aproximadamente 9 y 15 cm de largo en su parte más ancha), estas aparecen en pedúnculos largos y robustos, la cápsula frutal está compuesta de una placenta leñosa dividida en cinco lóculos, cada uno de los cuales contiene de 10 a 16 semillas aladas y dispuestas de manera simétrica en dos hileras (JOHNSON, 1969).

Las semillas son sámaras, aladas, livianas, de 7.5 a 10.0 cm de largo por 2.0 a 3.0 cm de ancho, de color rojizo cafésáceo, sabor muy amargo (AGUILAR CUMES y AGUILAR CUMES, 1992).

2.5.5. Manejo de la especie en etapa de vivero

2.5.5.1. Manejo de la semilla de *S. macrophylla*

REYNEL (2003) manifiesta que la propagación por semillas es exitosa en esta especie. La maduración de los frutos tarda 6 meses; la recolección de semillas se inicia 1 – 3 meses luego de iniciada la maduración de los frutos. Los frutos se recolectan directamente del árbol antes que las cápsulas abran, cuando muestran un color café claro. El árbol puede ser colectado haciendo uso de equipo subidor apropiado y teniendo cuidado de no dañar las ramas.

Los rendimientos usuales varían entre 3.8 – 4.5 kg de semilla por árbol. Una vez recolectados, los frutos son transportados en sacos de yute a un sitio techado donde puedan extenderse sobre lonas aproximadamente por 5 días, para permitir que concluya el proceso de maduración y se abran lentamente. Luego son trasladados al patio de secado y se asolean por periodos de 4 horas durante 3 días. La semilla se extrae del fruto manualmente y se asolea nuevamente por 4 horas. Para eliminar las alas de las semillas se les fricciona manualmente.

2.5.5.2. Tratamientos pregerminativos de la semilla de *S. macrophylla*

La especie no requiere tratamientos pregerminativos. El remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas acelera la germinación (REYNEL, 2003). Se puede sembrar en camas germinadoras para repique posterior o directamente en bolsas, colocando en este caso 1 – 2 semillas por bolsa, en un lugar ligeramente sombreado.

Aunque se han utilizado profundidades de siembra de hasta 8 cm, lo más recomendable es enterrarlas a 2 – 3 cm en el sustrato, ya sea acostada o vertical, con el lado del ala hacia arriba, que es como la semilla está adaptada a germinar en forma natural (CORDERO y BOSHIER, 2003).

2.5.5.3. Inicio y finalización de la germinación

La germinación se inicia a los 7 – 20 días de la siembra y es hipogea. La germinación finaliza luego de 10 – 15 días de iniciada (REYNEL, 2003).

Para su germinación, las semillas pueden ser puestas en una mezcla de tierra más arena, en surcos, cubiertas sub – superficialmente por el sustrato (semilla apenas cubierta 1 cm) y preferiblemente colocadas en forma vertical. La emergencia de la raíz se experimenta entre 40 a 78 días, variando su germinación, según la calidad de la semilla.

Las plántulas se encuentran listas para su repique o transplante dos semanas posteriores a la germinación bajo el sistema de producción en

bolsa plástica, estaca o raíz desnuda. Es indispensable mantenerlas bajo la sombra por período no mayor a 8 días y es recomendable aplicar fertilización (BARWICK, 2004).

El porcentaje de germinación en promedio es del 90% para semillas recién colectadas. El tiempo necesario para que inicie la germinación a partir de la siembra es de 1 a 2 semanas, y el necesario para que finalice el proceso es de 6 semanas (MIRANDA, 1999).

La caoba tolera suelos con deficiencias en nutrimentos que otras especies no toleran, pero el crecimiento es lento en suelos excesivamente cultivados y con su materia orgánica degradada (ADOLFO, 2007).

2.5.5.4. Poder germinativo

Entre 54 – 95% para semillas frescas. Disminuye a 30% a los 60 días en condiciones naturales (REYNEL, 2003). Al respecto BARWICK (2004) menciona que según la calidad de la semilla, variando su poder germinativo entre un 60% a un 84%.

2.5.5.5. Siembra de semillas

Las semillas pueden sembrar en hileras espaciadas unos 15 cm en las camas de almácigo; se les cubre por una capa de tierra que no debe ser mayor a 1.5 – 2 cm.

Se trasplantan a bolsas plásticas un mes más tarde, cuando tienen 7 – 8 cm de altura. Debe mantenerseles con el sustrato húmedo y protegidas

del sol durante los primeros 3 meses; se les traslada al terreno definitivo cuando tienen 20 – 25 cm, es decir a los 6 – 8 meses, o posteriormente, cuando alcanzan hasta 1.5 m. Se les puede sembrar directamente en bolsas plásticas colocando 2 – 3 semillas por bolsa a 1 – 2 cm de profundidad (REYNEL, 2003).

2.5.5.6. Almacenamiento de las semillas

Las semillas se han categorizado como ortodoxas o intermedias en su comportamiento al almacenamiento. Conservan su poder germinativo hasta por 7 – 8 meses almacenadas a temperatura ambiente y en bolsas plásticas de papel. Almacenadas en refrigerador en bolsas plásticas mantienen su viabilidad por más de 4 años. Las semillas conservan su poder germinativo por 8 años si son almacenadas a 4 °C y con contenido de humedad de 4% (REYNEL, 2003).

2.6. Antecedentes de la investigación

En Perú, MACO *et al.* (2000) evaluaron la influencia del tamaño de semilla sobre el desarrollo inicial de plantones, el crecimiento y desarrollo de plantones en tres tipos de sustratos. En el ensayo se utilizó semillas grandes, medianas y pequeñas de camu-camu Arbustivo y Arbóreo, con depósitos plásticos de 4 litros de capacidad y dunlopillo cortado a su diámetro, presentando ranuras en su interior a un distanciamiento de siembra de 0.025 x 0.025 m, contuvo agua de lluvia y solución de abono foliar al 0.1%.

Los resultados del ensayo fueron: semillas grandes de camu-camu arbustivo en agua de lluvia alcanzaron mayor energía germinativa (53.94%),

porcentaje de germinación (85.5%) y plantas con mayor altura (13 cm), número de hojas (18) y área foliar (10.5063 cm²), superando a las medianas y pequeñas.

En Costa Rica, QUIRÓS y ARCE (2000) determinaron la influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento inicial de las plántulas de encino (*Quercus costaricensis* Liebmann). Los frutos se clasificaron por el tamaño del diámetro en la parte más ancha, en cuatro categorías: muy pequeño (MP \leq 20.9 mm), pequeño (P, entre 21.0 y 28.9 mm), mediano (M, tamaño entre 209.0 y 36.9 mm) y grande (G \geq 37.0 mm). Respecto al tamaño de las semillas se determinó que las semillas M y G superan a las MP, tanto en su capacidad de germinación como en el crecimiento inicial durante los primeros cuatro meses de crecimiento.

En la India también se registró postmaduración de semillas de teca (Gupta y Pattanath, 1975, citados por WADSWORTH, 2000). Se descubrió que la dormancia de las semillas estaba influenciada por un inhibidor de la germinación en el mesocarpio, soluble en agua.

La germinación de semillas de *L. leucocephala*, cuatro meses después del sembrado, fue del 80 por ciento con semillas de seis meses de edad, y del 50 por ciento con semillas frescas (Akamine, 1952; citado por WADSWORTH, 2000). Sin embargo, a los 12 meses, los dos grupos tuvieron las mismas tasas de germinación. La mayoría de las semillas, sin embargo, incluso las de cecropia negra en Venezuela (Lamprecht, 1955; citado por WADSWORTH, 2000), se pueden sembrar de inmediato con resultados satisfactorios.

Fernando (1965), citado por WADSWORTH (2000) menciona que algunas especies presentan postmaduración de las semillas (continúan madurando después que se separan del árbol). En lo que hoy es Sri Lanka, las semillas de nueve meses de *Tectona grandis* germinaron mucho más rápido que las semillas frescas, y un almacenaje de hasta 18 meses aumentó la germinación aún más (Wood, 1968, citado por WADSWORTH, 2000).

En México, REYES y RODRÍGUEZ (2005) estudiaron la influencia de factores individuales y sus interacciones en la germinación de semillas de la especie *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. Se investigaron los siguientes factores y niveles: temperatura (20, 25 y 30 °C), luz (permanente y oscuridad), tamaño de semillas (grande -3.6 mm de longitud media y pequeña -3.2 mm), y tratamiento pregerminativo de remojo (durante 24 horas y sin remojo). Las interacciones temperatura y luz ($P = 0.0001$), tamaño y luz ($P = 0.069$), y tamaño y temperatura ($P = 0.0173$) resultaron significativas. El porcentaje de germinación fue elevado en ausencia de luz y a 20 °C (87.5%) y 25 °C (88.1%), y declinó a 30 °C (15.8%).

En México, PÉREZ *et al.* (2006) realizaron un estudio con la finalidad de evaluar el tamaño de semilla y su relación con la calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. La investigación comprendió dos fases: en la primera se evaluó la calidad física de la semilla a través de su caracterización por forma y tamaño (plano grande y medio); en la segunda se analizó la calidad fisiológica, mediante pruebas de germinación estándar en laboratorio y de vigor en microtúnel y en campo.

Los resultados indicaron que el tamaño de semilla mostró efecto significativo ($p < 0.05$) en gran parte de las variables de calidad física menos en

espesor de la semilla; en la calidad fisiológica solo se observaron diferencias ($p < 0.05$) en el peso seco de la raíz evaluado en el laboratorio. La calidad de la semilla de maíz depende principalmente del potencial genético de la variedad más que del tamaño de la misma.

En Bolivia, ARTEAGA (2007) analizó la variabilidad intraespecífica del tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl y su posible efecto sobre la velocidad de germinación y el tamaño de las plántulas. Los resultados muestran que el tamaño de las semillas no varía significativamente entre árboles de las que provenían, pero la variación del tamaño de semilla entre los frutos de cada árbol sí es significativa. También, el tamaño de la semilla no influye sobre la velocidad de germinación ni sobre el tamaño de las plántulas. Sugerimos que la variabilidad en tamaño no sea suficiente como para indicar diferencias en la cantidad de recurso almacenado. Este estudio permite contribuir al conocimiento de algunos aspectos de la dinámica de semillas y la regeneración de esta especie.

En México, TENORIO *et al.* (2008) estudiaron el efecto del tamaño y color de la semilla de *Cecropia obtusifolia* Bertol en su germinación. Se utilizó semillas chicas y semillas grandes; también se consideró tres colores de la cubierta seminal: negro, café claro y café oscuro; de igual manera dos temperaturas: 30 °C en el día y 25 °C en la noche, 25 °C en el día y 20 °C en la noche. El color y el tamaño influyeron significativamente ($P \leq 0.05$) en la capacidad germinativa, al igual que las interacciones temperatura x color, tamaño x color, y la interacción triple: temperatura x tamaño x color. Las semillas grandes germinaron casi el doble que las pequeñas.

LAYNEZ – GARSABALL *et al.* (2008) estudiaron la germinación y el crecimiento de plántulas a partir de dos tamaños de semillas, de dos cultivares de maíz, utilizando como sustrato papel absorbente y regados con tres soluciones salinas preparadas con cloruro de sodio. El diseño estadístico fue de parcelas divididas con cuatro repeticiones, en la parcela principal se midieron los potenciales osmóticos (0 - 0.328 y - 0.547 MPa), en las subparcelas los cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 361) y en las sub-subparcelas los tamaños de las semillas ($\geq 0.32 - 0.36 \leq g$ y $> 0.36 g$). Se realizó un análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan. El nivel de inferencia fue de 5%.

Las disminuciones en el potencial osmótico también disminuyeron la germinación y el crecimiento de las plántulas en dos cultivares. La tolerancia a la salinidad sólo se pudo evaluar en la etapa de germinación con potenciales osmóticos de -0.328 y -0.547 MPa (Pioneer 361 más tolerante que Himeca 95). Se tuvo mayor crecimiento de plántulas (volumen radicular y peso fresco del vástago) a partir de semillas grandes, aunque este crecimiento se perdió al disminuir el potencial osmótico, sugiriendo que el uso de semillas grandes puede representar una ventaja en suelos no salinos.

En Perú, VARGAS (2010) evaluó el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de altura de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en fase de vivero. Se aplicó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con sub unidades de muestreo, con cinco tratamientos, diez individuos y cuatro bloques. Los tratamientos aplicados fueron: Tierra negra (T₁), arena (T₂), tierra agrícola (testigo) (T₃), mantillo (T₄) y aserrín (seco) (T₅).

Los resultados muestran que el promedio final en el incremento de altura de las evaluaciones de los 5 tipos de tratamientos utilizados fueron: T₅ (aserrín) con 1.10 cm, T₄ (mantillo) con 1.04 cm, T₂ (arena) con 0.62 cm, T₁ (tierra negra) con 0.53 cm; y por ultimo T₃ (tierra agrícola) con 0.33 cm.

Con relación a los tratamientos si presentaron diferencias significativas en altura, el tratamiento T₄ (mantillo) con 6.94 cm obtuvo mejores resultados en el crecimiento de las plántulas de *Swietenia macrophylla* King.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

La investigación se ejecutó en el periodo comprendido entre los meses de junio a noviembre del año 2013; los ensayos de las semillas se realizaron en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales y para producción de plántones se acondicionó camas de cría en el Vivero Forestal y Ornamental El Silvicultor, ambos pertenecientes a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, políticamente ubicada en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado y región Huánuco.

3.1.2. Clima

Las condiciones climáticas son: temperatura máxima de 29.4 °C, mínima de 19.2 °C, y media de 24.3 °C; precipitación promedio anual de 3,300 mm; humedad relativa de 87%; y altitud de 660 msnm.

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1987), el distrito Rupa Rupa se encuentra

ubicado en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh – PT). De acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la región Selva Alta o Rupa Rupa.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Insumos

- Semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.).
- Sustrato 3:2:1 (tierra agrícola, tierra de bosque y arena de río).
- Sustrato 3:2:1 (tierra agrícola, bokashi y arena de río).

3.2.2. Herramientas y equipos

- Bolsa de polietileno con dimensiones 4" x 7" para vivero.
- Cinta métrica, para medir el diámetro a la altura del pecho del árbol semillero de *Swietenia macrophylla* King.
- Vernier digital, para determinar el tamaño de las semillas de *Swietenia macrophylla* King.
- Balanza con precisión de 0.01 g, para el pesado de semillas.
- Estufa, para el secado de plántulas de *Swietenia macrophylla* King. y su posterior determinación de biomasa seca.
- Wincha, para medir la altura de plántulas y plantones.
- Formato de evaluación, para registrar la información de la investigación.

3.3. Metodología

La metodología utilizada fue experimental, donde el análisis de los datos se realizó mediante el coeficiente de variabilidad a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ y la correlación a 0.01.

3.3.1. Descripción del árbol y cosecha de semillas

Se realizó un recorrido por el campus universitario a efectos de identificar el árbol semillero de *Swietenia macrophylla* King., el mismo que se encontraba con frutos maduros, donde el inicio de la caída de hojas y la apertura de conos fue el indicador de su madurez. Una vez ubicado el árbol semillero, mediante un GPS fue georreferenciado (Anexo 1). Luego, con una cinta métrica se registró el diámetro del fuste a la altura del pecho; asimismo, haciendo uso de una wincha se evaluó la altura total, altura comercial y diámetro de copa del árbol.

La cosecha de frutos con semillas se realizó con apoyo de personal capacitado en esta labor, implementado con subidor y tijera telescópica; se cosecharon todos los frutos del árbol semillero ubicado en el campus universitario.

3.3.2. Actividades en laboratorio

Una vez cosechado los frutos, se colocaron en costales y se realizó el traslado hacia el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, unidad académica en la que se realizaron los ensayos de las semillas, que consistieron en el análisis de

pureza, número de semillas por kilogramo, contenido de humedad y clasificación de semillas en tres tamaños.

3.3.2.1. Pureza (%)

Esta prueba se realizó siguiendo la metodología propuesta por la International Seed Testing Association (ISTA, 1976), para cuyo efecto se tomaron 3 muestras de 100 semillas de *Swietenia macrophylla* King. cada una, conteniendo todas las impurezas (alas y semillas vanas), las mismas que fueron pesadas mediante una balanza analítica con aproximación a décima de gramo; posteriormente se separó y pesó por separado la semilla pura.

El porcentaje de semilla pura se calculó de la manera siguiente:

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} \times 100$$

3.3.2.2. Número de semillas por kilogramo (semillas/kg)

Ensayo que también se desarrolló según la metodología de la ISTA (1976), que sugiere 8 muestras o réplicas de 100 semillas limpias cada una, con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media. La referida norma indica que si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, entonces se acepta la media, pero si es superior se analizan otras ocho réplicas, se calcula una nueva desviación típica respecto de las 16 réplicas, y antes de calcular la media final de la muestra se descartan las réplicas que se alejen de la media en un valor superior al doble de la desviación típica.

En tal sentido, las 8 muestras de 100 semillas limpias cada una, se pesaron en una balanza analítica con aproximación a décima de gramo y con este peso, mediante una regla de tres simple, se determinó el número de semillas por kilogramo para *S. macrophylla* King.

La fórmula para determinar el número de semillas por kilogramo es:

$$\text{Número de semillas / kg} = \frac{\text{Número de semillas que contiene la muestra}}{\text{Peso de la muestra en gramos}} \times 1000$$

3.3.2.3. Determinación del contenido de humedad (CH%)

Actividad que también se realizó con la metodología de la ISTA (1976), y consistió en colocar dos muestras de 10 semillas de *S. macrophylla* King. cada una, en cajas de petri; cada muestra fue pesada en una balanza electrónica con aproximación a centésima de gramo. Posteriormente se tomaron las dos cajas de petri con las semillas y se introdujeron a una estufa, la misma que fue programada a una temperatura de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por un período de 17 ± 1 hora, tomando mediciones de peso hasta obtener un valor constante.

