

# UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente



TÍTULO

ENSAYO DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Bertholletia excelsa* H.B.K.  
"CASTAÑA" MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS EN CÁMARAS DE  
SUBIRRIGACIÓN EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA, MADRE DE DIOS – PERÚ.

Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente

PRESENTADO POR:

Bach. Hilario Huisa Manol

Asesor:

Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre

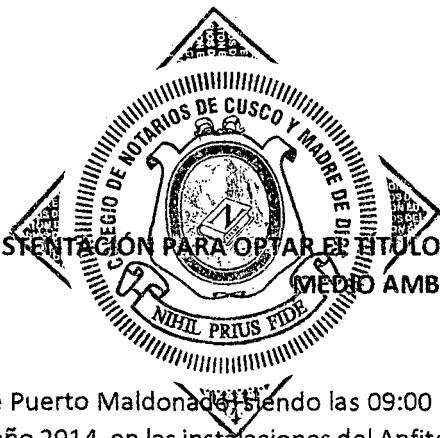
Co Asesor:

Ing. M.Sc. Ronald Corvera-Gomringer

MADRE DE DIOS-PERÚ

2015

ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



DOY FE. Que esta copia es igual al documento original que tuve a la vista  
PTO MALDONADO MADRE DE DIOS

05 ENE 2015

SAVINA A. RIOS PICKMANN  
NOTARIO  
INS. N° 15 CUSCO Y

En la ciudad de Puerto Maldonado, siendo las 09:00 horas con 25 minutos del día martes 30 de Diciembre del año 2014, en las instalaciones del Anfiteatro del primer piso de la Ciudad Universitaria dando cumplimiento a la resolución Nro 347-2014-UNAMAD-DFI, de fecha 18 de diciembre del 2014, se reunieron los miembros del jurado integrados por los siguientes docentes:

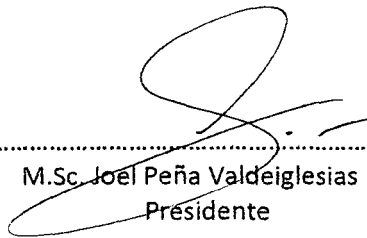
M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias: Presidente

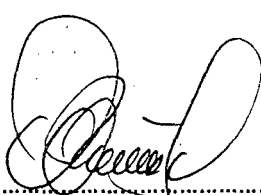
Mg. Emer R. Rosales Solórzano: Secretario

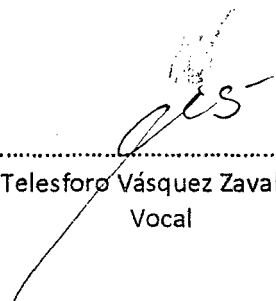
Ing. Telesforo Vásquez Zavaleta: Vocal

Con la finalidad de evaluar el trabajo de investigación titulado: **"Ensayo de propagación vegetativa de *Bertholletia excelsa* "castaña" mediante enraizamiento de estaquillas en cámaras de subirrigación, Provincia de Tambopata, Madre de Dios-Peru 2014"** presentado por el Bachiller **Huisa Manol Hilario**. Seguido de la exposición del trabajo por parte del sustentante el jurado procede con la fase de preguntas respectivas y el sustento por parte del responsable del trabajo de investigación. Acto seguido, el jurado procede a la deliberación en base a una discusión de forma reservada y libre, declarando el trabajo expuesto como APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de BUENO y la nota de 15

En fe de lo cual firmamos la presente acta, siendo las 11 horas con 00 minutos del día martes 30 de Diciembre del año 2014, se dio por culminado el presente acto de sustentación. El sustentante deberá levantar todas las observaciones realizadas por los miembros del jurado calificador en el tiempo más breve posible.

  
M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias  
Presidente

  
Mg. Emer R. Rosales Solórzano  
Secretario

  
Ing. Telesforo Vásquez Zavaleta  
Vocal

## DEDICATORIA

***A: DIOS POR SOBRE TODAS LAS COSAS.***

*A mi señora madre, Marcelina Manol Quispe, por darme el amor, dedicación, y fuerza  
para seguir adelante.*

*A mi señor padre, Esteban Sixto Huisa Ancco, por orientarme en el transcurso de mi  
formación profesional.*

*Mis Hermanas: Ubaldina, Gladis Agustina, Julia Margarita, Valentina, Ricardina,  
Lucia.*

*Mi Hermano: Álvaro Moisés.*

*Mis Sobrinas: Vanessa Lisbeth, Estefany Valentina.*

*Mis Sobrinos: Edson Eduardo, Leonardo Emanuel.*

*A mis compañero de estudio.*

## AGRADECIMIENTOS

*De manera especial al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y al Fondo Para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT), por el financiamiento de la presente investigación.*

*A mi Alma Mater, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y a los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, por darme una formación profesional y albergarme durante los cinco años de estudio.*

*De manera muy especial al Ing. M.Sc. Ronald Corvera-Gomringer, coordinador general del proyecto CASTAÑA y co - asesor por parte del IIAP en el presente trabajo de investigación.*

*Al Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre, profesor asociado del Departamento académico de Ingeniería y asesor del presente trabajo de investigación por parte de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD).*

*AL Blgo. Evert Thomas, de Bioersity International por sus consejos y apoyo en el presente trabajo de investigación*

*Al Blgo. Germán Correa Núñez, profesor asociado del Departamento Académico de Ciencias Básicas, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, por su apoyo constante en la elaboración del perfil de proyecto de tesis.*

*A los jurados de la presente investigación, al Ing. M. Sc. Joel Peña Valdieglesias, Ing. M. Sc. Ronald Rózales Solórzano, Ing. M. Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta quienes me brindaron sus conocimientos y orientación en el presente trabajo de investigación.*

*Al Ing. Edgar Cusi Auca, por sus consejos y apoyo en el presente trabajo de investigación en el centro experimental "El castañal".*

*Por su constante apoyo, a todo el equipo del IIAP, personal técnico, Obreros del IIAP con sede en Madre De Dios; a los obreros el Sr. Braulio, Eusebio, Kasani.*

## INDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
FORMULACION DE LA HIPOTESIS	6
Según la procedencia del material: tercio apical de clones	6
SISTEMA DE VARIABLES E INDICADORES	6
Variables independientes	6
Variables dependientes	6
Variable interviniente	6
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
CAPITULO I	8
MARCO TEORICO	8
1.1 Antecedentes	8
1.1.1 Antecedentes a nivel internacional	8
1.1.2 Antecedentes a nivel nacional	11
1.1.3 Antecedentes a nivel regional	14
1.2 Revisión de literatura	18
1.2.1 Generalidades de la especie	18
1.2.1.1 Descripción taxonómica de <i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K. "castaña"	18
1.2.1.2 Nombres comunes	18
1.2.1.3 Descripción botánica	18
1.2.1.4 Origen y distribución geográfica	19
1.2.1.5 Densidad en el Bosque	20
1.2.2 Requerimientos agroecológicos de la especie	20
1.2.3 Propagación vegetativa	21
1.2.3.1 Importancia de la propagación vegetativa	22
1.2.3.2 Métodos de propagación vegetativa	23
1.2.3.3 Propagación por estacas	24
1.2.3.4 Características ideales de una especie en la propagación vegetativa	25
1.2.4 Factores condicionantes que afectan la capacidad de enraizamiento	25

