

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**“TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE CASTAÑA  
(*Bertholletia excelsa* HBK) EN FASE DE LABORATORIO – TINGO  
MARÍA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**JOSUE ELY PONCE AVILA**

**2017**

## DEDICATORIA

A Dios que me ha dado la vida, salud y fortaleza para seguir adelante y no desmayar en los problemas ni desfallecer en el intento.

A mi querido padre Adrián Ponce, y señora madre Hilda Ávila, quienes han sido pilares fundamentales en mi formación como profesional, por depositar toda su confianza en mí, contribuyendo así a lograr mis metas y objetivos propuestos.

A mis hermanas Ruth y Janeth quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador en momentos difíciles, por brindarme esa confianza y recursos que hicieron posible lograr mis ideales.

A Carmen Huamaní Palomino, quien me motivo a seguir adelante frente a las adversidades de la vida y que estuvo conmigo en los buenos y malos momentos, brindándome sabios consejos de persistencia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro Dios, padre por brindarme la fortaleza física y mental en la vida cotidiana y guiarme por el buen camino durante mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron a mi formación profesional.

A mis asesores, el Ingeniero Edilberto, DÍAZ QUINTANA y al Magister Luis Alberto, VALDIVIA ESPINOZA por brindarme sus conocimientos, sus orientaciones, su persistencia, su paciencia y motivación durante la ejecución y redacción de la presente investigación.

A toda la plana de catedráticos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por sus enseñanzas y haber inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico lo cual ha sido fundamental para mi formación profesional.

A mi señorita enamorada Carmen, HUAMANI PALOMINO por su constante apoyo moral durante mi formación como profesional.

A mis amigos Abel, Jairo y Elver, entre otros, quienes aportaron moralmente para lograr mis objetivos durante mi etapa como universitario.

A mis compañeros de estudios, con lo que he compartido grandes momentos y diversas emociones, que conllevaron a no decaer en momentos difíciles y lograr cumplir una de mis grandes metas, ser profesional.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Generalidades de la especie.....	3
2.1.1. Descripción taxonómica.....	3
2.1.2. Características.....	4
2.1.3. Distribución geográfica .....	5
2.1.4. Ecología reproductiva.....	5
2.1.5. Importancia económica.....	7
2.2. Análisis de las semillas .....	9
2.2.1. Toma de muestra.....	9
2.2.2. Pureza.....	10
2.2.3. Peso de semilla .....	10
2.2.4. Contenido de humedad .....	11
2.3. Germinación.....	11
2.3.1. Activación .....	12
2.3.2. Digestión y traslocación.....	14

2.3.3. Crecimiento de la plántula .....	14
2.4. Energía germinativa .....	15
2.5. Poder germinativo .....	16
2.6. Índice de velocidad de germinación .....	17
2.7. Factores que intervienen en la germinación .....	17
2.7.1. Factores internos (intrínsecos).....	17
2.7.2. Factores externos (extrínsecos).....	18
2.8. Latencia .....	19
2.8.1. Latencia exógena .....	20
2.8.2. Latencia endógena (morfológica).....	21
2.8.3. Latencia endógena (fisiológica) .....	21
2.8.4. Latencia combinada morfofisiológica .....	21
2.8.5. Latencia combinada exógena / endógena .....	21
2.9. Tratamientos de semillas .....	21
2.9.1. Estratificación .....	22
2.9.2. Escarificación .....	22
2.9.3. Lixiviación .....	25
2.9.4. Combinación de tratamientos .....	25

2.9.5. Hormonas y otros estimulantes químicos .....	25
2.10. Investigaciones con tratamientos pregerminativos .....	26
2.11. Investigaciones con tratamientos pregerminativos en castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) .....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
3.1. Lugar de ejecución.....	33
3.1.1. Ubicación política.....	33
3.1.2. Ubicación geográfica .....	33
3.1.3. Zonas de vida .....	34
3.1.4. Características climáticas .....	34
3.2. Materiales y equipos .....	35
3.2.1. Material biológico y fungicida .....	35
3.2.2. Materiales .....	35
3.2.3. Equipos .....	35
3.3. Metodología .....	36
3.3.1. Obtención de las semillas .....	36
3.3.2. Muestreo .....	37
3.3.3. Análisis de las semillas .....	37

3.3.4. Trabajos previos para determinar los tratamientos .....	40
3.3.5. Aplicación de tratamientos.....	41
3.3.6. Labores de acondicionamiento para la germinación .....	42
3.3.7. Labores de desinfección .....	42
3.4. Aspectos estadísticos .....	43
3.4.1. Diseño experimental.....	43
3.4.2. Evaluación de variables .....	43
3.4.3. Fase de gabinete.....	45
3.4.4. Variables consideradas en la investigación .....	46
IV. RESULTADOS .....	48
4.1. Análisis en semillas de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK .....	48
4.2. Tratamientos pregerminativos físicos (agua caliente), mecánicos (remoción y apertura de un orificio en la testa) y químicos (ácido sulfúrico) en la germinación de semillas de castaña ( <i>B. excelsa</i> ).....	48
4.2.1. Porcentaje de germinación .....	50
4.2.2. Energía germinativa ante los efectos de los diferentes tratamientos .....	53
4.2.3. Índice de velocidad de germinación (IVG) .....	55

V.	DISCUSIÓN .....	58
5.1.	Del análisis de las semillas de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK.....	58
5.1.1.	Pureza de las semillas .....	58
5.1.2.	Peso de las semillas .....	58
5.1.3.	Contenido de humedad de las semillas .....	59
5.2.	De los tratamientos pregerminativos físicos (agua hervida), mecánicos (remoción y apertura de un orificio en la testa) y químicos (ácido sulfúrico) en la germinación de semillas de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK). .....	59
5.2.1.	Porcentaje de germinación .....	60
5.2.2.	Energía germinativa.....	63
5.2.3.	Índice de velocidad de germinación .....	64
VI.	CONCLUSIONES .....	66
VII.	RECOMENDACIONES.....	67
VIII.	ABSTRACT .....	68
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
	ANEXOS .....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Ubicación geográfica. ....	33
2. Características climáticas. ....	34
3. Tolerancia para el contenido de humedad en semillas. ....	40
4. Modelo del análisis de variancia. ....	46
5. Análisis de semillas de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK).....	48
6. Número de semillas germinadas/mes.....	49
7. Porcentaje de germinación de las semillas de castaña de ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	51
8. Análisis de varianza de Porcentajes de germinación en semillas de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK). ....	52
9. Prueba Tuckey ( $\alpha$ : 0.05) de los diferentes tratamientos pregerminativos en castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK). ....	53
10. Energía germinativa en semillas de castaña de ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	54
11. Índice de velocidad de germinación en semillas de castaña de ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	56

12. Análisis de varianza para el índice de velocidad de germinación en semillas de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK).....	57
13. Prueba Tuckey ( $\alpha$ : 0.05) para el IVG, bajo el efecto de los tratamientos pregerminativos .....	57
14. Comportamiento de la germinación en semillas de B. excelsa (T <sub>1</sub> ).....	82
15. Comportamiento de la germinación de semillas de B. excelsa (T <sub>2</sub> ).....	92
16. Comportamiento de la germinación en semillas de B. excelsa (T <sub>3</sub> ).....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de los tratamientos experimentales.....	43
2. Cantidad total de semillas germinadas en castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	50
3. Porcentaje de germinación media de las semillas de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) con diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	51
4. Representación gráfica de la energía germinativa en semillas de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	54
5. Comportamiento de la energía germinativa en semillas de castaña de ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016. ....	55
6. Selección de las semillas para realizar el análisis. ....	112
7. Determinación del peso para calcular el promedio y número de semillas por kilogramo.....	112
8. Tratamiento mecánico, realizando un orificio en la testa (T <sub>2</sub> ).....	113
9. Tratamiento químico con ácido sulfúrico (T <sub>3</sub> ).....	113

10. Tratamiento físico con agua caliente (T <sub>4</sub> ). .....	114
11. Tratamiento mecánico, realizando la remoción de la testa (T <sub>1</sub> ). .....	114
12. Acondicionamiento de las camas germinadoras.....	115
13. Desinfección de las camas germinadoras. ....	115
14. Instalación del diseño experimental.....	116
15. Germinación de la semilla de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK con la aplicación de ácido sulfúrico.....	116
16. Germinación de la semilla de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK con el tratamiento mecánico realizando un orificio (T <sub>2</sub> ).....	117
17. Germinación de la semilla de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK con tratamiento de remoción de la testa (T <sub>1</sub> ).....	117
18. Semillas en pudrición provocada por la aplicación del agua caliente (T <sub>4</sub> ).....	118
19. Plántula de castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> HBK).....	118

## RESUMEN

Los tratamientos pregerminativos pueden reducir el tiempo de germinación y contribuir a una mayor propagación de las especies, motivo por el cual se realizó el estudio con el objetivo de reducir el tiempo de germinación de la especie *Bertholletia excelsa* HBK. La investigación se realizó en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo María – Huánuco. Siendo el objetivo realizar el análisis y evaluar efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de castaña. Se aplicaron; tratamientos: T<sub>0</sub>: testigo, T<sub>1</sub>: mecánico (remoción de la testa), T<sub>2</sub>: mecánico (orificio), T<sub>3</sub>: químico (remojo en ácido sulfúrico por 4 horas) y T<sub>4</sub>: físico (agua caliente a 70 °C por 5 minutos) distribuidos en un diseño completamente al azar (DCA). En el porcentaje de germinación la aplicación del T<sub>1</sub> fue alto y relevante con 96 %, seguido del T<sub>3</sub> con un valor de 79 % y el T<sub>2</sub> con una cifra menor (25.5 %). En la energía germinativa el T<sub>1</sub> alcanzó un alto valor (96.98 %), para el T<sub>3</sub> (96.08 %) y un menor valor (89.24 %) para el T<sub>2</sub>. El índice de velocidad de germinación bajo el efecto de los tratamientos pregerminativos (T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub>) registró valores de 0.49, 0.27 y 0.08 respectivamente. El tiempo de inicio para la germinación, ocurrió a los 23 días para el T<sub>1</sub>, 117 días para T<sub>3</sub> y 131 días para el T<sub>2</sub>. No se encontró germinación en las semillas tratadas con agua caliente, porque la alta temperatura ocasionó la muerte del embrión. Se concluye que para reducir el tiempo de germinación en semillas de castaña se debe remover la testa completamente de la semilla.

## I. INTRODUCCIÓN

Entre las especies de la selva amazónica encontramos algunas cuyas semillas tienen una viabilidad muy corta, un alto y regular porcentaje de germinación y un crecimiento rápido en su etapa juvenil, FLORES (1994) señala que hay varias causas que determinan el letargo prolongado, entre ellas: presencia de embriones rudimentarios o resistencia mecánica. Es esencial entonces tratar las semillas de especie con pericarpio duro con el fin de romper su estado de latencia (WILLAN, 1991).

La castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) es un árbol de vital importancia para la región de Madre de Dios; alrededor del 25 % de la población depende directa e indirectamente de la actividad castañera; para las familias que cuentan con una concesión de explotación del recurso, la castaña contribuye con el 67 % del total de sus ingresos anuales (CTMC, 2006). Al existir gran demanda nacional e internacional por las nueces de castaña y debido a que en los bosques las semillas se pierden por diversas causas, como por ejemplo: los agutis (*Dasyprocta sp.*) abren el 80 % del total de frutos para alimentarse; esta acción mata las semillas (ORTIZ, 2002), el tiempo de germinación en estado natural es de 12 - 18 meses (MULLER, 1981), así mismo la agricultura migratoria y la ganadería han deforestado grandes extensiones de castaña (ARIAS Y RONDON, 2010; CORVERA 2014).

Lo que se pretende con la presente investigación, es brindar información acerca de los tratamientos pregerminativos de la castaña con el fin de contribuir a la propagación de esta especie endémica de la Amazonía Suramericana en viveros, a grandes cantidades, como estrategias de conservación y desarrollo de los bosques. Frente a esto surge la interrogante ¿los tratamientos pregerminativos, permitirán la germinación de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) en menor tiempo?

Los resultados fortalecieron el conocimiento silvicultural de esta especie y va a ser útil en la toma de decisiones para los agricultores, viveristas y persona familiarizada con el cultivo de la castaña.

La contrastación de hipótesis admite que, existen diferencias en la germinación de semillas de castaña por efecto de la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos. Frente a lo descrito, se planteó como objetivos lo siguiente:

- Realizar el análisis (pureza, peso y contenido de humedad) de las semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).
- Evaluar tratamientos pregerminativos físico (agua hervida), mecánico (remoción y apertura de un orificio en la testa) y químico (ácido sulfúrico) en la germinación de semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).
- Determinar el porcentaje de germinación, energía germinativa y el índice de velocidad de germinación en semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo los diferentes tratamientos pregerminativos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades de la especie

#### 2.1.1. Descripción taxonómica

La clasificación taxonómica de *Bertholletia excelsa* HBK según GENTRY (1993):

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Dilleniidae
Orden	: Lecythidales
Familia	: LECYTHIDACEAE
Género	: <i>Bertholletia</i>
Especie	: <i>Bertholletia excelsa</i> HBK
Nombre vulgar	: Nuez del Brasil, castaña de América Castaña de Maraón

### 2.1.2. Características

MORI y PRANCE (1990) señalan que el árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*), es la única especie en este género, y fue descrita en su taxonomía por los botánicos Humboldt, Bonpland (1808) y Kunth. Los árboles de castaña pueden llegar a medir hasta 50 metros de altura y su diámetro puede llegar a más de 3 metros de ancho a la altura del pecho (DAP). Los árboles adultos son mayormente emergentes, es decir, sus coronas sobrepasan el dosel del bosque. Sus flores son grandes, cerca de 3 cm de diámetro, y de consistencia carnosas, poseen una capucha doblada que permite a los polinizadores ingresar a la flor.

El fruto mide de 9 a 15 cm de diámetro y pesa entre 0.5 y 1.5 kilogramos en forma de coco. Un árbol maduro puede dar entre 200 y 400 frutos, y dentro de ello hay de 10 a 25 semillas, de 3 a 5 cm de largo y 4 a 10 gramos de peso, aunque la producción de un árbol de castaña es muy variable (CORVERA, 2007).

La castaña amazónica al estado natural proviene de semillas que germinan después de 12 a 18 meses. Es una planta de crecimiento lento, con un periodo juvenil que supera los 12 años. Las plantas que provienen de almácigos en vivero y posteriormente trasladados a campo definitivo pueden iniciar su fructificación a partir de los 12 años. Las plantas injertadas fructifican a partir del año 6 después de realizada la injertación de la especie en mención (CORVERA *et al.*, 2010).

### **2.1.3. Distribución geográfica**

La castaña es una especie originaria del sur este de la Amazonía, distribuida en la cuenca amazónica en Bolivia, Perú, Brasil, Colombia, Venezuela, Surinam y Guyana. En el Perú se encuentra en Selva Baja, en estado natural en la región de Madre de Dios, en el que existe grandes extensiones cultivadas y, en pequeñas extensiones, en Loreto y Ucayali (CORVERA, 2007).

La castaña amazónica crece en regiones tropicales, es una especie nativa endémica de los bosques altos en las zonas inundables de la Amazonía peruana, brasileña y boliviana (CTMC, 2006). Se adapta a suelos pobres en nutrientes y bien drenadas de los tipos ultisol y oxisol y en elevaciones por debajo de 800 metros sobre el nivel del mar. (PÉRES y BAIDER, 1997).

### **2.1.4. Ecología reproductiva**

#### **2.1.4.1. Florecimiento**

Las flores del árbol de castaña aparecen al principio de la estación de lluvia; la cresta de florecimiento en el Perú se da entre noviembre y diciembre (ORTÍZ, 2002). El número de flores por árbol es aproximadamente 100000 (rango 28000 – 161000) para un período de florecimiento completo. Estos datos están basados en la cuenta de seis árboles reproductores (DAP 72 – 134 cm) (MORITZ, 1984). Se piensa que la producción relativamente baja de semillas de árboles aislados y plantaciones de árboles de castaña está

relacionada a la visita limitada de cierto tipo de polinizadores; la polinización puede ser un factor limitante en la producción de semillas, ya que los árboles de castaña dependen de fertilización cruzada para el desarrollo de semillas. Sin embargo, un cierto nivel de endogamia puede ocurrir (O'MALLEY *et al.*, 1988).

#### **2.1.4.2. Fructificación**

Los árboles de castaña fructifican cada año, aunque algunos árboles individuales pueden no producir en un año dado. El desarrollo de las semillas toma un tiempo muy largo, en muchos casos más de 12 meses (MORITZ, 1984). Esto implica que flores y frutas están a menudo presentes al mismo tiempo, por otro lado el tamaño y el peso de las semillas también son bastante inconstante (ZUIDEMA, 2003).

#### **2.1.4.3. Producción de semillas**

La reproducción del árbol de castaña está altamente relacionada a la disponibilidad de luz y al tamaño. Los árboles emergentes (con coronas que sobrepasan el dosel del bosque) tienen una probabilidad más alta de ser reproductivos (ZUIDEMA, 2003).

Las semillas están dotadas de un tegumento duro y leñoso que obstaculiza la germinación, requieren de máquinas o prensas para quebrar la cáscara gruesa y obtener las almendras (MULLER *et al.*, 1981). La producción de fruta de un árbol puede variar entre: 1032 (ZUIDEMA y BOOT, 2002), 1126 (LEIGUE y BOOT, 1995), o incluso más de 2000 frutas (ORTIZ, 2002).

CORVERA (2014) manifiesta que existen grandes diferencias en el número de semillas por kg (180 - 200 para las grandes y 260 - 300 para las pequeñas). Así mismo CORVERA *et al.* (2010) mencionan que el peso promedio de una semilla se encuentra alrededor de 8.2 g, tienen forma triangular angulosa con un promedio de 18 semillas de 4 a 7 cm de longitud, mientras tanto ZUIDEMA (2003) realizó estudios de comparaciones en tres países (Bolivia, Brasil y Perú) donde obtuvo 7.3, 9.8 y 9 g respectivamente. Los tamaños de semilla fueron considerablemente diferentes entre árboles: el peso de la semilla fue de 7.0 - 12.3 g, con un promedio de 60 semillas cada uno (KAINER *et al.*, 1999).

BOLLATI (1993) sostiene que las semillas tienen tamaños y pesos diferentes. Presentan un lado cóncavo y dos aplanados; el primero está inmediato a la pared interna del pixidio y los otros dos se aplanan por la presión contra las semillas. Se asemejan a los segmentos de la naranja que miden de 3 a 5 cm de largo (hasta 7 cm) y pesan de 6 a 12 gramos. Las almendras están en el interior de los frutos dispuestas simétricamente en dos capas superpuestas alrededor de un eje. El rango de tamaño va desde 2 cm de longitud.

### **2.1.5. Importancia económica**

Entre las miles de especies de productos no maderables que existen en la Amazonia occidental, la especie *Bertholletia excelsa* es una de las de mayor valor económico (CLAY, 1997; ORTIZ, 2002), contribuyendo sustancialmente al producto bruto interno (PBI) de Perú, Brasil y Bolivia

(COSLOVSKY, 2014). Entre enero y septiembre de 2005, la exportación de castaña en el Perú se incrementó en 78 %, alcanzando casi US \$ 14 millones en ventas. Es el segundo producto forestal de la región Madre de Dios y contribuye con un porcentaje importante de los ingresos anuales de miles de familias (ARIAS Y RONDON, 2010).