La fórmula empleada fue en base al peso húmedo o fresco:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso original} - \text{peso seco en estufa}}{\text{Peso original}} \times 100$$

3.3.2.4. Clasificación de semillas

Se utilizaron 100 semillas tomadas al azar, las mismas que fueron divididas en 10 grupos con 10 semillas cada uno, a las cuales se les midió el largo, para luego clasificarlas en tres tamaños. Una vez obtenido los datos, se

determinó la longitud mínima, media y máxima de las semillas, para luego determinar:

$$\text{Rango} = \text{Longitud mayor} - \text{longitud menor}$$

$$\text{Clases o categorías (K)} = 3 \text{ tamaños}$$

$$\text{TIC} = \text{Tamaño de intervalo de clase} = \text{Rango/K}$$

Los tamaños de las semillas se obtuvieron mediante las siguientes operaciones matemáticas:

$$\text{Semillas pequeñas} = \text{Longitud menor hasta longitud menor} + \text{TIC.}$$

$$\text{Semillas medianas} = \text{Longitud menor} + \text{TIC hasta longitud menor} + 2\text{TIC.}$$

$$\text{Semillas grandes} = \text{Longitud menor} + 2\text{TIC hasta longitud mayor.}$$

La clasificación se realizó en base al largo de semillas, para lo cual se midió cada una de ellas en sentido longitudinal, desde la parte terminal del cuerpo hasta la parte abultada y angulosa; medida que fue tomada mediante un vernier mecánico con aproximación a décimas de mm (Figura 4).

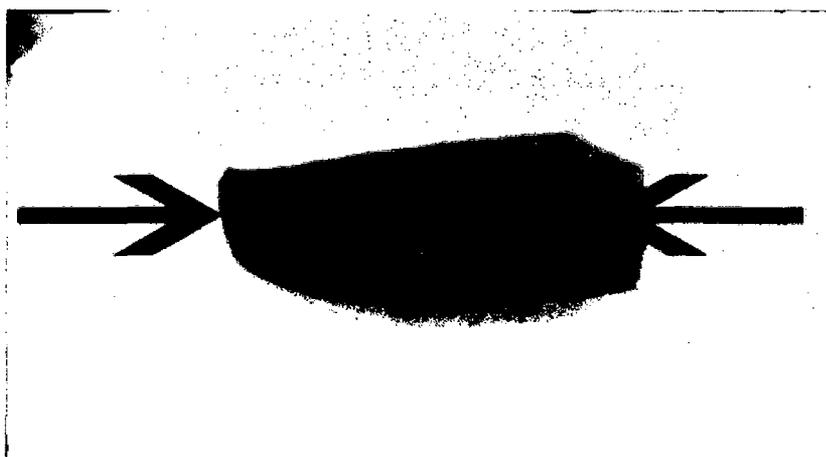


Figura 4. Longitud de las semillas de *S. macrophylla* King. (ACOSTA, 2011).

3.3.3. Actividades en vivero

3.3.3.1. Preparación del sustrato

Esta actividad se desarrolló luego de realizado los ensayos de semillas en el laboratorio. Para ello se utilizaron diversos componentes como tierra agrícola, tierra de bosque, bokashi y arena en proporciones de 3:2:1 tanto para tierra agrícola, tierra de bosque y arena; como para tierra agrícola, bokashi y arena. Los sustratos preparados fueron llenados en bolsas de polietileno de 4" x 7" x 1 mm, según los tratamientos propuestos.

El abono orgánico bokashi se adquirió por compra directa de la Cooperativa Divisoria.

Los volúmenes fueron medidos en carretillas, debido a que las cantidades no eran grandes.

3.3.3.2. Llenado y acomodo de bolsas

El llenado de bolsas se realizó de manera manual, las cuales fueron luego transportadas con una carretilla hacia las camas de cría para su acomodo de acuerdo al diseño estadístico propuesto en la investigación.

3.3.3.3. Siembra

Una vez clasificadas y seleccionadas las semillas de acuerdo a los tres tamaños preestablecidos, se procedió a realizar la siembra, para lo cual previamente en horas de la mañana (7.00 a.m.), se aplicó riego a los sustratos hasta saturarlos de humedad. La siembra fue directa en las bolsas con

sustrato, donde mediante un repicador se hizo un hoyo de aproximadamente 2 cm de profundidad, colocándose la semilla en posición vertical con el cotiledón en la base y la parte del ala hacia arriba.

3.3.3.4. Manejo de los plántones

La actividad prioritaria como parte del manejo ha sido la colocación de las bolsas con sustrato agrupadas en columna de dos, la misma que fue realizada al mes de la siembra cuya finalidad fue disminuir la competencia intraespecífica de las plántulas por espacio y luz. El espacio considerado entre cada grupo de columnas fue de 10 cm, mientras que los espacios entre cada tratamiento fueron de 30 cm.

El riego de las plántulas (posteriormente plántones), fue otra labor importante del manejo, y consistió en aplicar agua con una regadera de manera interdiaria y en horario matutino, realizando paralelamente el reacomodo de plántones cuyas bolsas se inclinaban por causas externas.

Así también, el control de malezas se realizó manualmente eliminándolas de los sustratos contenidos en las bolsas de polietileno. Esta actividad tuvo lugar en periodos de cada 30 a 45 días.

3.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Para el desarrollo de la investigación se empleó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de la forma 2A x 3B, donde A es el factor tipo de sustrato y B el factor tamaño de semilla.

3.4.1. Población

La población estuvo definida por 2,100 semillas de (*Swietenia macrophylla* King.), distribuidas de la siguiente manera: 500 semillas de tamaño pequeño, 800 de tamaño mediano y 800 de tamaño grande. La unidad experimental fue de una semilla.

3.4.2. Componentes en estudio

3.4.2.1. Tratamientos considerados en el estudio

Para la etapa de germinación, energía germinativa y crecimiento inicial se utilizaron 2,100 semillas. Las fuentes de materia orgánica fueron: tierra de bosque y bokashi (Cuadro 3).

Factor A: tipo de sustrato

- Tipo 1: tierra agrícola (3), tierra de bosque (2), arena (1) (a1).
- Tipo 2: tierra agrícola (3), bokashi (2), arena (1) (a2).

Factor B: tamaño de semilla

- Tamaño 1: pequeño, con dimensiones entre 5.5 - 7.5 cm (b1).
- Tamaño 2: mediano, con dimensiones entre 7.6 - 9.1 cm (b1).
- Tamaño 3: grande, con dimensiones mayores a 9.2 cm (b3).

Estos son rangos del tamaño de semillas obtenidos de muestreos aleatorios del total de semillas (100), las mismas que proceden del árbol

semillero localizado en el campus universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

La combinación de los factores descritos genera seis tratamientos, como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Combinación de factores formulada en la investigación.

Tratamiento	Combinación	Factor A (tipo de sustrato)	Factor B (tamaño de semilla)	UE (cantidad de semillas)
T ₁	a ₁ b ₁	Tierra agrícola	Pequeño	250**
T ₂	a ₁ b ₂	(3), tierra de bosque (2),	Mediano	400
T ₃	a ₁ b ₃	arena (1)*	Grande	400
T ₄	a ₂ b ₁	Tierra agrícola	Pequeño	250**
T ₅	a ₂ b ₂	(3), bokashi (2),	Mediano	400
T ₆	a ₂ b ₃	arena (1)*	Grande	400

* Sustrato y formulación del vivero de la FRNR – UNAS. UE: Unidad experimental

** Se utilizó 250 semillas de tamaño pequeño debido a la escasa disponibilidad respecto al total.

3.4.2.2. Características del diseño

El diseño considerado para la etapa de germinación, energía germinativa y crecimiento de los plantones a nivel de vivero, presentó las siguientes características:

Número de combinaciones : 6

Repeticiones por combinación : 4

Número de semillas por combinación : 400

Número total de semillas : 2,100

3.4.2.3. Croquis del campo experimental

La distribución de las combinaciones fue aleatoriamente (Figura 5).

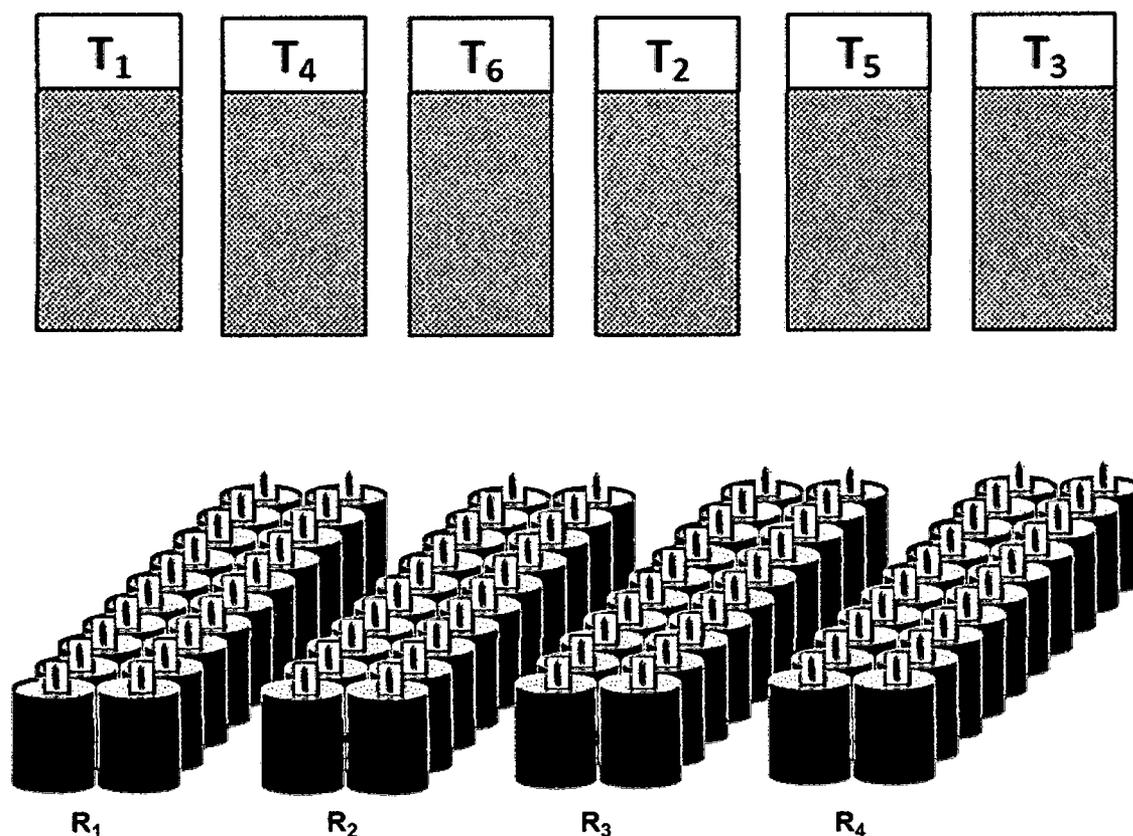


Figura 5. Distribución de las combinaciones con sus respectivas repeticiones.

3.5. Modelo aditivo lineal

El modelo matemático se basó en un experimento factorial de la forma $2A \times 3B$, donde A representa al tipo de sustrato y B al tamaño de la

semilla, la investigación se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar, cuya ecuación es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i\beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Representa la media global.

α_i = Efecto del factor A (tipo de sustrato).

β_j = Efecto del factor B (tamaño de semilla).

$\alpha_i\beta_j$ = Efecto de interacción entre el factor A y el factor B.

ε_{ij} = Efecto del error experimental.

3.5.1. Contrastación estadística de significación

Contraste de significatividad del primer factor:

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2.$

$H_1: H_0$ es falsa; $\alpha_1 \neq \alpha_2.$

Contraste de significatividad del segundo factor:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3.$

$H_1: H_0$ es falsa; algún β_j es diferente a otros niveles.

Contraste de la interacción.

$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0 \forall i, j.$

$H_1: \text{algún } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0.$

Además, se utilizó la distribución de la variable "F" de Fisher-Snedecor.

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Variables independientes

- Tipo de sustrato.
- Tamaño de semilla.

3.6.2. Variables dependientes

- Peso de semillas.
- Número de semillas por kilogramo.
- Energía germinativa.
- Poder germinativo.
- Diámetro a nivel del cuello (DAC).
- Altura del plantón.
- Biomasa.
- Relación tallo - raíz.
- **Diámetro a nivel del cuello de cada plantón (cm).** Variable cuya primera medición se realizó 45 días después de la siembra, y se repitió

cada 30 días hasta los 135 días. Las mediciones se realizaron con un vernier mecánico.

- **Altura de la planta (cm).** Se realizaron tres mediciones empleando una wincha de tres (03) metros.

- **Longitud de la raíz.** Variable que se midió cortando la bolsa de polietileno y desmoronando cuidadosamente el sustrato a efectos de no romper las raíces y mantenerlas lo más intacto posible; finalmente se realizó la medición con una regla graduada de 30 cm.

- **Biomasa aérea y radicular.** Para el efecto se utilizaron tres plantas por cada combinación, las que fueron delicadamente retiradas de sus sustratos. Luego, en el laboratorio fueron cuidadosamente seccionadas a nivel del cuello de la planta en parte aérea y radicular, las que posteriormente fueron colocadas en la estufa con la finalidad de determinar el peso seco (biomasa). Este proceso se realizó a los 135 días después de la siembra.

3.7. Fase de gabinete

En esta fase se realizó el análisis de datos obtenidos de la germinación de semillas y crecimiento de los plantones en vivero, luego se procedió a la comparación y evaluación de los resultados encontrados en cada tratamiento de la investigación. Para el proceso, digitalización e interpretación de los datos evaluados se empleó el paquete estadístico SPSS v 19 y el software Microsoft Excel 2010, generándose a través de ellos cuadros y figuras, y determinándose la correlación entre el tamaño de semillas y el

crecimiento, para lo cual se siguió la metodología propuesta por HERNÁNDEZ *et al.* (2006), cuyo coeficiente se clasifica en:

-1.00 = Correlación negativa perfecta.

-0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

-0.75 = Correlación negativa considerable.

-0.50 = Correlación negativa media.

-0.25 = Correlación negativa débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

+0.10 = Correlación positiva muy débil

+0.25 = Correlación positiva débil.

+0.50 = Correlación positiva media.

+0.75 = Correlación positiva considerable.

+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.

+1.00 = Correlación positiva perfecta.

IV. RESULTADOS

4.1. Características de las semillas de *S. macrophylla* King.

Un kilogramo de semillas con tamaño pequeño (5.5 cm - 7.5 cm), contiene 2,915 semillas; un kilogramo de semillas medianas (7.6 cm - 9.1 cm), 2,031 semillas; mientras que para las de tamaño grande (> 9.2 cm), un kilogramo contiene 1,725 semillas. Por otra parte, el contenido de humedad promedio fue de 8.39% (Cuadro 4 y Figura 6).

Asimismo, se observa que en semillas con tamaño grande el porcentaje de impurezas es mayor respecto a semillas pequeñas y medianas; tendencia contraria se observa lógicamente en el porcentaje de pureza. Esto puede atribuirse a dos aspectos: primero, que las semillas grandes poseen también mayor biomasa de alas; y segundo, que las semillas medianas y pequeñas presentan menor cantidad de semillas vanas.

Cuadro 4. Características de tres tamaños de semillas de *S. macrophylla* King.

Tamaño de semilla	Pureza (g)	Pureza (%)	Impureza (g)	Impureza (%)	Semillas húmedas/ kg	Humedad promedio (%)
Pequeño	38.97	88.04	4.66	11.96	2,915	
Mediano	55.64	88.53	6.38	11.47	2,031	8.39
Grande	66.13	87.71	8.13	12.29	1,725	

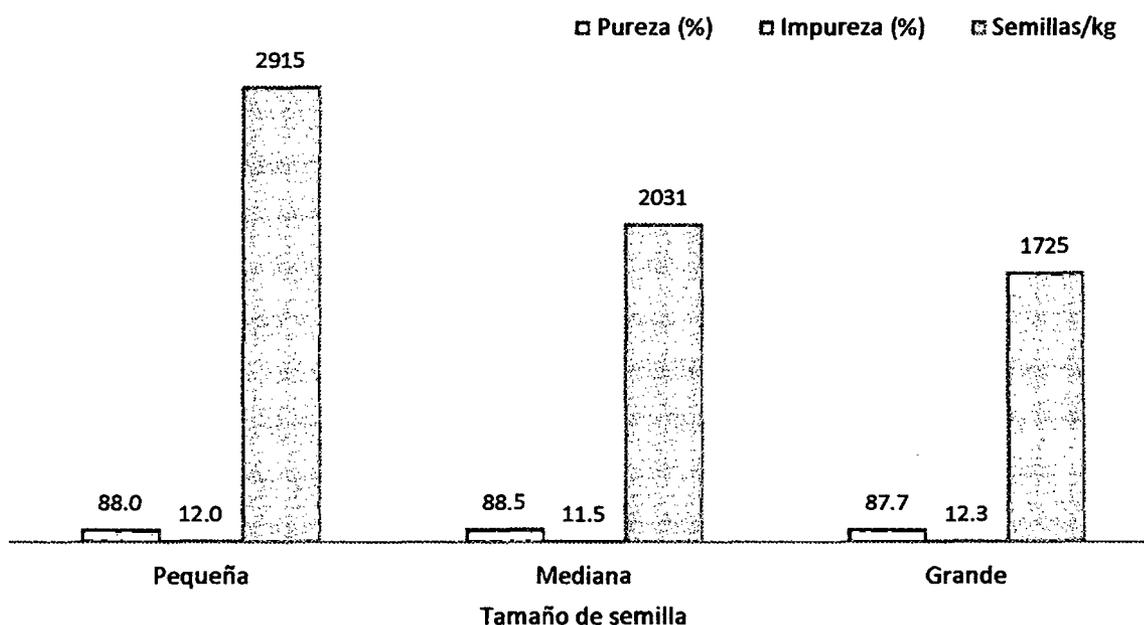


Figura 6. Pureza varietal y número de semillas por kilogramo en tres tamaños de semillas de *S. macrophylla* King.