1.2.4.1	Temperatura ambiental	25
1.2.4.2	Humedad relativa del ambiente	25
1.2.4.3	Luz	26
1.2.4.4	Sustrato	26
1.2.4.5	Selección del material para estacas	27
1.2.4.6	Factor juvenil	27
1.2.4.7	Condición fisiológica de la planta madre	28
1.2.4.8	Topofisis	28
1.2.4.9	Área foliar	29
1.2.4.10	Poda	29
1.2.4.11	Reguladores de crecimiento	29
1.2.4.12	Longitud de la estaca	30
1.2.4.13	Diámetro de estacas	30
1.2.5	Propagación vegetativa a través de estaquillas.	31
1.2.5.1	Ventajas de la propagación vegetativa a través de estaquillas	31
1.2.5.2	Desventajas de la propagación a través de estaquillas	32
1.2.5.3	Origen de las raíces adventicias	32
1.2.6	Ambiente para el enraizamiento	33
1.2.7	Medios usados para el enraizamiento de especies arbóreas	35
1.2.7.1	Tipos de sustratos usados comúnmente	35
1.2.7.2	Sustratos comerciales y alternativos	36
1.2.7.3	Técnicas de desinfección de sustratos	37
1.3	Conceptos fundamentales	38
	CAPITULO II	41
	MATERIALES Y METODOS	41
2.1	Lugar de ejecución	41
2.2	Material vegetativo	42
2.3	Tipo o clase de investigación	42
2.4	Descripción del procedimiento	43
2.4.1	Construcción del invernadero	43
2.4.2	Construcción de la cámara de subirrigación	43
2.4.3	Preparación del sustrato	43
2.4.4	Selección de donantes u ortet	44
2.4.5	Corte de las estaquillas apical ortotrópico	44
2.4.6	Manejo de brotes recientes	45

2.4.7 Preparación de las estaquillas	45
2.4.8 Preparación y aplicación del ácido indolbutírico (AIB)	46
2.4.9 Establecimiento de las estaquillas dentro del propagador	46
2.4.10 Cuidados durante el periodo de propagación	47
2.4.11 Monitoreo y control	47
2.5 Materiales utilizados en el acopio de datos	47
2.6 Análisis estadístico	48
2.6.1 Población	48
2.6.2 Muestra	48
2.6.3 Técnica de análisis de datos	48
2.6.3.1 Datos a Registrar	48
2.6.4 Procedimiento experimental	50
2.6.4.1 Descripción del experimento	50
2.6.4.2 Descripción de los factores y tratamientos en estudio	50
2.6.5 Diseño experimental	51
2.6.6 Modelo aditivo lineal	53
2.6.7 Análisis de varianza	54
2.6.8 Características Generales del Experimento	54
2.6.9 Toma de datos meteorológicos	55
2.6.10 Procesamiento y análisis de datos	55
CAPITULO III	57
RESULTADOS Y DISCUSION	57
3.1 Condiciones ambientales	57
3.2 Porcentaje de sobrevivencia	60
3.3 Porcentaje de brotes	65
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFIA	71
ANEXOS	81
NOTA BIOGRÁFICA	94

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadro de variables, dimensiones, indicadores.	7
Cuadro 2. Ubicación política.	41
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados.	51
Cuadro 4. Formato utilizado para toma de datos.	53
Cuadro 5. Análisis de varianza.	54
Cuadro 6. Condiciones ambientales temperatura (°C) en el interior de las cámaras de subirrigación durante la evaluación de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K. (26 días).	57
Cuadro 7. Condiciones ambientales humedad relativa (%) en el interior de las cámaras de subirrigación durante la evaluación de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K. (26 días).	58
Cuadro 8. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de sobrevivencia de estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación. Datos transformados a $\sqrt{x+1}$ . (Anexo 1 y figura 14).	60
Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al porcentaje de sobrevivencia de estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey $\alpha = 0,001$ ).	61
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al porcentaje de sobrevivencia de estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey $\alpha = 0,001$ ).	62
Cuadro 11. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de brotes de estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación. Datos transformados a $\sqrt{x+1}$ . (Anexo 1 y figura 15).	65
Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al porcentaje de brotes de estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey $\alpha = 0,001$ ).	66
Cuadro 13. Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al porcentaje de brotes de estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey $\alpha = 0,001$ ).	67
Cuadro 14. Datos transformados a $\sqrt{x+1}$ , para sobrevivencia de las estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K.	81
Cuadro 15. Datos transformados a $\sqrt{x+1}$ , para brotes de las estaquillas de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K.	81
Cuadro 16. Formato de registro meteorológico para el invernadero.	82
Cuadro 17. Formato de registro meteorológico para las cámaras de subirrigación 1 y 2.	83
Cuadro 18. Formato de registro meteorológico para las cámaras de subirrigación 3 y 4.	84



Cuadro 19. Formato de evaluación final del ensayo.	85
--	----

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de la cámara de subirrigación.	34
Figura 2. Diversos tipos de sustratos alternativos en proceso de solarización, para su empleo en enraizamiento de estacas juveniles del proyecto PROVEFOR.	37
Figura 3. Mapa de ubicación del Centro Experimental "El Castañal".	42
Figura 4. Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 1 = clon 1.	52
Figura 5. Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 2 = clon 2.	52
Figura 6. Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 3 = clon 3.	52
Figura 7. Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 4 = clon 4.	53
Figura 8. Distribución de la unidad experimental por repetición y tratamiento.	53
Figura 9. Temperatura (°C) en el interior de las cámaras de subirrigación durante el día. 26 días.	57
Figura 10. Humedad relativa (%) en el interior de las cámaras de subirrigación durante el día. 26 días.	59
Figura 11. Certificado de identificación botánica de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B. K.	93

### INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 1. Construcción del invernadero.	87
Foto 2. Invernadero.	87
Foto 3. Construcción de las cámaras de subirrigación.	87
Foto 4. Cámaras de subirrigación.	87
Foto 5. Selección de donantes clones.	87
Foto 6. Selección de brotes óptimos y vigorosos.	87
Foto 7. Preparación de las hormonas.	88
Foto 8. Aplicación de las dosis hormonal (AIB).	88
Foto 9. Instalación de estaquillas en la cámara de subirrigación.	88
Foto 10. Cámara de subirrigación cerrada durante el ensayo.	88
Foto 11. Monitoreo y control de estaquillas.	88