La nuez que es el producto de mayor importancia, genera una actividad económica en torno a su recolección para las familias que cuentan con una concesión de explotación del recurso, la castaña contribuye con el 67 % del total de sus ingresos anuales familiares. Adicionalmente a su importancia económica y social, la recolección de las nueces, implica una mínima perturbación del ecosistema natural en el que vive esta importante especie (CORVERA, 2014).

Diversos análisis efectuados en almendras de castaña confirmaron un alto valor nutritivo con valor proteico equivalente al de la leche. Asimismo, puede ser consumida al natural o como ingrediente de una gran variedad de dulces y manjares. La leche de castaña, obtenida a partir de almendras frescas trituradas, es empleadas en platos típicos regionales y en el tratamiento de manchas de la piel. El aceite, procedente de almendras deshidratadas, presenta un buen coeficiente de digestibilidad, pudiendo ser empleado también en la fabricación de jabones finos y cosméticos. Del residuo de la extracción de aceite, se obtiene una harina rica en proteínas que mezclada con harina de trigo puede ser utilizada en la elaboración de pan. La harina también puede ser usada como mezcla para alimentación animal (ARIAS Y RONDON, 2010).

Las almendras (embriones) tienen un gran valor industrial, la extracción de ellos alrededor del 67 % de aceite ligero, inodoro, insípido, comestible cuando está fresco, y excelente para la fabricación de jabón fino. El líber corteza proporciona excelentes fibras para cuerdas (LE COINTE, 1947).

La madera tiene un contenido de humedad de 69.9 % y peso específico de 0.66 (HESS *et al.*, 1950), siendo muy estimada para construcción de edificios, navales y para obras expuestas a la intemperie, ya que es dura, pesada y fuerte; tiene fibra larga y es notable por su resistencia y duración; su color es moreno claro y rojizo, lo que indica la presencia de taninos, y la corteza es oscura y agrietada (SALHUANA, 1973), por lo que también se utiliza para fabricación de muebles y madera prensada (FAO, 1982).

La madera, aunque es muy bueno para los techos, paredes y suelos, no tiene ningún uso constante debido a que sus frutos tienen mayor valor comercial, y debido a la legislación ambiental que impide su comercialización (SILVA *et al.*, 1977).

## **2.2. Análisis de las semillas**

### **2.2.1. Toma de muestra**

La primera condición para obtener resultados uniformes de análisis es tomar cuidadosamente las muestras (ISTA, 1993). Si la muestra de lotes no representa bien al lote de semillas, los resultados del análisis no tienen valor y se vuelven innecesarios (POULSEN, 1994).

### **2.2.2. Pureza**

El objetivo del análisis de pureza es determinar la composición por peso de la muestra de análisis, las muestras de semillas forestales pueden contener impurezas tales como malezas, semillas de otras especies, estructuras desprendidas de la semilla, partículas de hojas y ramitas como también otros materiales diferentes a la semilla. El tipo y cantidad de impurezas ofrece información importante sobre la calidad de la semilla. Por ejemplo, material de hojas puede ser el punto inicial para el ataque de hongos. Por último la pureza influye en el número de semillas por kilogramo y por lo tanto el rendimiento de las plantas y la densidad apropiada de la siembra (POULSEN, 1994).

El ISTA (1993) recomienda que toda cifra de pureza expresada después del análisis debe ser la media de dos análisis efectuados comparativamente. SANCHEZ (1972) encontró resultados (98.8 %) en análisis de *Phaseolus vulgaris* L, lo cual considera como un buen resultado ya que su valor está por encima de las normas internacionales para la semilla certificada.

### **2.2.3. Peso de semilla**

Su objetivo es determinar el peso de 1000 semillas. Esto permite el cálculo del número de semillas por kg, lo cual es una información muy importante en las operaciones de vivero y para determinar el rendimiento de las plantas. El resultado depende del contenido de humedad de la semilla. Si éste es inusualmente alto, el peso es sobrestimado (POULSEN, 1994).

#### **2.2.4. Contenido de humedad**

El contenido de humedad y la temperatura son factores cruciales durante el almacenamiento y manejo de la semilla. El contenido de humedad determina la actividad fisiológica y bioquímica de la semilla. Por tanto la determinación del contenido de humedad de la semilla es de vital importancia para las operaciones de manejo (STUBSGAARD, 1990).

Existen dos métodos principales para medir la húmedas de las semillas: los métodos directos, en donde se elimina el agua y se cuantifica la cantidad; el método indirecto, que utiliza parámetros eléctricos. Los métodos directos incluyen secado al horno, destilación y extracción. Los métodos indirectos incluyen medidas de conductividad y capacitancia e higrometría (GRABE, 1989).

El contenido de humedad de las nueces, al momento de la cosecha, varía entre 10 y 30 %. Para darles estabilidad y posibilidades de almacenamiento, las nueces deben secarse hasta un contenido de humedad entre un 5 y 8 % (ESTÉVEZ, 1991).

### **2.3. Germinación**

LOOMIS Y CONNOR (2002) afirman que la germinación es el proceso de reactivación metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula (raíz) y la plúmula (tallo), a través del tegumento externo de la semilla (testa). Una definición similar sostiene WILLAN (1991) donde la germinación es el

surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables.

En estado seco las semillas se pueden almacenar por largos periodos, en especial a temperaturas bajas, transportarse a cualquier parte del mundo y usarse para propagación en el momento y las condiciones que escoja el propagador (HARTMANN y KESTER, 1988). El inicio de la germinación requiere que se den tres condiciones (ISTA, 1995):

- La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
- La semilla no debe estar expuesta a condiciones de letargo. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo.
- La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones de luz.

El proceso de germinación puede dividirse en varias etapas consecutivas:

### **2.3.1. Activación**

- Imbibición de agua: La semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se

estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata al protoplasma. La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas.

- Síntesis de enzimas: A medida que se hidrata la semilla se van activando las enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo del embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación. El desarrollo de la semilla y su germinación representan un sistema biológico en el cual la maquinaria metabólica de la célula es activada o desactivada mediante el control de flujo de información genética del ADN de la célula. Expresada en forma simple, el proceso implica dos pasos básicos. Uno de ellos es la transcripción de instrucciones genéticas del ADN para formar moléculas específicas de ARN mensajero. El segundo paso consiste en la traducción de esa información para sintetizar proteínas específicas que intervienen en el metabolismo y el crecimiento (CATALÁN, 1991).
  
- Elongación de las células y emergencia de la radícula: El primer signo visible de la germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más que por división celular. En una semilla sin latencia, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días y usualmente se considera que señala el final de la etapa 1.

### **2.3.2. Digestión y traslocación**

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario. Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final en azúcares.

Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la plántula en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar. Los patrones metabólicos que ocurren durante la germinación implican la activación de enzimas específicas en la secuencia apropiada y la regulación de su actividad. El control puede ser ejercido dentro de las células por varios procesos bioquímicos y puede depender de la presencia de sustancias químicas u hormonas.

### **2.3.3. Crecimiento de la plántula**

En la tercera etapa, el desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento es independiente de la iniciación

de la elongación celular. Una vez que comienza el crecimiento en el eje embrionario, se incrementan el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento. La tasa de respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta constantemente con el progreso del crecimiento.

Finalmente, los tejidos de almacenamiento de la semilla dejan de intervenir en las actividades metabólicas, excepto en aquellas plantas en que los cotiledones salen a la superficie del suelo y se vuelven activos en la fotosíntesis. La absorción de agua aumenta de forma constante a medida que las nuevas raíces exploran el medio de germinación y el peso fresco de la plántula aumenta. El punto de crecimiento del tallo, la plúmula, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, encima de los cotiledones.

El tallo de las plántulas se divide en la sección que está debajo de los cotiledones, el epicótilo. El crecimiento inicial de la plántula sigue uno de dos patrones. En la germinación epigea, el hipocótilo se alarga y eleva los cotiledones encima de la superficie del suelo. En el otro tipo de germinación, hipógea, la elongación del hipocótilo no eleva a los cotiledones sobre la superficie del suelo y solo emerge el epicótilo (CATALÁN, 1991).

#### **2.4. Energía germinativa**

FORD Y ROBERSTON (1971) mencionan que hay más de una forma de definir la energía de germinación: (1) el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un periodo

determinado (que se denomina periodo de energía). (2) 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.

SIMPOSIO (1989) indica que la velocidad de germinación o energía germinativa es de importancia ya que su teoría se basa en que probablemente solo las semillas que germinan con rapidez y vigor, en condiciones favorables de laboratorio serán capaces de producir plántulas normales en condiciones de vivero, en donde una germinación débil o retrasada no es conveniente.

## **2.5. Poder germinativo**

El ISTA (1999) sostiene que es el porcentaje de semillas que germinó y desarrolló plántulas normales, cuando se colocó en condiciones ambientales óptimas para su crecimiento. En ese sentido es necesario utilizar semillas de calidad (altamente viable), es decir es una semilla susceptible de desarrollar una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir en campo (PERETTI, 1994).

Mientras tanto algunas especies de leguminosas presentan problemas en cuanto a la velocidad, uniformidad y porcentaje de germinación, esto se debe generalmente a que poseen una cubierta demasiado dura que impide el paso del agua y, por lo tanto, inhibe en parte el proceso de germinación (MARTINEZ Y GARCIA, 1995).

## **2.6. Índice de velocidad de germinación**

Este índice expresa la velocidad en número de semillas germinadas por día. Por lo tanto, cuanto mayor es, mayor es la velocidad e indirectamente mayor el vigor del lote (PECE *et al.*, 2010). Las pruebas de vigor se dividen en dos tipos: a) directas, las cuales se simulan las condiciones donde pasan las semillas en el campo, con la ventaja que se evalúan todos los factores que afectan el vigor; y b) indirectas, que miden atributos fisiológicos de la semilla y son medidos en el laboratorio y relacionado con el establecimiento en campo (COPELAND, 1976; GONZÁLEZ Y ÁLVAREZ, 1986).

La prueba de velocidad de emergencia propuesta por MAGUIRE (1962), en donde se cuenta el número de días que emergieron para establecer un índice, el cual permite obtener mejores estimadores de vigor de las plántulas para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, Existen reportes de IVG en semillas de *Handroanthus heptaphyllus* de 1.27 (HIGA, 2006) a 6.7 semillas/día (ANGHIONONI, 2008) para germinación convencional; mientras que para las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) sin testa se registró una cifra de 5.1 (LA ROSA Y QUIJADA, 2013).

## **2.7. Factores que intervienen en la germinación**

### **2.7.1. Factores internos (intrínsecos)**

Es un factor importante en la germinación de semillas. Las testas están constituidas por diferentes capas de células de origen materno y

proporcionan una importante interfaz entre el embrión y el ambiente externo y tiene como funciones mantener unidas las partes internas de las semillas, proteger las partes internas contra choques, entrada de microorganismos; sirve de barrera contra la rehidratación de la semilla, normalizar el intercambio gaseoso, inhibir la germinación causando dormancia (GARCÍA, 2006).

### **2.7.2. Factores externos (extrínsecos)**

Para que el proceso de germinación ocurra debe contarse con determinadas condiciones ambientales favorables (agua, temperatura, oxígeno y luz) y la ausencia de agentes patógenos (BARCELÓ *et al.*, 2001).

a) Agua: El primer proceso que tiene lugar durante la germinación es el ingreso de agua por la semilla. La magnitud de la fase de imbibición está determinada por tres factores: composición química de la semilla, las semillas ricas en proteínas absorben gran cantidad de agua, mientras que las oleaginosas absorben menos (COURTIS, 2013). La rehidratación de los tejidos trae como consecuencia la intensificación del proceso respiratorio y actividades metabólicas. El aumento del volumen de la semilla provoca el rompimiento de la cáscara que facilita la emergencia de la raíz (HARTMANN, 1997).

b) Temperatura: El proceso de germinación, como todos los procesos fisiológicos está afectado por la temperatura. Ésta afecta principalmente la actividad enzimática necesaria para la degradación de las sustancias de reservas. Para cada clase de semillas existe una temperatura mínima y una máxima en la que ocurre la germinación. Además, dentro del

rango temperatura mínima-máxima, existe un punto en el que se obtiene máxima germinación y ésta ocurre más rápidamente; este punto corresponde a la temperatura óptima. El límite inferior está alrededor de 0 °C. El óptimo oscila entre los 25 y 31 °C y el máximo entre 40 y 50 °C (COURTIS, 2013).

c) Luz: La exposición a la luz estimula la germinación de semillas de muchas especies silvestres y agrícolas. En la gran mayoría de los casos se estimula la germinación mediante exposición a luz roja (660 nm) y se inhibe con luz de 730 nm de longitud de onda. (COURTIS, 2013). Se requiere una buena distribución de luz en la cámara de germinación, se recomienda lámparas de tubos fluorescentes blancos (POULSEN, 1994).

MANTILLA (2003) sostiene que algunas semillas pueden ver inhibida su germinación una vez expuestas a la luz (fotoblásticas negativas) o promover su germinación (fotoblásticas positivas), aunque hay semillas cuya germinación es indiferente a este factor.

## **2.8. Latencia**

ROBERTS (1972) señala que el término “latencia” se refiere a una condición de una semilla viable que impide que esta germine en presencia de los factores que normalmente se consideran suficientes para la germinación: temperatura adecuada, humedad y medio ambiente gaseoso. Así mismo PÉREZ y PITA (1999) definen latencia o dormición al estado en el cual una semilla viable no germina aunque se la coloque en condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo.

Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula. La emergencia de las plántulas ocurre en “pulsos” en un rango del espacio y el tiempo (INTA, 2011).

Es importante recalcar que la latencia es un estado de las semillas distinto a la quiescencia, pues a diferencia del primero, éste no permite la germinación debido a condiciones adversas que se presentan en el medio, y que van en contravía de su desarrollo vegetativo (TRUJILLO, 2009). A continuación se detallan los distintos tipos de latencia descrito por HARTMANN Y KESTER (1988); WILLAN (1991):

### **2.8.1. Latencia exógena**

Se subdivide en tres tipos:

- Latencia física: la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables.
- Latencia mecánica: la cubierta de las semillas son demasiados duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación.
- Latencia química: corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación.

### **2.8.2. Latencia endógena (morfológica)**

Se presenta en aquellas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración.

### **2.8.3. Latencia endógena (fisiológica)**

- Fisiológica: Con mecanismo fisiológico inhibidor.
- Superficial: Presenta mecanismo inhibidor débil.
- Intermedia: Presenta mecanismo inhibidor intermedio.
- Profunda: Presenta mecanismo inhibidor fuerte.

### **2.8.4. Latencia combinada morfofisiológica**

Consiste en la combinación del subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuerte.

### **2.8.5. Latencia combinada exógena / endógena**

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

## **2.9. Tratamientos de semillas**

Los tratamientos pregerminativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el

estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (DONOSO, 1993; ARNOLD, 1996). Los métodos pregerminativos más comunes son los siguientes:

### **2.9.1. Estratificación**

Este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor (PATIÑO *et al.*, 1983; HARTMANN Y KESTER, 1977; HARTMANN Y KESTER, 1988; DONOSO, 1993).

Según el INTA (2011) existen dos métodos de estratificación:

- Cálida: se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
- Fría: se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

### **2.9.2. Escarificación**

Un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal, es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así, la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases, pero sin dañar o romper el embrión (INTA, 2011).

En ese sentido es necesario conocer la especie en la que se va aplicar el proceso de activación de las semillas a fin de evitar daños en las mismas, ya que no todas son iguales ni asimilan o actúan de la misma forma ante el estímulo externo, Los tratamientos para vencer este letargo varían así según la especie y el tipo de latencia (TRUJILLO, 2009).

#### **2.9.2.1. Método mecánico**

La escarificación mecánica se reduce a dañar la corteza de la semilla para permitir la entrada de humedad una vez que se haya sembrado. La operación consiste hasta que una pequeñísima cantidad de las sernillas se rompan o astillen. En el caso de semillas de tamaño grande, se puede partir una pequeña parte de la cubierta con un par de tijeras (PÉREZ y PITA, 1999).

PULIDO Y TENDERO (2001) afirman que la estimulación en la germinación producida por escarificación mecánica, es más efectiva, siendo en ocasiones el 100 %. Sin embargo las semillas escarificadas son más susceptibles a daños producidos por organismos patógenos. Este método es simple y útil para cantidades pequeñas de semilla relativamente grandes. La escarificación no debe hacerse hasta el punto que se dañe a las semillas (SUTTIE, 2003).

#### **2.9.2.2. Método Físico**

Método Húmedo con agua fría: Es un método que consiste en remojar las semillas de testa dura en agua fría, por tiempos determinados

dependiendo del tipo de semillas, ya que dichas semillas presenta una impermeabilidad del tegumento que hace que la germinación sea muy lenta o nula. Remojar las semillas en agua fría durante 12 horas, por lo menos y hasta un tiempo máximo de 48 horas, favorece la germinación (WIGHTMAN, 2006).

Método Húmedo con agua caliente: El remojo en agua consiste en colocar las semillas en agua a temperaturas de entre 77 °C a 100 °C, retirar del fuego y dejar enfriar gradualmente durante un periodo de 12 a 24 horas. Con este tratamiento se logran remover las sustancias inhibitoras, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación (HARTMANN *et al.* 1990). También se puede utilizar calor seco (estufa) y agua caliente. Se suelen emplear temperaturas entre 50 °C a 100 °C y diferentes tiempos según la mayor o menor dureza de las cubiertas seminales (PÉREZ y PITA, 1999).

Se ha sugerido que la cantidad de agua sea mayor que la semilla en 2 – 3 veces. Las instrucciones sobre el tratamiento de las semillas con agua caliente para eliminar la latencia de la cubierta deben observarse meticulosamente, pues de lo contrario las semillas pueden morir debido a un calentamiento excesivo (WILLAN, 1991). Esto es corroborado por el CATIE (2000) quienes manifiestan que se debe tener cuidado con el uso del agua caliente, pues se puede dañar al embrión debido a la alta temperatura.

### **2.9.2.3. Método químico**

Las semillas secas se colocan en recipientes y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido,

la cantidad de semilla que se trata no debe pasar los 10 kilos para evitar el calentamiento incontrolable. Durante el tratamiento, la mezcla se debe mover con mucho cuidado para obtener resultados uniformes, el tiempo de tratamiento varía, pueden ser desde 10 minutos hasta 6 horas o más. (HARTMANN Y KESTER, 2001). La semilla se debe agitar continuamente en un baño de agua debido a que el proceso libera mucho calor. En otra forma, el calor liberado sería suficiente para deteriorar el embrión de la semilla. Después del tratamiento se debe lavar bien con agua todo residuo de ácido en las semillas (PÉREZ y PITA, 1999).

### **2.9.3. Lixiviación**

El lavado de las semillas con agua o con otros disolventes (etanol, acetona, cloroformo, etc.) se utiliza frecuentemente cuando la semilla contiene sustancias inhibidoras de la germinación en sus cubiertas (PÉREZ y PITA, 1999).

### **2.9.4. Combinación de tratamientos**

Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo (INTA, 2011).

### **2.9.5. Hormonas y otros estimulantes químicos**

Existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA3), entre

otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de exposición, dependiendo de la especie de que se trate (INTA, 2011). Así, se ha comprobado que, en numerosas semillas, el GA, contrarresta el efecto inhibitor del ácido indolbutírico (ABA) (PÉREZ y PITA, 1999).