4.2. Influencia de dos tipos de sustrato en la germinación de *S. macrophylla* King.

Las semillas de *S. macrophylla* King. sembradas en el sustrato tipo 1 (tierra agrícola (3), tierra de bosque (2), arena (1)) tuvo mayor porcentaje de germinación respecto a las semillas sembradas en el sustrato tipo 2 (tierra agrícola (3), bokashi (2), arena (1)).

Las semillas sembradas en los dos tipos de sustrato germinaron a los 18 días después de realizarse la siembra, observándose que con el sustrato tipo 1 germinó la mayor cantidad de semillas a partir de los 19 días respecto a las semillas sembradas con el sustrato tipo 2. Asimismo, la germinación con ambos tipos de sustrato culminó a los 30 días de efectuada la siembra.

Cuadro 5. Germinación de semillas en ambos tipos de sustrato.

Sustrato	Semillas sembradas	Semillas germinadas	Germinación (%)
Tipo 1	1,050	864	82.20
Tipo 2	1,050	765	71.75

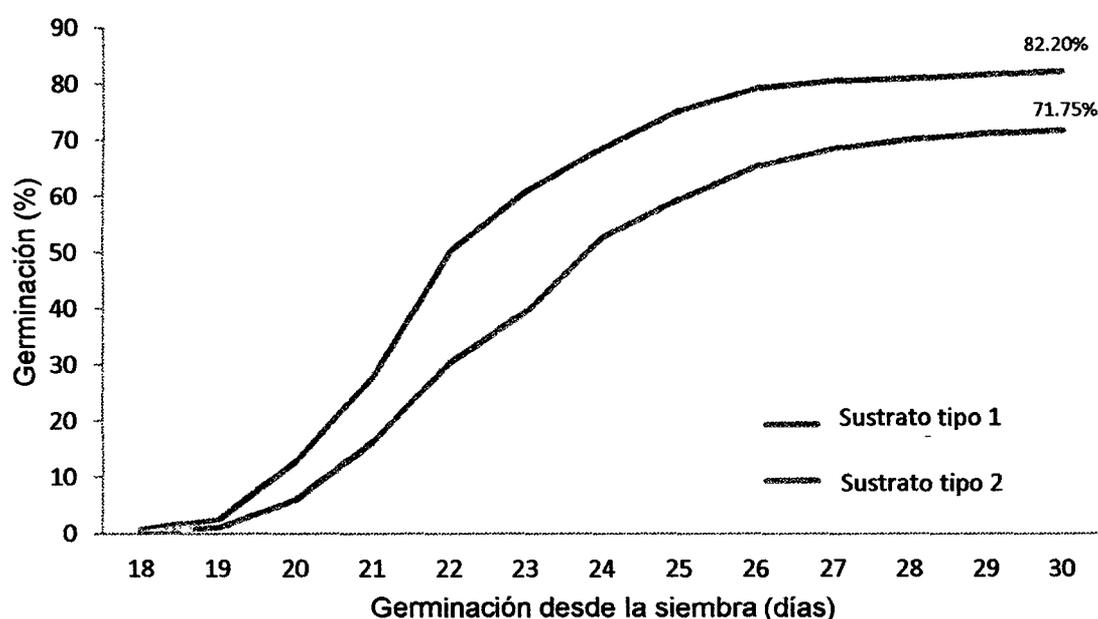


Figura 7. Germinación de las semillas en los dos tipos de sustrato.

La máxima germinación media diaria de las semillas se registró con el sustrato tipo 1 durante los días 25 y 26 después de la siembra, con un 78.6% de energía germinativa; mientras que con el sustrato tipo 2, la energía germinativa se registró a los 26 y 27 días de la siembra, con un valor promedio de 67.3 % (Cuadro 6).

Cuadro 6. Energía germinativa de *S. macrophylla* King. con influencia de los dos sustratos.

Sustrato	Máxima germinación media (días)	Germinación media (%)	Energía germinativa (%)
Tipo 1 (con tierra de bosque)	26, 25 y 26	82.2	78.6
Tipo 2 (con bokashi)	26, 26 y 27	71.8	67.3

La curva de germinación media diaria muestra su máximo valor con semillas germinadas en el sustrato tipo 1, observándose que los mayores valores de germinación en ambos sustratos se registraron a 22 días de sembradas las semillas, culminando la germinación a los 30 días de la siembra (Figura 8).

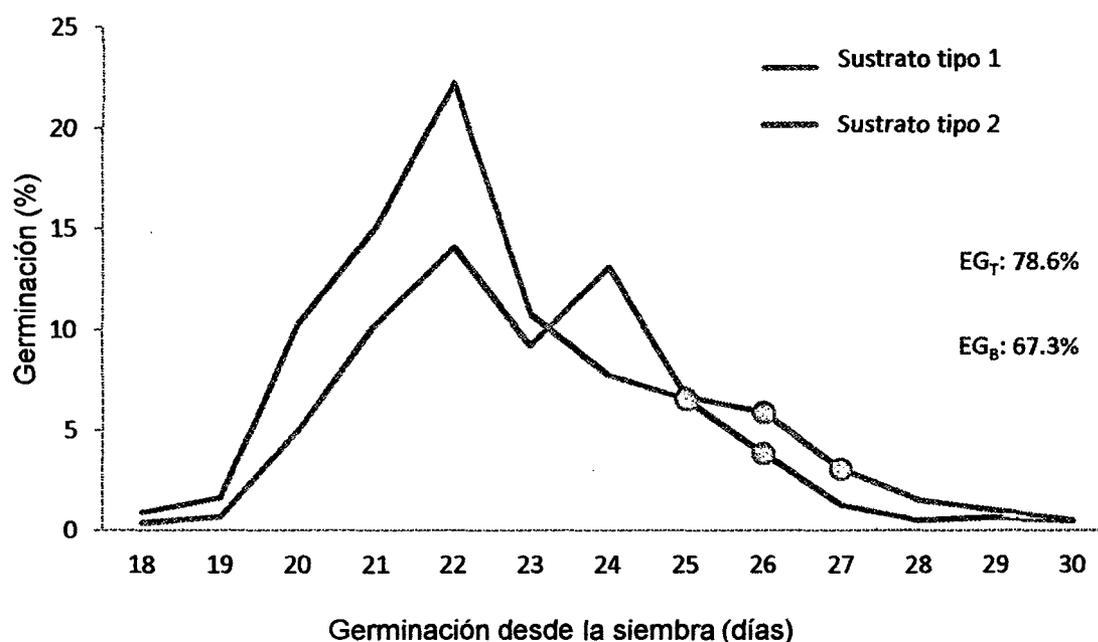


Figura 8. Energía germinativa por efecto de dos tipos de sustrato en las semillas de *S. macrophylla* King.

4.3. Efecto del tamaño de semillas de *S. macrophylla* King. en el poder y energía germinativa

Las semillas con tamaño grande alcanzaron 83 % de germinación, seguido por las semillas con tamaño mediano (75.13 %) y en menor porcentaje las semillas pequeñas (72.80%). El inicio de la germinación fue similar para los tres tamaños de semillas, a partir de los 22 días de la siembra, culminando 30 días después de la siembra.

Cuadro 7. Efecto del tamaño de las semillas sobre la germinación.

Tamaño de semilla	Semillas sembradas	Semillas germinadas	Germinación (%)
Pequeño	500	364	72.80
Mediano	800	601	75.13
Grande	800	664	83.00

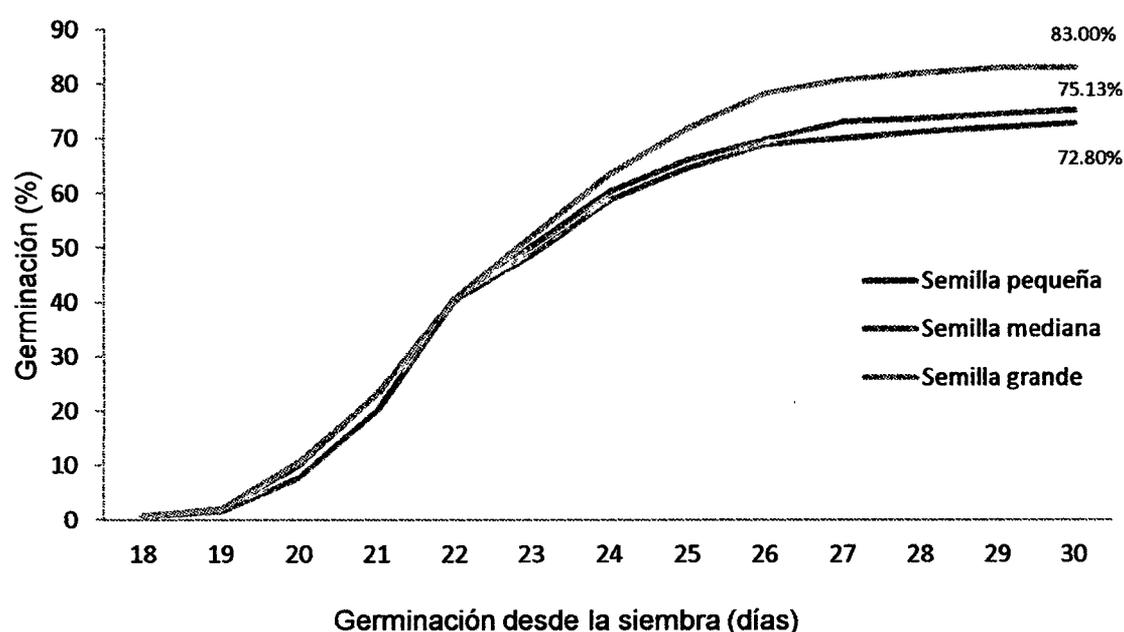


Figura 9. Germinación en los tres tamaños de semillas.

La máxima germinación media diaria alcanzada por el efecto de los tamaños de semilla presentó variación entre los 25 días y 27 días para semillas de tamaño mediano, mientras que en las de tamaño pequeño y grande se registró a los 26 días después de la siembra. La energía germinativa fue superior en semillas de tamaño grande con un 78.4%, para semillas de tamaño mediano fue 71.5%, y 69% en semillas de tamaño pequeño; la diferencia entre semillas pequeñas y grandes fue mayor al 9% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Energía germinativa de *S. macrophylla* King. por efecto del tamaño de semillas.

Tamaño de semilla	Máxima germinación media diaria (días)	Germinación media (%)	Energía germinativa (%)
Pequeño	26 y 26	72.8	69.0
Mediano	25 y 27	75.1	71.5
Grande	26 y 26	83.0	78.4

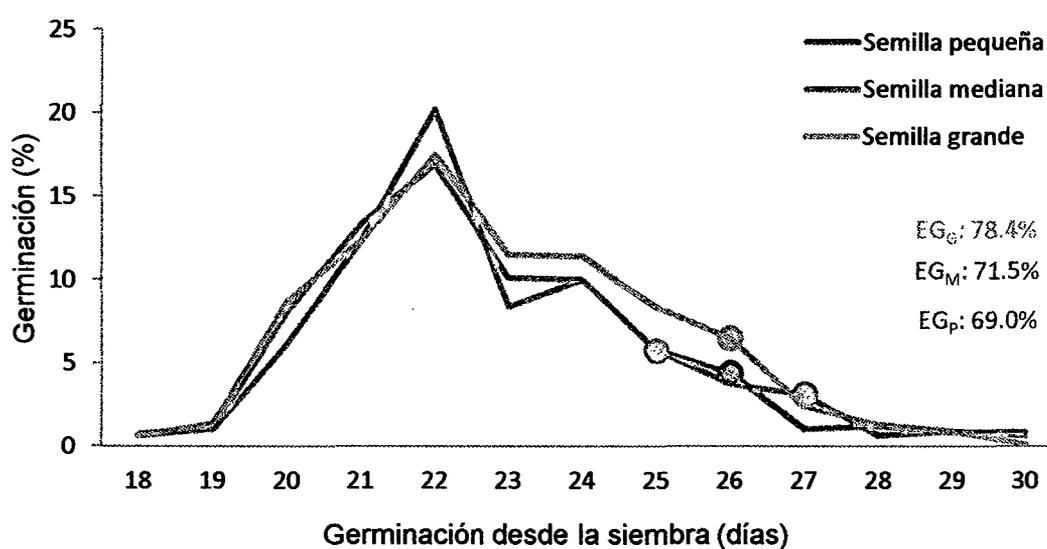


Figura 10. Energía germinativa por efecto del tamaño de semillas de *S. macrophylla* King.

4.4. Efecto del tamaño de semillas de *S. macrophylla* King. y tipos de sustrato en el crecimiento de diámetro del tallo, altura del plantón, relación tallo - raíz y la biomasa, en la etapa de vivero

4.4.1. Diámetro del tallo en plantones de *S. macrophylla* King.

Los dos tipos de sustrato y los tres tamaños de semillas presentan diferencias estadísticamente significativas respecto al diámetro del tallo de los plantones. Asimismo, se encontró interacción entre ambos factores (Cuadro 9).

Cuadro 9. ANVA para la variable diámetro del tallo de *S. macrophylla* King.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	2.370	0.474	19.570	<0.001*
Tipo de sustrato (A)	1	0.265	0.265	10.925	0.004*
Tamaño de semilla (B)	2	1.227	0.614	25.339	<0.001*
Tipo de sustrato * Tamaño de semilla (A x B)	2	0.878	0.439	18.122	<0.001*
Error	18	0.436	0.024		
Total	23	2.806			

CV (%): 7.28%, valores registrados a los 135 días después de la siembra.

El comportamiento del diámetro de tallo ha sido variable durante el tiempo de evaluación, registrando mayor valor estadístico en los plantones producidos con el sustrato tipo 1 (con tierra de bosque) a los 75 y 135 días. A partir de los 105 días se observa un incremento exponencial de la variable diámetro del tallo en los plantones (Figura 11).

Cuadro 10. Prueba Tukey para el diámetro de tallo en plantones de *S. macrophylla* King. por efecto de dos tipos de sustrato.

Sustrato	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
	45	45	75	75	105	105	135	135
Tipo 1	0.202	a	0.283	a	0.319	a	0.490	a
Tipo 2	0.202	a	0.265	b	0.320	a	0.469	b

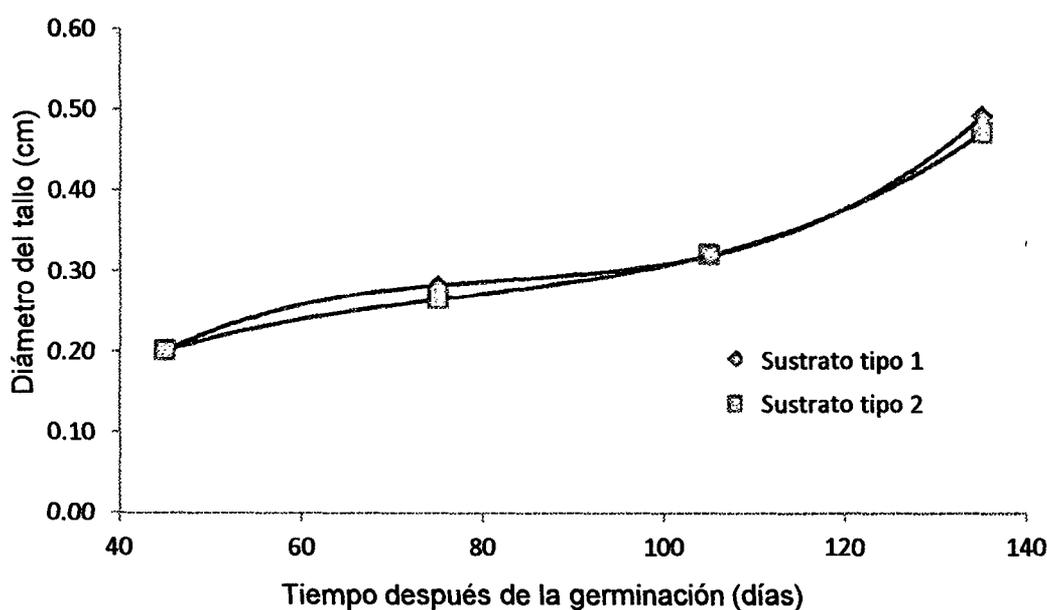


Figura 11. Crecimiento del diámetro del tallo en plantones de *S. macrophylla* King. por efecto de dos tipos de sustrato.

El diámetro de tallo de plantones de *S. macrophylla* King. mostró una tendencia de crecimiento mayor para semillas grandes, seguida por el diámetro de plantones de semillas medianas; en ambos casos, los valores superaron estadísticamente al diámetro de plantones producidos con semillas pequeñas.

Cuadro 11. Prueba Tukey para la variable diámetro del tallo de *S. macrophylla* King. por efecto del tamaño de semillas.