Foto 12. Estaquilla con poda, 4000 ppm.	89
Foto 13. Estaquilla con poda, 6000 ppm.	89
Foto 14. Estaquilla con poda, 8000 ppm.	89
Foto 15. Estaquilla con poda, 10000 ppm.	89
Foto 16. Estaquilla con poda, 12000 ppm.	89
Foto 17. Estaquilla sin poda, 4000 ppm.	89
Foto 18. Estaquilla sin poda, 6000 ppm.	90
Foto 19. Estaquilla sin poda, 8000 ppm.	90
Foto 20. Estaquilla sin poda, 10000 ppm.	90
Foto 21. Estaquilla sin poda, 12000 ppm.	90
Foto 22. Estaquilla con poda, 0 ppm.	91
Foto 23. Estaquilla con poda, 0 ppm.	91
Foto 24. Estaquilla con poda, 0 ppm.	91
Foto 25. Estaquilla sin poda, 0 ppm.	91
Foto 26. Estaquilla con poda, 0 ppm.	92
Foto 27. Estaquilla sin poda, 0 ppm.	92
Foto 28. Estaquilla con poda, 0 ppm.	92
Foto 29. Estaquilla sin poda, 0 ppm.	92

## RESUMEN

La especie *Bertholletia excelsa* H.B.K., “castaña” es una especie amazónica que pertenece a la familia Lecythidaceae, con gran valor económico gracias principalmente a la comercialización de sus almendras. También tiene importancia maderera y también se destaca como una alternativa para la reforestación de áreas degradadas de pastizales y cultivos anuales. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de seis dosis de ácido indolbutírico (AIB) y dos tipos de manejo de brotes recientes en el enraizamiento adventicio de estaquillas juveniles de *Bertholletia excelsa* H.B.K., “castaña” en ambientes controlado. En el ensayo se evaluó la respuesta a seis dosis de ácido indolbutírico (AIB) (0 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, 10000 ppm y 12000 ppm) y dos tipos de manejo de brotes recientes (con poda y sin poda). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de (6x2), donde las parcelas grandes fueron las dosis de AIB y las subparcelas el manejo de brotes recientes y diez estaquillas por unidad experimental. Después de 45 días de instalado el ensayo se registraron los datos sobre enraizamiento y se realizó el análisis de ANOVA y prueba de significancia de Tukey. En el ensayo la dosis hormonal y el tratamiento mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ); resultando la dosis hormonal 0 ppm de AIB la que brindó mayor porcentaje de sobrevivencia (21,3%) y porcentaje de brotes (13,75%), el efecto combinado entre la dosis de 0 ppm de AIB con poda brindó mayor porcentaje de sobrevivencia (17,5%) y porcentaje de brotes (17,5%) y la dosis de 0 ppm de AIB sin poda brindó mayor porcentaje de sobrevivencia (25,0%) y porcentaje de brotes (10,0%). Para la propagación asexual el experimento constó de 480 estaquillas, de las cuales se obtuvo el 0% de enraizamiento. En el primer mes del experimento hubo rebrotes, los cuales se eliminaron para evitar el consumo de reservas presentes en la estaca; muy pocas presentaron un segundo rebrote. En conclusión la dosis de 0 ppm de AIB y el efecto combinado de 0 ppm de AIB con poda y sin poda, influyen sobre el porcentaje de sobrevivencia y brotes de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H.B.K., “castaña”. No se obtuvo resultados en el enraizado de estaquillas.

Palabras claves: *Bertholletia excelsa*, propagación vegetativa, enraizamiento, estaquillas, ácido indolbutírico (AIB), donante u ortet.

## SUMMARY

The species *Bertholletia excelsa* H.B.K, "chestnut" is an Amazonian species belonging to the family Lecythidaceae with great economic value thanks mainly to market their almonds. It also has timber importance and stands as an alternative to the reforestation of degraded grassland areas and annual crops. The objective was to determine the effect of six doses of indolebutyric acid (IBA) and two types of handling juvenile Recent Outbreaks in adventitious rooting cuttings in controlled environments. In testing the response to six doses of indolebutyric acid (IBA) (0 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, 10000 ppm to 12000 ppm) was evaluated and two kinds of management recent outbreaks (with no trimming and pruning). Block design was completely randomized factorial arrangement (6x2), where large doses were plots and subplots AIB managing recent outbreaks and ten cuttings per experimental unit. After 45 days of testing data set on rooting were recorded and analysis of ANOVA and Tukey's test of significance was conducted. In the test dose and hormone treatment showed highly significant differences ( $p < 0,001$ ); resulting hormonal 0 ppm IBA dose I provide the highest survival rate (21,3%) and percentage of shoots (13,75%), the combined effect of the dose of 0 ppm IBA with pruning gave higher survival rate (17,5%) and percentage of outbreaks (17,5%) and the dose of 0 ppm IBA without pruning gave higher survival rate (25,0%) and percentage of outbreaks (10,0%). Asexual propagation for the experiment consisted of pegs 480, of which 0% was obtained rooting. In the first month of the experiment there were volunteers, which were removed to avoid eating reserves present at the stake; Very few submitted a second regrowth. In conclusion, the doses of 0 ppm of IBA and the combined effect of 0 ppm IBA with pruning and without pruning, influence the survival rate of cuttings and buds *Bertholletia excelsa* H.B.K., "Chestnut". No results were obtained in the rooting of cuttings.

Keywords: *Bertholletia excelsa*, vegetative propagation, rooting cuttings, indole butyric acid (IBA), donor or ortet.

## INTRODUCCION

La especie *Bertholletia excelsa* H.B.K. (castaña) pertenece a la familia botánica Lecythidaceae, es una de las especies forestales más importantes del extractivismo en la amazonia sudamericana. Tiene una participación importante en la generación de divisas para la región mediante la exportación de sus semillas (nueces) a los mercados internacionales.

Madre de Dios es el único departamento-región-del Perú donde se encuentran árboles de *Bertholletia excelsa* H.B.K., en densidades suficientes que permiten el aprovechamiento económico de su nuez. Se estima que los bosques naturales con *Bertholletia excelsa* H.B.K., ocupan aproximadamente un área de 2,5 millones de ha, que representan el 30% de la superficie del departamento.

A nivel local la actividad castañera juega un papel importante en la vida económica de los habitantes de la región, se estima que el número de personas involucradas directamente e indirectamente en esta actividad oscila entre 15,000 y 20,000 personas; equivalente al 20% de la población de Madre de Dios y genera el 67% del total de ingresos anuales de las familias vinculadas a esta actividad.

Sin embargo, los árboles de *Bertholletia excelsa* H.B.K., presentan el problema de reducción en su número debido que estos son afectados por la tala, quema, mortalidad de individuos productores, presencia de clavos colocados durante los inventario de castaña, residuos inorgánicos, sustancias contaminantes, minería aurífera aluvial ilegal e informal, plagas y enfermedades durante el establecimiento de cultivos y pastizales.