## **2.10. Investigaciones con tratamientos pregerminativos**

En México, MARTINEZ Y GARCIA (1995) manifiestan que al evaluar el efecto de cuatro tratamientos pregerminativos en semillas de *Acacia bilimekii*, los porcentajes de germinación son los siguientes: para el tratamiento testigo, 98.5 %; para la escarificación mecánica, 99.25 %; para la escarificación mecánica complementada con el remojo en agua, 99 %; para la escarificación química, 88 %; y para la escarificación con agua caliente, 89 %. En lo que se refiere a la rapidez de germinación se encontró que la escarificación mecánica en combinación con el remojo en agua resultó la más rápida, ya que en 24 horas germinaron el 97 % de las semillas. La escarificación mecánica le siguió, empleando 48 horas para conseguir el 98.25 % de germinación. La escarificación química empleó cinco días (120 horas) para alcanzar el 88 %. La escarificación con agua caliente empleó 16 días (384 horas) para alcanzar el 89 % de germinación. Finalmente, el tratamiento testigo empleó 27 días (648 horas) para que el lote de semillas germinara en un 98.5 %.

En México, SAÑUDO *et al.* (2009) realizaron tratamientos pregerminativos en semillas de palo fierro (*Olneya tesota*. A. gray); los tratamientos consistieron en (T<sub>1</sub>) testigo ; Imbibición de las semillas de palo fierro en agua, es decir, inmersión de las semillas en 100 ml de agua a 25 °C,

por 1 hora, 2 horas y 30 minutos, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> respectivamente; Inmersión por 10 minutos en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 40 % y 20 %, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> respectivamente; Escarificación con lija en el hipocotilo de la semilla (T<sub>7</sub>); Estratificación en frío a 4 °C (T<sub>8</sub>). Estadísticamente la escarificación con lija fue el mejor tratamiento ya que aceleró la velocidad de germinación e incrementó el porcentaje de germinación a los 8 días después de la siembra, seguido de T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>; en tanto que T<sub>6</sub> se comportó igual que el testigo.

En Uruguay, GARAY Y GUIDO *et al.* (2010) aplicaron cuatro tratamientos pregerminativos a semillas de *Dodonaea viscosa* y *Schinus molle*: escarificación mecánica, exposición a ácido sulfúrico, maceración con agua caliente y situación control. En lo que refiere a *Dodonaea viscosa*, las semillas sometidas al tratamiento de escarificación mecánica fueron las más exitosas en cuanto a la velocidad de germinación, ya que fueron las únicas en germinar la primera semana de experimento (7.52 %), y alcanzaron valores superiores al 70 % al cabo de 14 días. Para ese entonces, las semillas sometidas a los otros tratamientos recién comenzaron a germinar, con porcentajes menores al 20 %. A partir de la cuarta semana, se observó que los porcentajes de germinación se mantuvieron prácticamente constantes. Por otro lado, al final del experimento *D. viscosa* registró su máximo porcentaje de germinación en aquellas semillas que fueron sometidas a la escarificación mecánica, alcanzaron un valor promedio 78.27 %. Además, las que fueron previamente maceradas con agua caliente registraron un valor promedio de 67.17 %. Sin embargo, para las semillas expuestas a ácido sulfúrico se observó un valor de 9.35 %.

Para promover la germinación en semillas de gulupa (*Passiflora pinnatistipula*) se han empleado diversos tratamientos: escarificación química con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 98 % durante 5 min o fermentación en solución de sacarosa al 10 %, generando porcentajes de germinación del 94 y 86.5 % respectivamente (MABUNDZA *et al.*, 2010)

En Veracruz, HERNANDEZ – VARGAS *et al.* (2001) utilizaron diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de cuatro especies arbóreas forrajeras de la selva baja caducifolia. Los tratamientos pregerminativos para las especies *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis laevigata*, que mejor funcionaron fueron respectivamente: inmersión en agua a 86 y 90 °C por dos y cuatro minutos (ambos con el 72 % de germinación), escarificación con lija (98 %) e inmersión en ácido sulfúrico por 35 minutos (92 %); punción con aguja (84.4 %) y control sin escarificación (90.6 %) y punción con aguja y corte en el extremo (76.3 y 63.12 %, respectivamente).

En Venezuela, SACHEZ Y RAMIREZ (2006) evaluaron el efecto de tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena Leucocephala* (Lam).de Wit y *Prosopis juliflora* (SW) DC, en leucaena las semillas se trataron por 10 minutos en agua caliente (80 °C) dos horas en remojo en agua (25 °C), escarificación con lija #80 por 20 y 40 minutos y un testigo. En *Prosopis juliflora* se sembraron semillas con o sin artejo con 21 días de almacenamiento o frescas. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. En leucaena, el tratamiento con agua caliente (80 °C) por 10 minutos fue el

mejor con 91,5 % de germinación su tasa de germinación (TG) varió de 12,82 a 14,88 días. En *Prosopis juliflora* la siembra de semillas frescas con el artejo mostro el máximo porcentaje de germinación (PG) 29 % su TG fluctuó entre 7.43 y 10.01 días.

En Cuba, GONZALES Y MEDOZA (2008) determinaron el efecto del tratamiento pregerminativo en semillas de *Leucaena Leucocephala*, emplearon tres tratamientos: agua a 80 °C por dos minutos, almacenadas al frio y al ambiente por 7 años. La aplicación de agua a 80 °C por dos minutos produjo incrementos significativos en la germinación con respecto a las semillas sin tratar, fue superior a los 12, 24, y 48 meses (98.6; 99.6 y 98.5 %) y al ambiente a los 6, 12 y 18 mese (96.2; 97.7 y 97.7 %). Se concluye que las semillas de recién cosechadas presentan alrededor de 30 % de dormancia y que pueden incrementar su germinación aplicándoles agua por 2 minutos.

En Iquitos, LEON Y SALDAÑA (2011) utilizaron seis tratamientos pregerminativos en semillas de *Euterpe precatoria* Mart.: T<sub>0</sub>, Testigo. T<sub>1</sub>, Inmersión de las semillas en agua durante 24 horas. T<sub>2</sub>, Inmersión de las semillas en agua durante 48 horas. T<sub>3</sub>, Inmersión de las semillas en agua durante 96 horas. T<sub>4</sub>, Inmersión de las semillas en agua caliente (50 °C) durante 3 minutos. T<sub>5</sub>, Desgaste parcial de la testa mecánicamente con lija (conservando la parte del embrión). Los resultados mostraron un mayor éxito para los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> con un 100 % de semillas germinadas; entonces, una semilla podrá germinar siempre y cuando exista una liberación parcial de la testa que permita la salida del embrión y continúe con su desarrollo.

En Colombia, INSUASTY – SANTACRUZ *et al.* (2012) evaluaron el efecto de tratamientos pre-germinativos y las características morfológicas en semillas y plántulas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Las semillas se trataron con concentraciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 50, 75 y 100 % e inmersión de las mismas por 5 y 10 minutos, cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Los tratamientos con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 50 y 75 % e inmersión durante 10 minutos fueron los mejores con 83.33 % y 89.33 % de germinación. La tasa de germinación (TG) vario de 4.7 a 14.5 días.

En Tingo María, REATEGUI (2012) aplicó tratamiento físico (agua hirviendo por 2.5 minutos), mecánico (raspado de la semilla con lija n° 40) y químico (ácido sulfúrico por 10 minutos y ácido giberélico a 1250 ppm) en semillas *Ormosia amazonica* (huairuro). La aplicación de raspado con lija fue alto y relevante (83.75 %), seguido del ácido sulfúrico (31.25 %) y con ácido giberélico (15 %). La energía germinativa alcanzo un 73.33 % que no recibieron tratamiento alguno, 72 % en la que se aplicó ácido sulfúrico, 75 % en las que se trataron con ácido giberélico y 62.69 % en las semillas que se realizó el raspado. No se encontró germinación alguna en las semillas tratadas con agua hervida, la alta temperatura ocasionaron la muerte del embrión (pudrición).

## **2.11. Investigaciones con tratamientos pregerminativos en castaña (*Bertholletia excelsa* HBK)**

MULLER (1982) realizó trabajos de germinación en castaña *Bertholletia excelsa* HBK remojando las semillas durante 24 horas para luego remover la testa, aplicando fungicida, la germinación dio inicio a los 30 días con

un 78 % de germinación al finalizar su evaluación en cinco meses. El mismo procedimiento pero sin fungicida KAINER *et al.* (1999) experimentaron resultados de 55 % de germinación y el inicio se dió a los 60 días.

Otra investigación descrita por CORVERA *et al.* (2010); PINHEIRO (1968); citado por ARIAS Y RONDON (2010) indican que la propagación de la castaña se da manera sexual y asexual:

a). Sexual: por semillas; se realizó 1 tratamiento pregerminativo

- La semilla seleccionada debe ser estratificada en cajas de madera conteniendo capas intercalas de arena y aserrín. Luego remojar las semillas en sacos perforados. El tiempo del remojo es de 7 a 15 días pudiendo prolongarse en algunos casos hasta los 25 días.
- Pelado manual, el pelado requiere habilidad y experiencia con la peladora manual. Con esta técnica se consigue un porcentaje de germinación hasta de 72 %.
- Desinfección de las semillas, consiste en someter a las semillas seleccionadas a un tratamiento químico, aplicando “BenomyI” al 0.3 %, dejando remojado las semillas por 90 minutos.
- La semilla de castaña presenta un proceso germinativo lento, la emisión radicular y de la parte aérea pueden presentar disparidad.
- Los primeros talluelos aparecen entre los 20 - 30 días.

b). Asexual; La castaña es una planta halógama, es decir de alta variabilidad genética, lo que se aprecia en muchas características fenotípicas. También es muy variable en la forma y tamaño del fruto, el tamaño de las semillas o almendras, y la forma de copa. En cuanto a la precocidad productiva, hay plantas precoces o muy precoces y otras tardías o muy tardías. Es por ello, que la única manera de perpetuar una castaña productora es a través de la multiplicación vegetativa y una de las modalidades, para el caso de la castaña, sería el injerto como una práctica de ejecución más fácil.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política

El trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo María. Localizado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado en la región Huánuco.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

La ubicación donde se llevara a cabo la investigación:

Cuadro 1. Ubicación geográfica.

Coordenadas geográficas	Provincia Leoncio Prado
Latitud	09° 18' 00" Sur
Longitud	76° 01' 00" Oeste
Altitud	660 m.s.n.m.

Fuente: Estaciones Meteorológicas de José Abelardo Quiñones (Tingo María)

### 3.1.3. Zonas de vida

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1987), la zona de estudio se encuentra en la zona ecológica determinada como bosque muy húmedo – Premontano Tropical (bmh – PT).

### 3.1.4. Características climáticas

En el Cuadro 2, se observa las características climáticas de la provincia de Leoncio Prado, lugar donde se llevó a cabo la investigación.

Cuadro 2. Características climáticas.

Parámetros	Rupa Rupa
Temperatura máxima (°C)	29,4
Temperatura mínima (°C)	18,6
Temperatura media (°C)	24,3
Precipitación promedio (mm)	3200
Humedad relativa (%)	87,0

Fuente: Estaciones Meteorológicas de José Abelardo Quiñones (Tingo María) y de la Universidad Nacional de Ucayali (Pucallpa)

El promedio de la humedad relativa dentro del laboratorio fue de 75 % y temperaturas que varían de 24 a 30 °C, el propósito fue acondicionar el experimento a condiciones de temperatura ambiente, brindándole los factores necesarios y básicos para dar inicio a la germinación.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Material biológico y fungicida**

- Semillas de la especie *Bertholletia excelsa* HBK, provenientes de la región Madre de Dios, ciudad de Puerto Maldonado y colectadas en el mes de diciembre del 2015.
- ácido sulfúrico concentrado al 100 % para la escarificación química de las semillas.
- Fungicidas (FujiOne y Benomyl), para la prevención al ataque de hongos.

### **3.2.2. Materiales**

- Alicata punta fina, 02 vasos de precipitados, mesas, pinza, agua destilada, guantes quirúrgicos y un termómetro; para la aplicación de los tratamientos.
- Fuentes metálicas, algodón y bolsas de polietileno para realizar los ensayos sobre germinación.

### **3.2.3. Equipos**

- Balanza de precisión empleada para la determinar el número de semillas por kilogramo y contenido de humedad de las semillas.
- Desecador para evitar que las semillas absorban humedad.

- Estufa utilizada en el proceso de pérdida de la humedad de las semillas para luego calcular el promedio del contenido de humedad.
- Cocina eléctrica empleada para realizar el tratamiento físico con agua caliente.
- Equipo de cómputo utilizado en la fase gabinete para realizar el análisis y pruebas estadísticas de las distintas variables en ejecución.
- Higrómetro digital para determinar el promedio de la humedad relativa dentro del laboratorio.
- Cámara fotográfica marca SONY, empleada en la captura de imágenes de las labores realizadas durante el periodo de la investigación.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Obtención de las semillas**

Las semillas empleadas en estas pruebas han sido recolectadas del suelo y puesta en un costal (aproximadamente 3000 semillas), para luego ser enviadas al Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables desde la región de Madre de Dios, ciudad de Puerto Maldonado, debido a que en la ciudad de Tingo María no se encuentran semillas de *Bertholletia excelsa*, en la cantidad que se requiere.

### 3.3.2. Muestreo

Para el análisis de las semillas se tomaron pequeñas porciones al azar de diferentes partes del saco, para luego mezclarlas y de esta manera recién proceder a realizar las labores de análisis (porcentaje de pureza, peso y contenido de humedad). Para la aplicación de los tratamientos se evaluó y trabajó con 200 semillas por tratamiento en decir se utilizaron un total de 1000 semillas de *Bertholletia excelsa* HBK.

### 3.3.3. Análisis de las semillas

Se aplicó la metodología recomendada por el ISTA (1993).

#### 3.3.3.1. Pureza de las semillas

Se seleccionaron las semillas buenas de aquellas impurezas tales como malezas, estructuras desprendidas de la semilla, partículas de hojas y ramitas como también otros materiales diferentes a la semilla. Para determinar el porcentaje de pureza se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso total de la muestra} - \text{Peso de impurezas}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

#### 3.3.3.2. Peso de las semillas

El objetivo fue determinar el peso de 1000 semillas, que permitió calcular el número de semillas por kilogramo. Para ello se realizaron ocho

repeticiones al azar con 100 semillas puras. Las ocho repeticiones se pesan individualmente.

$$\text{Peso de 1000 semillas} = \sum \text{de los pesos de 08 repeticiones individuales}$$

Posteriormente se calculó la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación:

$$\text{Varianza } (\sigma^2) = \frac{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

Donde:

x : Peso de cada repetición en gramos.

n : Número de repeticiones.

$\sum$  : Sumatoria.

$$\text{Desviación estándar } (\sigma) = \sqrt{\text{Varianza}}$$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

$\sigma$  : Desviación estándar.

$\bar{x}$  : Promedio del peso de 100 semillas.

Si el coeficiente de variación excede 4, la prueba se debe repetir y determinar la desviación estándar para las 16 repeticiones. El peso de 1000 semillas puras se convirtió en peso promedio de una semilla y número de semillas por kilogramo de la manera siguiente:

$$\text{Peso promedio de una semilla} = \frac{\text{Peso de la muestra en gramos}}{100}$$

$$\text{Número de semillas por kilogramo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas que contiene la muestra} \times 1000}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

### 3.3.3.3. Contenido de humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó mediante el secado al horno. Para el ensayo se emplearán 30 semillas en total (KRISHNAPILLAY y MARZALINA, 1993). Se emplearon dos duplicados que fueron secados en dos recipientes durante  $17 \pm 1$  horas a  $103 \pm 1$  °C. Los recipientes fueron llevados inmediatamente después del secado a un desecador donde se dejaron enfriar las semillas. Los duplicados se pesaron en una balanza digital y el contenido de humedad se calculó con base en peso fresco de la semilla con la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso fresco de la muestra} - \text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso fresco de la muestra}} \times 100$$

La diferencia en contenido de humedad de las dos muestras no debe superar un determinado porcentaje de tolerancia. El resultado se

estableció como el promedio de las dos repeticiones, expresado en un decimal. Si el resultado no está dentro de los límites de tolerancia que se muestra en el Cuadro 3, la prueba se deberá repetir.

Cuadro 3. Tolerancia para el contenido de humedad en semillas.

Tamaño de semillas	Contenido de humedad inicial (%)		
	<12	12 a 25	>25
Pequeñas	0.3	0.5	0.5
grandes	0.4	0.8	2.5

Fuente: ISTA, 1993

### 3.3.4. Trabajos previos para determinar los tratamientos

El ácido sulfúrico; se utilizó a una concentración de 100 % y a diferentes tiempos de remojo (1, 2, 3, 4 y 5 horas). El tiempo adecuado que se determinó es de 4 horas, ya que a la quinta hora el ácido empieza a penetrar hacia la parte interna de la semilla, dañando al embrión. Lo que se pretende con el pre-ensayo es dejar a la semilla en estado “maní”, es decir sin afectar la parte interna (embrión) de la semilla.

En el agua caliente: las semillas se remojaron durante 5 minutos y para la escarificación mecánica de remoción y orificio en la testa, se utilizó un alicate de punta fina. El tiempo de remoción y la apertura de un orificio en la testa es de 25 y 50 semillas/horas respectivamente, demostrando así que es una labor que requiere cierta habilidad y destreza para no dañar el embrión de las semillas.

### **3.3.5. Aplicación de tratamientos**

#### **3.3.5.1. Mecánico**

La escarificación mecánica, consistió en quitar una porción muy pequeña de la cubierta dura de la semilla, esta operación se realizó utilizando un alicate punta fina que mediante una ligera presión en la parte media de la semilla, hizo que la quebradiza testa se fracture y se desprenda sin dañar el endospermo de la misma, de esta manera se forme un orificio en la testa, cuya finalidad es permitir el ingreso de agua y oxígeno dentro de la semilla, procurando así que el inicio de la germinación se realice en el menor tiempo posible.

Otra técnica mecánica empleada fue la remoción completa de la testa, que consistió en desprender la testa completamente de la semilla, sin dañar el endospermo, después del pelado se realizó una clasificación de las semillas aptas (sin daños) para de esta manera dar inicio al proceso de germinación.

#### **3.3.5.2. Químico**

Las semillas fueron sumergidas en ácido sulfúrico concentrado durante un período de 4 horas; para este tratamiento se utilizaron fuentes de metálicas, en donde se dispuso una cantidad de ácido equivalente al doble del volumen de las semillas, durante 4 horas que duró la inmersión era necesario agitar la mezcla con el fin de que el ácido actuara uniformemente en todas las

semillas. Al final de 4 horas se escurrió el ácido y las semillas se lavaron en una corriente de agua durante un período de 10 minutos con el fin de remover completamente todo el ácido.

### **3.3.5.3. Físico**

Se remojó en agua caliente las semillas previamente hervida y enfriada a 70 °C, y se mantuvo esta temperatura durante cinco minutos. Después se dejó enfriar el agua junto con las semillas, manteniéndolas en remojo durante 12 horas.

### **3.3.6. Labores de acondicionamiento para la germinación**

Todas las semillas tratadas, más un grupo de semillas al que no se le dio tratamiento alguno (testigo), fueron puestas en cámaras de germinación, consistentes en fuentes metálicas cubiertas de algodón, a diario se realizó el riego para mantener húmedo las semillas.

Cabe mencionar también que durante todo el periodo de evaluación (7 meses) se realizó el intercambio del algodón mensualmente, esta labor se realizó con la finalidad de mantener a las semillas libre de agentes patógenos.