Tamaño de semilla	Prom 45	Sig 45	Prom 75	Sig 75	Prom 105	Sig 105	Prom 135	Sig 135
Pequeño	0.19	b	0.24	c	0.29	b	0.45	b
Mediano	0.21	a	0.28	b	0.34	a	0.49	a
Grande	0.21	a	0.30	a	0.33	a	0.50	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

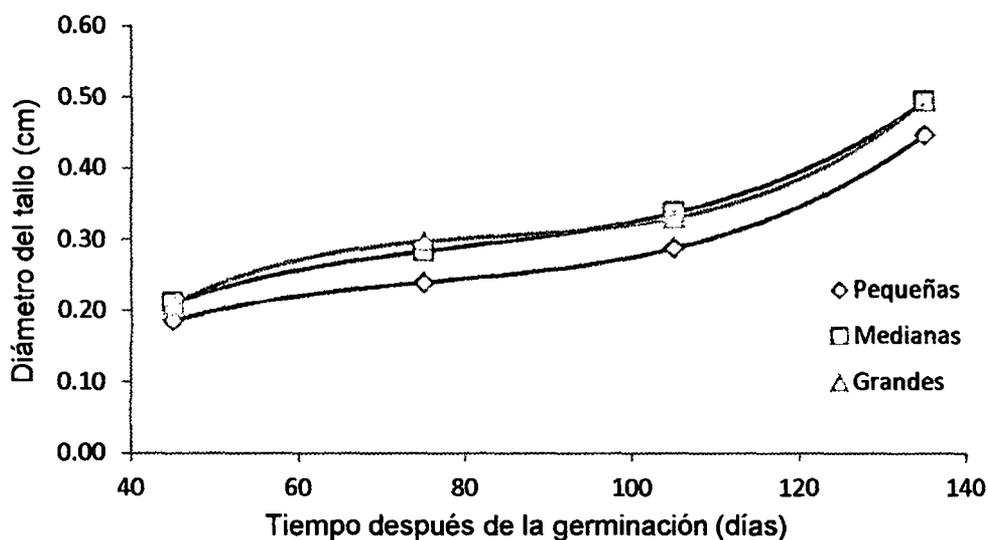


Figura 12. Diámetro del tallo por efecto del tamaño de las semillas.

A 135 días de la siembra, se registraron datos aglomerados por efecto del tamaño de semillas y tipo de sustrato. El diámetro del tallo proveniente de semillas medianas con sustrato tipo 1, fue de 4.97 mm; para semillas grandes con sustrato tipo 2, el diámetro fue de 5.05 mm; y para semillas pequeñas con sustrato tipo 1, el diámetro fue de 4.84 mm (Figura 13).

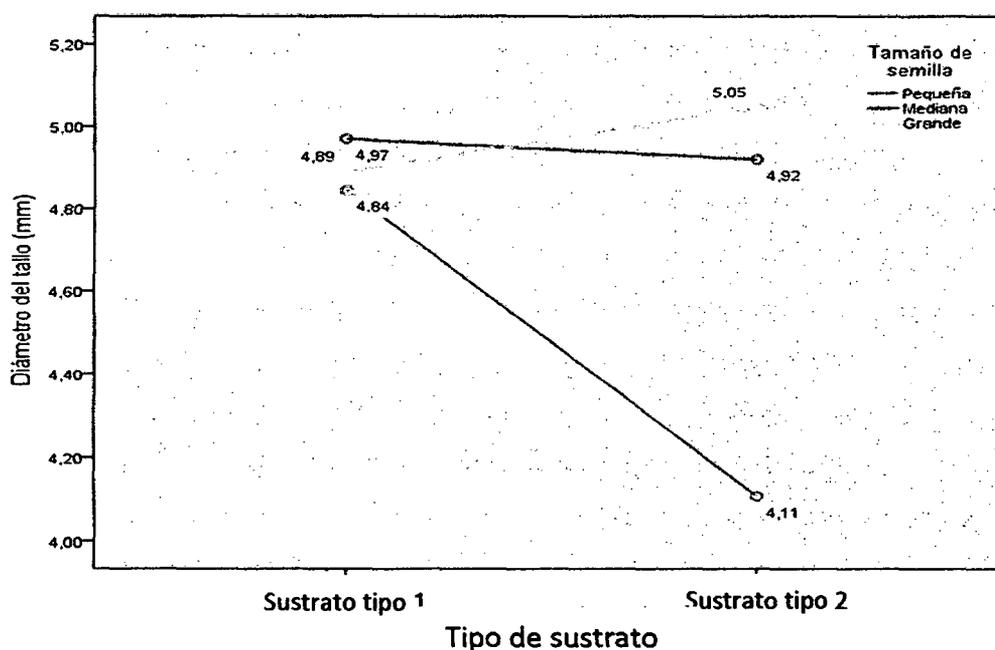


Figura 13. Interacción del tipo de sustrato y el tamaño de semillas sobre el diámetro a nivel del cuello en los plantones de *S. macrophylla* King.

Se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa en los tamaños de semillas (factor B) bajo la presencia del sustrato tipo 1 (a1), mientras que estadísticamente existen diferencias estadísticas entre los tamaños de semillas (factor B) bajo la presencia del sustrato tipo 2 (a2); por otra parte, hay diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato (factor A) bajo la presencia de semillas pequeñas (b1) y no hubo diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato (factor A) bajo la presencia de semillas medianas (b2) y grandes (b3).

Cuadro 12. ANVA para el efecto entre los niveles del factor A y B sobre la variable diámetro del tallo.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
B en a1	2	0.0005	0.0002	0.6131	0.5628 ^{ns}
B en a2	2	0.0197	0.0099	64.5273	<0.0001*
A en b1	1	0.0098	0.0098	43.5556	0.0006*
A en b2	1	0.0001	0.0001	0.7714	0.4136 ^{ns}
A en b3	1	0.0006	0.0006	1.4272	0.2773 ^{ns}

Donde:

(a1): Sustrato tipo 1: tierra agrícola (3), tierra de bosque (2), arena (1).

(a2): Sustrato tipo 2: tierra agrícola (3), bokashi (2), arena (1).

(b1): Semillas tamaño 1: pequeño, con dimensiones entre 5.5-7.5 cm.

(b2): Semillas tamaño 2: mediano, con dimensiones entre 7.6-9.1 cm.

(b3): Semillas tamaño 3: grande, con dimensiones mayores a 9.2 cm.

Se registró que los tamaños mediano (b2) y grande (b3) influenciaron mejor en el diámetro del tallo bajo la presencia de sustrato tipo 2 (a2).

Cuadro 13. Prueba Tukey para el efecto del factor B en A sobre la variable diámetro del tallo.

Tamaño del factor B	Sustrato tipo 1 (a1)		Sustrato tipo 2 (a2)	
Pequeño (b1)	0.48	a	0.41	b
Mediano (b2)	0.50	a	0.49	a
Grande (b3)	0.49	a	0.51	a

Letras diferentes muestran significancia estadística ($p < 0.05$).

Al analizar los tipos de sustrato (factor A), se observa que influenciaron mejor bajo la presencia de semillas de tamaño pequeño (b1) (0.41 y 0.48, respectivamente), mientras que en semillas medianas (b2) y grandes (b3) no hubo diferencias estadísticas de los promedios.

Cuadro 14. Prueba Tukey para el efecto del factor A en B sobre la variable diámetro del tallo.

Tipo del factor A	Pequeño (b1)		Mediano (b2)		Grande (b3)	
Sustrato tipo 1 (a1)	0.48	a	0.50	a	0.49	a
Sustrato tipo 2 (a2)	0.41	b	0.49	a	0.51	a

Letras diferentes muestran significancia estadística ($p < 0.05$).

4.4.2. Altura de plántones de *S. macrophylla* King.

Los tipos de sustrato y tamaños de semilla han influenciado en el crecimiento en altura de los plántones, de manera que existen diferencias estadísticamente significativas entre sus valores a los 135 días de iniciada la germinación. Por otra parte, no se ha encontrado interacción entre los factores en estudio, la cual indica que los diferentes tamaños de semillas presentan efectos con rangos similares ante la influencia de los dos tipos de sustrato.

Debido a que no existe interacción, no se aprueban los efectos simples en cada factor (A y B), motivo por el cual no se compara los tipos de sustrato (factor A) bajo la presencia de tres tamaños de semilla (factor B). El coeficiente de variación fue excelente (8.82 %).

Cuadro 15. ANVA para la variable altura de plántones de *S. macrophylla* King.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	120.507	24.101	21.877	<0.001*
Tipo de sustrato (A)	1	13.908	13.908	12.625	0.002*
Tamaño de semilla (B)	2	101.986	50.993	46.287	<0.001*
Tipo de sustrato * Tamaño de semilla (A x B)	2	4.613	2.306	2.094	0.152ns
Error	18	19.830	1.102		
Total	23	140.336			

CV (%): 8.82 %, valores registrados a los 135 días desde la siembra.

Los plántones producidos en el sustrato tipo 1 (con tierra de bosque), estadísticamente registraron mayor valor en el crecimiento en altura a

135 días después de iniciada la germinación (28.753 cm); mientras que los plantones producidos en el sustrato tipo 2 (con bokashi), obtuvieron menor valor (27.231 cm).

Cuadro 16. Promedios de altura en plantones de *S. macrophylla* King. por efecto de dos tipos de sustrato.

Tipo de sustrato	Prom. 45	Sig. 45	Prom. 75	Sig. 75	Prom. 105	Sig. 105	Prom. 135	Sig. 135
Tipo 1	17.792	a	19.647	a	22.761	a	28.753	a
Tipo 2	16.566	b	18.792	b	21.150	b	27.231	b

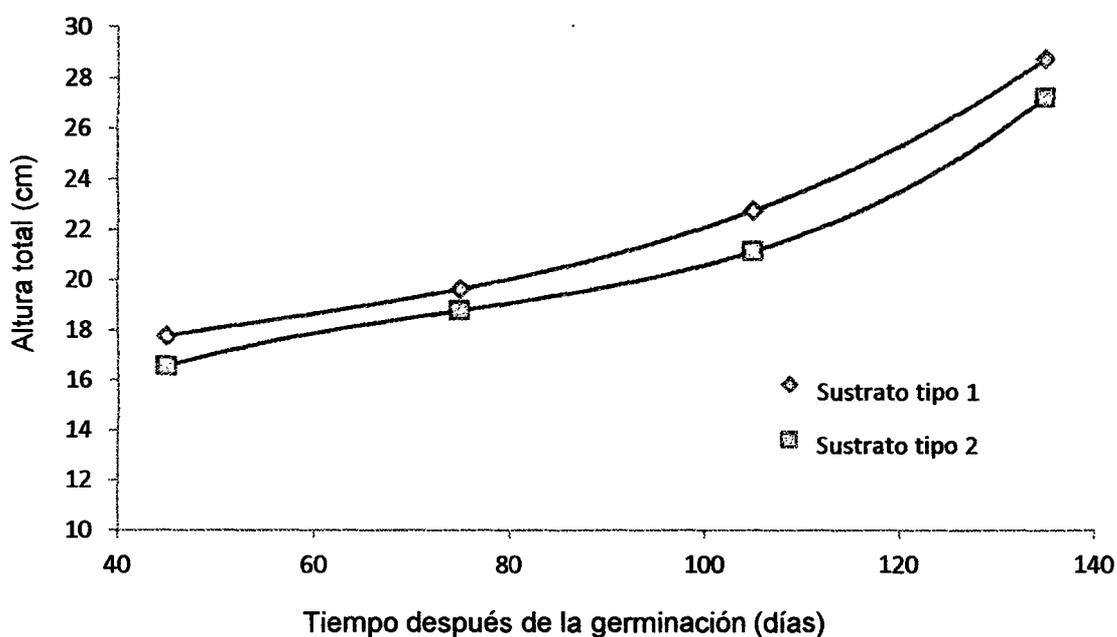


Figura 14. Altura de plantones de *S. macrophylla* King. por efecto de dos tipos de sustrato.

En el análisis de promedios del efecto factor B (tamaño de semilla), se observa que las semillas grandes obtuvieron mayor altura en las cuatro

evaluaciones (30.24 cm), seguidas por semillas medianas con 28.47 cm, y finalmente semillas pequeñas cuyos plantones alcanzaron 25.26 cm de altura (Cuadro 17 y Figura 15).

Cuadro 17. Prueba Tukey para la variable altura por efecto del tamaño de semillas.

Tamaño de semilla	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
	45	45	75	75	105	105	135	135
Pequeño	15.31	c	17.72	c	19.44	c	25.26	c
Mediano	17.42	b	18.64	b	22.77	b	28.47	b
Grande	18.81	a	21.29	a	23.65	a	30.24	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

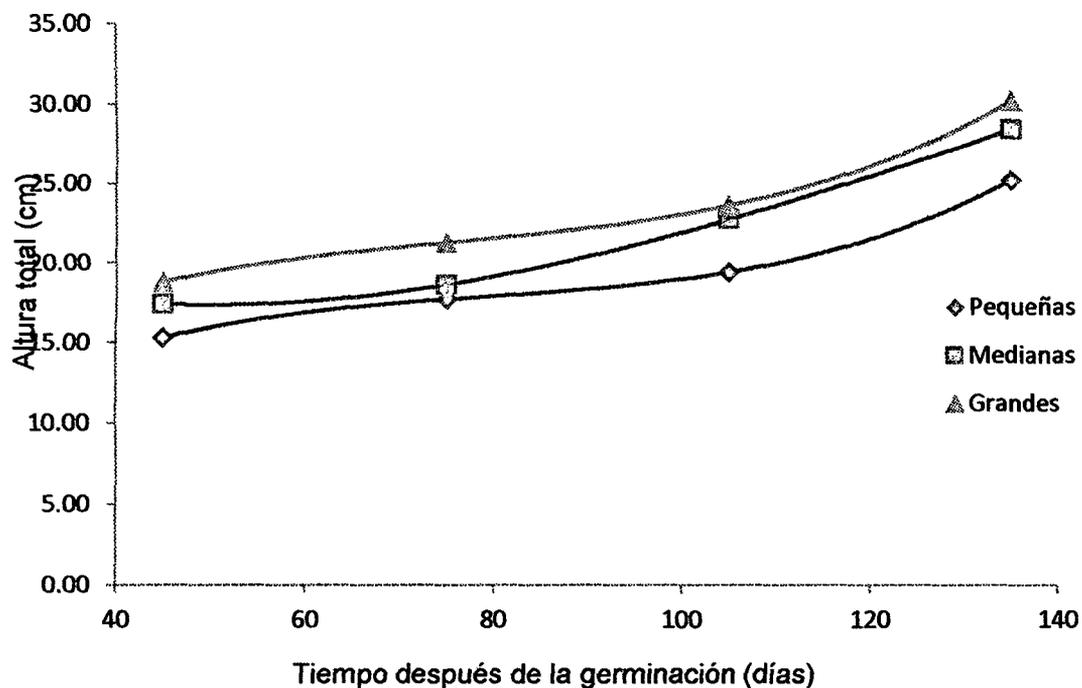


Figura 15. Altura de plantones por efecto del tamaño de semillas.

No se encontró interacción entre los dos factores utilizados. Al respecto, la interacción de factores se representa gráficamente y es mayor a medida que las líneas tiendan a cruzarse. En la Figura 16 se muestra la ausencia de interacción debido a que las líneas son casi paralelas. En el eje X se muestran los tipos de sustrato (factor A) y en el eje Y los valores promedio de la interacción entre los factores A y B.

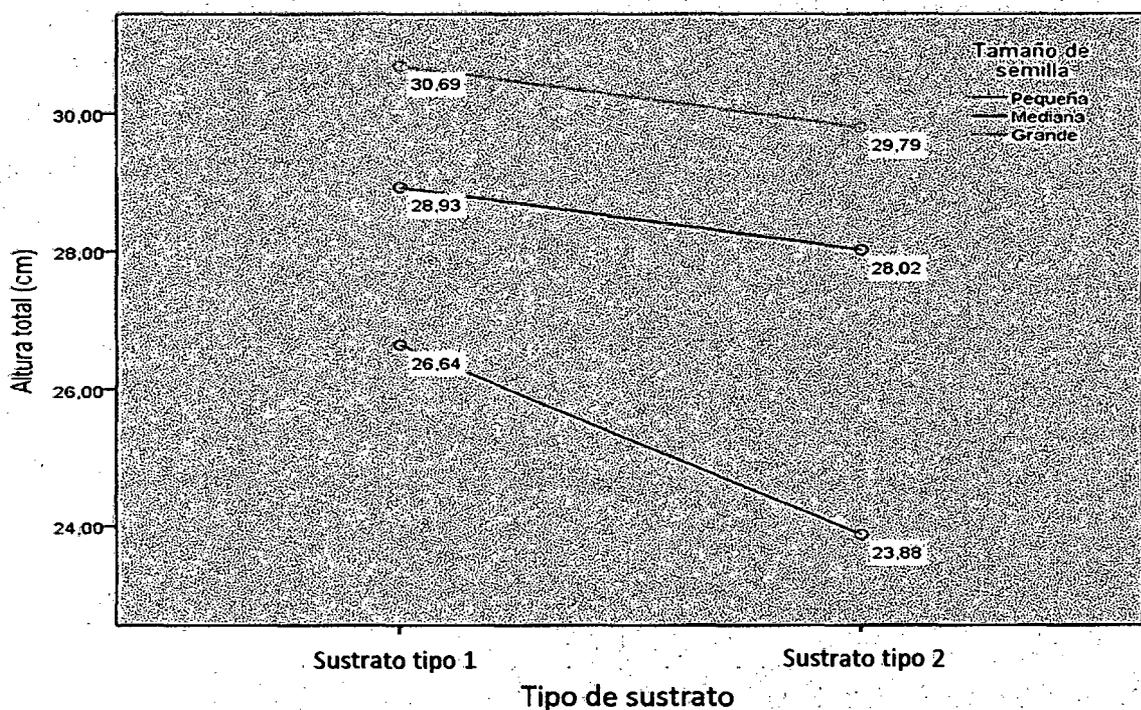


Figura 16. Interacción entre el tipo de sustrato y tamaño de semillas.