En Madre de Dios durante los últimos diez años se ha estudiado la propagación de *Bertholletia excelsa* H. B. K., por semillas y por injertos. La siembra en campo no es recomendable, en vista que las semillas son de difícil germinación, fácilmente atacadas por roedores y por el costo que significan las labores de mantenimiento del área plantada.

La propagación vegetativa es una alternativa prometedora para conservar la diversidad genética de germoplasma valioso y aumentar la ganancia genética en períodos muy

cortos, pudiendo evitar la fuerte dependencia por semillas botánicas provenientes de rodales naturales de procedencia desconocida; incrementando así las posibilidades de una oferta sostenible de semilla vegetativa durante todo el año y multiplicando los genotipos superiores de la especie que aún quedan.

Su propagación sexual se dificulta por una razón importante, el tiempo de almacenado y de germinación, por lo menos dura entre 6 a 8 meses y presenta un lento crecimiento de las plántulas, la semilla tiene una cubierta muy resistente y de baja permeabilidad, haciendo que el proceso de germinación de la especie sea muy lento, bajo y desuniforme.

Una alternativa para la producción de plantas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., es la propagación asexual, vía estaquillas usando reguladores de crecimientos, uno de los factores favorables de la aplicación de esta práctica es que esta especie posee la capacidad de emisión de rebrotes, en tejidos jóvenes, presentando alto nivel de auxinas.

La técnica es viable con el uso de estaquillas provenientes de tallos ortotrópicos juveniles de plántulas, rebrotes de tocones, injertación serial, brotes obtenidos de ramas bajas cosechadas y sembradas en invernadero y uso de plántulas producidas por semilla. Si se utiliza material fisiológicamente adulto, la técnica puede no ser exitosa. El uso de los propagadores de subirrigación para el enraizamiento de estaquillas ha sido probado con éxito en más de cien especies de diferentes ecosistemas, se pueden obtener enraizamientos entre 70 - 100% utilizando el sustrato y la concentración de AIB adecuadas. Se ha probado que el ácido indolbutírico (AIB) es la mejor auxina, ya que no es tóxico en un rango amplio de concentraciones y es efectivo en promover el enraizamiento en un gran número de especies, también es mucho más fotoestable que el ácido indolacético (AIA) y al ser insoluble en el agua permanece más tiempo en el sitio de aplicación manteniendo así su efectividad por periodos más largos de tiempo.

A través del proyecto "Ampliación de la Base Tecnológica y Genética de *Bertholletia excelsa* H.B.K., con Fines de Domesticación en la Región Madre de Dios", financiado por INCAGRO se obtuvo datos acerca de diversidad genética de *Bertholletia excelsa* H.B.K., y se hizo ensayos preliminares de propagación vegetativa, por lo que en el

presente estudio se utilizó diferentes dosis de AIB para el enraizamiento de estaquillas de clones selectos de *Bertholletia excelsa* H.B.K., utilizando cámaras de subirrigación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Determinar la dosis optima de ácido indolbutirico (AIB) para el enraizamiento adventicio de estaquillas juveniles de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en cámaras de subirrigación.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de seis dosis (AIB) (0 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, 10000 ppm, 12000 ppm) de ácido indolbutirico (AIB) en el enraizamiento adventicio de estaquillas juveniles de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en cámaras de subirrigación.
- Evaluar el efecto de dos tipos de manejo de brotes recientes (con poda y sin poda) en el enraizamiento adventicio de estaquillas juveniles de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en cámaras de subirrigación.

## **FORMULACION DE LA HIPOTESIS**

### **Según la procedencia del material: tercio apical de clones**

La inmersión de estaquillas, provenientes del tercio apical de ramas ortotrópicas de clones de *Bertholletia excelsa* H.B.K., con una hoja podada al 50%, a seis concentraciones de ácido indobutírico (AIB) (0 ppm; 4000 ppm; 6000 ppm; 8000 ppm; 10000 ppm y 12000 ppm), y sin podas posteriores de los brotes recientes, mantenidas luego en propagador de subirrigación durante 45 días no induce el enraizamiento adventicio de las estaquillas.

## **SISTEMA DE VARIABLES E INDICADORES**

### **Variables independientes**

- Concentraciones de ácido indolbutirico (AIB).
- Manejo de brotes recientes (con poda y sin poda).

### **Variables dependientes**

- Enraizamiento.

### **Variable interviniente**

- Condiciones ambientales en la cámara de subirrigación.



## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro 1. Variables, dimensiones e indicadores del experimento.

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
<b>1. VARIABLE INDEPENDIENTE</b>		
Manejo de brotes recientes	Tipos	Con poda
		Sin poda
Ácido indolbutírico (AIB)	Concentración	0 ppm
		4000 ppm
		6000 ppm
		8000 ppm
		10000 ppm
		12000 ppm
<b>2. VARIABLES DEPENDIENTE</b>		
Enraizamiento	Características cuantitativas	Número de callos/estaquilla
		Tamaño promedio de callos/estaquilla
		Número de raíces/estaquilla
		Longitud de la raíz principal de la estaquilla
	Características cualitativas	Coloración de los callos
		Arquitectura radical
		Coloración de las raíces

Fuente: (Elaboración propia, 2014).

## CAPITULO I

### MARCO TEORICO

#### 1.1 Antecedentes

##### 1.1.1 Antecedentes a nivel internacional

- Brain *et al.* (2014), realizaron dos experimentos para investigar los efectos del sustrato y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) sobre la formación de raíces adventicias en estacas obtenidas de árboles talados de *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., Los resultados indicaron que la concentración de 3000 ppm produjo significativamente mejor enraizamiento ( $p < 0,05$ ) (57,5%) que la concentración de 5000 ppm (30%); 7000 ppm (45,0%) y el control (7,5%). Aunque los niveles de azúcares solubles (SS) y fenoles libres totales (PTF) en las estacas fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) al final del experimento (después del tratamiento con (AIB) en comparación con el inicio (antes del tratamiento con AIB), las tendencias de los SS y de los PTF observados no explicaron claramente las diferencias de enraizamiento encontradas entre los niveles de la AIB investigados. La formación de callos fue significativamente más alta ( $p < 0,05$ ) (35,0%) en el control (sin AIB). En general, la formación de callos disminuyó al aumentar la concentración de AIB. Considerando el sustrato del experimento, el enraizamiento fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en el medio de a cascarilla de arroz carbonizado (35,0%) en comparación a la fibra de palma (18,3%), aserrín (14,1%) y la tierra vegetal (16,7%).
- Cunha (2011), realizó la investigación sobre la propagación vegetativa de plantas de *Schizolobium parahyba* (Huber ex Ducke), por estacas. Para ello, se ha determinado los efectos de los reguladores de crecimiento aplicados sobre el enraizamiento de estacas, influencia de las procedencias en el enraizamiento de estacas y más sustratos para el enraizamiento de estacas. Para el estudio las estacas fueron colectadas, con un tamaño promedio de 12 cm de longitud y 4,0 mm de diámetro que fueron utilizados para la implementación de pruebas experimentales para probar diferentes dosis de reguladores del crecimiento, diferentes orígenes y diferentes combinaciones de sustratos. El diseño