### **3.3.7. Labores de desinfección**

Después de haber aplicado los tratamientos respectivos, las semillas fueron desinfectadas con Benomyl y FujiOne al 0.3 %, (3 g/litro de

agua) para prevenir el ataque de hongos, posteriormente se procedió colocar las semillas en fuentes cubiertas con algodones previamente desinfectados.

### 3.4. Aspectos estadísticos

#### 3.4.1. Diseño experimental

Para llevar a cabo estas pruebas, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) ya que se evaluó el efecto de un solo factor, que consistió en el acondicionamiento de las semillas para promover su germinación, esto se hizo con base a lo descrito por REYES (1981); WAYNE (1982). La distribución de los tratamientos cuenta con 4 repeticiones y cinco tratamientos. En la Figura 1 se observa la distribución del experimento.

T1	T0	T2	T4	T3	T0 = Tratamiento testigo
T3	T1	T0	T4	T2	T1 = Tratamiento mecánico (remoción de la testa)
T3	T0	T2	T1	T4	T2 = Tratamiento mecánico (orificio en la testa)
T0	T1	T2	T3	T4	T3 = Tratamiento con ácido sulfúrico
					T4 = Tratamiento con agua caliente

Figura 1. Distribución de los tratamientos experimentales

#### 3.4.2. Evaluación de variables

El registro de los datos y las observaciones se realizarán cada 24 horas. El conteo de semillas germinadas se realizará a la misma hora y se

considerará que una semilla ha germinado cuando la radícula salga de la testa y comience a elongarse. Los índices de germinación empleados según BEWLEY y BLACK (1985), fueron:

#### **3.4.2.1. Potencial germinativo (PG%)**

Esto expresa el porcentaje final de semillas que germinan con relación al número total de semillas sembradas. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$PG(\%) = \left(\frac{SG}{SS}\right) \times 100$$

Dónde:

PG % : Potencial germinativo

SG : Semillas germinadas

SS : Semillas sembradas

#### **3.4.2.2. Energía germinativa (EG)**

Para determinar la energía germinativa se utilizó la siguiente fórmula (FAO, 2007):

$$EG = (N^{\circ} \text{ máximo S} / N^{\circ} \text{ total de semillas germinadas}) \times 100$$

Donde:

N° máximo S: Número máximo de semillas germinadas en un tiempo dado.

### 3.4.2.3. Índice de velocidad de germinación (IGV)

Se obtuvo dividiendo el número de semillas germinadas entre el número de días evaluados (MAGUIRE, 1962).

$$IGV = \sum \frac{n_i}{t_i}$$

Donde:

$n_i$  : Número de semillas germinadas en el i-esimo día.

$t_i$  : Tiempo en días, para la germinación en el i-esimo día.

### 3.4.3. Fase de gabinete

Después de la toma de datos durante todo el periodo de investigación, estos fueron procesados en hojas de excel para luego ser insertadas en tablas estadísticas (SPSS) a un nivel de significancia de 95 %, además se encontró diferencias entre medias con la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Dado que los valores de germinación en el  $T_0$  y  $T_4$  presentaron valores de cero, esto debido a que los tratamientos en mención no causaron efecto en las semillas de castaña, motivo por el cual no se consideraron para las pruebas y análisis estadísticos, lo cual favorece en el coeficiente de variación y del respectivo análisis.

Cuadro 4. Modelo del análisis de variancia.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F.Tab.
Tratamiento	t-1	SCtra	SCtra/glra = CMtra	CMtra/CMee	F $\alpha$ (glra,glee)
Error	r(t-1)	SCee	SCee/glee = CMee		
Total		SCtotal			

t: Tratamiento y r: Repetición

El modelo aditivo lineal que represento a la variable respuesta, siendo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Variable respuesta.

$\mu$  : Efecto de la media general.

$T_i$  : Efecto de la i - ésimo tratamiento.

$\xi_{ij}$  : Error experimental.

### 3.4.4. Variables consideradas en la investigación

#### 3.4.4.1. Variables independientes (categórica)

- Los cinco tratamientos pregerminativos, incluido el testigo.

#### **3.4.4.2. Variables dependientes (numérica)**

- Poder germinativo expresado en porcentaje.
- Energía germinativa.
- Índice de velocidad de germinación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis en semillas de *Bertholletia excelsa* HBK

El porcentaje de pureza para las semillas de *Bertholletia excelsa* HBK resultó un promedio de 94.26 %, para el peso de 1000 semillas se obtuvo un valor de 8887.5 g, haciendo un promedio de 113 semillas/kg, mientras que el peso unitario es de 8.8 g. El contenido de humedad varió de aproximadamente 24.4 % a 25.1 %, con un promedio de 24.7 % (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).

Parámetro	Valor promedio
Porcentaje de pureza (%)	94.26
Peso de 1000 semillas (g)	8 887.5
Contenido de humedad (%)	24.7

### 4.2. Tratamientos pregerminativos físicos (agua caliente), mecánicos (remoción y apertura de un orificio en la testa) y químicos (ácido sulfúrico) en la germinación de semillas de castaña (*B. excelsa*).

La evaluación de las semillas que fueron sometidas bajo tratamientos pregerminativos, se realizó por un periodo de 210 días (7 meses)

después de la germinación, dando inicio al proceso de germinación a los 23 días con el tratamiento de remoción de la testa a diferencia de los tratamientos físico con agua hervida que presento síntomas de pudrición en su totalidad, ocasionando la muerte del embrión y el tratamiento testigo que no llegó a germinar en el tiempo de evaluación, debido a que no recibió tratamiento alguno.

En el tratamiento químico con ácido sulfúrico la germinación se observó a los 117 días y en el tratamiento mecánico realizando la apertura de un orificio a los 131 días. En el Cuadro 6 y Figura 2, donde se observa la cantidad total de semillas que germinaron durante los 7 meses de evaluación con respecto a cada tratamiento.

Cuadro 6. Número de semillas germinadas/mes.

Tratamiento	Número de semillas germinadas/mes						
	1er	2do	3er	4to	5to	6to	7mo
T <sub>1</sub>	10	10	31	91	190	190	192
T <sub>2</sub>	0	0	0	0	17	30	51
T <sub>3</sub>	0	0	0	33	88	144	158

T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>: tratamiento mecánico (remoción y apertura de orificio en la testa respectivamente), T<sub>3</sub>: tratamiento con ácido sulfúrico

Con los resultados mostrados en el Cuadro 6 donde se observa la cantidad total de semillas que germinaron durante los 7 meses de evaluación, el T<sub>1</sub> registra el mayor número de semillas germinadas.

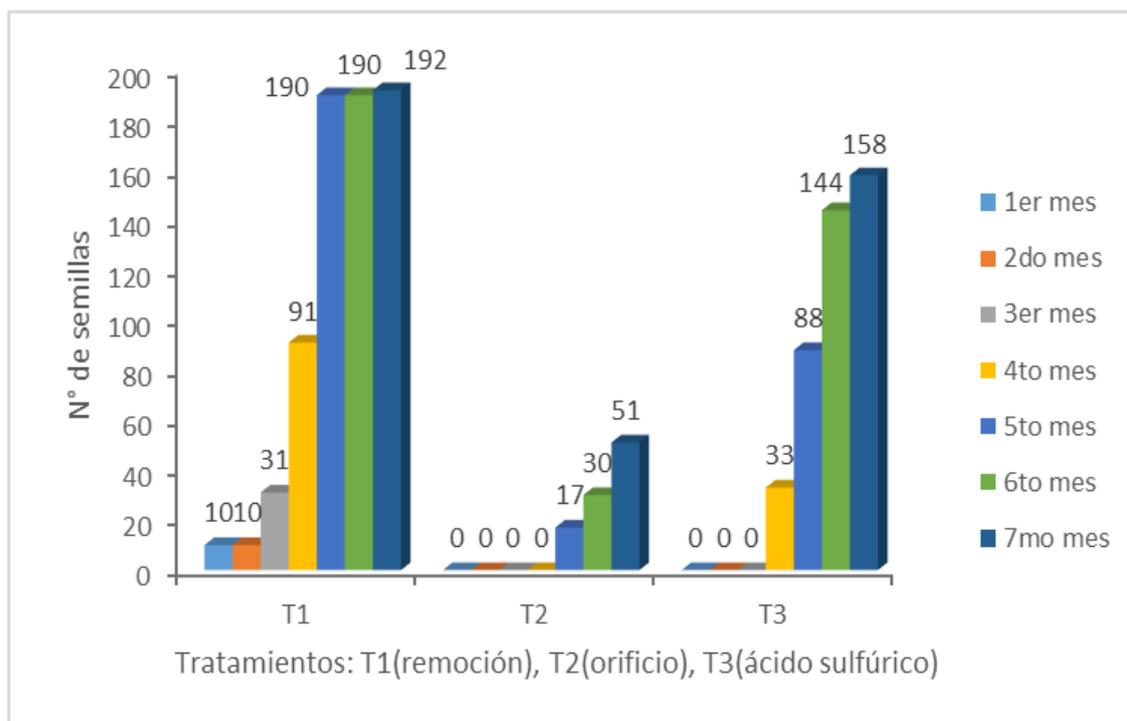


Figura 2. Cantidad total de semillas germinadas en castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

#### 4.2.1. Porcentaje de germinación

Las semillas que alcanzaron mayor porcentaje de germinación fueron las que se trataron removiendo la testa (96 %) y tratadas con ácido sulfúrico (79 %) mientras que el menor valor (25.5 %) se registró en semillas que se realizó un orificio en la testa. Demostrando así que la aplicación de los tratamientos pregerminativos (T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub>) a las semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) provocó efectos diferentes sobre la germinación como se observa en el Cuadro 7 y Figura 3, donde se reporta el promedio y suma de los porcentajes de germinación con referente a las repeticiones y al tratamiento.

Cuadro 7. Porcentaje de germinación de las semillas de castaña de (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

Repetición	Porcentaje de germinación de semillas por tratamiento		
	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>
1	100	80	28
2	100	72	20
3	92	86	22
4	92	78	32
Suma	384	316	102
Media	96	79	25.5

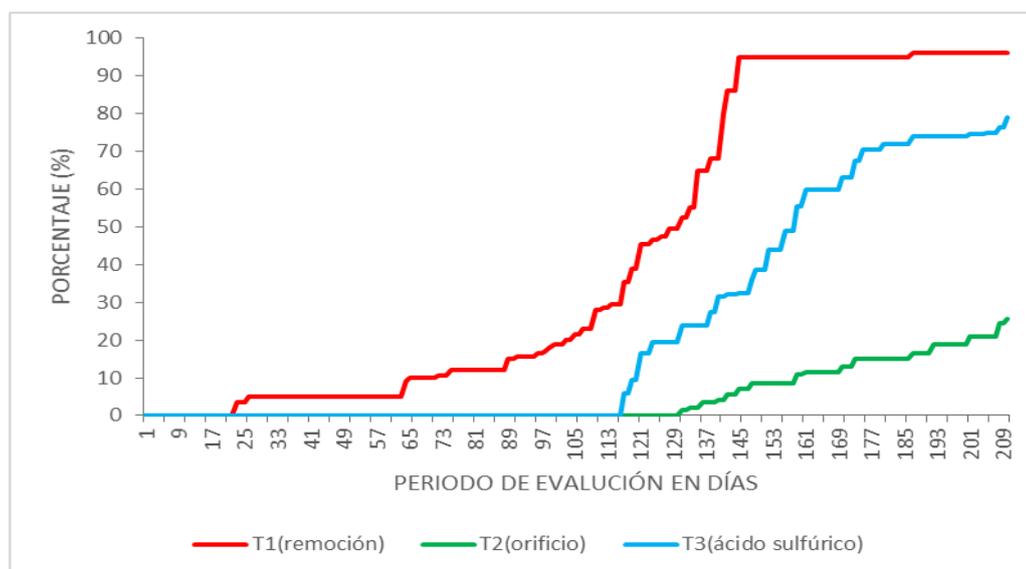


Figura 3. Porcentaje de germinación media de las semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) con diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

Con base en los datos de germinación (Cuadro 7) se realizó el análisis de varianza (Cuadro 8), encontrándose significancia entre tratamientos, por ello la remoción de la testa generó mayores índices de germinación 96 % mientras que las semillas tratadas con ácido sulfúrico reporta un valor de 79 % y las semillas a las que se realizó un orificio en la testa presentó un valor de 25.5 %. Los tratamientos restantes (T<sub>0</sub> y T<sub>4</sub>) no presentaron germinación. El coeficiente de variación determinado para dicha variable, indica que los datos resultados presentan una alta variabilidad

Cuadro 8. Análisis de varianza de Porcentajes de germinación en semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	4	10828.667	5414.333	191.094	0.000**
Error	15	255.000	28.333		
CV (%)	27.15				
Total	19	284.784			

\*\*= Significancia estadística a un nivel de  $\alpha=0.05$   
NS= No significativo

Para determinar la diferencia entre tratamientos se realizaron las pruebas de Tukey (Cuadro 9), encontrándose que hay diferencia significativa, entre los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub>. Pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T<sub>0</sub> y T<sub>4</sub>.

Cuadro 9. Prueba Tuckey ( $\alpha$ : 0.05) de los diferentes tratamientos pregerminativos en castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).

Tratamiento	Orden de mérito	Promedio	Significancia
T <sub>1</sub>	1	96.00	a
T <sub>3</sub>	2	79.00	b
T <sub>2</sub>	3	25.50	c

Letras diferentes muestran significancia estadística. Efecto principal.

De acuerdo con estos datos el porcentaje de germinación puede analizarse y discutirse haciendo dos grupos: el primero de ellos conformado por los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub> y el otro grupo por los tratamientos T<sub>0</sub> y T<sub>4</sub>. Con los tres primeros tratamientos mencionados se obtuvieron altos porcentajes de germinación (96, 79 y 25.5 por ciento, respectivamente). Los porcentajes de germinación que corresponden a los dos tratamientos restantes fueron de 0 por ciento, en ambos casos.

#### 4.2.2. Energía germinativa ante los efectos de los diferentes tratamientos

La mayor energía germinativa en semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo el efecto de los diferentes tratamientos pregerminativos, alcanzó un 98.96 % en las semillas con la testa removida (T<sub>1</sub>), 96.08 % en las que se realizó un orificio (T<sub>2</sub>), 89.24 % en donde se aplicó ácido sulfúrico (T<sub>3</sub>) (Cuadro 10 y Figuras 4).

Cuadro 10. Energía germinativa en semillas de castaña de (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

Tratamiento	Máximo de semillas germinadas (n)	Total de semillas germinadas (N)	Energía germinativa (%)
T <sub>1</sub>	190	192	98.96
T <sub>2</sub>	49	51	96.08
T <sub>3</sub>	141	158	89.24

T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>: tratamiento mecánico (remoción y apertura de orificio en la testa respectivamente), T<sub>3</sub>: tratamiento con ácido sulfúrico

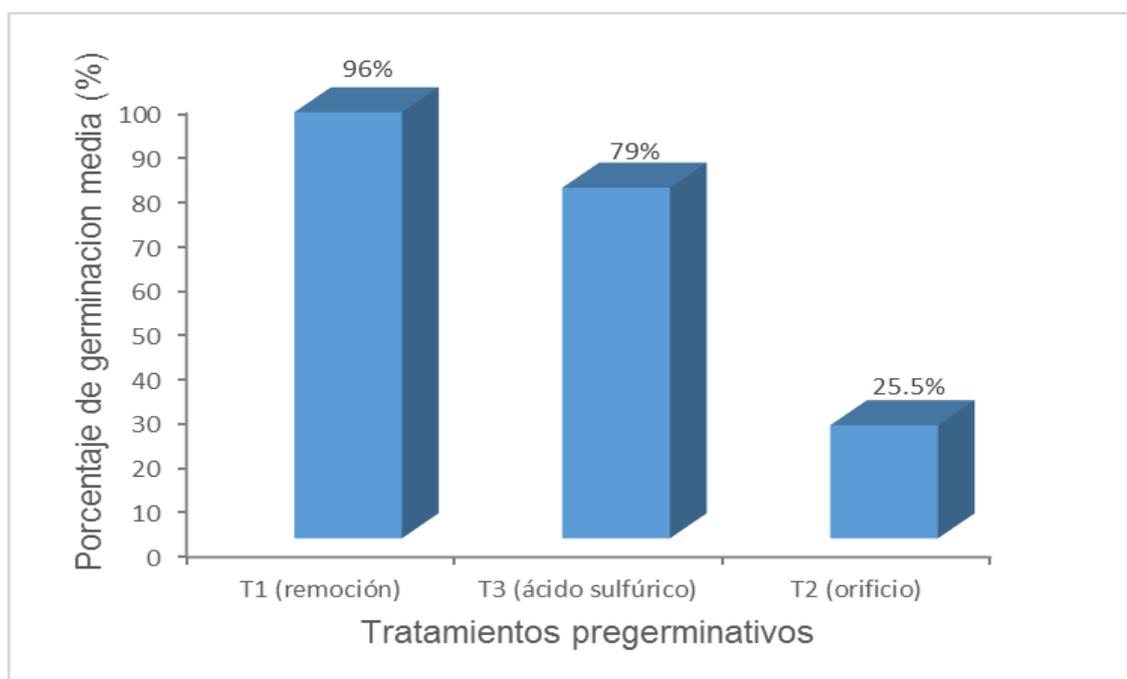


Figura 4. Representación gráfica de la energía germinativa en semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

La evaluación resultó favorable para el T<sub>1</sub> (remoción de la testa) y el T<sub>3</sub> (ácido sulfúrico). Además se observa que en el T<sub>2</sub> (apertura de un orificio), la germinación se inició a los 131 días, a partir de ahí empieza el incremento de la energía germinativa (Figura 5).

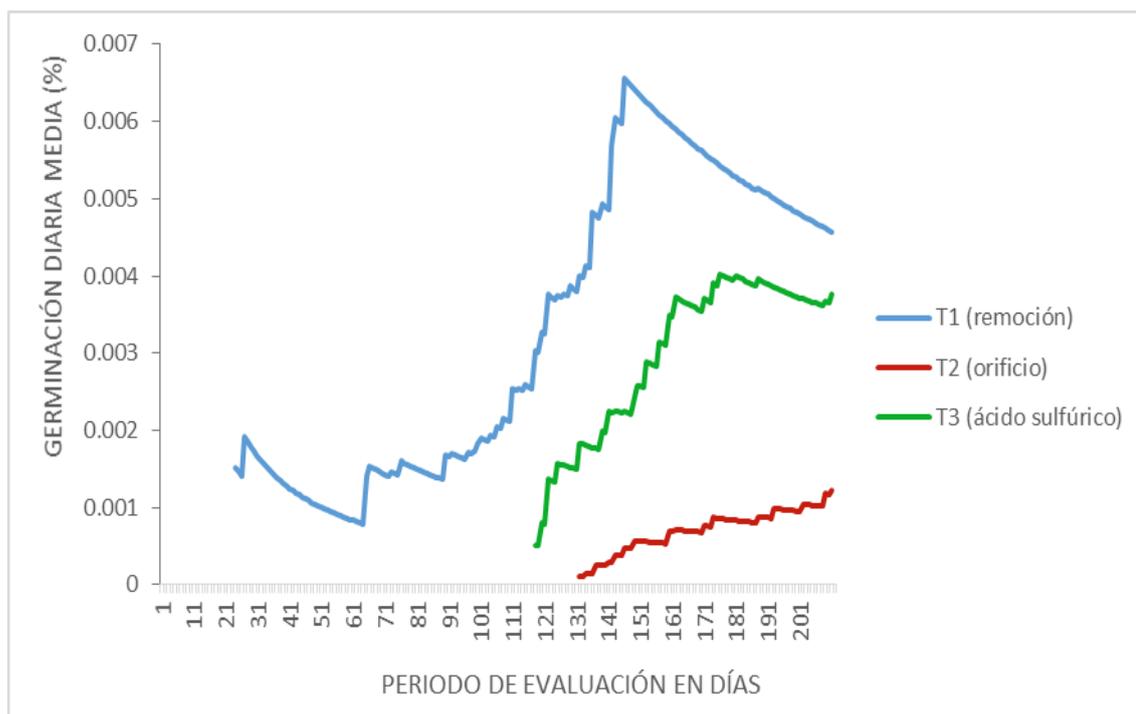


Figura 5. Comportamiento de la energía germinativa en semillas de castaña de (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

#### 4.2.3. Índice de velocidad de germinación (IVG)

Los resultados de comparación de medias, para IVG para los tratamientos que presentaron germinación (Cuadro 11) se registró, 0.49 para las semillas donde fueron removidas la testa (T<sub>1</sub>); 0.27 para semillas tratadas con ácido sulfúrico (T<sub>3</sub>), mientras que el menor valor (0.08) se registró para las semillas con orificio en la testa (T<sub>2</sub>).