4.4.3. Relación tallo – raíz en plántones de *S. macrophylla* King. por efecto del tipo de sustrato y tamaño de semilla

El análisis de varianza realizado para la relación tallo – raíz indica que existe diferencia estadísticamente significativa en el efecto de los tipos de sustrato y tamaño de semillas, encontrándose interacción entre los niveles de los dos factores utilizados.

Cuadro 18. ANVA para la relación tallo - raíz de plantones de *S. macrophylla* King. producidos con diferentes sustratos y tamaños de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	3.467	0.693	8.466	<0.001*
Tipo de sustrato (A)	1	1.519	1.519	18.545	<0.001*
Tamaño de semilla (B)	2	1.236	0.618	7.544	0.001*
Tipo de sustrato * Tamaño de semilla (A x B)	2	0.697	0.348	4.253	0.018*
Error	69	5.651	0.082		
Total	74	9.118			

* presenta diferencia estadística ($p < 0.05$).

En la comparación de promedios (Tukey) de los efectos principales del factor tipo de sustrato (A), se observa que el uso del sustrato tipo 1 tuvo influencia directa reflejada en el mayor valor de la relación tallo - raíz (1.86).

Cuadro 19. Prueba Tukey para la relación tallo - raíz por efecto del tipo de sustrato.

OM	Sustrato	Relación tallo - raíz	Significancia
1	Tipo 1 (con tierra de bosque)	1.86	a
2	Tipo 2 (con bokashi)	1.57	b

Letras diferentes muestran significancia estadística ($p < 0.05$).

En la comparación de promedios de la relación tallo – raíz bajo la influencia del factor tamaño de semilla (B), se observa que existe diferencia estadísticamente significativa al utilizar semillas de tamaño grande, cuyo valor a 135 días es de 1.89.

Cuadro 20. Prueba Tukey para la relación tallo - raíz por efecto del factor tamaño de semilla.

OM	Tamaño de la semilla	Relación tallo - raíz	Significancia
1	Pequeño	1.58	b
2	Mediano	1.69	b
3	Grande	1.89	a

Letras diferentes muestran significancia estadística ($p < 0.05$).

Hubo interacción entre los dos factores tipo de sustrato y tamaño de semilla utilizadas. La interacción de factores se representa gráficamente, la tendencia indica el grado de interacción entre los factores, la cual aumenta a medida que las líneas tiendan a cruzarse.

La interacción entre los factores: A con 2 tipos de sustrato y B con 3 tamaños de semilla, se muestra en la Figura 17. Se observa que las líneas tienden a entrecruzarse, lo cual indica la existencia de interacción entre ambos factores; asimismo, el eje X muestra los tipos del factor A y el eje Y los valores promedio de la interacción de los factores A y B.

Por lo antes descrito, se procedió a realizar el análisis de los efectos entre los niveles de cada factor en estudio.

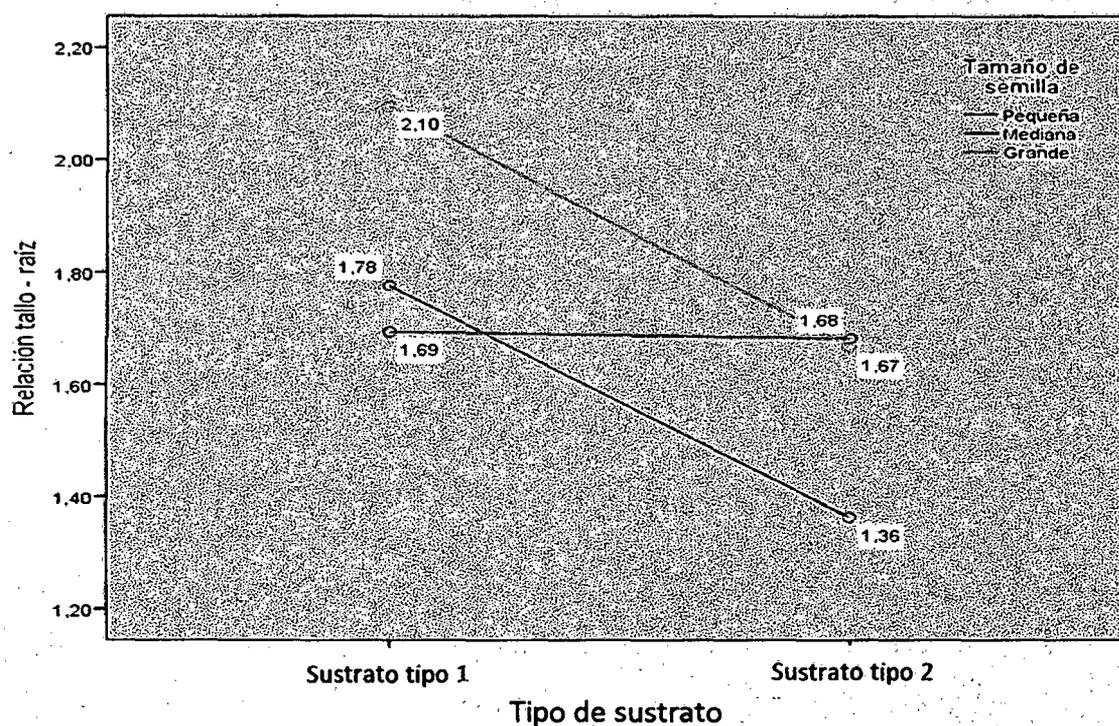


Figura 17. Interacción entre el efecto del tamaño de semillas y dos tipos de sustrato, sobre la relación tallo – raíz.

En el análisis de varianza se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa en los tamaños de semilla (factor B) bajo la influencia del sustrato tipo 1 (a1); así como entre los tamaños de semilla (factor B) bajo la presencia del sustrato tipo 2 (a2).

Asimismo, se encontró diferencias estadísticas entre los tipos de sustrato (factor A) bajo la presencia de semillas pequeñas (b1); no hubo diferencia estadística entre los tipos de sustrato (factor A) bajo la influencia de semillas medianas (b2); y se encontró diferencia estadística entre los tipos de sustrato (factor A) bajo la presencia de semillas pequeñas (b3), motivo por el cual es favorable el análisis de los promedios respectivos.

Cuadro 21. ANVA para el efecto entre los niveles del factor A y B sobre la variable tallo-raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
B en a1	2	1.170	0.585	6.900	0.003*
B en a2	2	0.778	0.389	4.940	0.013*
A en b1	1	1.068	1.068	18.336	0.0003*
A en b2	1	0.001	0.001	0.012	0.914ns
A en b3	1	1.147	1.147	10.525	0.004*

En la prueba de comparación de promedios (Tukey), se registró que el tamaño grande de las semillas (b3) tuvo mejor influencia en la relación tallo – raíz bajo la presencia del sustrato tipo 1 (a1); mientras que las semillas medianas (b2) y grandes (b3) tuvieron mejor influencia en la relación tallo – raíz, bajo la presencia del sustrato tipo 2 (a2).

Cuadro 22. Prueba Tukey para el efecto del factor B en A sobre la relación tallo - raíz.

Tamaño de semilla (factor B)	Sustrato tipo 1 (a1)		Sustrato tipo 2 (a2)	
Pequeño (b1)	1.78	b	1.36	b
Mediano (b2)	1.69	b	1.68	a
Grande (b3)	2.10	a	1.67	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

En la comparación de promedios, el sustrato tipo 1 (a1) tuvo mejor influencia bajo la presencia de semillas pequeñas (b1) y grandes (b3); mientras que en el sustrato tipo 2 (a2), no hubo diferencias estadísticas bajo la influencia de semillas medianas (b2).

Cuadro 23. Prueba de Tukey para el efecto del factor A en B sobre la relación tallo-raíz.

Tipo de sustrato (factor A)	Semilla pequeña (b1)		Semilla mediana (b2)		Semilla grande (b3)	
Tipo 1 (a1)	1.78	a	1.69	a	2.10	a
Tipo 2 (a2)	1.36	b	1.68	a	1.67	b

Se determinó mayor efecto en semillas grandes (b3) bajo la influencia del sustrato tipo 1 (a1) (Cuadros 22 y 23), lo cual justifica el análisis solo a este nivel, concluyendo que los mejores efectos se han obtenido en la combinación sustrato tipo 1 – semillas de tamaño grande (a1b3).

4.4.4. Biomasa aérea y radicular en plantones de *S. macrophylla* King. por efecto del tamaño de semilla y tipo de sustrato

Se encontró una relación directamente proporcional entre el tamaño de semilla con la biomasa aérea y subterránea (sistema radicular), determinando que los plantones procedentes de semillas grandes presentan mayor biomasa en la parte aérea (tallos y hojas) y la parte subterránea (sistema radicular); este comportamiento presentó menor valor al emplearse el sustrato tipo 2 (con bokashi), mientras que los mayores valores se registraron empleando el sustrato tipo 1 (con tierra de bosque).

Cuadro 24. Biomasa aérea y radicular (g) en plantones producidos con diferentes tamaños de semilla y dos tipos de sustrato.

Cód.	Sustrato	Tamaño de semilla	PF raíz (g)	PF aéreo (g)	PS raíz (g)	PS aéreo (g)
1	Tipo 1 (con tierra de bosque)	Pequeño	15.30	45.00	9.43	30.3
2	Tipo 1 (con tierra de bosque)	Mediano	15.65	45.28	10.13	32.09
3	Tipo 1 (con tierra de bosque)	Grande	18.21	62.70	10.3	39.65
4	Tipo 2 (con bokashi)	Pequeño	7.10	39.40	5.75	17.25
5	Tipo 2 (con bokashi)	Mediano	12.92	41.74	8.69	33.48
6	Tipo 2 (con bokashi)	Grande	11.32	51.00	9.81	34.3

PF: Peso fresco y PS: Peso seco.

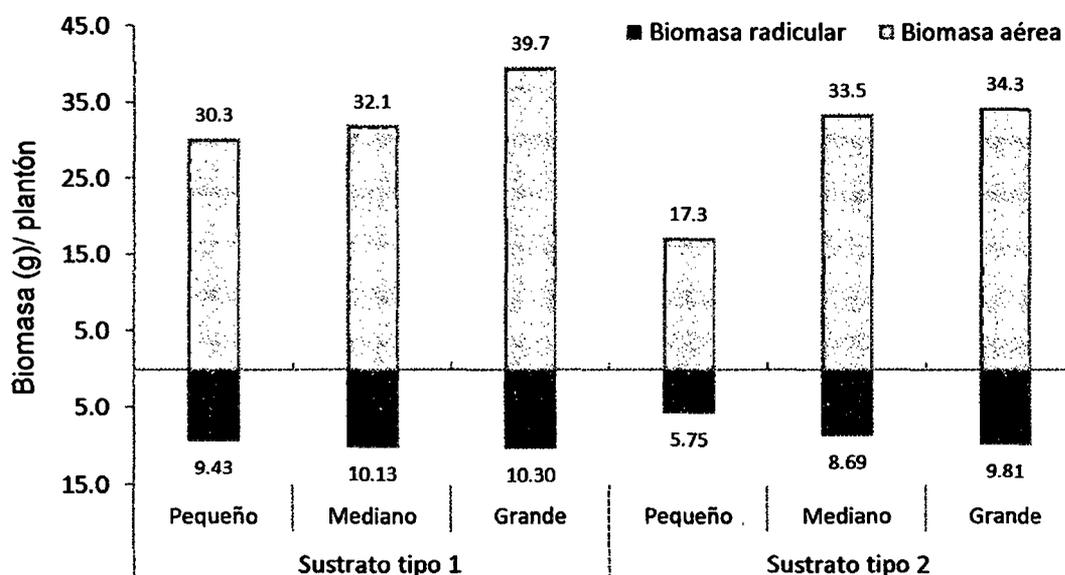


Figura 18. Biomasa aérea y radicular (g) en plantones de *S. macrophylla* King. producidos con diferentes tamaños de semilla y dos tipos de sustrato.

4.5. Correlación entre el factor tamaño de semilla y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plantones de *S. macrophylla* King.

El diámetro del tallo a los 135 días presentó una correlación positiva media con respecto al factor tamaño de semilla (0.5892), probablemente por el poco volumen de sustrato y por ende de nutrientes dado que las bolsas fueron de 4" x 7" x 1 mm; además del tiempo excesivo que permanecieron los plantones en el vivero.

Cuadro 25. Correlación entre el tamaño de las semilla y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plantones de *S. macrophylla* King.

Altura del plantón y diámetro del tallo (tiempo desde la siembra)	Factor B: tamaño de semilla	
	Coefficiente de correlación (R^2)	Sig. (bilateral)
Diámetro (cm) 45 días	0.7574	<0.001**
Altura (cm) 45 días	0.8903	<0.001**
Diámetro (cm) 75 días	0.8581	<0.001**
Altura (cm) 75 días	0.8721	<0.001**
Diámetro (cm) 105 días	0.7221	<0.001**
Altura (cm) 105 días	0.8217	<0.001**
Diámetro (cm) 135 días	0.5892	0.002**
Altura (cm) 135 días	0.8408	<0.001**

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

V. DISCUSIÓN

5.1. Influencia de dos tipos de sustrato en la germinación de *S. macrophylla* King.

El sustrato tipo 1 (tierra agrícola (3), tierra de bosque (2), arena (1)) tuvo influencia en la germinación de las semillas de *S. macrophylla* King., registrando mayor porcentaje de semillas germinadas en comparación al sustrato tipo 2 (tierra agrícola (3), bokashi (2), arena (1)); evidentemente se observa que la tierra de bosque como componente orgánico del sustrato tipo 1 favoreció la retención de humedad que es una condición favorable para la germinación.

Se sabe que en la capa superficial del suelo se generan las actividades que propician la germinación por presentar condiciones favorables de temperatura y humedad; al respecto, AZCONBIETO y TALON (2000) consideran como sustrato natural a la tierra suelta o arenosa de color cenizo o negro, que contiene los elementos necesarios en proporciones naturales para un desarrollo normal de la planta, pudiendo ser aprovechada como componente orgánico de bajo costo y fácil accesibilidad para sustratos.

La retención de humedad en el sustrato fue un aspecto favorable para la germinación debido a que la investigación se realizó en periodo de escasa precipitación pluvial (mayo – octubre); sobre el tema, RUANO (2003)

sostiene que el sustrato debe tener una alta capacidad de absorción y retención hídrica, para aportar el agua que necesita la planta entre un riego y el siguiente.

Otro aspecto de la importancia del sustrato sobre la germinación puede ser corroborado al comparar los resultados de la investigación con los obtenidos por MALPARTIDA (2007), al encontrar un 86.7 % de prendimiento en la especie tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke), empleando un sustrato formado por tierra agrícola (50 %) + aserrín descompuesto (10 %) + arena (10 %) + humus (30 %), lo cual indica que el componente orgánico de un sustrato propicia la retención de humedad para soportar el shock que sufren las plántulas durante el repique.

5.2. Efecto del tamaño de semillas de *S. macrophylla* King. en el poder y energía germinativa

No se observa diferencias en el período de inicio de la germinación respecto a los tamaños de semillas, dado que para los tres rangos de tamaño las semillas germinaron a los 18 días, culminando este proceso a 12 días de haberse iniciado la germinación; valores similares encontró REYNEL (2003), quien reporta inicio de germinación entre los 7 – 20 días posteriores a la siembra, finalizando luego de 10 – 15 días de iniciada la germinación.

La cantidad de semillas germinadas fue menor al 90 %, lo cual se debe básicamente al manejo (evaluación de semillas) a que fueron sometidas durante la investigación; valores superiores reportó MIRANDA (1999), al registrar un porcentaje de germinación promedio de 90% para semillas recién colectadas.

En un estudio realizado en Abangares (Costa Rica), se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa en la cantidad y calidad de las semillas según el tamaño del fruto; con base en estos resultados, SALAZAR y RAMÍREZ (1996) recomiendan recolectar sólo frutos grandes de *Swietenia macrophylla* King., a fin de obtener mayor cantidad y calidad de semillas, y consecuentemente plántulas con mayor crecimiento y desarrollo, lo cual destaca la importancia del tamaño de las semillas sobre la germinación. Resultados similares reportan que la mayor germinación en semillas grandes ha sido observada en muchas especies, como en *Cecropia obtusifolia* Bertol., en la cual las semillas grandes exhibieron el doble de germinación con respecto a las pequeñas (Tenorio *et al.*, 2008). Por otra parte, RADFORD (1977) sostiene que las semillas grandes tienen otras características que les confieren ventaja, como una mayor capacidad para emerger desde mayores profundidades del suelo, a diferencia de las pequeñas; o según BURSLEM y MILLER (2001), una mayor concentración de nitrógeno, como en la semilla de *Pericopsis elata* Harms van Mecuwen, árbol del bosque tropical subcaducifolio de Ghana.

5.3. Efecto del tamaño de semillas de *S. macrophylla* King. y tipos de sustrato en el crecimiento de diámetro del tallo, altura del plantón, relación tallo - raíz y la biomasa, en la etapa de vivero

El mayor crecimiento registrado en los plantones de *S. macrophylla* King. se registró en los procedentes de semillas grandes, lo cual se sustenta en la mayor vigorosidad que presentaban las plántulas al emerger, dado que el cotiledón presentaba mayor tamaño respecto al de los de semillas medianas y pequeñas.