experimental fue completamente al azar con parcelas divididas y se analizó las variables: porcentaje de estacas enraizadas, número promedio de raíz, longitud de raíz mayor, porcentaje de estacas vivas, porcentaje de callos, porcentaje de brotes y longitud de raíz mayor. De los resultados se puede concluir que la propagación vegetativa por estacas de *Schizolobium parahyba* (Huber ex Ducke) requiere la aplicación de reguladores del crecimiento de AIB con el fin de mejorar la formación y el desarrollo de las raíces, la concentración de la aplicación entre 2500 y 3000 ppm, se presentaron los mejores resultados, sin embargo se puede mejorar cuando se utiliza un sustrato que proporciona una mejor aireación y la humedad, tales como vermiculita y fibra de coco 01:01 las procedencias ensayadas muestran una diferenciación en la aplicación de AIB, pero la interacción era simple, sin comprometer la recomendación de la aplicación de AIB entre 2500 y 3000 ppm para el mejor enraizamiento.

- Quiroz *et al.* (2011), estudió el efecto del árbol madre y las concentraciones hormonales en el enraizamiento de estacas de *Quillaja saponaria*. El ensayo se estableció en los invernaderos del centro tecnológico de la planta forestal perteneciente al Instituto forestal de Chile sede Bio – Bio, la extracción de vástagos se realizó en árboles de 20 años de edad aproximadamente, ubicados en dos diferentes zonas (Laja y Pehuenhue) en cada una de las zonas se seleccionaron 5 árboles. Los vástagos fueron trasladados al laboratorio del centro tecnológico de la planta para su preparación en estaca y establecidas en un medio de crecimiento de perlita y turba (1:1). Las estacas fueron tratadas con ácido indolbutírico (AIB) al 0, 500, 1000 y 2000 mg l<sup>-1</sup> el riego fue realizado mediante un sistema automatizado. El ensayo se mantuvo en observaciones por un periodo de tres meses. Los resultados nos indicaron que no existió un efecto de las concentraciones hormonales en el enraizamiento de las estacas y existe una fuerte influencia del árbol madre de donde se recolectan las estacas en el enraizamiento de la especie, logrando ser explicado por este factor la nula respuesta en la variable.
  
- Pereira *et al.* (2009), realizó la investigación que tuvo como objetivo evaluar los efectos de la aplicación de las siguientes auxinas: ácido naftaleno acético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de plántulas de

*Bertholletia excelsa* H. B. K. "castaña". El ensayo se realizó en el vivero de Embrapa Amazonica Ocidental, las plántulas fueron cedidas por la Hacienda Aruanã. La base de las estacas recibieron los siguientes tratamientos: 1) agua; 2) ANA 500 ppm líquido; 3) AIB 200 ppm líquido, por 24 horas; e 4) AIB 200 en polvo. En contenedores de tubetes, conteniendo sustrato de arena, arcilla y humus (1:1:1). El vivero bajo una cobertura de sombra de (50%) y nebulizadores. El diseño experimental utilizado fue en bloque aleatorizado, con 20 estacas por tratamiento. Fueron evaluados porcentaje de estacas con primordios de raíces, callos y mortalidad. Verificándose que los tratamientos 200 ppm de AIB y 500 ppm ANA, el porcentaje de sobrevivencia de las estacas fue superior al 90%, en cuanto a los inicios presentaron encima del 30% sobrevivencia en todos los tratamientos, siendo mayor el índice de 500 ppm de ANA líquido.

- Pereira *et al.* (2008), realizó la investigación cuyo objetivo fue evaluar los efectos del indol-3-butírico (IBA) en el enraizamiento de rebrotes de los árboles *Bertholletia excelsa* H. B. K. "castaña". El experimento se realizó en Embrapa Amazonia Ocidental ubicado en el kilómetro 29 de la carretera AM - 010 Manaus (AM) y Hacienda Aruanã, ubicado en el Km. 215 de la misma carretera, en la ciudad de Itacoatiara (AM), donde recogimos el material vegetativo. Los cortes fueron separados en base y el ápice y tratados con AIB a concentraciones de 50, 100, 200, 400 y 600 ppm; por cinco segundos y luego se sembraron en bolsas plásticas que contienen sustrato arena. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones de 20 estacas por tratamiento. La mortalidad registrada es de 100% procedentes de Hacienda Aruanã, posiblemente causada por la ausencia de sistema de nebulización, de esta manera, los datos de Hacienda Aruanã no contiene en este trabajo. En cuanto a los análisis realizados en Embrapa, después seis meses de evaluación se observó que los parámetros brotes, supervivencia disminuyó con el paso del tiempo, y al final, entre 0% y 5%, estos resultados no tienen diferencia significativa entre sí, así como el enraizamiento y peso seco.

### 1.1.2 Antecedentes a nivel nacional

- Soudre *et al.* (2011), determinó el efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico (AIB), tipos de sustratos y las características vegetativas, sobre el enraizamiento de estacas juveniles estaquillas del tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke), mediante dos experimentos consecutivos en propagadores de subirrigación. En el primero se probó cinco dosis de ácido indolbutírico (0, 1000, 2000, 4000 y 8000 ppm) y tres sustratos (arena fina, arena gruesa y grava fina), bajo un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con cinco repeticiones. En el segundo experimento se probó tres tipos de estaquillas (apical, media y basal), dos áreas foliares (15 y 30 cm<sup>2</sup>) y dos longitudes de estacas (4 y 8 cm), usando un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial (3 x 2 x 2) con tres repeticiones; en este caso, las estaquillas fueron puestas a enraizar en el mejor sustrato (arena fina) y con la mejor concentración de ácido indolbutírico (4000 ppm) obtenidos en el primer ensayo. Se obtuvo un enraizamiento aceptable de 70%, con longitud de raíz promedio 1,2 cm y número de raíces promedio de 4,6 por estaquilla utilizando estaquillas del tipo media, con área foliar de 30 cm<sup>2</sup>, 4000 ppm de AIB, en arena fina y en propagador de subirrigación.
- Saboya (2010), realizó la presente investigación en las instalaciones del vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), con sede en Ucayali, consistiendo el trabajo en dos fases consecutivas. La primera consistió en el diseño y construcción de tres prototipos de quemadores artesanales y con ellos para la producción de sustrato a partir de cascarilla de arroz, y la segunda consistió en realizar la propagación vegetativa de la especie caoba (*Swietenia macrophylla* king), en cámara de sub-irrigación, utilizando los sustratos producidos. El objetivo fue comparar los costos de producción de la cascarilla de arroz carbonizado (CAC) como sustrato; comprobar la eficiencia del CAC como sustrato para el enraizamiento y determinar el efecto de tres dosis de fitohormona en las estacas juveniles de caoba. Para determinar los costos de producción se calcularon los costos directos e indirectos así como los gastos administrativos para llegar a establecer el costo del producto final en kg. En la propagación vegetativa se utilizó el diseño de bloques completos al azar con