Cuadro 11. Índice de velocidad de germinación en semillas de castaña de (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo diferentes tratamientos pregerminativos en Tingo María, Perú – setiembre 2016.

Índice de velocidad de germinación			
Repetición/tratamientos	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
r <sub>1</sub>	0.4	0.09	0.29
r <sub>2</sub>	0.71	0.06	0.24
r <sub>3</sub>	0.46	0.07	0.29
r <sub>4</sub>	0.4	0.09	0.27
Total	1.97	0.31	1.09
Media	0.49	0.08	0.27

T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>: tratamiento mecánico (remoción y apertura de orificio en la testa respectivamente), T<sub>3</sub>: tratamiento con ácido sulfúrico, r: repetición

En las semillas de *Bertholletia excelsa* HBK el índice de velocidad de germinación presentaron efectos significativos; la aplicación de los tratamientos pregerminativos (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>) influyó de manera significativa sobre la variable en mención durante todo el periodo de evaluación. Cabe mencionar también que no se consideraron para el análisis estadístico las semillas que fueron tratadas con agua caliente (T<sub>4</sub>) y semillas que no recibieron tratamiento alguno (T<sub>0</sub>). Los valores de dicho indicador (IVG) en las semillas presentaron una alta variabilidad de dispersión por presentar un coeficiente de variación igual a 68.94 % (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza para el índice de velocidad de germinación en semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	4	0.345	0.172	22.881	.000**
Error	15	0.068	0.008		
Total	19	284.784			

CV = 68.94. %. \*\*: Presenta diferencias estadísticas significativas. ns: no hubo diferencias estadísticas.

En las semillas, el tratamiento que mejor influyó sobre el índice de velocidad de germinación fue el T<sub>1</sub> (testa removida) con una media de 0.49, mientras que al utilizar el T<sub>3</sub> (ácido sulfúrico) y T<sub>2</sub> (orificio en la testa) se registró una media de 0.27 y 0.08 respectivamente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba Tuckey ( $\alpha$ : 0.05) para el IVG, bajo el efecto de los tratamientos pregerminativos

Tratamiento	Orden de mérito	Promedio	Significancia
T <sub>1</sub>	1	0.49	a
T <sub>3</sub>	2	0.27	b
T <sub>2</sub>	3	0.08	c

Letras diferentes muestran significancia estadística. Efecto principal.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Del análisis de las semillas de *Bertholletia excelsa* HBK

#### 5.1.1. Pureza de las semillas

Se registró el porcentaje de pureza para las semillas de *Bertholletia excelsa* HBK un promedio de 94.26 %; al respecto el ISTA (1993) señala que toda cifra de pureza expresada después del análisis debe ser la media de la cifra de dos análisis efectuados comparativamente.

El valor obtenido demuestra que el porcentaje de semilla pura fue relativamente buena comparado con lo que obtuvo SANCHEZ (1972) en análisis de *Phaseolus vulgaris* L. obteniendo una cifra de 98.8 %.

#### 5.1.2. Peso de las semillas

En la medición se observó que el coeficiente de variación fue 1.19 este resultado es menor a cuatro (valor máximo permisible establecido por el ISTA), por lo que se consideró que la muestra fue homogénea y no fue necesario tomar nuevas muestras. Se deduce que el peso de 1000 semillas de *Bertholletia excelsa* HBK fue de 8887.5 g, haciendo un promedio de 113 semillas por kilogramo, valor distante a lo referido por CORVERA (2014) un rango de 180 - 200 semillas por kilogramo, mientras que el peso promedio es de 8.8 g de cada semilla, valores comprendidos al de CORVERA *et al.* (2010) y

ZUIDEMA (2003) para la especie (8.2 y 9 g respectivamente), en ese sentido KAINER *et al.* (1999) afirma que el peso de las semillas son considerablemente diferentes entre árboles (7.0 - 12.3 g) cifras cercanas a lo hallado por BOLLATI (1993), quien sostiene que el peso varia de 6 a 12 gramos, aunque la producción de un árbol de castaña es muy variable.

### **5.1.3. Contenido de humedad de las semillas**

El contenido de humedad vario de aproximadamente 24.4 % a 25.1 % con un promedio de 24.7 %. De esta manera los intervalos de la semilla entera de *Bertholletia excelsa* HBK quedan comprendidos entre los valores permitidos por el ISTA (1993) cuyos valores son 12 - 25 % con una tolerancia de 0.8. Así mismo ESTÉVEZ (1991) señala que el contenido de humedad de las nueces de *Juglans Regia*, al momento de la cosecha, varía entre 10 y 30 %. El alto contenido de humedad que presenta la almendra de castaña también se suma por el alto valor nutritivo y proteico de las semillas (ARIAS Y RONDON, 2010); por lo tanto son vulnerables al ataque de agentes patógenos.

### **5.2. De los tratamientos pregerminativos físicos (agua hervida), mecánicos (remoción y apertura de un orificio en la testa) y químicos (ácido sulfúrico) en la germinación de semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).**

A partir de los resultados obtenidos, después de aplicar los tratamientos pregerminativos a las semillas de *Bertholletia excelsa* HBK, el tratamiento más efectivo es la escarificación mecánica (remoción de la testa),

lo cual coincide con GARAY Y GUIDO *et al.* (2010) quienes refieren que el tratamiento de escarificación mecánica fue el más exitoso en semillas de *Dodonaea viscosa* en cuanto a la velocidad de germinación, ya que fueron las únicas en germinar la primera semana de experimento (7.52 %), y alcanzaron valores superiores al 70 % al cabo de 14 días.

### **5.2.1. Porcentaje de germinación**

Las unidades experimentales frente a la aplicación de los tratamientos (coeficiente de variación) fue de 27.15 % valor considerado por CALZADA (1996) como una alta variabilidad.

La aplicación de los tratamientos pregerminativos ( $T_1$ ,  $T_3$  y  $T_2$ ) a las semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) alcanzó efectos diferentes sobre la germinación. Las semillas que alcanzaron mayor porcentaje de germinación fueron las que se trataron removiendo la testa (96 %), el inicio de la germinación para este tratamiento se dio a los 23 días y tratadas con ácido sulfúrico (79 %) dando inicio la germinación a los 117 días; mientras que el menor valor (25.5 %) se registró en semillas que se realizó un orificio en la testa y el inicio de la germinación se dio a los 131 días.

En relación al éxito del tratamiento pregerminativo mecánico (remoción de la testa), los resultados son corroborados por CORVERA *et al.* (2010); estos autores señalan que con la técnica del pelado manual, se consigue un porcentaje de germinación hasta de 72 %, la germinación se inicia a los 20 - 30 días para semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK), cifra que

también coincide con MULLER (1982) donde la germinación dio inicio a los 30 días con un 78 % al finalizar su evaluación en cinco meses.

Con referente a las semillas tratadas con ácido sulfúrico concentrado al 100 % y el tratamiento mecánico realizando la apertura de un orificio (79 y 25.5 %) estos valores son corroborados por HERNANDEZ – VARGAS *et al.* (2001) quienes aplicaron tratamientos pregerminativos a las semillas de cuatro especies arbóreas forrajeras: *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis laevigata*, los tratamientos y resultados (porcentaje de germinación) fueron: inmersión en agua a 86 y 90 °C por dos y cuatro minutos (ambos con el 72 %), escarificación con lija (98 %) e inmersión en ácido sulfúrico por 35 minutos (92 %); punción con aguja (84.4 %) y control sin escarificación (90.6 %) y punción con aguja y corte en el extremo (76.3 y 63.12 %, respectivamente). Este último coincide con la investigación, ya que en relación a los 2 tratamientos (T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub>) que llegaron a germinar, el T<sub>2</sub> fue el que presentó un menor porcentaje de germinación.

De la misma manera pero con diferente concentración en el ácido sulfúrico INSUASTY – SANTACRUZ *et al.* (2012) evaluaron el efecto de tratamientos pre-germinativos y las características morfológicas en semillas y plántulas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Las semillas se trataron con concentraciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 50, 75 y 100 % e inmersión de las mismas por 5 y 10 minutos, cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Los tratamientos con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 50 y 75 % e inmersión durante 10 minutos fueron sus mejores resultados con 83,33 % y 89,33 % de germinación. Cabe señalar también que el tiempo de inmersión es un factor predominante,

ya que al aumentar el tiempo de inmersión posibilita un mayor porcentaje de germinación pero también se aumenta el riesgo de que el embrión de la semilla muera.

REATEGUI (2012) realizó tratamientos pregerminativos en semillas de *Ormosia amazonica* (huairuro), sumersión por 10 minutos con ácido sulfúrico (31.25 %) y con agua hervida que no se encontró germinación alguna en las semillas tratadas, porque el tiempo y la alta temperatura ocasionaron la muerte del embrión (pudrición). La misma característica de la investigación, donde el T<sub>4</sub> (agua caliente a 70 °C) presentó síntomas de pudrición en su totalidad. PÉREZ y PITA (1999) manifiestan que suelen emplearse temperaturas entre 50 °C a 100 °C y diferentes tiempos según la mayor o menor dureza de las cubiertas seminales. En ese sentido el CATIE (2000) señala que se debe tener cuidado con el uso del agua caliente, Pues se puede dañar el embrión debido a las altas temperaturas.

Ante los valores distantes, referente a los porcentajes de germinación antes mencionados, MARTINEZ Y GARCIA (1995) afirman que algunas especies de leguminosas presentan problemas en cuanto a la velocidad, uniformidad y porcentaje de germinación. Las semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) están dotadas de un tegumento duro y leñoso que obstaculiza la germinación, requieren de máquinas o prensas para quebrar la cáscara gruesa y obtener las almendras (MULLER, *et al.*, 1980).

En ese sentido una semilla tendrá éxito para germinar siempre y cuando la testa sea afectada aumentando la permeabilidad, como se sucedió

en el tratamiento T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub>, por ello HARTMANN Y KESTER (1988); WILLAN, (1991) definen a este tipo de latencia como exógena (mecánica), donde las semillas son demasiados duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación, lo que hace posible el incremento de la entrada de agua y la hidratación de los colides ectoplasmáticos, seguido de la hidrólisis de reserva de las semillas que se ponen a disposición del embrión, suministrándole energía para un rápido crecimiento y desarrollo. Así mismo, PULIDO Y TENDERO (2001) sostienen que la estimulación en la germinación producida por escarificación mecánica, es más efectiva, siendo en ocasiones el 100 %; lo cual es un valor cercano a lo registrado en la investigación (96 %), además de ello se redujo en periodo de germinación, dando inicio a los 23 días de iniciado la evaluación.

Por otra parte CORVERA *et al.* (2010) señalan que la castaña amazónica al estado natural proviene de semillas que germinan después de 12 a 18 meses, por esta razón que el T<sub>4</sub> (Testigo) no llegó a germinar en el periodo de evaluación.

### **5.2.2. Energía germinativa**

La mayor energía germinativa en semillas de castaña bajo efectos de diferentes tratamientos pregerminativos, se registró valores de 0 % en semillas que no recibieron ningún tratamiento un 98.96 % en las que se aplicó tratamiento de pelado, 96.08 % en las que se realizó un orificio, 89.24 % en donde se aplicó ácido sulfúrico y valores de cero en semillas que no llegaron a germinar por el tratamiento de agua hervida; para lo cual SIMPOSIO (1989)

señala que la energía germinativa o velocidad de germinación es de importancia ya que su teoría se basa en que probablemente solo las semillas que germinan con rapidez y vigor, en condiciones favorables de laboratorio serán capaces de producir plántulas normales en condiciones de vivero.

Todos los tratamientos aplicados presentan diferentes porcentajes en energía germinativa a excepción de las semillas tratadas con agua hervida y el tratamiento testigo, al respecto el INTA (2011) manifiesta que un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal, es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Por esto es necesario conocer la especie en la que se aplicará el proceso de activación de las semillas a fin de evitar daños en las mismas, ya que no todas son iguales ni asimilan o actúan de la misma forma ante el estímulo externo (TRUJILLO 2009).

El tratamiento con agua hervida no presentó energía germinativa, esto debido al exceso de temperatura y el tiempo de remojo, ocasionaron la pudrición total de las semillas; para lo cual WILLAN, (1991) menciona que se debe observar meticulosamente las instrucciones sobre el tratamiento de las semillas con agua caliente para eliminar la latencia de la cubierta, pues de lo contrario las semillas pueden morir debido a un calentamiento excesivo.

### **5.2.3. Índice de velocidad de germinación**

El índice de velocidad de germinación registró valores de 0.49 para las semillas donde fueron removidas la testa ( $T_1$ ); 0.27 para semillas tratadas

con ácido sulfúrico (T<sub>3</sub>), mientras que el menor valor (0.08) se registró para las semillas con orificio en la testa (T<sub>2</sub>). PECE *et al.* (2010) indican que estos valores expresan la velocidad en número de semillas germinadas por día. Por lo tanto, cuanto mayor es, mayor es la velocidad e indirectamente mayor el vigor del lote. Existen reportes de IVG en semillas de *Handroanthus heptaphyllus* de 1.27 (HIGA, 2006) a 6.7 semillas/día (ANGHIONONI, 2008) para germinación convencional; mientras que para las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) sin testa se registró una cifra de 5.1 (LA ROSA Y QUIJADA, 2013), demostrando así que se registró valores muy bajos en comparación con las investigaciones citadas.

Los altos valores de IVG de *Bertholletia excelsa* HBK en el T<sub>1</sub>, que corresponde a las semillas sin testa, se debe principalmente a la eliminación de la testa, que provoca la ausencia de sustancias inhibitoras de la germinación (MANTILLA 2003). En ese sentido, para explicar los resultados obtenidos en IVG para los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> hay que tener en cuenta los factores que intervienen en la germinación de la semilla; la imbibición como primera etapa de la germinación influyó en este parámetro, ya que la velocidad de imbibición depende de la composición química de la semilla, permeabilidad de cubierta de la semilla, la diferencia de potencial hídrico y el espesor de los tejidos de almacenamiento (COPELAND, 1976; GONZÁLEZ Y ÁLVAREZ, 1986).

## VI. CONCLUSIONES

1. El análisis de las semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) mostró resultados de 94.26 % en pureza, el peso de 1000 semillas fue de 8887.5 g, haciendo un promedio de 113 semillas por kilogramo y un contenido de humedad de 24.7 %.
2. El tiempo de inicio para la germinación en castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) bajo el efecto de los tratamientos pregerminativos; con la testa removida el proceso de germinación ocurrió a los 23 días, con ácido sulfúrico en 117 días y con la apertura de un orificio se inició en 131 días.
3. En la germinación de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) se encontró relevancia en el porcentaje de germinación en semillas con la testa removida en 96 %, con ácido sulfúrico un 79 %, realizando un orificio un 25.5 % y valores de cero con agua hervida y sin tratamiento. La energía germinativa de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) en semillas sin tratamiento 0%, tratadas con retiro de la testa 98.96 %, con un orificio 96.08 %, con ácido sulfúrico 89.24 % y con agua hervida 0 %. El índice de velocidad de germinación registró valores de 1.97 para las semillas donde fueron removidas la testa ( $T_1$ ); 1.09 para semillas tratadas con ácido sulfúrico ( $T_3$ ), mientras que el menor valor (0.31) se registró para las semillas con orificio en la testa ( $T_2$ ).

## VII. RECOMENDACIONES

1. Las semillas sumergidas en agua hervida durante cinco minutos produjo la pudrición de las semillas, ante esto se recomienda repetir los ensayos de germinación, ampliando el número de tratamientos en inmersión en agua caliente con diferentes grados de temperatura buscando una mejor respuesta germinativa.
2. Con base en los resultados que se obtuvieron en este estudio se recomienda que para controlar la germinación de semillas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) se someta a la germinación en sustratos, de esta manera poder evaluar las variables de porcentaje de germinación y energía germinativa en condiciones de vivero.
3. Antes de remover la testa se recomienda mantener remojada las semillas.
4. En futuras investigaciones se debe experimentar utilizando otras alternativas con tratamientos mecánicos para grandes volúmenes ya que labor requiere de cierta habilidad y destreza, además del tiempo en el que se demora para retirar la testa de la semilla.
5. De igual forma realizar otras investigaciones posteriores con referente a métodos pregerminativos utilizando otros ácidos e hidróxidos con diferentes concentraciones y tiempos de inmersión, evitando siempre dañar al embrión de la semilla.

**PRE-GERMINATIVE TREATMENTS IN BRAZIL NUT SEEDS (*Bertholletia excelsa* HBK) IN LABORATORY STAGE - TINGO MARÍA**

**VIII. ABSTRACT**

For a greater propagation of the *Bertholletia excelsa* HBK species in national territory, this investigation was done, with the objective of reducing the germination time of the said specie. It took place in the Faculty of Natural Renewable Resources' Forest Seed Certification Laboratory, belonging to the National Agrarian University of the Jungle (UNAS – acronym in Spanish), Tingo Maria, Huanuco, Peru. With the objective of doing an analysis and evaluating the effect of the pre-germinative treatments on Brazil Nut seeds (*Bertholletia excelsa* HBK), physical treatment (hot water for five minutes), mechanical (removal of and making holes in the hull), and chemical (sulfuric acid for four hours); distributed in a completely random design (CRD). In the germination of *Bertholletia excelsa* HBK, the removal of the hull with pliers (T1) was high and relevant at 96%, followed by the sulfuric acid (T3) at 79%, and with a small hole in the hull (T2) at 25.5%. The germinative energy for T1 reached a high level (96.98%), for T3 (96.08%) and a lower value (89.24%) for T2. The germination velocity index under the effects of the pre-germinative treatments (T1, T2 and T3) registered values of 1.97, 1.09 and 0.31, respectively. The germination start time occurred at 23 days for T1, 117 days for T3 and 131 days for T2. There was no germination found in the seeds that were treated with hot water

because the high temperature caused the embryo to die. The conclusion is that, to reduce germination time in Brazil Nut seeds, the hull should be completely removed from the seed.