ADOLFO (2007) refiere que *S. macrophylla* King. es una especie que tolera suelos con deficiencias en nutrimentos que otras especies no toleran, pero el crecimiento es lento en suelos excesivamente cultivados cuya materia orgánica se encuentra degradada; esta tendencia se observó en los plantones producidos con el sustrato tipo 2 (con bokashi), compuesto orgánico que al parecer no contiene los requerimientos nutricionales adecuados para el crecimiento de los plantones de *S. macrophylla* King., observándose un crecimiento menor respecto a los del sustrato tipo 1 (con tierra de bosque).

La tierra de bosque como componente del sustrato tipo 1 evidenció su efecto favorable sobre el crecimiento de los plantones de *S. macrophylla* King., debido a su contenido nutricional y propiedades físicas; ello es corroborado por AZCONBIETO y TALON (2000), quienes consideran a este componente orgánico como material natural que se obtiene de la capa superficial del suelo de bosques y es un medio para la nutrición y el crecimiento de las plantas, cuyas características son determinadas por los factores climáticos y biológicos (organismos vivos) que actúan sobre el material original. Asimismo, se observa que el sustrato aportó los nutrientes necesarios para el crecimiento de *S. macrophylla* King., lo cual se relaciona con lo reportado por RUANO (2003) quien destaca la ventaja del sustrato al aportar por sí mismo o a través de él, ciertos requerimientos funcionales a las plantas para su desarrollo. Por su parte, VALENZUELA *et al.* (2001).indica que producir plantones con calidad no solo depende de la calidad genética, sino que también es indispensable la incorporación de tecnología adecuada (sustrato, por ejemplo) en el proceso de producción.

El limitado crecimiento de los plantones pudo ser debido a que el componente orgánico bokashi utilizado en el sustrato tipo 2, presentó menor contenido nutricional en comparación a la tierra de bosque (sustrato tipo 1), lo cual puede explicarse al considerar que el bokashi se obtiene luego de un proceso de fermentación acelerada, con la ayuda de microorganismos benéficos (CEID, s.d.), y depende de los contenidos existentes en los materiales orgánicos que se utilizan para la producción de dicho abono orgánico (SHINTANI, 2000).

5.4. Correlación entre el factor tamaño de semilla y las variables altura del plantón y diámetro del tallo de plantones de *S. macrophylla* King.

Se encontró correlación positiva y significativa entre el tamaño de semillas y las variables diámetro del tallo a nivel del cuello y altura de los plantones, lo cual destaca la importancia de clasificar las semillas por tamaños, con la finalidad de obtener plantones con calidad; por su parte, MACO *et al.* (2000) en estudios realizados en camu camu evaluaron la influencia del tamaño de semilla sobre el desarrollo inicial, con resultados favorables sobre la altura de plantones procedentes de semillas grandes.

Resultados similares sobre la relación entre el tamaño de semillas y sus variables en los plantones son reportados por QUIRÓS y ARCE (2000), quienes luego de investigar en encino (*Quercus costaricensis* Liebmann), encontraron que semillas medianas y grandes superan a las muy pequeñas, tanto en su capacidad de germinación como en el crecimiento inicial durante los primeros cuatro meses.

Hubo menor relación entre el tamaño de las semillas con el diámetro a nivel del cuello en los plántones, aspecto característico debido a la competencia por luz a causa de que la producción de plántones se realizó en bolsas de polietileno 4" x 7" x 1 mm, por lo que no contaban con espacio suficiente ante el aumento de volumen del follaje; sumado a ello la escasa proporción de nutrientes aportados por el reducido volumen de sustrato y el exceso de tiempo que permanecieron los plántones en el vivero (135 días desde la siembra).

Resultados diferentes encontró en Bolivia ARTEAGA (2007), al analizar la variabilidad intraespecífica del tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl y su efecto sobre la velocidad de germinación y el tamaño de las plántulas, concluyendo que el tamaño de la semilla no influye sobre la velocidad de germinación ni sobre el tamaño de las plántulas; lo cual es un claro indicador que no en todas las especies el tamaño de semilla presenta relación con el crecimiento de los plántones.

VI. CONCLUSIONES

1. Un kilogramo de semillas consta de: 2,915 semillas pequeñas, 2,031 semillas medianas y 1,725 semillas grandes.
2. La germinación promedio empleando el sustrato tipo 1 (con tierra de bosque) fue de 82.2 %, con una energía germinativa de 78.6 %; mientras que empleando el sustrato tipo 2 (con bokashi), la germinación promedio fue de 71.8 %, con una energía germinativa del 67.3 %.
3. Las semillas de tamaño grande presentaron mayor cantidad de semillas germinadas (83.0 %), con una energía germinativa de 78.4 %; seguido de semillas medianas con 75.1 % de germinación y 71.5 % de energía germinativa; y en semillas pequeñas se obtuvo menor porcentaje de germinación.
4. Hubo mejores efectos sobre el diámetro del tallo en la combinación sustrato tipo 2 (con bokashi) – semillas medianas (0.49) y sustrato tipo 2 (con bokashi) – semillas grandes (0.51); mientras que la altura del plantón, relación tallo – raíz y biomasa tuvieron mejor comportamiento al utilizar la combinación sustrato tipo 1 (con tierra de bosque) - semillas grandes (a1b3).
5. Se encontró correlación positiva y significativa entre el tamaño de semillas con la altura del plantón y diámetro del tallo de los plantones.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para la producción de plántones de *S. macrophylla* King. con buena calidad, emplear semillas de tamaños grande y mediano; criterio a considerar cuando las semillas proceden de un solo árbol semillero, debido a que existe variación de tamaños entre individuos.
2. El sustrato a utilizar para la producción de plántones debe contener tierra de bosque como fuente de materia orgánica, en una proporción del 33.3% del volumen total.
3. Realizar trabajos similares donde se consideren diferentes especies forestales nativas, con la finalidad de garantizar la producción de plántones de calidad.
4. En trabajos similares sobre el uso de diferentes tamaños de semillas, continuar la investigación instalando los plántones en campo definitivo, para determinar ventajas o desventajas de la interacción tipo de sustrato – tamaño de semilla y su influencia sobre la calidad de las plantaciones.

**INFLUENCE OF SUBSTRATE AND SIZE SEED ON GERMINATION AND
INITIAL GROWTH OF THE MAHOGANY (*Swietenia macrophylla* King.) IN
TINGO MARÍA**

VIII. ABSTRACT

The seed size is considered an important factor in the ecology of the species, which can influence the germination rate and a number of attributes of the seedling. Therefore, the research has the following objectives: to quantify the influence of two types of substrate on germination of mahogany (*Swietenia macrophylla* King.); determine the effect of seed size *S. macrophylla* King. germination in the power and energy; determine the effect of seed size and type of substrate on the growth of stem diameter, seedling height, relation stem-root and biomass, in the nursery stage; and make the correlation between seed size and seedling height variables and stem diameter factor. The study was conducted in surroundings of the Faculty of Recursos Naturales Renovables of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, politically located in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huánuco region. The seed testing developed following the methodology (ISTA, 1976), and for the analysis of germination and growth in the nursery Random Complete Design was used factorial 2A x 3B, with two substrate types: type 1 (with forest land) (a1) and type 2 (with bokashi) (a2), and three seed sizes: small (b1), medium (b2) and large (b3). Once the experiment, the results indicate that: the highest average

percentage of germination was achieved with type 1 (a1) substrate, with 82.2 % and 78.6 % germination energy; large seeds (b3) had higher germination percentage (83.0 %), with 78.4 % germination energy; there were better effects on stem diameter in a2b2 (0.49) and a2b3 (0.51) combinations; while seedling height, relation stem-root and biomass had better performance when using the combination a1b3; and correlation between seed size with the growth in height and diameter of seedlings were found.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, R. 2011. Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King. de tres procedencias del estado de Tabasco, México. Tesis Ing. Agrónomo. Xalapa, México. Universidad Veracruzana. 59 p.
- ADOLFO, J. 2007. Diversidad genética en poblaciones de *Swietenia macrophylla* King. (Meliaceae) en Costa Rica y Bolivia. Tesis Magister Scientiae, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- AGUILAR CUMES, JM., AGUILAR CUMES, MA. 1992. Árboles de la reserva de biosfera Maya, Petén: guía para las especies del parque nacional Tikal. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas. 272 p.
- ASOCIACIÓN INTERÉTNICA DE DESARROLLO DE LA SELVA PERUANA (AIDSESEP). 2007. La tala ilegal de caoba (*Swietenia macrophylla*) en la amazonía peruana y su comercialización al mercado exterior. Lima, Perú. 54 p.
- AZCÓN-BIETO, J., TALÓN, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Ed. McGraw – Hill. Interamericana. Barcelona, España. 522 p.
- BARWICK, M. 2004. Tropical and subtropical trees. London, UK, Thames and Hudson. 484 p.

- BISCHOFF, N. 2008. Viveros y semillas [En línea]: (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0/forestacion/viveros/consideraciones.htm>, documentos, 25 de Nov. del 2013).
- BOCKUS, W.W., SHROYER, J.P. 1996. Effect of seed size on seedling vigor and forage production of winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 101-105.
- BONNER, F. 1974. Análisis de semillas forestales. Traducción libre del inglés por Dante Arturo Rodríguez Trejo. Serie de apoyo académico N° 47. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 53 p.
- CEID (CORPORACIÓN ECUATORIANA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO). s.d. Abonos orgánicos fermentados, Fundación CEID. 52 p.
- CORDERO, J., BOSHIER, D. 2003. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica, OFI/CATIE. 1079 p.
- DALLING, J.W. 2002. Ecología de semillas. En: M. Guariguata y G. Catan, eds. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica. pp. 345-375.
- DUARTE, O. 1981. Propagación sexual de las plantas, Lima – Nets. 60 p.
- FAO. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. Compilado por R.L Filian Roma. Roma, Italia. 502 p.

- FUNDEAGRO. 1989. Control de calidad en semillas. Lima, Perú.
FUNDEAGRO. 231 p.
- GARCÍA, F.J. s.d. Maduración y germinación de las semillas. Biología y Botánica. Unidad Docente de Biología Vegetal. ETSMRE, UPV. 32 p.
- GUEVARA, R. s.d. Técnicas para la germinación de semillas forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 54 p.
- HARTMANN, H., KESTER, D.E. 1982. Propagación de plantas. México: CECSA.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2006. Metodología de investigación. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 736 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- ISTA (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION). 2002. Reglas Internacionales para ensayos de semillas. Madrid, España. 280 p.
- JOHNSON, A. 1969. Studies of the Fruit of *Swietenia macrophylla* King. The Malayan forester. 32 (2):180-186.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un desarrollo sostenido. Traducido por Antonio Carrillo. Eschborn, Alemania. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 335 p.

- LAYNEZ – GARSABALL, J.A., MÉNDEZ – NATERA, J.R., MAYZ – FIGUEROA, J. 2008. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 11(1): 17 – 25.
- LEISHMAN, M.R., WRIGHT, I.J., MOLES, A.T., WESTOBY, M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. In: Fenner, M. (ed). *The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Pub. London. pp: 31-57.
- MACO, G.J., VILLACRÉS, J.I., PINEDO, M. 2000. Germinación y desarrollo inicial de *Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh y *Myrciaria* sp, con relación al tamaño de semilla y tipos de sustratos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú. 17 p.
- MALPARTIDA, I. 2007. Efecto de diferentes sustratos en el prendimiento y crecimiento del tornillo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 45 p.
- MEDINILLA SÁNCHEZ, OE. 1999. Estudio florístico de los bosques con dominancia de especies del género *Pinus* en la microcuenca del río Colorado, Río Hondo, Zacapa. Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala, USAC. 138 p.
- MIRANDA, F. 1999. Fichas técnicas de especies forestales estratégicas N° 24. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. SEMARNAP - PRONARE. Distrito Federal, Mx. s.p.

- MONTELIU, A. 2010. Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos. Tesis doctoral Ing. Agrónomo. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana, España. 213 p.
- MOREIRA, N. 2002. Semillas, ciencia, tecnología y producción. Montevideo, Uruguay. Impresos C.A. 398 p.
- MUÑOZ, A. 1995. Almacenamiento y contenido de humedad de las semillas. [En línea]: CESAF, (<http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n2/3.htm>, documentos, 15 Nov. 2013).
- PATIÑO, F., CENTENO, R., MARÍN, J. 2002. Conservation and use of mahogany in forests ecosystems in Mexico. Satellite event on the occasion of the Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Inter-Departmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture. FAO, Roma, Italy. s.p..
- PERETTI, A. 1997. Manual Para Análisis de Semillas. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 262 p.
- PÉREZ, C., HERNÁNDEZ, A., GONZÁLES, F.V., GARCÍA, G., CARBALLO, A., VÁSQUEZ, T.R., TOVAR, M.R. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. Agricultura Técnica en México Vol. 32 Núm. 3.
- PNUMA. 2003. Manual técnico de plantaciones forestales. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para el

Desarrollo de América Latina y El Caribe. Cajamarca, Perú. pp. 33 – 38.

QUIRÓS, L., ARCE, J. 2000. Influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de encino (*Quercus costaricensis* Liebmann). Talamanca, Costa Rica, CATIE. 6 p.

REYES, Z., RODRÍGUEZ, D.A. 2005. Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación de *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, año/vol. XI, número 002.

REYNEL, C. 2003. Árboles útiles de la amazonía peruana, un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. ICRAF, International Center for Research in Agroforestry. Editorial Breña. Lima, Perú. 510 p.

ROST, Th.L., BARBOUR, M.G., STOCKING, C.R., MURPHY, T.M. 1998. Plant biology. Wadsworth Publishing company. 185 p.

RUANO, R. 2003. Viveros forestales. Manual de cultivo y proyectos. Madrid, España, Mundi – Prensa. 281 p.

SALAZAR, R., RAMÍREZ, A. 1996. Efecto del tamaño de los frutos de *Swietenia macrophylla* en la cantidad de las semillas, la germinación y el crecimiento inicial de la plántulas. Revista Forestal Latinoamericana 16 (30):179 – 203.

SHINTANI, M. 2000. Manejo de Desechos de la Producción Bananera, Quito-Ecuador. 65 p.

SNOOK, LK., LÓPEZ, C. 2003. La regeneración de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.): frutos de siete años de investigación colaborativa.

Chetumal, Quintana Roo, México Centro Internacional para la Investigación Forestal. 8 p.

SNOW, D.W. 1971. Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis* 113: 194-202.

TENORIO, G., RODRÍGUEZ, D.A., LÓPEZ, G. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia* 42: 585-593.

VALENZUELA, O., GALLARDO, C., ALORDA, M., GARCÍA, M.A., DÍAZ, D. 2001. Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER – INTA Concordia. pp. 55 – 57.

VARGAS, C. 1988. Influencia de los factores de la temperatura y humedad en el almacenamiento de las semillas. Tingo María, Perú. 86 p.

VARGAS, D. 2010. Evaluación del efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de altura de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en fase de vivero. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 49 p.

VÁZQUEZ, C., OROZCO, A., ROJAS, M., SÁNCHEZ, M.E., CERVANTES, V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. México. 120 p.

VEGA, F., BOVI, A., GODOY, J., BERTON, R. 2005. Lodo de esgoto e sistema radicular la pupunheira. *Revista Brasileira de Ciencias*. Brasil. 268 p.

WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América tropical. Manual de agricultura. El Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). Washington DC, Estados Unidos. 583 p.

WILLAN, R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Danida, Roma, Italia. 502 p.

ANEXO

Anexo 1. Coordenadas y características del árbol semillero

Zona : 18 L

Coord. Eje X : 390615

Coord. Eje Y : 8970096

Atura Total : 36.83 m

DAP : 0.9390 m

Diámetro de copa : 21.40 m

Anexo 2. Datos registrados

Cuadro 26. Semillas evaluadas (cm) para determinar los rangos de tamaño.

N	Grupo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10.7	10.2	8.8	10.2	8.9	6.6	7.8	8.9	7.9	7.2
2	9.1	7.0	8.5	7.5	8.4	9.9	9.3	7.3	10.4	7.0
3	10.5	9.7	7.5	10.4	10.6	7.9	7.6	10.1	8.1	8.5
4	9.5	10.5	10.7	7.3	7.9	9.6	10.2	7.9	10.4	7.6
5	8.4	7.9	8.9	9.2	10.7	8.1	11.1	10.5	8.3	7.1
6	7.9	11.0	8.4	9.8	8.0	10.7	9.4	7.3	8.7	10.3
7	9.9	9.3	10.6	6.9	10.2	8.8	8.3	8.3	10.0	8.5
8	8.4	7.4	7.6	9.6	7.8	9.4	10.8	9.9	7.9	9.0
9	10.3	9.2	10.1	7.8	10.5	9.9	8.6	7.0	10.4	8.4
10	7.9	9.9	8.7	10.4	7.7	9.3	10.5	9.1	8.1	10.7

Evaluación de 100 semillas al azar para determinar los rangos longitudinales del tamaño de semillas.

Germinación y energía germinativa

Cuadro 27. Germinación de semillas pequeñas en sustrato con tierra negra.

Días desde la siembra	Total diario	Total acumulado	Total acumulado como % del total de semillas	Porcentaje de germinación diaria media	Total acumulado como % de semillas germinables
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
18	2	2	0.80	0.04	1.0
19	3	5	2.00	0.11	2.5
20	18	23	9.20	0.46	11.3
21	34	57	22.80	1.09	27.9
22	67	124	49.60	2.25	60.8
23	24	148	59.20	2.57	72.5
24	19	167	66.80	2.78	81.9
25	18	185	74.00	2.96	90.7
26	12	197	78.80	3.03	96.6
27	2	199	79.60	2.95	97.5
28	0	199	79.60	2.84	97.5
29	2	201	80.40	2.77	98.5
30	3	204	81.60	2.72	100.0
Totales	204				

Cuadro 28. Germinación de semillas medianas en sustrato con tierra negra.