parcelas divididas (DBCA), probando tres dosis de AIB (3000, 5000 y 8000 ppm) y cinco tipos de sustratos obtenidos a través de los quemadores (cilindro medio, cónico y rotatorio) además del tradicional y testigo, las unidades experimentales estaban comprendidas de ocho estacas juveniles, con una longitud promedio de 3,5 cm y 50 cm<sup>2</sup> de área foliar. Se determinó que el sustrato producido con el quemador rotatorio presentó mayor rentabilidad en cuanto a su construcción y producción, obteniendo un 80% de rendimiento dándole al sustrato características adecuadas para la propagación y a un precio al alcance del consumidor (S/.0,13/ kg de sustrato CAC). Después de 60 días el mejor sustrato para el enraizamiento fue aquel producido por el quemador cilindro rotatorio y con la aplicación de 8000 ppm de AIB a las estacas juveniles de caoba (*S. macrophylla* king), logrando hasta un 95% de enraizamiento. En conclusión es posible propagar exitosamente la caoba empleando este método.

- Murrieta (2010), realizó la investigación que tuvo lugar en las instalaciones del vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, sede Ucayali-Perú, sito en la Carretera Federico Basadre km. 12, 400, con el objetivo de evaluar la influencia de tres tipos de sustrato, cuatro dosis de ácido indolbutírico (AIB) y tres características morfológicas en la propagación de estaquillas de *Cedrela odorata* (Cedro colorado) en ambientes de una cámara de subirrigación. Para tal fin, se realizaron dos ensayos. En el primero, se probaron cuatro dosis ácido indolbutírico (0, 2000, 3000 y 4000 ppm) en las estaquillas de *C. odorata* de 6 cm de longitud y 36 cm<sup>2</sup> de área foliar, puestas a enraizar en tres tipos de sustrato (arena fina, gravilla y arena gruesa). El diseño experimental fue de bloques al azar con parcelas divididas, con tres bloques de seis estaquillas por unidad experimental, las parcelas grandes fueron los sustratos y las subparcelas las dosis de ácido indolbutírico. Después de 6 semanas de instalado el ensayo se registraron los datos y analizaron los ANOVA y pruebas de Tukey para las variables: porcentaje de enraizamiento, porcentaje de callos, porcentaje de brotes, porcentaje de sobrevivencia, número de raíces por estaquilla, longitud de raíces por estaquilla, número de brotes por estaquilla y longitud de brotes por estaquilla. Los resultados obtenidos muestran que el tipo de sustrato arena de granulometría gruesa influyó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) en la mayoría de las variables estudiadas; mientras que, ninguna de las dosis de ácido indolbutírico

usadas presentó influencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en alguna de las variables analizadas, sin embargo la dosis de 3000 ppm presentó resultados satisfactorios cuando se combina con la arena de granulometría gruesa, obteniendo hasta un 89,0% de enraizamiento. En el segundo ensayo, se utilizó la arena gruesa y la dosis de 3000 ppm de ácido indolbutírico como mejores resultados, para probar tres tipos de estaquilla (basal, medio y apical), dos longitudes de estaquilla (4 y 8 cm) y dos aéreas foliares (20 y 50 cm<sup>2</sup>), en un diseño experimental de bloques completos al azar, tres bloques y diez estaquillas por unidad experimental. El resultado obtenido a las seis semanas de instalado el ensayo, con el mismo análisis y variables del ensayo anterior, es que estaquillas de *Cedrela odorata* provenientes de la parte apical, con 4 cm de longitud, 20 cm<sup>2</sup> de área foliar, aplicándolos ácido indolbutírico a una dosis de 3000 ppm y enraizados en sustrato de arena gruesa, bajo las condiciones de la cámara de subirrigación, produjeron una influencia positiva en su propagación vegetativa, hasta pasar del 90% de enraizamiento, lo que le hace una técnica recomendable.

- Flores (2010), desarrolló el experimento en el vivero del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), filial Ucayali, Perú, utilizando estaquillas juveniles de ishpingo, instaladas en cámaras de subirrigación. El objetivo fue determinar el efecto de cinco dosis de ácido indolbutírico, tres tipos de sustratos y tres rasgos de morfotipo en el enraizamiento de estaquillas juveniles de *Amburana cearensis* (Allemão). C. Smit. en ambientes controlados. Para ello se realizaron dos ensayos consecutivos, bajo las mismas condiciones microambientales: temperatura media interna de 29 °C, humedad relativa media de 71%, temperatura del sustrato 28,4 °C e intensidad lumínica de 2,765 luxes. El primer ensayo se ejecutó con un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, probando cinco dosis de ácido indolbutírico (0, 1000, 2000, 4000 y 8000 ppm); y tres tipos de sustrato (arena gruesa, gravilla y arena fina). En el segundo ensayo, se utilizó la dosis óptima (8000 ppm) y el sustrato más adecuado (arena gruesa), obtenidos en el primer ensayo, empleando un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (3x2x2), probando tres niveles de estaquilla (apical, medio y basal), dos longitudes (2,5 y 4,5 cm) y dos áreas foliares (10 y 20 cm<sup>2</sup>). Luego de 49 días, las estaquillas de Ishpingo de secciones apical y media, con 4,5 cm de longitud y más de 10 cm<sup>2</sup> de área foliar, a los que

se aplicó 8000 ppm de ácido indolbutírico, colocados verticalmente en sustrato arena gruesa (1-2 mm), mostraron el mayor enraizamiento (90%), sobrevivencia (90%), número de raíces promedio (2,2) y longitud promedio (20,1mm). Se concluye que es posible propagar exitosamente la especie ishpingo, empleando estaquillas obtenidas de rebrotes, en arena gruesa y 8000 ppm de AIB.

- Vidal (2010), con el propósito de conocer los factores que son clave en la propagación vegetativa para *Simarouba amara* Aubl., especie forestal de gran valor actual y con potencial para ser empleada en plantaciones comerciales, realizó tres ensayos; en el primer ensayo, se usó cinco concentraciones de ácido indolbutírico (0, 1000, 3000, 5000 y 8000 ppm), tres sustratos (arena fina, arena gruesa y grava fina), en un diseño de bloques con parcelas divididas; obteniendo un enraizamiento (19,4%) con dosis de 8000 ppm en sustrato grava fina; en el segundo ensayo se utilizó la dosis y el sustrato más relevantes del primer ensayo, como también se usaron tres tipos de estacas (apical, media y basal), dos áreas foliares (20 y 60 cm<sup>2</sup>) y dos longitudes de estacas (4 y 6 cm), en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, obteniendo en estacas apicales y medias el mayor porcentaje de brotes (85,7 y 64,8%) y un alto porcentaje de sobrevivencia (91,9 y 86,58%), respectivamente; finalmente se realizó en tercer ensayo donde se utilizó los mejores resultados del primer y segundo ensayo, aplicando dosis de 8000 ppm de ácido indolbutírico (AIB), logrando un porcentaje de enraizamiento superior a los ensayos anteriores (63,88%). Por lo tanto se puede propagar vegetativamente de *Simarouba amara* Aubl, aplicando 8000 ppm de ácido indolbutírico, en estacas apicales o medias de 6 cm de longitud con 60 cm<sup>2</sup> de área foliar instalados en sustratos de granulometría gruesa (1 - 4 mm).