**Keywords:** pre-germinative treatments, *Bertholletia excelsa* HBK, germination.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGHINONI, B. R., MORBECK, O. A., MELOTTO, A., FERNANDES, V., LAURA, V. 2008. Efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de *Tabebuia heptaphylla*, em casa telada. CERNE – Brasil.
- ARIAS, E., RONDON, J. 2010. Manejo Forestal de *Bertholletia excelsa* HBK (castaña). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), Perú, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 21 p.
- ARNOLD, F. E. 1996. Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. Documento Técnico CONAF-DED. 123 p.
- BARCELÓ, J., G. NICOLÁS, B. SABATER y R. SÁNCHEZ. 2001. Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid.
- BEWLEY, D. y BLACK, M. 1985. Seeds, physiology of development and germination. Plenum Press. New York, E.U.A.
- BOLLATI, H.G. 1993. La castaña: germinación y crecimiento en vivero. Universidad Técnica del Beni, Mariscal José Ballivan. Bolivia 7-24 p.
- CALZADA, J. 1996. Métodos estadísticos para la investigación. 5ta Edicion. Lima Perú. 640 p.
- CATALAN, G. 1999. Semillas de árboles y arbustos forestales. Editorial Icona. Madrid, España.

- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA – CATIE. 2000. Técnicas para la germinación de semillas forestales. Turrialba. Costa Rica.
- COMITÉ TÉCNICO MULTISECTORIAL DE LA CASTAÑA - CTMC. 2006. La cadena de valor de la castaña amazónica. Puerto Maldonado, Perú.
- COPELAND, L. G. 1976. Principles of the seed science and technology. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, USA. 369 p.
- CORVERA, R. 2007. Sistemas de producción de Castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) con fines comerciales. (IIAP). Puerto Maldonado, Perú.
- CORVERA, R., DEL CASTILLO, D., SURI, W., CUSI, E., CANAL, A. 2010. La Castaña Amazónica (*Bertholletia excelsa* HBK). Manual de cultivo. (IIAP). INCAGRO. Puerto Maldonado, Perú. 74 p.
- CORVERA, R. 2014. Servicio para la integración de la información del estado actual de la diversidad biológica y genética de la castaña (*Bertholletia excelsa*). Segundo informe final. Puerto Maldonado, Perú. 39 p.
- COSLOVSKY, S.V. 2014. Economic development without pre-requisites: How Bolivian producers met strict food safety standards and dominated the global Brazil-nut market. *World Dev.* 52: 34-45 p.
- COURTIS, A. 2013. Germinación de semillas. Catedra de fisiología vegetal. FaCENA. Departamento de Biología. 22 p.
- CLAY, J. W. 1997. Brazil nuts: the use of a keystone species for conservation and development. In: Freese, C.H. (Ed.), MD. 246–282 p.

- DONOSO, C. 1993. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 p.
- ESTÉVEZ, A. M., 1991. "Proceso de Deterioro de nueces en almacenaje", Primer concurso Internacional de Post Cosecha, Universidad de Chile, Departamento de Producción Agrícola, Santiago, Chile. 283 p.
- FAO. 2007. Por departamentos de Montes. [En línea]: Fao, (<http://www.fao.org/docrep/006/AD232S/ad232s13.htm>, documentos, 08 Abr. 2011)
- FORD Y ROBERTSON, F.C. 1971. Terminology of forest Science, technology, practice and products. Multilingual forestry terminology series N°1, society of American foresters, Washington D.C.
- FLORES, V. 1994. La planta: estructura y función. 2da. Ed. Cartago. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- GARAY, A., GUIDO, A., PIÑERO, V., ZARUCKI, M. 2010. Evaluación de tratamientos pre-germinativos en especies de matorral costero. Programa de Apoyo a la Realización de Proyectos de Investigación para Estudiantes Universitarios en la Facultad de Ciencias. Uruguay. 15 p.
- GARCÍA, B. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. España.
- GENTRY, A. 1993. A. Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America. Washington DC. 895 p.
- GONZÁLEZ, S. S. Y ÁLVAREZ, M. G. 1986. Efecto de la imbibición en la germinación de cuatro especies frutales. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 121 p.

- GONZALES y MENDOZA, F. 2008. Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Matanzas Cuba.
- GRABE, D.F. 1989. Measurement of Seed Moisture. In: Stanwood, P.C.y McDonalds, M.B. (eds) Seed Moisture. Madison, Wisconsin, AUSA. CSSA Special Publication N° 14: 69-92 p.
- HARTMANN, F. 1997. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Continental. México. 722 p.
- HARTMANN, H. T., HUDSON; KESTER D. E. y DAVIES F. T. 1990. Plant Propagation: Principles and Practices. Fifth edition. Regents/Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. USA. 647 p.
- HARTMANN, H. T. Y KESTER, D. E. 1977. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Continental. México. 810 p.
- HARTMANN, H. T. y KESTER, D. E. 1988. Propagación de Plantas. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 p.
- HARTMANN, H.T., KESTER, D. E. 2001. Propagación De Plantas. Principios y Prácticas. Editorial: Prentice Hall - Estados Unidos.
- HERNANDEZ-VARGAS. G., SANCHEZ-VELÁSQUEZ. L.R., ARAGON, F. 2001. Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la sierra de Manantlán. Foresta veracruzana 3(1): 9 – 15 p.

- HESS, R.; WANGAARD, F. y F. DICKINSON. 1950. Properties and uses of Tropical Woods, II. Tropical Woods, 97:42-46.
- HIGA, T. 2006. Morfogênese e Conservação in vitro para *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo (Bignoniaceae). Tesis de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais Florianópolis, SC. 137 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.
- INSUASTY-SANTACRUZ, E., BALLESTEROS-POSSÚ, W., CHÁVEZ-JURADO, G., QUINTERO-DIAS, A. 2012. Efecto de tratamientos pregerminativos con ácido sulfúrico en semillas de *Leucaena leucocephala* (lam.) de wit. VOL. 1 No. 1. Cali, Colombia. 12 p.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. 1993. International Rules for Seed Testing Rules. Supplement.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. 1995. Rules. Proceedings of The International Seed Testing Association. Seed Science and Technology. Edition.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. 1999. Internacional Rules For Seeds Testing. Ed. ISTA, Suiza
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA - INTA. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica: “Sistemas Forestales Integrados” Área Forestal – INTA EEA.

- KAINER, K. A., M. MATOS-MALAVASI, M.L. DURYEA., A. RODRIGUES D.A. SILVA. 1999. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbition and germination. *Seed Science and Technology* 27:731-745.
- KRISHNAPILLAY, B., MARZALINA, M. 1993. A statistical approach to determine sample size for moisture content determination in recalcitrant Forest trees seeds. *FAO, Forest Genetic Resources Information* 28 p.
- LA ROSA, R., QUIJADA, J. 2013. Germinación del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) bajo cuatro diferentes condiciones. Universidad Nacional Federico Villareal. Calle Río Chepén s/n, El Agustino. Lima, Perú.
- LE COINTE, P. 1947. *Amazônia Brasileira: árvores e Plantas Úteis*. The comparative internal morphology of seeds. vol. 36. 513-660 p.
- LEIGUE J.W., BOOT. R.G.A. 1995. En prensa a Dinámica reproductiva de árboles de castaña (*Bertholletia excelsa*) en un bosque alto tropical de tierra firme, de la Provincia Vaca Díez del departamento del Beni.
- LEON R. Y SALDAÑA F. 2011. Tratamientos pregerminativos de las semillas de *Euterpe precatoria* Mart. en Santo Tomas, Loreto-Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-UNAP. Ocampo, Iquitos- Perú
- LOOMIS, R.S., CONNOR D.J. 2002. *Ecología de cultivos: productividad y manejo de sistemas agrarios*. España.
- MABUNDZA, R., WAHOME, P., MASARIRAMBI, M. 2010. Effects of different pre-germination treatment methods on the germination of passion (*Passiflora edulis*) seeds. *J. Agric. Soc. Sci.* 6, 57-60.

- MANTILLA, A. 2003. Ecofisiología de la germinación de semillas. Reigosa, Pedrol y A. Sánchez (eds.). La ecofisiología vegetal. Madrid. p 901-922.
- MAGUIRE, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- MARTINEZ, S., GARCÍA, J.M. 1995. Efecto de cuatro tratamientos pregerminativos en semillas de *Acacia bilimekii* (Tehuixtle). México. 7 p.
- MORI, S., PRANCE, G. 1990. Flora Neotrópica. Lecythidaceae – Parte II. New York Botanical Garden, New York.
- MORITZ, A. 1984. Estudios biológicos de castaña en Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK) EMRRAPA/CPATU.
- MULLER, C.H. 1981. Castanha-do-Brasil: estudios agronómicos. EMRRAPA/CPATU Documentos 1:1-25.
- MULLER, C.H. 1982. Quebra de dormencia da semente e enxertia em castanha-do-Brasil. EMRRAPA/CPATU Documentos 16:40.
- MULLER, C. H.; RODRIGUES, I.; MULLER, A.; MARADEI, N. 1980. Castanha do Brasil. EMBRAPA/CPATU. Belem do Pará, Brasil. Miscelânea, 24 p.
- O'MALLEY, D.M., BUCKLEY, D.P., PRANCE, G.T., y BAWA. K.S. 1988. genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Theoretical and Applied Genetics* 76:929-932.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN – FAO. 1982. Especies frutales forestales. ROMA.

- ORTIZ, E. 2002. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). En: Shanley, P., Pierce, A.R., Laird, S.A.Guillen, A. (eds.), Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products. Londres. 61-74 p.
- PATIÑO, F., DE LA GARZA, P., VILLAGOMEZ, Y., TALAVERA, I. Y CAMACHO, F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.
- PECE, M. G.; GAILLARD, C.; ACOSTA M.; BRUNO C.; SAAVEDRA S.; Y BUVENAS. O. 2010. Germinación de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. Universidad Nacional de Santiago del Estero – Argentina. 11 p.
- PERES, C., BAIDER. C. 1997. Distribución espacial y popular estructura del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*) en la Amazonía. Jornada de Ecología Tropical.
- PERETTI, A., 1994. Manual de Análisis de semillas. Ed. Hemisferio Sur S.A., 281 p.
- PÉREZ, J., PITA, L. 1999. Dormición de semillas. Hojas divulgadoras.
- PINHEIRO E., DE ALBUQUERQUE, M. 1968. Castanha-do-Pará. Libro anual da Agricultura-Brasil. 223-233 p.
- POULSEN, K. M. 1994. Análisis de semillas. International Seed Testing Association-ISTA. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note c-8. 35 p.

- PULIDO, L., TENDERO, A. 2001. Algunos tratamientos de la escarificación de cuatro especies de leguminosas urbanas: *Cercis siliquastrum*, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudacacia* y *Sophora japonica*. Castilla, España. 2
- REATEGUI, K. 2012. Tratamientos pregerminativos en semillas de huairuro (*Ormosia amazónica* Ducke) en Tingo Maria-Huánuco, Perú. 90 p.
- REYES, P. 1981. Diseño de Experimentos Aplicados. 1ª. Reimpresión. Ed. Trillas, S.A. México.
- ROBERTS, E.H. 1972. Viability of seeds. Champman and Hall, Londres. 448 p.
- SALHUANA, J. 1973. Exploración y comercialización de la Castaña en Madre de Dios. En: Dirección General Forestal y Caza. N° 30. Ministerios de Agricultura. Lima- Perú. 85p.
- SANCHEZ, P., RAMIREZ V. 2006. Tratamientos pregerminativos em semillas de leucaena leucocephala (Lam) de Wit y Prosopis juliflora (Sw). DC. Universidad de Zulia. Venezuela. Apartado 15205.
- SANCHEZ, R. 1972. Evaluación de la calidad de las semillas de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en Costa Rica. Instituto interamericano de ciencias agrícolas dela OEA.CATIE.Turrialba, Costa Rica. 71 p.
- SAÑUDO, R. R., VÁSQUEZ, P., ARMENTA, C., AZPIROZ, H. S., CAMPOS, C., IBARRA, M. G., FELIX, J. A. 2009. Tratamientos pregerminativos en semillas de palo fierro (*Olneyatesota atesota* A. Gray) y propagación en

sustrato de composta de lirio acuático (*Eichhorniacrassipes*). Ra Ximhai, Vol. 5, Núm. 3. Universidad Autónoma Indígena de México.

SILVA, M. F. DA; LISBOA, P. L. B.; LISBOA, R. C. L. 1977. Nombres Vulgares de Plantas Amazônicas. Belém: INPA. 222 p.

SIMPÓSIO, S. P. 1989. Memoria del simposio Bib Orton IICA / CATIE

SUTTIE, J. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. FAO.

STUBSGAARD, F. 1990. Humedad de semillas y principios de secado. Danida Forest Seed Centre, Lecture NoteC-5. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico N° 24 : 1-37.

TRUJILLO, E. 2009. Latencia: cuando las semillas duermen. Manual General Sobre Uso de Semillas Forestales. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente.INDERENA. 8 p.

WAYNE, D. 1982. Bioestadística: Base Para el Análisis de las Ciencias de la Salud. 3a. reimpresión. LIMUSA. México. 485 p.

WIGHTMAN, K. 2006. Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para productores de la amazonia peruana. Edición Francisco Motta Otero. Perú.

WILLAN, R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. Roma, Italia, Danida-FAO. 502 p.

ZUIDEMA, P.A., BOOT. R.G.A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18:1-31.

ZUIDEMA, P.A., 2003. Ecología y manejo del árbol de Castaña (*Bertholletia excelsa*). PROMAB. El Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana. Riberalta, Bolivia y Utrecht, Países Bajos. 120 p.

## **ANEXOS**

## Anexo A: Datos registrados durante la investigación

Cuadro 14. Comportamiento de la germinación en semillas de *B. excelsa* (T<sub>1</sub>).

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat %	PG	TD %	TA %
		r1	r2	r3	r4						
11/02/2016	1	-	-	-	-						
12/02/2016	2	-	-	-	-						
13/02/2016	3	-	-	-	-						
14/02/2016	4	-	-	-	-						
15/02/2016	5	-	-	-	-						
16/02/2016	6	-	-	-	-						
17/02/2016	7	-	-	-	-						
18/02/2016	8	-	-	-	-						
19/02/2016	9	-	-	-	-						
20/02/2016	10	-	-	-	-						
21/02/2016	11	-	-	-	-						
22/02/2016	12	-	-	-	-						
23/02/2016	13	-	-	-	-						
24/02/2016	14	-	-	-	-						
25/02/2016	15	-	-	-	-						
26/02/2016	16	-	-	-	-						
27/02/2016	17	-	-	-	-						
28/02/2016	18	-	-	-	-						
29/02/2016	19	-	-	-	-						
01/03/2016	20	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
02/03/2016	21	-	-	-	-						
03/03/2016	22	-	-	-	-						
04/03/2016	23	-	5	2	-	7	7	3.50	0.15	3.65	3.65
05/03/2016	24	-	-	-	-		7	3.50	0.15	0.00	3.65
06/03/2016	25	-	-	-	-		7	3.50	0.14	0.00	3.65
07/03/2016	26	-	3	-	-	3	10	5.00	0.19	1.56	5.21
08/03/2016	27	-	-	-	-		10	5.00	0.19	0.00	5.21
09/03/2016	28	-	-	-	-		10	5.00	0.18	0.00	5.21
10/03/2016	29	-	-	-	-		10	5.00	0.17	0.00	5.21
11/03/2016	30	-	-	-	-		10	5.00	0.17	0.00	5.21
12/03/2016	31	-	-	-	-		10	5.00	0.16	0.00	5.21
13/03/2016	32	-	-	-	-		10	5.00	0.16	0.00	5.21
14/03/2016	33	-	-	-	-		10	5.00	0.15	0.00	5.21
15/03/2016	34	-	-	-	-		10	5.00	0.15	0.00	5.21
16/03/2016	35	-	-	-	-		10	5.00	0.14	0.00	5.21
17/03/2016	36	-	-	-	-		10	5.00	0.14	0.00	5.21
18/03/2016	37	-	-	-	-		10	5.00	0.14	0.00	5.21
19/03/2016	38	-	-	-	-		10	5.00	0.13	0.00	5.21
20/03/2016	39	-	-	-	-		10	5.00	0.13	0.00	5.21
21/03/2016	40	-	-	-	-		10	5.00	0.13	0.00	5.21
22/03/2016	41	-	-	-	-		10	5.00	0.12	0.00	5.21
23/03/2016	42	-	-	-	-		10	5.00	0.12	0.00	5.21
24/03/2016	43	-	-	-	-		10	5.00	0.12	0.00	5.21

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
25/03/2016	44	-	-	-	-	10	5.00	0.11	0.00	5.21	
26/03/2016	45	-	-	-	-	10	5.00	0.11	0.00	5.21	
27/03/2016	46	-	-	-	-	10	5.00	0.11	0.00	5.21	
28/03/2016	47	-	-	-	-	10	5.00	0.11	0.00	5.21	
29/03/2016	48	-	-	-	-	10	5.00	0.10	0.00	5.21	
30/03/2016	49	-	-	-	-	10	5.00	0.10	0.00	5.21	
31/03/2016	50	-	-	-	-	10	5.00	0.10	0.00	5.21	
01/04/2016	51	-	-	-	-	10	5.00	0.10	0.00	5.21	
02/04/2016	52	-	-	-	-	10	5.00	0.10	0.00	5.21	
03/04/2016	53	-	-	-	-	10	5.00	0.09	0.00	5.21	
04/04/2016	54	-	-	-	-	10	5.00	0.09	0.00	5.21	
05/04/2016	55	-	-	-	-	10	5.00	0.09	0.00	5.21	
06/04/2016	56	-	-	-	-	10	5.00	0.09	0.00	5.21	
07/04/2016	57	-	-	-	-	10	5.00	0.09	0.00	5.21	
08/04/2016	58	-	-	-	-	10	5.00	0.09	0.00	5.21	
09/04/2016	59	-	-	-	-	10	5.00	0.08	0.00	5.21	
10/04/2016	60	-	-	-	-	10	5.00	0.08	0.00	5.21	
11/04/2016	61	-	-	-	-	10	5.00	0.08	0.00	5.21	
12/04/2016	62	-	-	-	-	10	5.00	0.08	0.00	5.21	
13/04/2016	63	-	-	-	-	10	5.00	0.08	0.00	5.21	
14/04/2016	64	1	3	2	2	8	18	9.00	0.14	4.17	9.38
15/04/2016	65	-	-	-	2	2	20	10.00	0.15	1.04	10.42
16/04/2016	66	-	-	-	-		20	10.00	0.15	0.00	10.42%

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
17/04/2016	67	-	-	-	-		20	10.00	0.15	0.00	10.42
18/04/2016	68	-	-	-	-		20	10.00	0.15	0.00	10.42
19/04/2016	69	-	-	-	-		20	10.00	0.14	0.00	10.42
20/04/2016	70	-	-	-	-		20	10.00	0.14	0.00	10.42
21/04/2016	71	-	-	-	-		20	10.00	0.14	0.00	10.42
22/04/2016	72	-	-	-	1	1	21	10.50	0.15	0.52	10.94
23/04/2016	73	-	-	-	-		21	10.50	0.14	0.00	10.94
24/04/2016	74	-	-	-	-		21	10.50	0.14	0.00	10.94
25/04/2016	75	-	2	1	-	3	24	12.00	0.16	1.56	12.50
26/04/2016	76	-	-	-	-		24	12.00	0.16	0.00	12.50
27/04/2016	77	-	-	-	-		24	12.00	0.16	0.00	12.50
28/04/2016	78	-	-	-	-		24	12.00	0.15	0.00	12.50
29/04/2016	79	-	-	-	-		24	12.00	0.15	0.00	12.50
30/04/2016	80	-	-	-	-		24	12.00	0.15	0.00	12.50
01/05/2016	81	-	-	-	-		24	12.00	0.15	0.00	12.50
02/05/2016	82	-	-	-	-		24	12.00	0.15	0.00	12.50
03/05/2016	83	-	-	-	-		24	12.00	0.14	0.00	12.50
04/05/2016	84	-	-	-	-		24	12.00	0.14	0.00	12.50
05/05/2016	85	-	-	-	-		24	12.00	0.14	0.00	12.50
06/05/2016	86	-	-	-	-		24	12.00	0.14	0.00	12.50
07/05/2016	87	-	-	-	-		24	12.00	0.14	0.00	12.50
08/05/2016	88	-	-	-	-		24	12.00	0.14	0.00	12.50
09/05/2016	89	1	2	2	1	6	30	15.00	0.17	3.13	15.63