Días desde la siembra	Total diario	Total acumulado	Total acumulado como % del total de semillas	Porcentaje de germinación diaria media	Total acumulado como % de semillas germinables
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
18	4	4	1.00	0.06	1.2
19	6	10	2.50	0.13	3.1
20	49	59	14.75	0.74	18.3
21	74	133	33.25	1.58	41.2
22	83	216	54.00	2.45	66.9
23	44	260	65.00	2.83	80.5
24	29	289	72.25	3.01	89.5
25	17	306	76.50	3.06	94.7
26	8	314	78.50	3.02	97.2
27	4	318	79.50	2.94	98.5
28	1	319	79.75	2.85	98.8
29	3	322	80.50	2.78	99.7
30	1	323	80.75	2.69	100.0
Totales	323				

Cuadro 29. Germinación de semillas grandes en sustrato con tierra negra.

Días desde la siembra	Total diario	Total acumulado	Total acumulado como % del total de semillas	Porcentaje de germinación diaria media	Total acumulado como % de semillas germinables
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
18	4	4	1.00	0.06	1.2
19	9	13	3.25	0.17	3.9
20	46	59	14.75	0.74	17.5
21	53	112	28.00	1.33	33.2
22	77	189	47.25	2.15	56.1
23	47	236	59.00	2.57	70.0
24	34	270	67.50	2.81	80.1
25	33	303	75.75	3.03	89.9
26	19	322	80.50	3.10	95.5
27	8	330	82.50	3.06	97.9
28	5	335	83.75	2.99	99.4
29	2	337	84.25	2.91	100.0
30	0	337	84.25	2.81	100.0
Totales	337				

Cuadro 30. Germinación de semillas pequeñas en sustrato con bokashi.

Días desde la siembra	Total diario	Total acumulado	Total acumulado como % del total de semillas	Porcentaje de germinación diaria media	Total diario como % de semillas germinables	Total acumulado como % de semillas germinables
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
18	1	1	0.40	0.02	0.6	0.6
19	2	3	1.20	0.06	1.3	1.9
20	13	16	6.40	0.32	8.1	10.0
21	28	44	17.60	0.84	17.5	27.5
22	34	78	31.20	1.42	21.3	48.8
23	18	96	38.40	1.67	11.3	60.0
24	31	127	50.80	2.12	19.4	79.4
25	11	138	55.20	2.21	6.9	86.3
26	10	148	59.20	2.28	6.3	92.5
27	3	151	60.40	2.24	1.9	94.4
28	6	157	62.80	2.24	3.8	98.1
29	2	159	63.60	2.19	1.3	99.4
30	1	160	64.00	2.13	0.6	100.0
Totales	160				100	

Cuadro 31. Germinación de semillas medianas en sustrato con bokashi.

Días desde la siembra	Total diario	Total acumulado	Total acumulado como % del total de semillas	Porcentaje de germinación diaria media	Total diario como % de semillas germinables	Total acumulado como % de semillas germinables
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
18	2	2	0.50	0.03	0.7	0.7
19	3	5	1.25	0.07	1.1	1.8
20	16	21	5.25	0.26	5.8	7.6
21	33	54	13.50	0.64	11.9	19.4
22	52	106	26.50	1.20	18.7	38.1
23	37	143	35.75	1.55	13.3	51.4
24	51	194	48.50	2.02	18.3	69.8
25	29	223	55.75	2.23	10.4	80.2
26	22	245	61.25	2.36	7.9	88.1
27	21	266	66.50	2.46	7.6	95.7
28	4	270	67.50	2.41	1.4	97.1
29	4	274	68.50	2.36	1.4	98.6
30	4	278	69.50	2.32	1.4	100.0
Totales	278				100	

Cuadro 32. Germinación de semillas grandes en sustrato con bokashi.

Días desde la siembra	Total diario	Total acumulado	Total acumulado como % del total de semillas	Porcentaje de germinación diaria media	Total diario como % de semillas germinables	Total acumulado como % de semillas germinables
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-
18	1	1	0.25	0.01	0.3	0.3
19	2	3	0.75	0.04	0.6	0.9
20	24	27	6.75	0.34	7.3	8.3
21	46	73	18.25	0.87	14.1	22.3
22	63	136	34.00	1.55	19.3	41.6
23	45	181	45.25	1.97	13.8	55.4
24	57	238	59.50	2.48	17.4	72.8
25	34	272	68.00	2.72	10.4	83.2
26	33	305	76.25	2.93	10.1	93.3
27	11	316	79.00	2.93	3.4	96.6
28	5	321	80.25	2.87	1.5	98.2
29	5	326	81.50	2.81	1.5	99.7
30	1	327	81.75	2.73	0.3	100.0
Totales	327				100	

Altura y diámetro de los plantones

Cuadro 33. Datos promedios registrados para la altura y diámetro.

Tratamiento	MO	Semilla	D1	A1	D2	A2	D3	A3	D4	A4
1	1	1	0.19	16.24	0.26	18.63	3.05	21.50	5.11	26.92
1	1	1	0.17	15.56	0.24	17.41	2.84	20.26	4.72	25.93
1	1	1	0.18	15.98	0.27	18.77	3.12	21.18	4.75	27.65
1	1	1	0.19	15.10	0.25	17.16	2.90	19.45	4.80	26.07
2	1	2	0.22	18.12	0.29	19.85	3.36	23.61	4.91	28.50
2	1	2	0.21	18.51	0.29	19.70	3.31	24.26	5.01	29.57
2	1	2	0.21	18.28	0.29	19.45	3.33	23.38	5.07	29.22
2	1	2	0.21	18.10	0.29	18.98	3.31	23.36	4.89	28.42
3	1	3	0.21	19.27	0.31	21.54	3.25	24.29	4.51	31.18
3	1	3	0.21	19.19	0.30	21.41	3.24	23.39	4.92	29.47
3	1	3	0.21	19.37	0.30	20.80	3.33	24.33	5.07	31.06
3	1	3	0.21	19.78	0.30	22.06	3.22	24.12	5.05	31.05
4	2	1	0.19	14.85	0.23	16.79	2.64	18.04	4.08	24.17
4	2	1	0.18	15.12	0.22	17.65	2.83	18.53	4.16	22.71
4	2	1	0.19	14.65	0.22	17.32	2.84	17.83	4.01	24.62
4	2	1	0.19	14.94	0.23	18.04	2.84	18.75	4.18	24.02
5	2	2	0.21	17.17	0.28	17.97	3.34	21.88	4.89	28.61
5	2	2	0.21	16.34	0.29	17.80	3.52	22.52	5.01	29.70
5	2	2	0.21	16.81	0.27	18.25	3.45	22.72	4.74	28.49
5	2	2	0.21	16.03	0.27	17.14	3.42	20.44	5.04	25.28
6	2	3	0.21	18.51	0.30	21.44	3.39	23.27	5.03	29.06

6	2	3	0.21	18.32	0.30	21.23	3.36	23.38	4.90	30.41
6	2	3	0.20	17.61	0.28	20.43	3.29	22.65	5.07	29.10
6	2	3	0.21	18.44	0.29	21.44	3.42	23.79	5.18	30.60

Materia orgánica (MO): 1 – Tierra negra, 2 – Bokashi.

Tamaño de semilla: 1 – Pequeño, 2 – Mediano, 3 – Grande.

A1, A2, A3, A4: Variable altura registrada en los diferentes tiempos.

D1, D2, D3, D4: Variable diámetro registrado en los diferentes tiempos.

Cuadro 34. ANVA para el diámetro del tallo a los 45 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	0.003	0.001	24.720	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	0.000	0.000	0.000	1.000ns
Tamaño de semilla	2	0.003	0.002	60.450	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	0.000	0.000	1.350	0.284ns
Error	18	0.001	0.000		
Total	23	0.004			

CV (%): 6.48

Cuadro 35. Diámetro del tallo por efecto de las fuentes de materia orgánica.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	0.202	0.002	0.198	0.205
Bokashi	0.202	0.002	0.198	0.205

Cuadro 36. Prueba Tukey para el diámetro del tallo a los 45 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto	
		1	2
Pequeña	8	0.185	
Grande	8		0.209
Mediana	8		0.211
Sig.		1.000	0.618

Cuadro 37. ANVA para el diámetro del tallo a los 75 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	0.017	0.003	49.188	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	0.002	0.002	27.000	<0.001*
Tamaño de semilla	2	0.014	0.007	105.980	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	0.000	0.000	3.490	0.052ns
Error	18	0.001	0.000		
Total	23	0.018			

CV (%): 10.21

Cuadro 38. Diámetro del tallo por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 75 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	0.283	0.002	0.277	0.288
Bokashi	0.265	0.002	0.260	0.270

Cuadro 39. Prueba Tukey para el diámetro del tallo a los 75 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto		
		1	2	3
Pequeña	8	0.240		
Mediana	8		0.284	
Grande	8			0.298
Sig.		1.000	1.000	1.000

Cuadro 40. ANVA para el diámetro del tallo a los 105 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	1.282	0.256	40.399	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	0.000	0.000	0.042	0.840ns
Tamaño de semilla	2	1.165	0.583	91.831	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	0.116	0.058	9.144	0.002*
Error	18	0.114	0.006		
Total	23	1.396			

CV (%): 7.72

Cuadro 41. Diámetro del tallo por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 105 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	0.319	0.002	0.314	0.324
Bokashi	0.320	0.002	0.315	0.324

Cuadro 42. Prueba Tukey para el diámetro del tallo a los 105 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto	
		1	2
Pequeña	8	0.288	
Grande	8		0.331
Mediana	8		0.338
Sig.		1.000	0.234

Cuadro 43. ANVA para el diámetro del tallo a los 135 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	2.370	0.474	19.570	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	0.265	0.265	10.925	0.004*
Tamaño de semilla	2	1.227	0.614	25.339	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	0.878	0.439	18.122	<0.001*
Error	18	0.436	0.024		
Total	23	2.806			

CV (%): 7.28

Cuadro 44. Diámetro del tallo por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 135 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	0.490	0.004	0.481	0.500
Bokashi	0.469	0.004	0.460	0.479

Cuadro 45. Prueba Tukey para el diámetro del tallo a los 135 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto	
		1	2
Pequeña	8	0.448	
Mediana	8		0.495
Grande	8		0.497
Sig.		1.000	0.960

Cuadro 46. ANVA para el efecto entre el nivel a1 con el factor B sobre la variable diámetro del tallo.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	2	0.0005	0.0002	0.613	0.563ns
Intra-grupos	9	0.0034	0.0004		
Total	11	0.004			

ns: no presenta diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Cuadro 47. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel a1 con el factor B sobre la variable diámetro del tallo.

Factor B	Promedio (cm)	Significancia
Pequeña (b1)	0.483	a
Grande (b3)	0.488	a
Mediana (b2)	0.498	a

Cuadro 48. ANVA para el efecto entre el nivel a2 con el factor B.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	2	0.020	0.010	64.527	<0.001*
Intra-grupos	9	0.001	0.0002		
Total	11	0.021			

*: Existe diferencias estadísticas (p <0.05).

Cuadro 49. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel a2 con el factor B.

Factor B	Promedio (cm)	Significancia
Pequeña (b1)	0.413	b
Mediana (b2)	0.490	a
Grande (b3)	0.505	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 50. ANVA para el efecto entre el nivel b1 con el factor A.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	1	0.010	0.010	43.556	0.001*
Intra-grupos	6	0.001	0.000		
Total	7	0.011			

*: Existe diferencias estadísticas (p <0.05).

Cuadro 51. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel b1 con el factor A.

Factor A	Promedio (cm)	Significancia
Tierra negra (a1)	0.483	a
Bokashi (a2)	0.413	b

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 52. ANVA para el efecto entre el nivel b2 con el factor A sobre la variable diámetro del tallo.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	1	0.000	0.000	0.771	0.414ns
Intra-grupos	6	0.001	0.000		
Total	7	0.001			

ns: no presenta diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Cuadro 53. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel b2 con el factor A.

Factor A	Promedio (cm)	Significancia
Tierra negra (a1)	0.498	a
Bokashi (a2)	0.490	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 54. ANVA para el efecto entre el nivel b3 con el factor A.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	1	0.001	0.001	1.427	0.277ns
Intra-grupos	6	0.003	0.000		
Total	7	0.003			

ns: no presenta diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Cuadro 55. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel b3 con el factor A.

Factor A	Promedio (cm)	Significancia
Tierra negra (a1)	0.488	a
Bokashi (a2)	0.505	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 56. ANVA para la altura de plántones a los 45 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	59.592	11.918	87.485	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	9.016	9.016	66.180	<0.001*
Tamaño de semilla	2	49.874	24.937	183.043	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	0.703	0.351	2.580	0.104ns
Error	18	2.452	0.136		
Total	23	62.045			

CV (%): 9.56

Cuadro 57. Altura de plántones por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 45 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	17.792	.107	17.568	18.016
Bokashi	16.566	.107	16.342	16.790

Cuadro 58. Prueba Tukey para la altura de plántones a los 45 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto		
		1	2	3
Pequeña	8	15.3050		
Mediana	8		17.4200	
Grande	8			18.8113
Sig.		1.000	1.000	1.000

Cuadro 59. ANVA para la altura de plántones a los 75 días de germinación

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	61.646	12.329	40.481	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	4.386	4.386	14.401	0.001*
Tamaño de semilla	2	55.042	27.521	90.361	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	2.218	1.109	3.641	0.047
Error	18	5.482	0.305		
Total	23	67.128			

CV (%): 8.89

Cuadro 60. Altura de plántones por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 75 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	19.647	0.159	19.312	19.981
Bokashi	18.792	0.159	18.457	19.126

Cuadro 61. Prueba Tukey para la altura de plántones a los 75 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto		
		1	2	3
Pequeña	8	17.7213		
Mediana	8		18.6425	
Grande	8			21.2938
Sig.		1.000	1.000	1.000

Cuadro 62. ANVA para la altura de plántones a los 105 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	96.924	19.385	43.136	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	15.569	15.569	34.644	<0.001*
Tamaño de semilla	2	78.883	39.442	87.768	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	2.472	1.236	2.750	0.091
Error	18	8.089	0.449		
Total	23	105.013			

CV (%): 9.73

Cuadro 63. Altura de plántones por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 105 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	22.761	.194	22.354	23.167
Bokashi	21.150	.194	20.743	21.557

Cuadro 64. Prueba Tukey para la altura de plántones a los 105 días de germinación

Semilla	N	Subconjunto		
		1	2	3
Pequeña	8	19.4425		
Mediana	8		22.7713	
Grande	8			23.6525
Sig.		1.000	1.000	1.000

Cuadro 65. ANVA para la altura de plántones a los 135 días de germinación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	120.507	24.101	21.877	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	13.908	13.908	12.625	0.002*
Tamaño de semilla	2	101.986	50.993	46.287	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	4.613	2.306	2.094	0.152ns
Error	18	19.830	1.102		
Total	23	140.336			

CV (%): 8.82

Cuadro 66. Altura de plántones por efecto de las fuentes de materia orgánica a los 135 días de germinación.

Materia orgánica	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tierra negra	28.753	.303	28.117	29.390
Bokashi	27.231	.303	26.594	27.867

Cuadro 67. Prueba Tukey para la altura de plántones a los 135 días de germinación.

Semilla	N	Subconjunto		
		1	2	3
Pequeña	8	25.2613		
Mediana	8		28.4738	
Grande	8			30.2413

Datos para la variable tallo - raíz

Cuadro 68. Estadísticos descriptivos para la variable longitud de la raíz empleada en las unidades experimentales para la determinación de la relación tallo-raíz.

Materia orgánica	Tamaño de semilla	Media	Desviación típica	N	CV
Tierra negra	Pequeña	14.96	1.34	13	8.97
	Mediana	14.48	1.16	13	8.00
	Grande	15.36	1.92	13	12.48
	Total	14.93	1.51	39	10.13
Bokashi	Pequeña	16.35	1.84	12	11.24
	Mediana	16.93	2.57	12	15.19
	Grande	17.57	2.77	12	15.77
	Total	16.95	2.41	36	14.22
Total	Pequeña	15.63	1.72	25	10.99
	Mediana	15.65	2.29	25	14.65
	Grande	16.42	2.57	25	15.67
	Total	15.90	2.22	75	13.99

Cuadro 69. ANVA de la variable longitud de raíz obtenida en las unidades experimentales para la determinación de la relación tallo-raíz.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	89.916	17.983	4.493	0.001*

Fuente de materia orgánica	1	75.924	75.924	18.970	<0.001*
Tamaño de semilla	2	10.299	5.149	1.287	0.283ns
Materia orgánica * Semilla	2	3.845	1.923	0.480	0.621ns
Error	69	276.164	4.002		
Total	74	366.080			

* Significancia estadística ($p < 0.05$) y ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 70. Prueba Tukey de la variable longitud de raíz por efecto de las fuentes de materia orgánica.

OM	Fuente de materia orgánica	Tallo/raíz	Significancia
2	Tierra negra	14.93	b
1	Bokashi	16.95	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 71. Prueba Tukey de la variable longitud de raíz por efecto de los tamaños de semilla.