### 1.1.3 Antecedentes a nivel regional

- Peña (2008), realizó la presente investigación en el Centro Experimental “El Castañal” del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), con sede en Madre de Dios. Para el ensayo de propagación vegetativa asexual de *Bertholletia excelsa* H.B.K. “Castaña” se utilizó estacas de 14-15 cm de largo y 0,5; 0,8 y 1,0 cm de diámetro, a las que se les estimuló el enraizamiento usando



propagadores de subirrigación. Los datos observados fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial: 3 x 3 x 2, con 4 repeticiones, siendo los factores los siguientes: i. niveles de sombra: 100%, 80% y 50%; ii. enraizador hormonal: auxinas (Rapad-root) y testigo (sin aplicación hormonal); diámetro de estaca: 0,5, 0,8 y 1,0 cm. Se instalaron 72 parcelas en total, considerando que se utilizaron cuatro bloques en el experimento, seis estacas por unidad experimental.

En un primer ensayo de propagación vegetativa de castaña se constató para ramas plagiotrópicas que el 100%, 432 estacas, estuvieron vivas, turgentes y con hojas por espacio de 20 días; sin embargo, a los 50 días, sólo quedaron vivas 23 más del 95% de ellas, las estacas se mantuvieron vivas hasta el día 90, sin desarrollar raíz durante ese periodo, pero si en la formación de callos.

En un segundo ensayo instalándose estacas de plántulas jóvenes de castaña, usándose estacas del tallo principal conocidas como ortotrópicas, las mismas que formaron callo al mismo tiempo que las ramas plagiotrópicas al día 50, sin embargo, 10 días después se observó la diferenciación en los tejidos o callos, iniciándose la formación de raíces. En los ensayos de propagación vegetativa, las estacas de ramas plagiotrópicas no presentan respuesta a la formación de raíces, sin embargo, las estacas procedentes de ramas ortotrópicas si están preparadas fisiológicamente para emitir raíces. Con una sombra del 80% se logró mantener vivas, y con abundante formación de callos vegetativos, a un mayor número estacas, 90 días después de instalados en el propagador de subirrigación.

- Romero (2005), realizó la presente investigación que tuvo como principal objetivo la determinación de la propagación asexual *Geissospermum reticulatum* A. H. Gentry (Quina quina). En el desarrollo inicial, con el fin de determinar el mejor tratamiento para el rebrote de las estacas, para esto se emplearon cinco diferentes tipos de sustratos, conformado por humus, tierra negra y arena en las siguientes mezclas: (3 carretillas tierra negra, 2 carretillas de arena sin humos de lombriz), (1 carretillas tierra negra, 2 carretillas de arena + 5 kilos de humos de lombriz), (3 carretillas tierra negra, 3 carretillas de arena + 10 kilos de humos de lombriz), (2 carretillas de tierra negra, 2 carretillas de arena + 15 kilos de humos de lombriz) y (3 carretillas tierra negra, 1 carretillas de arena + 20 kilos de

humos de lombriz), con tres tiempos de inmersión ( cero horas, 24 horas y 48 horas) y aplicando un regulador de crecimiento.

Los tratamientos estuvieron dispuestos en un diseño de bloques con arreglo factorial  $2 \times 5 \times 3 \times 3$ , evaluándose tres factores: sustrato de enraizamiento, estacas adultas y jóvenes, tiempo de inmersión cada uno con 3 niveles para un total de 30 tratamientos y 3 repeticiones. En el experimento se realizaron cuatro evaluaciones en el tiempo: iniciación de rebrotes (a los 23 días después de iniciado el experimento, a los 40 días, 60 días y 120 días).

Como resultado se obtuvo el porcentaje de rebrotes de la especie *Geissospermum reticulatum* A. H. Gentry (Quina quina) un 18% para estacas adultas, mientras que para estacas jóvenes un 10%. Se demuestra en el sustrato (1 carretilla de tierra negra, 2 carretillas de arena más 5 kilos de humos de lombriz) y (inmersión de 48 horas) T6, S2 y L3 las estacas adultas tuvieron mayores rebrotes con 53,33%, encontrándose que en los tratamientos no demuestra significancia y con inmersión, si indica significancia para el análisis de varianza de estacas adultas. De igual manera en estacas jóvenes con (1 carretilla de tierra negra, 2 carretillas de arena más 5 kilos de humos de lombriz) y (inmersión de 48 horas) T6, S2 y L3 se obtiene un 20% de rebrotes.

Estadísticamente, se demuestra mediante el análisis de varianza hay diferencia entre las estacas adultas y estacas jóvenes, obteniéndose mejor comportamiento en estacas adultas.

De acuerdo al presente estudio el *Geissospermum reticulatum* A. H. Gentry (Quina quina) es considerada como una especie difícil de propagar, lo que constituye una dificultad para el establecimiento de plantaciones, por ello se requieren de trabajos adicionales que permitan obtener mayor información al respecto.

- Arias (2002), realizó la presente investigación en el Centro Experimental “El Castañal” del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), con sede en Madre de Dios. En la propagación vegetativa asexual de *Bertholletia excelsa* H.B.K. “Castaña” para un primer experimento se realizó en el mes de mayo en la época de verano, las estacas (con hojas y sin hojas) se obtuvieron cortando las ramas medias de la copa a 50 cm del fuste y a 50 cm del ápice, las estacas seleccionadas fueron extraídas de los árboles de 15 años de edad, con un

diámetro de 1,5 cm y 25 cm de longitud, los esquejes fueron obtenidos de las ramas medias de la copa la cual se extrae la parte apical presentaron morfología juvenil, con un diámetro no menor a 0,5 cm y 15 cm longitud. Los tratamientos fueron asignados en un DCA, con sustrato en la base 5 cm de tierra negra y 20 cm de humus de lombriz.