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
10/05/2016	90	-	-	-	-		30	15.00	0.17	0.00	15.63
11/05/2016	91	-	-	-	1	1	31	15.50	0.17	0.52	16.15
12/05/2016	92	-	-	-	-		31	15.50	0.17	0.00	16.15
13/05/2016	93	-	-	-	-		31	15.50	0.17	0.00	16.15
14/05/2016	94	-	-	-	-		31	15.50	0.16	0.00	16.15
15/05/2016	95	-	-	-	-		31	15.50	0.16	0.00	16.15
16/05/2016	96	-	2	-	-	2	33	16.50	0.17	1.04	17.19
17/05/2016	97	-	-	-	-		33	16.50	0.17	0.00	17.19
18/05/2016	98	1	-	-	-	1	34	17.00	0.17	0.52	17.71
19/05/2016	99	-	1	-	1	2	36	18.00	0.18	1.04	18.75
20/05/2016	100	1	1	-	-	2	38	19.00	0.19	1.04	19.79
21/05/2016	101	-	-	-	-		38	19.00	0.19	0.00	19.79
22/05/2016	102	-	-	-	-		38	19.00	0.19	0.00	19.79
23/05/2016	103	2	-	-	-	2	40	20.00	0.19	1.04	20.83
24/05/2016	104	-	-	-	-		40	20.00	0.19	0.00	20.83
25/05/2016	105	1	-	1	1	3	43	21.50	0.20	1.56	22.40
26/05/2016	106	-	-	-	-		43	21.50	0.20	0.00	22.40
27/05/2016	107	-	-	2	1	3	46	23.00	0.21	1.56	23.96
28/05/2016	108	-	-	-	-		46	23.00	0.21	0.00	23.96
29/05/2016	109	-	-	-	-		46	23.00	0.21	0.00	23.96
30/05/2016	110	6	2	1	1	10	56	28.00	0.25	5.21	29.17
31/05/2016	111	-	-	-	-		56	28.00	0.25	0.00	29.17
01/06/2016	112	1	-	-	-	1	57	28.50	0.25	0.52	29.69

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
02/06/2016	113	-	-	-	-		57	28.50	0.25	0.00	29.69
03/06/2016	114	-	-	1	1	2	59	29.50	0.26	1.04	30.73
04/06/2016	115	-	-	-	-		59	29.50	0.26	0.00	30.73
05/06/2016	116	-	-	-	-		59	29.50	0.25	0.00	30.73
06/06/2016	117	1	3	8	-	12	71	35.50	0.30	6.25	36.98
07/06/2016	118	-	-	-	-		71	35.50	0.30	0.00	36.98
08/06/2016	119	1	1	1	4	7	78	39.00	0.33	3.65	40.63
09/06/2016	120	-	-	-	-		78	39.00	0.33	0.00	40.63
10/06/2016	121	1	2	2	8	13	91	45.50	0.38	6.77	47.40
11/06/2016	122	-	-	-	-		91	45.50	0.37	0.00	47.40
12/06/2016	123	-	-	-	-		91	45.50	0.37	0.00	47.40
13/06/2016	124	1	1	-	-	2	93	46.50	0.38	1.04	48.44
14/06/2016	125	-	-	-	-		93	46.50	0.37	0.00	48.44
15/06/2016	126	-	-	-	2	2	95	47.50	0.38	1.04	49.48
16/06/2016	127	-	-	-	-		95	47.50	0.37	0.00	49.48
17/06/2016	128	1	1	1	1	4	99	49.50	0.39	2.08	51.56
18/06/2016	129	-	-	-	-		99	49.50	0.38	0.00	51.56
19/06/2016	130	-	-	-	-		99	49.50	0.38	0.00	51.56
20/06/2016	131	3	-	3	-	6	105	52.50	0.40	3.13	54.69
21/06/2016	132	-	-	-	-		105	52.50	0.40	0.00	54.69
22/06/2016	133	3	2	-	-	5	110	55.00	0.41	2.60	57.29
23/06/2016	134	-	-	-	-		110	55.00	0.41	0.00	57.29
24/06/2016	135	5	6	3	6	20	130	65.00	0.48	10.42	67.71

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
25/06/2016	136	-	-	-	-		130	65.00	0.48	0.00	67.71
26/06/2016	137	-	-	-	-		130	65.00	0.47	0.00	67.71
27/06/2016	138	3	1	2	-	6	136	68.00	0.49	3.13	70.83
28/06/2016	139	-	-	-	-		136	68.00	0.49	0.00	70.83
29/06/2016	140	-	-	-	-		136	68.00	0.49	0.00	70.83
30/06/2016	141	6	6	6	6	24	160	80.00	0.57	12.50	83.33
01/07/2016	142	4	1	3	4	12	172	86.00	0.61	6.25	89.58
02/07/2016	143	-	-	-	-		172	86.00	0.60	0.00	89.58
03/07/2016	144	-	-	-	-		172	86.00	0.60	0.00	89.58
04/07/2016	145	5	5	5	3	18	190	95.00	0.66	9.38	98.96
05/07/2016	146	-	-	-	-		190	95.00	0.65	0.00	98.96
06/07/2016	147	-	-	-	-		190	95.00	0.65	0.00	98.96
07/07/2016	148	-	-	-	-		190	95.00	0.64	0.00	98.96
08/07/2016	149	-	-	-	-		190	95.00	0.64	0.00	98.96
09/07/2016	150	-	-	-	-		190	95.00	0.63	0.00	98.96
10/07/2016	151	-	-	-	-		190	95.00	0.63	0.00	98.96
11/07/2016	152	-	-	-	-		190	95.00	0.63	0.00	98.96
12/07/2016	153	-	-	-	-		190	95.00	0.62	0.00	98.96
13/07/2016	154	-	-	-	-		190	95.00	0.62	0.00	98.96
14/07/2016	155	-	-	-	-		190	95.00	0.61	0.00	98.96
15/07/2016	156	-	-	-	-		190	95.00	0.61	0.00	98.96
16/07/2016	157	-	-	-	-		190	95.00	0.61	0.00	98.96
17/07/2016	158	-	-	-	-		190	95.00	0.60	0.00	98.96

## Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
18/07/2016	159	-	-	-	-	190	95.00	0.60	0.00	98.96	
19/07/2016	160	-	-	-	-	190	95.00	0.59	0.00	98.96	
20/07/2016	161	-	-	-	-	190	95.00	0.59	0.00	98.96	
21/07/2016	162	-	-	-	-	190	95.00	0.59	0.00	98.96	
22/07/2016	163	-	-	-	-	190	95.00	0.58	0.00	98.96	
23/07/2016	164	-	-	-	-	190	95.00	0.58	0.00	98.96	
24/07/2016	165	-	-	-	-	190	95.00	0.58	0.00	98.96	
25/07/2016	166	-	-	-	-	190	95.00	0.57	0.00	98.96	
26/07/2016	167	-	-	-	-	190	95.00	0.57	0.00	98.96	
27/07/2016	168	-	-	-	-	190	95.00	0.57	0.00	98.96	
28/07/2016	169	-	-	-	-	190	95.00	0.56	0.00	98.96	
29/07/2016	170	-	-	-	-	190	95.00	0.56	0.00	98.96	
30/07/2016	171	-	-	-	-	190	95.00	0.56	0.00	98.96	
31/07/2016	172	-	-	-	-	190	95.00	0.55	0.00	98.96	
01/08/2016	173	-	-	-	-	190	95.00	0.55	0.00	98.96	
02/08/2016	174	-	-	-	-	190	95.00	0.55	0.00	98.96	
03/08/2016	175	-	-	-	-	190	95.00	0.54	0.00	99.00	
04/08/2016	176	-	-	-	-	190	95.00	0.54	0.00	99.00	
05/08/2016	177	-	-	-	-	190	95.00	0.54	0.00	99.00	
06/08/2016	178	-	-	-	-	190	95.00	0.53	0.00	99.00	
07/08/2016	179	-	-	-	-	190	95.00	0.53	0.00	99.00	
08/08/2016	180	-	-	-	-	190	95.00	0.53	0.00	99.00	
09/08/2016	181	-	-	-	-	190	95.00	0.52	0.00	99.00	

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
10/08/2016	182	-	-	-	-	190	95.00	0.52	0.00	99.00	
11/08/2016	183	-	-	-	-	190	95.00	0.52	0.00	99.00	
12/08/2016	184	-	-	-	-	190	95.00	0.52	0.00	99.00	
13/08/2016	185	-	-	-	-	190	95.00	0.51	0.00	99.00	
14/08/2016	186	-	-	-	-	190	95.00	0.51	0.00	99.00	
15/08/2016	187	2	-	-	-	2	192	96.00	0.51	1.04	100.00
16/08/2016	188	-	-	-	-	192	96.00	0.51	0.00	100.00	
17/08/2016	189	-	-	-	-	192	96.00	0.51	0.00	100.00	
18/08/2016	190	-	-	-	-	192	96.00	0.51	0.00	100.00	
19/08/2016	191	-	-	-	-	192	96.00	0.50	0.00	100.00	
20/08/2016	192	-	-	-	-	192	96.00	0.50	0.00	100.00	
21/08/2016	193	-	-	-	-	192	96.00	0.50	0.00	100.00	
22/08/2016	194	-	-	-	-	192	96.00	0.49	0.00	100.00	
23/08/2016	195	-	-	-	-	192	96.00	0.49	0.00	100.00	
24/08/2016	196	-	-	-	-	192	96.00	0.49	0.00	100.00	
25/08/2016	197	-	-	-	-	192	96.00	0.49	0.00	100.00	
26/08/2016	198	-	-	-	-	192	96.00	0.48	0.00	100.00	
27/08/2016	199	-	-	-	-	192	96.00	0.48	0.00	100.00	
28/08/2016	200	-	-	-	-	192	96.00	0.48	0.00	100.00	
29/08/2016	201	-	-	-	-	192	96.00	0.48	0.00	100.00	
30/08/2016	202	-	-	-	-	192	96.00	0.48	0.00	100.00	
31/08/2016	203	-	-	-	-	192	96.00	0.47	0.00	100.00	
01/09/2016	204	-	-	-	-	192	96.00	0.47	0.00	100.00	

Continúa Cuadro 14. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
02/09/2016	205	-	-	-	-	192	96.00	0.47	0.00	100.00	
03/09/2016	206	-	-	-	-	192	96.00	0.47	0.00	100.00	
04/09/2016	207	-	-	-	-	192	96.00	0.46	0.00	100.00	
05/09/2016	208	-	-	-	-	192	96.00	0.46	0.00	100.00	
06/09/2016	209	-	-	-	-	192	96.00	0.46	0.00	100.00	
07/09/2016	210	-	-	-	-	192	96.00	0.46	0.00	100.00	
Total		50	50	46	46	192			100.00		
PG (%)		96		E°G sg (%)		98.9	E°G ss (%)		95.00		

TD: total diario, TA: total acumulado, TAt: total acumulado porcentaje del total de semillas, PG: porcentaje de germinación, TD: total diario como porcentaje de semillas germinadas, TA: total acumulado como porcentaje de semillas germinadas, E°G sg: energía germinativa de semillas germinadas, E°G ss: energía germinativa de semillas sembradas.

Cuadro 15. Comportamiento de la germinación de semillas de *B. excelsa* (T<sub>2</sub>).

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
		11/02/2016	1	-	-						
12/02/2016	2	-	-	-	-						
13/02/2016	3	-	-	-	-						
14/02/2016	4	-	-	-	-						
15/02/2016	5	-	-	-	-						
16/02/2016	6	-	-	-	-						
17/02/2016	7	-	-	-	-						
18/02/2016	8	-	-	-	-						
19/02/2016	9	-	-	-	-						
20/02/2016	10	-	-	-	-						
21/02/2016	11	-	-	-	-						
22/02/2016	12	-	-	-	-						
23/02/2016	13	-	-	-	-						
24/02/2016	14	-	-	-	-						
25/02/2016	15	-	-	-	-						
26/02/2016	16	-	-	-	-						
27/02/2016	17	-	-	-	-						
28/02/2016	18	-	-	-	-						
29/02/2016	19	-	-	-	-						
01/03/2016	20	-	-	-	-						
02/03/2016	21	-	-	-	-						
03/03/2016	22	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
04/03/2016	23	-	-	-	-						
05/03/2016	24	-	-	-	-						
06/03/2016	25	-	-	-	-						
07/03/2016	26	-	-	-	-						
08/03/2016	27	-	-	-	-						
09/03/2016	28	-	-	-	-						
10/03/2016	29	-	-	-	-						
11/03/2016	30	-	-	-	-						
12/03/2016	31	-	-	-	-						
13/03/2016	32	-	-	-	-						
14/03/2016	33	-	-	-	-						
15/03/2016	34	-	-	-	-						
16/03/2016	35	-	-	-	-						
17/03/2016	36	-	-	-	-						
18/03/2016	37	-	-	-	-						
19/03/2016	38	-	-	-	-						
20/03/2016	39	-	-	-	-						
21/03/2016	40	-	-	-	-						
22/03/2016	41	-	-	-	-						
23/03/2016	42	-	-	-	-						
24/03/2016	43	-	-	-	-						
25/03/2016	44	-	-	-	-						
26/03/2016	45	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
27/03/2016	46	-	-	-	-						
28/03/2016	47	-	-	-	-						
29/03/2016	48	-	-	-	-						
30/03/2016	49	-	-	-	-						
31/03/2016	50	-	-	-	-						
01/04/2016	51	-	-	-	-						
02/04/2016	52	-	-	-	-						
03/04/2016	53	-	-	-	-						
04/04/2016	54	-	-	-	-						
05/04/2016	55	-	-	-	-						
06/04/2016	56	-	-	-	-						
07/04/2016	57	-	-	-	-						
08/04/2016	58	-	-	-	-						
09/04/2016	59	-	-	-	-						
10/04/2016	60	-	-	-	-						
11/04/2016	61	-	-	-	-						
12/04/2016	62	-	-	-	-						
13/04/2016	63	-	-	-	-						
14/04/2016	64	-	-	-	-						
15/04/2016	65	-	-	-	-						
16/04/2016	66	-	-	-	-						
17/04/2016	67	-	-	-	-						
18/04/2016	68	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
19/04/2016	69	-	-	-	-						
20/04/2016	70	-	-	-	-						
21/04/2016	71	-	-	-	-						
22/04/2016	72	-	-	-	-						
23/04/2016	73	-	-	-	-						
24/04/2016	74	-	-	-	-						
25/04/2016	75	-	-	-	-						
26/04/2016	76	-	-	-	-						
27/04/2016	77	-	-	-	-						
28/04/2016	78	-	-	-	-						
29/04/2016	79	-	-	-	-						
30/04/2016	80	-	-	-	-						
01/05/2016	81	-	-	-	-						
02/05/2016	82	-	-	-	-						
03/05/2016	83	-	-	-	-						
04/05/2016	84	-	-	-	-						
05/05/2016	85	-	-	-	-						
06/05/2016	86	-	-	-	-						
07/05/2016	87	-	-	-	-						
08/05/2016	88	-	-	-	-						
09/05/2016	89	-	-	-	-						
10/05/2016	90	-	-	-	-						
11/05/2016	91	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
12/05/2016	92	-	-	-	-						
13/05/2016	93	-	-	-	-						
14/05/2016	94	-	-	-	-						
15/05/2016	95	-	-	-	-						
16/05/2016	96	-	-	-	-						
17/05/2016	97	-	-	-	-						
18/05/2016	98	-	-	-	-						
19/05/2016	99	-	-	-	-						
20/05/2016	100	-	-	-	-						
21/05/2016	101	-	-	-	-						
22/05/2016	102	-	-	-	-						
23/05/2016	103	-	-	-	-						
24/05/2016	104	-	-	-	-						
25/05/2016	105	-	-	-	-						
26/05/2016	106	-	-	-	-						
27/05/2016	107	-	-	-	-						
28/05/2016	108	-	-	-	-						
29/05/2016	109	-	-	-	-						
30/05/2016	110	-	-	-	-						
31/05/2016	111	-	-	-	-						
01/06/2016	112	-	-	-	-						
02/06/2016	113	-	-	-	-						
03/06/2016	114	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
04/06/2016	115	-	-	-	-						
05/06/2016	116	-	-	-	-						
06/06/2016	117	-	-	-	-						
07/06/2016	118	-	-	-	-						
08/06/2016	119	-	-	-	-						
09/06/2016	120	-	-	-	-						
10/06/2016	121	-	-	-	-						
11/06/2016	122	-	-	-	-						
12/06/2016	123	-	-	-	-						
13/06/2016	124	-	-	-	-						
14/06/2016	125	-	-	-	-						
15/06/2016	126	-	-	-	-						
16/06/2016	127	-	-	-	-						
17/06/2016	128	-	-	-	-						
18/06/2016	129	-	-	-	-						
19/06/2016	130	-	-	-	-						
20/06/2016	131	1	2	-	-	3	3	1.50	0.01	5.88	5.88
21/06/2016	132	-	-	-	-		3	1.50	0.01	0.00	5.88
22/06/2016	133	-	-	1	-	1	4	2.00	0.02	1.96	7.84
23/06/2016	134	-	-	-	-		4	2.00	0.01	0.00	7.84
24/06/2016	135	-	-	-	-		4	2.00	0.01	0.00	7.84
25/06/2016	136	2	1	-	-	3	7	3.50	0.03	5.88	13.73
26/06/2016	137	-	-	-	-		7	3.50	0.03	0.00	13.73

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
27/06/2016	138	-	-	-	-	7	3.50	0.03	0.00	13.73	
28/06/2016	139	-	-	-	-	7	3.50	0.03	0.00	13.73	
29/06/2016	140	-	-	-	1	1	8	4.00	0.03	1.96	15.69
30/06/2016	141	-	-	-	-	8	4.00	0.03	0.00	15.69	
01/07/2016	142	1	-	-	2	3	11	5.50	0.04	5.88	21.57
02/07/2016	143	-	-	-	-	11	5.50	0.04	0.00	21.57	
03/07/2016	144	-	-	-	-	11	5.50	0.04	0.00	21.57	
04/07/2016	145	-	-	3	-	3	14	7.00	0.05	5.88	27.45
05/07/2016	146	-	-	-	-	14	7.00	0.05	0.00	27.45	
06/07/2016	147	-	-	-	-	14	7.00	0.05	0.00	27.45	
07/07/2016	148	2	-	-	1	3	17	8.50	0.06	5.88	33.33
08/07/2016	149	-	-	-	-	17	8.50	0.06	0.00	33.33	
09/07/2016	150	-	-	-	-	17	8.50	0.06	0.00	33.33	
10/07/2016	151	-	-	-	-	17	8.50	0.06	0.00	33.33	
11/07/2016	152	-	-	-	-	17	8.50	0.06	0.00	33.33	
12/07/2016	153	-	-	-	-	17	8.50	0.06	0.00	33.33	
13/07/2016	154	-	-	-	-	17	8.50	0.06	0.00	33.33	
14/07/2016	155	-	-	-	-	17	8.50	0.05	0.00	33.33	
15/07/2016	156	-	-	-	-	17	8.50	0.05	0.00	33.33	
16/07/2016	157	-	-	-	-	17	8.50	0.05	0.00	33.33	
17/07/2016	158	-	-	-	-	17	8.50	0.05	0.00	33.33	
18/07/2016	159	1	-	1	3	5	22	11.00	0.07	9.80	43.14
19/07/2016	160	-	-	-	-	22	11.00	0.07	0.00	43.14	