OM	Tamaño de semilla	Tallo/raíz	Significancia
3	Pequeña	15.63	a
2	Mediana	15.65	a
1	Grande	16.42	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

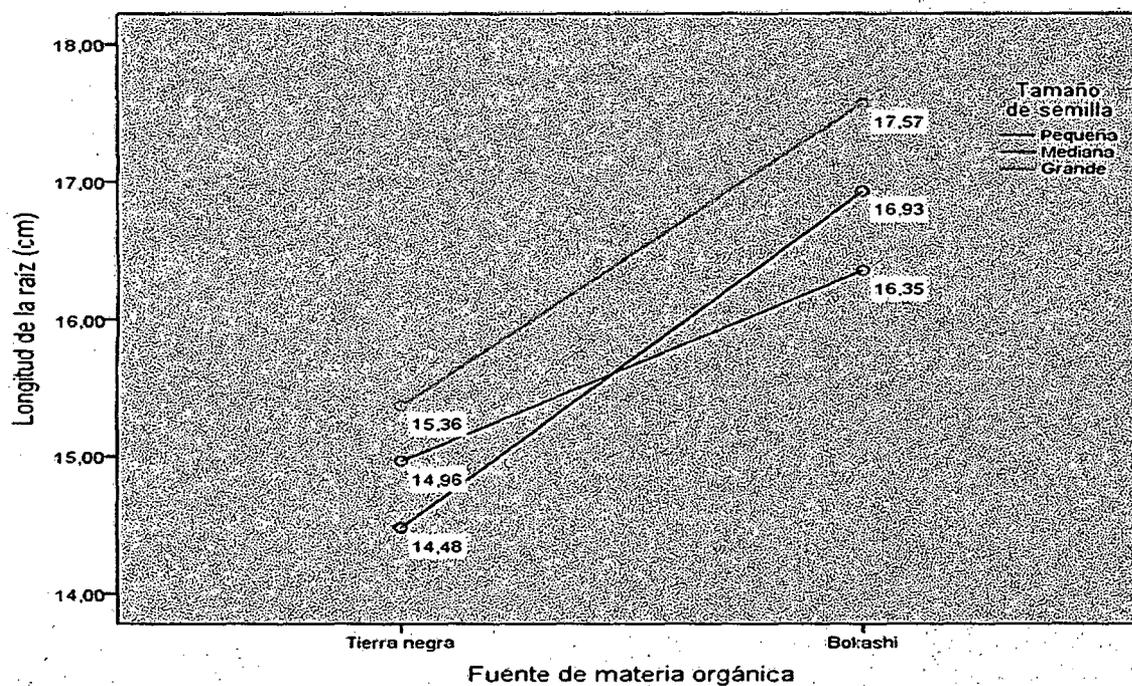


Figura 19. Interacción entre las fuentes de materia orgánica y el tamaño de semillas sobre la variable longitud de la raíz.

Cuadro 72. Estadísticos descriptivos para la variable longitud del tallo empleada en las unidades experimentales para la determinación de la relación tallo-raíz.

Materia orgánica	Tamaño de semilla	Media	Desviación típica	N	CV
Tierra negra	Pequeña	26.40	3.08	13	11.67
	Mediana	24.42	4.13	13	16.93
	Grande	31.82	3.58	13	11.26
	Total	27.55	4.74	39	17.21
Bokashi	Pequeña	22.07	2.90	12	13.12
	Mediana	28.08	3.59	12	12.77
	Grande	28.71	4.39	12	15.31
	Total	26.29	4.69	36	17.83

	Pequeña	24.32	3.67	25	15.09
Total	Mediana	26.18	4.23	25	16.17
	Grande	30.32	4.22	25	13.90
	Total	26.94	4.73	75	17.54

Cuadro 73. ANVA de la variable longitud del tallo obtenida en las unidades experimentales para la determinación de la relación tallo-raíz.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Combinaciones	5	733.349	146.670	11.011	<0.001*
Fuente de materia orgánica	1	29.722	29.722	2.231	0.140ns
Tamaño de semilla	2	470.016	235.008	17.643	<0.001*
Materia orgánica * Semilla	2	231.291	115.646	8.682	<0.001*
Error	69	919.073	13.320		
Total	74	1652.422			

* Significancia estadística ($p < 0.05$) y ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 74. Prueba Tukey de la variable longitud de tallo por efecto de las fuentes de materia orgánica.

OM	Fuente de materia orgánica	Tallo/raíz	Significancia
2	Tierra negra	27.55	a
1	Bokashi	26.29	a

Letras diferentes muestran diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 75. Prueba Tukey de la variable longitud de tallo por efecto del tamaño de las semillas.

OM	Tamaño de semilla	Tallo/raíz	Significancia
3	Pequeña	24.32	b
2	Mediana	26.18	b
1	Grande	30.32	a

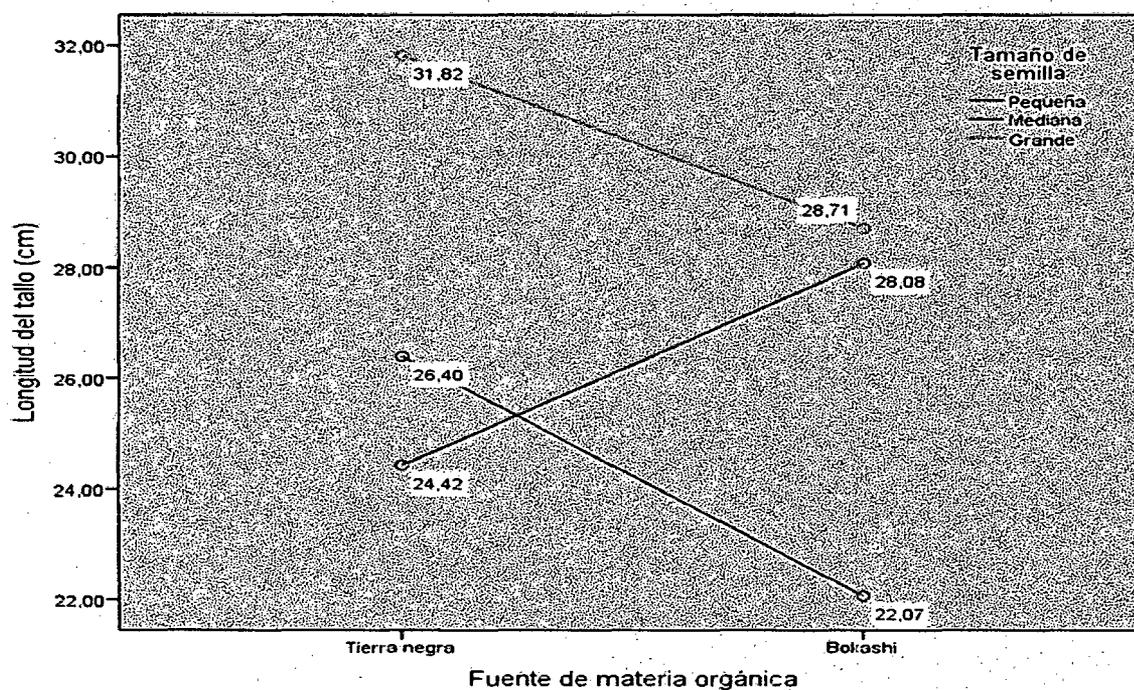


Figura 20. Interacción entre las fuentes de materia orgánica y el tamaño de semillas sobre la variable longitud del tallo.

Cuadro 76. Estadísticos descriptivos en la relación tallo-raíz de las unidades experimentales.

Materia orgánica	Tamaño de semilla	Media	Desviación típica	N	CV
Tierra negra	Pequeña	1.78	0.26	13	14.63
	Mediana	1.69	0.31	13	18.10
	Grande	2.10	0.30	13	14.54
	Total	1.86	0.33	39	17.97
Bokashi	Pequeña	1.36	0.22	12	16.09
	Mediana	1.68	0.25	12	14.76
	Grande	1.67	0.36	12	21.35
	Total	1.57	0.31	36	19.79
Total	Pequeña	1.58	0.32	25	20.07
	Mediana	1.69	0.27	25	16.25
	Grande	1.89	0.39	25	20.65
	Total	1.72	0.35	75	20.43

Cuadro 77. ANVA para el efecto entre el nivel a1 con el factor B sobre la variable tallo-raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	2	1.17	0.585	6.900	0.003*
Intra-grupos	36	3.05	0.085		
Total	38	4.22			

*: presenta diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 78. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel a1 con el factor B sobre la variable tallo-raíz.

Tamaño de semilla	Promedio	Significancia
Mediana	1.69	b
Pequeña	1.78	b
Grande	2.10	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 79. ANVA para el efecto entre el nivel a2 con el factor B.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	2	0.78	0.3892	4.9400	0.0133*
Intra-grupos	33	2.60	0.0788		
Total	35	3.38			

*: presenta diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 80. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel a2 con el factor B sobre la variable tallo-raíz.

Tamaño de semilla	Promedio	Significancia
Pequeña	1.36	b
Grande	1.67	a
Mediana	1.68	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 81. ANVA para el efecto entre el nivel b1 con el factor A sobre la variable tallo-raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	1	1.07	1.068	18.336	0.0003*
Intra-grupos	23	1.34	0.058		
Total	24	2.41			

*: presenta diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 82. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel b1 con el factor A sobre la variable tallo-raíz.

Fuente de materia orgánica	Promedio	Significancia
Tierra negra	1.78	a
Bokashi	1.36	b

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 83. ANVA para el efecto entre el nivel b2 con el factor A sobre la variable tallo-raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	1	0.00	0.001	0.012	0.914ns
Intra-grupos	23	1.81	0.079		
Total	24	1.81			

ns: no presenta diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Cuadro 84. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel b2 con el factor A sobre la variable tallo-raíz.

Fuente de materia orgánica	Promedio	Significancia
Tierra negra	1.69	a
Bokashi	1.68	a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Cuadro 85. ANVA para el efecto entre el nivel b3 con el factor A sobre la variable tallo-raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Inter-grupos	1	1.15	1.147	10.525	0.004*
Intra-grupos	23	2.51	0.109		
Total	24	3.65			

*: Presenta diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 86. Prueba Tukey para el efecto entre el nivel b3 con el factor A sobre la variable tallo-raíz.

Fuente de materia orgánica	Promedio	Significancia
Tierra negra	2.10	a
Bokashi	1.67	b

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Anexo 2. Panel fotográfico

Figura 21. Semillas viables y no viables de caoba.

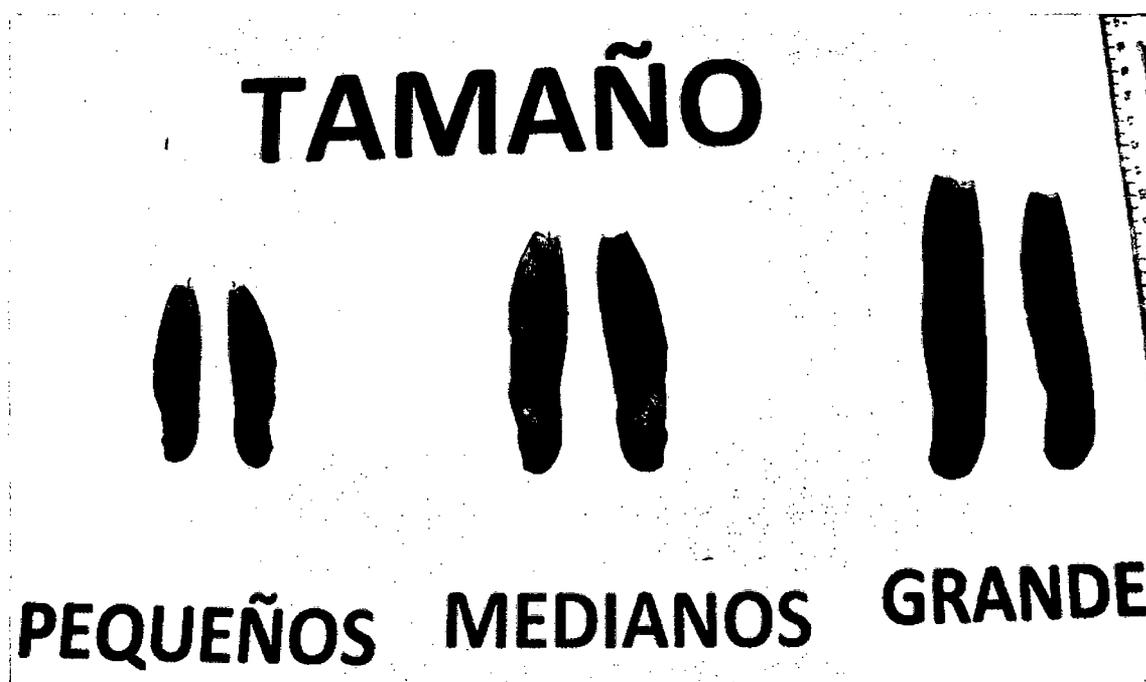


Figura 22. Clasificación de los tamaños de las semillas de caoba.



Figura 23. Determinación del tamaño de las semillas de caoba.



Figura 24. Acomodo de bolsas de polietileno con sustrato.

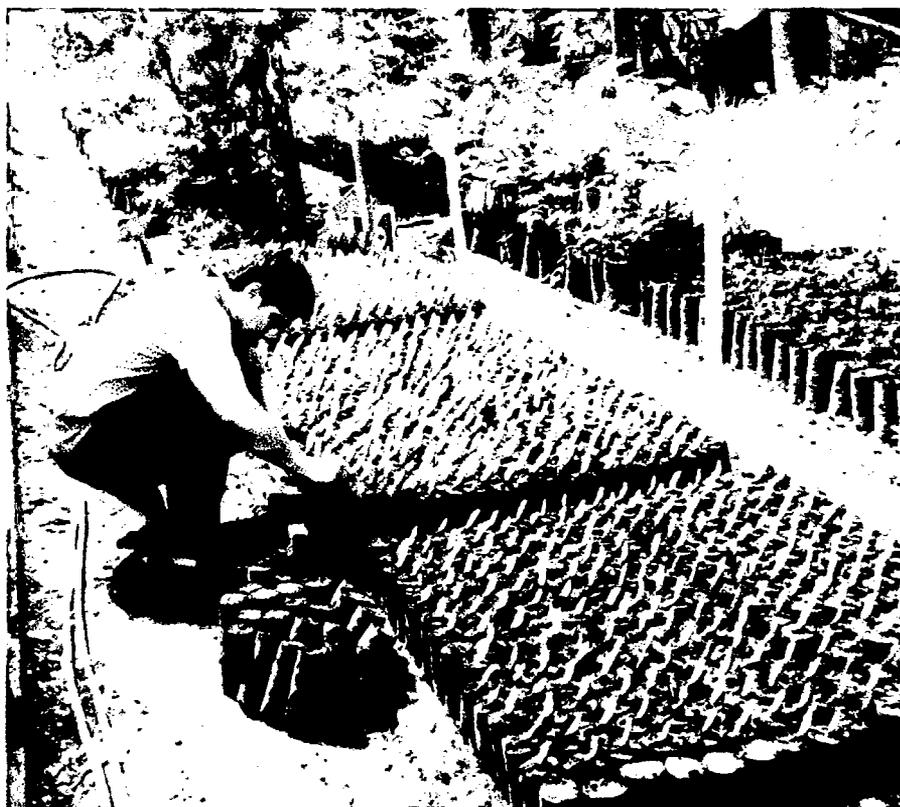


Figura 25. Semillas de caoba sembradas en bolsas de polietileno con sustrato.



Figura 26. Germinación de las semillas de caoba.



Figura 27. Registro de la variable diámetro del tallo en plantones de caoba.



Figura 28. Riego a los plantones de caoba.



Figura 29. Plantones seleccionados para determinar la biomasa.

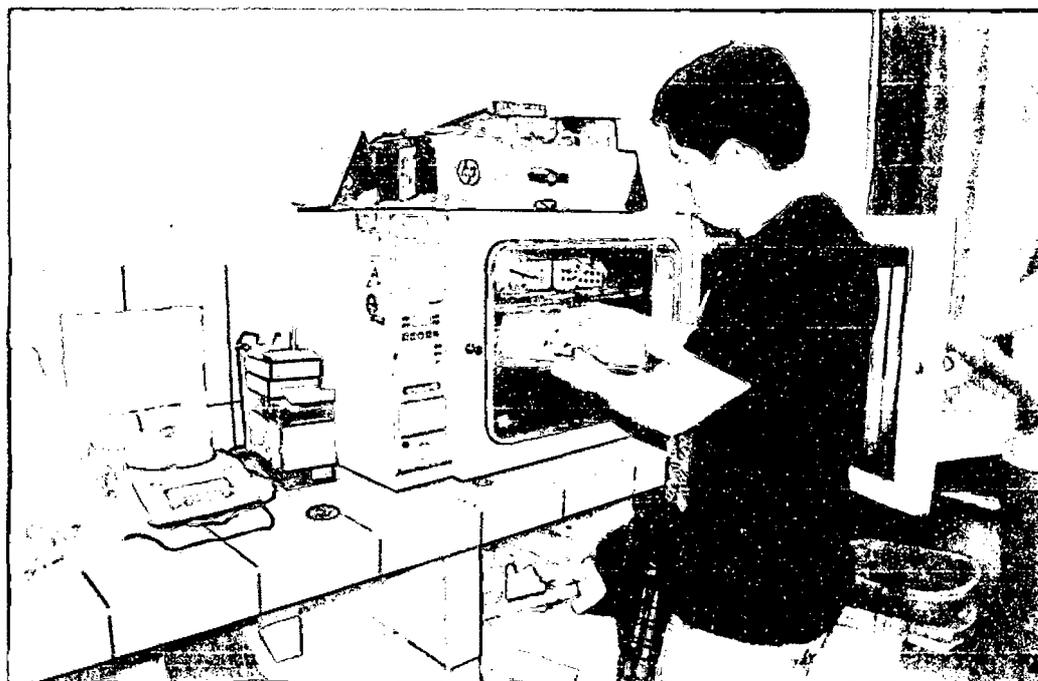


Figura 30. Secado de muestras vegetativas para la obtención de biomasa.