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
20/07/2016	161	-	1	-	-	1	23	11.50	0.07	1.96	45.10
21/07/2016	162	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
22/07/2016	163	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
23/07/2016	164	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
24/07/2016	165	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
25/07/2016	166	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
26/07/2016	167	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
27/07/2016	168	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
28/07/2016	169	-	-	-	-		23	11.50	0.07	0.00	45.10
29/07/2016	170	1	1	-	1	3	26	13.00	0.08	5.88	50.98
30/07/2016	171	-	-	-	-		26	13.00	0.08	0.00	50.98
31/07/2016	172	-	-	-	-		26	13.00	0.08	0.00	50.98
01/08/2016	173	1	-	2	1	4	30	15.00	0.09	7.84	58.82
02/08/2016	174	-	-	-	-		30	15.00	0.09	0.00	58.82
03/08/2016	175	-	-	-	-		30	15.00	0.09	0.00	58.82
04/08/2016	176	-	-	-	-		30	15.00	0.09	0.00	58.82
05/08/2016	177	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
06/08/2016	178	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
07/08/2016	179	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
08/08/2016	180	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
09/08/2016	181	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
10/08/2016	182	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
11/08/2016	183	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
12/08/2016	184	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
13/08/2016	185	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
14/08/2016	186	-	-	-	-		30	15.00	0.08	0.00	58.82
15/08/2016	187	1	1	-	1	3	33	16.50	0.09	5.88	64.71
16/08/2016	188	-	-	-	-		33	16.50	0.09	0.00	64.71
17/08/2016	189	-	-	-	-		33	16.50	0.09	0.00	64.71
18/08/2016	190	-	-	-	-		33	16.50	0.09	0.00	64.71
19/08/2016	191	-	-	-	-		33	16.50	0.09	0.00	64.71
20/08/2016	192	-	1	3	1	5	38	19.00	0.10	9.80	74.51
21/08/2016	193	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
22/08/2016	194	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
23/08/2016	195	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
24/08/2016	196	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
25/08/2016	197	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
26/08/2016	198	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
27/08/2016	199	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
28/08/2016	200	-	-	-	-		38	19.00	0.10	0.00	74.51
29/08/2016	201	1	2	-	1	4	42	21.00	0.10	7.84	82.35
30/08/2016	202	-	-	-	-		42	21.00	0.10	0.00	82.35
31/08/2016	203	-	-	-	-		42	21.00	0.10	0.00	82.35
01/09/2016	204	-	-	-	-		42	21.00	0.10	0.00	82.35
02/09/2016	205	-	-	-	-		42	21.00	0.10	0.00	82.35
03/09/2016	206	-	-	-	-		42	21.00	0.10	0.00	82.35

Continúa Cuadro 15. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
04/09/2016	207	-	-	-	-	42	21.00	0.10	0.00	82.35	
05/09/2016	208	2	1	1	3	7	49	24.50	0.12	13.73	96.08
06/09/2016	209	-	-	-	-		49	24.50	0.12	0.00	96.08
07/09/2016	210	1	-	-	1	2	51	25.50	0.12	3.92	100.00
total		14	10	11	16	51				100.00	
PG (%)		26	E°G sg (%)		96.08		E°G ss (%)		24.50		

TD: total diario, TA: total acumulado, TAt: total acumulado porcentaje del total de semillas, PG: porcentaje de germinación, TD: total diario como porcentaje de semillas germinadas, TA: total acumulado como porcentaje de semillas germinadas, E°G sg: energía germinativa de semillas germinadas, E°G ss: energía germinativa de semillas sembradas.

Cuadro 16. Comportamiento de la germinación en semillas de *B. excelsa* (T<sub>3</sub>).

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
		11/02/2016	1	-	-						
12/02/2016	2	-	-	-	-						
13/02/2016	3	-	-	-	-						
14/02/2016	4	-	-	-	-						
15/02/2016	5	-	-	-	-						
16/02/2016	6	-	-	-	-						
17/02/2016	7	-	-	-	-						
18/02/2016	8	-	-	-	-						
19/02/2016	9	-	-	-	-						
20/02/2016	10	-	-	-	-						
21/02/2016	11	-	-	-	-						
22/02/2016	12	-	-	-	-						
23/02/2016	13	-	-	-	-						
24/02/2016	14	-	-	-	-						
25/02/2016	15	-	-	-	-						
26/02/2016	16	-	-	-	-						
27/02/2016	17	-	-	-	-						
28/02/2016	18	-	-	-	-						
29/02/2016	19	-	-	-	-						
01/03/2016	20	-	-	-	-						
02/03/2016	21	-	-	-	-						
03/03/2016	22	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
04/03/2016	23	-	-	-	-						
05/03/2016	24	-	-	-	-						
06/03/2016	25	-	-	-	-						
07/03/2016	26	-	-	-	-						
08/03/2016	27	-	-	-	-						
09/03/2016	28	-	-	-	-						
10/03/2016	29	-	-	-	-						
11/03/2016	30	-	-	-	-						
12/03/2016	31	-	-	-	-						
13/03/2016	32	-	-	-	-						
14/03/2016	33	-	-	-	-						
15/03/2016	34	-	-	-	-						
16/03/2016	35	-	-	-	-						
17/03/2016	36	-	-	-	-						
18/03/2016	37	-	-	-	-						
19/03/2016	38	-	-	-	-						
20/03/2016	39	-	-	-	-						
21/03/2016	40	-	-	-	-						
22/03/2016	41	-	-	-	-						
23/03/2016	42	-	-	-	-						
24/03/2016	43	-	-	-	-						
25/03/2016	44	-	-	-	-						
26/03/2016	45	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
27/03/2016	46	-	-	-	-						
28/03/2016	47	-	-	-	-						
29/03/2016	48	-	-	-	-						
30/03/2016	49	-	-	-	-						
31/03/2016	50	-	-	-	-						
01/04/2016	51	-	-	-	-						
02/04/2016	52	-	-	-	-						
03/04/2016	53	-	-	-	-						
04/04/2016	54	-	-	-	-						
05/04/2016	55	-	-	-	-						
06/04/2016	56	-	-	-	-						
07/04/2016	57	-	-	-	-						
08/04/2016	58	-	-	-	-						
09/04/2016	59	-	-	-	-						
10/04/2016	60	-	-	-	-						
11/04/2016	61	-	-	-	-						
12/04/2016	62	-	-	-	-						
13/04/2016	63	-	-	-	-						
14/04/2016	64	-	-	-	-						
15/04/2016	65	-	-	-	-						
16/04/2016	66	-	-	-	-						
17/04/2016	67	-	-	-	-						
18/04/2016	68	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
19/04/2016	69	-	-	-	-						
20/04/2016	70	-	-	-	-						
21/04/2016	71	-	-	-	-						
22/04/2016	72	-	-	-	-						
23/04/2016	73	-	-	-	-						
24/04/2016	74	-	-	-	-						
25/04/2016	75	-	-	-	-						
26/04/2016	76	-	-	-	-						
27/04/2016	77	-	-	-	-						
28/04/2016	78	-	-	-	-						
29/04/2016	79	-	-	-	-						
30/04/2016	80	-	-	-	-						
01/05/2016	81	-	-	-	-						
02/05/2016	82	-	-	-	-						
03/05/2016	83	-	-	-	-						
04/05/2016	84	-	-	-	-						
05/05/2016	85	-	-	-	-						
06/05/2016	86	-	-	-	-						
07/05/2016	87	-	-	-	-						
08/05/2016	88	-	-	-	-						
09/05/2016	89	-	-	-	-						
10/05/2016	90	-	-	-	-						
11/05/2016	91	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
12/05/2016	92	-	-	-	-						
13/05/2016	93	-	-	-	-						
14/05/2016	94	-	-	-	-						
15/05/2016	95	-	-	-	-						
16/05/2016	96	-	-	-	-						
17/05/2016	97	-	-	-	-						
18/05/2016	98	-	-	-	-						
19/05/2016	99	-	-	-	-						
20/05/2016	100	-	-	-	-						
21/05/2016	101	-	-	-	-						
22/05/2016	102	-	-	-	-						
23/05/2016	103	-	-	-	-						
24/05/2016	104	-	-	-	-						
25/05/2016	105	-	-	-	-						
26/05/2016	106	-	-	-	-						
27/05/2016	107	-	-	-	-						
28/05/2016	108	-	-	-	-						
29/05/2016	109	-	-	-	-						
30/05/2016	110	-	-	-	-						
31/05/2016	111	-	-	-	-						
01/06/2016	112	-	-	-	-						
02/06/2016	113	-	-	-	-						
03/06/2016	114	-	-	-	-						

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
04/06/2016	115	-	-	-	-						
05/06/2016	116	-	-	-	-						
06/06/2016	117	6	5	-	1	12	12	6.00	0.05	7.59	7.59
07/06/2016	118	-	-	-	-		12	6.00	0.05	0.00	7.59
08/06/2016	119	3	2	2	-	7	19	9.50	0.08	4.43	12.03
09/06/2016	120	-	-	-	-		19	9.50	0.08	0.00	12.03
10/06/2016	121	5	3	-	6	14	33	16.50	0.14	8.86	20.89
11/06/2016	122	-	-	-	-		33	16.50	0.14	0.00	20.89
12/06/2016	123	-	-	-	-		33	16.50	0.13	0.00	20.89
13/06/2016	124	1	-	4	1	6	39	19.50	0.16	3.80	24.68
14/06/2016	125	-	-	-	-		39	19.50	0.16	0.00	24.68
15/06/2016	126	-	-	-	-		39	19.50	0.15	0.00	24.68
16/06/2016	127	-	-	-	-		39	19.50	0.15	0.00	24.68
17/06/2016	128	-	-	-	-		39	19.50	0.15	0.00	24.68
18/06/2016	129	-	-	-	-		39	19.50	0.15	0.00	24.68
19/06/2016	130	-	-	-	-		39	19.50	0.15	0.00	24.68
20/06/2016	131	3	1	1	4	9	48	24.00	0.18	5.70	30.38
21/06/2016	132	-	-	-	-		48	24.00	0.18	0.00	30.38
22/06/2016	133	-	-	-	-		48	24.00	0.18	0.00	30.38
23/06/2016	134	-	-	-	-		48	24.00	0.18	0.00	30.38
24/06/2016	135	-	-	-	-		48	24.00	0.18	0.00	30.38
25/06/2016	136	-	-	-	-		48	24.00	0.18	0.00	30.38
26/06/2016	137	-	-	-	-		48	24.00	0.18	0.00	30.38

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
27/06/2016	138	2	-	4	1	7	55	27.50	0.20	4.43	34.81
28/06/2016	139	-	-	-	-		55	27.50	0.20	0.00	34.81
29/06/2016	140	2	2	3	1	8	63	31.50	0.23	5.06	39.87
30/06/2016	141	-	-	-	-		63	31.50	0.22	0.00	39.87
01/07/2016	142	1	-	-	-	1	64	32.00	0.23	0.63	40.51
02/07/2016	143	-	-	-	-		64	32.00	0.22	0.00	40.51
03/07/2016	144	-	-	-	-		64	32.00	0.22	0.00	40.51
04/07/2016	145	-	1	-	-	1	65	32.50	0.22	0.63	41.14
05/07/2016	146	-	-	-	-		65	32.50	0.22	0.00	41.14
06/07/2016	147	-	-	-	-		65	32.50	0.22	0.00	41.14
07/07/2016	148	1	1	3	2	7	72	36.00	0.24	4.43	45.57
08/07/2016	149	1	1	1	2	5	77	38.50	0.26	3.16	48.73
09/07/2016	150	-	-	-	-		77	38.50	0.26	0.00	48.73
10/07/2016	151	-	-	-	-		77	38.50	0.25	0.00	48.73
11/07/2016	152	2	1	4	4	11	88	44.00	0.29	6.96	55.70
12/07/2016	153	-	-	-	-		88	44.00	0.29	0.00	55.70
13/07/2016	154	-	-	-	-		88	44.00	0.29	0.00	55.70
14/07/2016	155	-	-	-	-		88	44.00	0.28	0.00	55.70
15/07/2016	156	3	2	3	2	10	98	49.00	0.31	6.33	62.03
16/07/2016	157	-	-	-	-		98	49.00	0.31	0.00	62.03
17/07/2016	158	-	-	-	-		98	49.00	0.31	0.00	62.03
18/07/2016	159	2	4	4	3	13	111	55.50	0.35	8.23	70.25
19/07/2016	160	-	-				111	55.50	0.35	0.00	70.25

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
20/07/2016	161	2	1	3	3	9	120	60.00	0.37	5.70	75.95
21/07/2016	162	-	-	-	-		120	60.00	0.37	0.00	75.95
22/07/2016	163	-	-	-	-		120	60.00	0.37	0.00	75.95
23/07/2016	164	-	-	-	-		120	60.00	0.37	0.00	75.95
24/07/2016	165	-	-	-	-		120	60.00	0.36	0.00	75.95
25/07/2016	166	-	-	-	-		120	60.00	0.36	0.00	75.95
26/07/2016	167	-	-	-	-		120	60.00	0.36	0.00	75.95
27/07/2016	168	-	-	-	-		120	60.00	0.36	0.00	75.95
28/07/2016	169	-	-	-	-		120	60.00	0.36	0.00	75.95
29/07/2016	170	2	1	2	1	6	126	63.00	0.37	3.80	79.75
30/07/2016	171	-	-	-	-		126	63.00	0.37	0.00	79.75
31/07/2016	172	-	-	-	-		126	63.00	0.37	0.00	79.75
01/08/2016	173	1	1	3	4	9	135	67.50	0.39	5.70	85.44
02/08/2016	174	-	-				135	67.50	0.39	0.00	85.44
03/08/2016	175	-	2	3	1	6	141	70.50	0.40	3.80	89.24
04/08/2016	176	-	-	-	-		141	70.50	0.40	0.00	89.24
05/08/2016	177	-	-	-	-		141	70.50	0.40	0.00	89.24
06/08/2016	178	-	-	-	-		141	70.50	0.40	0.00	89.24
07/08/2016	179	-	-	-	-		141	70.50	0.39	0.00	89.24
08/08/2016	180	-	1	1	1	3	144	72.00	0.40	1.90	91.14
09/08/2016	181	-	-	-	-		144	72.00	0.40	0.00	91.14
10/08/2016	182	-	-	-	-		144	72.00	0.40	0.00	91.14
11/08/2016	183	-	-	-	-		144	72.00	0.39	0.00	91.14

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
12/08/2016	184	-	-	-	-		144	72.00	0.39	0.00	91.14
13/08/2016	185	-	-	-	-		144	72.00	0.39	0.00	91.14
14/08/2016	186	-	-	-	-		144	72.00	0.39	0.00	91.14
15/08/2016	187	-	1	2	1	4	148	74.00	0.40	2.53	93.67
16/08/2016	188	-	-	-	-		148	74.00	0.39	0.00	93.67
17/08/2016	189	-	-	-	-		148	74.00	0.39	0.00	93.67
18/08/2016	190	-	-	-	-		148	74.00	0.39	0.00	93.67
19/08/2016	191	-	-	-	-		148	74.00	0.39	0.00	93.67
20/08/2016	192	-	-	-	-		148	74.00	0.39	0.00	93.67
21/08/2016	193	-	-	-	-		148	74.00	0.38	0.00	93.67
22/08/2016	194	-	-	-	-		148	74.00	0.38	0.00	93.67
23/08/2016	195	-	-	-	-		148	74.00	0.38	0.00	93.67
24/08/2016	196	-	-	-	-		148	74.00	0.38	0.00	93.67
25/08/2016	197	-	-	-	-		148	74.00	0.38	0.00	93.67
26/08/2016	198	-	-	-	-		148	74.00	0.37	0.00	93.67
27/08/2016	199	-	-	-	-		148	74.00	0.37	0.00	93.67
28/08/2016	200	-	-	-	-		148	74.00	0.37	0.00	93.67
29/08/2016	201	-	-	-	1	1	149	74.50	0.37	0.63	94.30
30/08/2016	202	-	-	-	-		149	74.50	0.37	0.00	94.30
31/08/2016	203	-	-	-	-		149	74.50	0.37	0.00	94.30
01/09/2016	204	-	-	-	-		149	74.50	0.37	0.00	94.30
02/09/2016	205	-	1	-	-	1	150	75.00	0.37	0.63	94.94
03/09/2016	206	-	-	-	-		150	75.00	0.36	0.00	94.94

Continúa Cuadro 16. ...

Fecha	Días desde la siembra	Submuestras (4x50 semillas)				TD	TA	Tat (%)	PG (%)	TD (%)	TA (%)
		r1	r2	r3	r4						
		04/09/2016	207	-	-						
05/09/2016	208	1	2	-	-	3	153	76.50	0.37	1.90	96.84
06/09/2016	209	-	-	-	-	-	153	76.50	0.37	0.00	96.84
07/09/2016	210	2	3	-	-	5	158	79.00	0.38	3.16	100.00
total		40	36	43	39	158				100.00	
PG (%)		79	E°G sg (%)			89.2	E°G ss (%)		70.50		

TD: total diario, TA: total acumulado, TAt: total acumulado porcentaje del total de semillas, PG: porcentaje de germinación, TD: total diario como porcentaje de semillas germinadas, TA: total acumulado como porcentaje de semillas germinadas, E°G sg: energía germinativa de semillas germinadas, E°G ss: energía germinativa de semillas sembradas.

**Anexo B: Sección de fotografías de la investigación.**



Figura 6. Selección de las semillas para realizar el análisis.



Figura 7. Determinación del peso para calcular el promedio y número de semillas por kilogramo.



Figura 8. Tratamiento mecánico, realizando un orificio en la testa ( $T_2$ ).



Figura 9. Tratamiento químico con ácido sulfúrico ( $T_3$ ).



Figura 10. Tratamiento físico con agua caliente (T<sub>4</sub>).



Figura 11. Tratamiento mecánico, realizando la remoción de la testa (T<sub>1</sub>).



Figura 12. Acondicionamiento de las camas germinadoras.



Figura 13. Desinfección de las camas germinadoras.



Figura 14. Instalación del diseño experimental.



Figura 15. Germinación de la semilla de *Bertholletia excelsa* HBK con la aplicación de ácido sulfúrico.



Figura 16. Germinación de la semilla de *Bertholletia excelsa* HBK con el tratamiento mecánico realizando un orificio (T<sub>2</sub>).



Figura 17. Germinación de la semilla de *Bertholletia excelsa* HBK con tratamiento de remoción de la testa (T<sub>1</sub>).



Figura 18. Semillas en pudrición provocada por la aplicación del agua caliente (T<sub>4</sub>).



Figura 19. Plántula de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).