Para un segundo experimento se realizó en época de comienzos de invierno (lluvias) en el mes de octubre. El material vegetal fue solamente de estacas sin hojas y esquejes, cuyas medidas fueron de 30 cm y 15 cm respectivamente, se utilizaron dos tipos de sustratos arena (A) y otro con tierra mezclada (B) que contenía (tierra agrícola 40%, arena 20% y humus 40%), se utilizó un regulador de crecimiento tipo auxina, llamado RAPID ROOT que presenta ácido indolbutírico a una concentración de 3 gr/kg, la formulación de la preparación fue de mezclarlo con tierra zarandeada (2 kg) y humos de lombriz (2 kg) más 50 gr de producto con agua, formando una mezcla. Se les impregno aproximadamente 2 cm de su base con la hormona previamente preparado durante 20 minutos, la unidad experimental conformada por 30 unidades con 4 repeticiones, es decir 2-repeticiones por sustrato, ya sea para estacas y esquejes, dando un total de 120 individuos por unidad, las variables analizadas fueron: porcentaje de estacas y esquejes vivos, brotes, porcentajes de estacas enraizadas. En el primer ensayo se ha obtenido ninguna formación de raíces, solamente hubo la formación de brotes en las estacas y esquejes, las estacas sin hojas en los tratamientos, no tuvieron ningún brote, en cambio en los esquejes y en las estacas con hojas en todos los tratamientos tuvieron brotación de las yemas más no enraizamiento. Pero a partir de la sexta (06) semana comenzaron a morirse, observándose pudrición en las bases a causa de la formación de hongos.

En el segundo ensayo, experimentándose con otros tipos de suelos para poder obtener otro resultado, se ha tenido algunos resultados preliminares, los esquejes son los que han sufrido mayor pudrición que en las estacas y con mayor incidencia en el sustrato (B) de arena-tierra-humus en comparación del sustrato arena (A). Este resultado es después de 2 meses de haber sido instalado el experimento.

## 1.2 Revisión de Literatura

### 1.2.1 Generalidades de la especie

#### 1.2.1.1 Descripción taxonómica de *Bertholletia excelsa* H.B.K.

- Reino.....Vegetal
- Tipo.....Fanerógama
- Sub tipo.....Angiosperma
- Clase.....Dicotiledónea
- Orden.....Mirtales
- Familia.....Lecythydaceae
- Genero.....*Bertholletia*
- Especie.....*Bertholletia excelsa* H.B.K.

Fuente: CTMC, 2006.

#### 1.2.1.2 Nombre comunes

- Español: Castaña amazónica, nuez del Brasil, nuez del Para.
- Alemán: Paranuss.
- Chino: Pashsi li.
- Francés: Noix du Bresil, noix de Para, chataigne du Brasil.
- Holandés: Para-noot.
- Inglés: Brazilnut, para nut.
- Italiano: Noce del Brasile.
- Japonés: Burajirunattsu

Fuente: CTMC, 2006.

#### 1.2.1.3 Descripción botánica

Es un árbol gigante, de 30-50 m de altura y diámetro de copa de 10-20 m, el fuste es cilíndrico sin aletas (salvo algunas excepciones), desprovisto de ramas hasta la copa y con un DAP de 1-2,5 m y con corteza externa fisurada de color pardo grisáceo. (Corvera *et al* 2006, citado por Suri Palomino, 2008)

**Hojas.** Simples, alternas, sin estipulas; lamina coriácea, oblongas de 17-50 cm de largo y de 6-15 cm de ancho, márgenes enteros a ondulados, perminerves, ápice de

acuminado a macromado, base de obtusa a cuneada, haz lustroso verde oscuro a verde claro, envés verde claro a verde amarillento, nerviación conspicua en el envés; 2-6 cm de longitud, ligeramente alado, puberuloso cuando joven. (Corvera *et al* 2006, citado por Suri Palomino, 2008)

**Inflorescencia.** En racimos terminales de 20-40 cm de longitud, con pocos racimos laterales; flores bisexuales subsesiles de 2-3 cm de diámetro, solitarias o en racimos, cáliz con 2-4 sépalos y corola con 4-6 pétalos blanco cremosos o amarillentos, ovario ínfero y estambres en número de 80-135. (Corvera *et al* 2006, citado por Suri Palomino, 2008)

**Fruto.** Capsula de tipo pixidio incompleto, globoso a esférico, 9-15 cm de diámetro, 0,5-2,5 kg de peso, opérculo 0,5-0,7 cm; epicarpio lenticelado, verrucoso, pardo oscuro; mesocarpio duro, leñoso; semillas en número de 10-25 angulares, con dos lados planos y uno cóncavo, 3-5 cm de longitud y 4-10 g de peso, cubierta rugosa, dura y leñosa, testa delgada y oscura, almendra blanca comestible. (TCA 1997 & Corvera 2006, citado por Suri Palomino, 2008)

#### 1.2.1.4 Origen y distribución geográfica

Según Cornejo (2003), esta especie se encuentra distribuida en las Guyanas, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia, Brasil; también señala que el bosque de *Bertholletia excelsa* H.B.K., en Sudamérica abarca una extensión de 20 millones de hectáreas, y en el Perú se estima alrededor de 1,8 millones de hectáreas.

En el Perú, *Bertholletia excelsa* H.B.K., se encuentra en Madre De Dios e Iquitos. Explotándose comercialmente sólo en el departamento de Madre de Dios, donde se encuentra rodales naturales en asociación con otras especies (Rubio 2001); y las principales zonas castañeras son bajo Madre de Dios, las cuencas de Tambopata, Paríamarca, Paríamanu y Las Piedras, y a lo largo de la carretera hacia Brasil y Mazuko (IIAP 2002).

Según Conservación Internacional (2004), estima que en Madre De Dios la distribución de *Bertholletia excelsa* H.B.K., es aproximadamente 1 193 407, 90 hectáreas de área, y se distribuyen en las provincias de Tahuamanu, Tambopata y parte del Manu.

#### **1.2.1.5 Densidad en el Bosque**

La densidad de los árboles de *Bertholletia excelsa* H.B.K., en el departamento de Madre de Dios varía por sectores, estas fluctúan entre 0,3 hasta 1,3 árboles/ha (CI, 2004).

#### **1.2.2 Requerimientos agroecológicos de la especie**

*Bertholletia excelsa* H.B.K., prospera en áreas de tierra firme no inundables (TCA 1997, citado por Corvera, 2006).

##### **➤ Fisiografía**

Se adapta a terrazas altas, con una altitud de 300-1200 msnm. TCA (1997); 30 a 50 msnr y a terrazas medias no inundables 20 a 30 msnm (Corvera, 2006).

##### **➤ Suelo**

La especie se adapta a suelos oxisoles y ultisoles de tierra firme, pero no mal drenados y libre de encharcamientos, de textura media a pesados, de naturaleza franco – arcillosos, franco-arcillo-arenoso, con pH entre 4,5 y 6,0 (TCA 1997, citado por Corvera, 2006).

##### **➤ Clima**

Se adapta bien a regiones de clima húmedo. La mayor densidad de la especie ocurre en regiones donde predomina el clima tropical y lluvioso, pero con una ocurrencia de estiajes definido (TCA 1997, citado por Corvera 2006).

### ➤ **Temperatura**

En las áreas de dispersión natural de la especie, en la amazonia peruana, boliviana, brasileña, la temperatura media anual varía 24,3 a 27,2 °C con valores máximos de 30,6 y 32,6 °C y mínimos de 19,9 y 23,5°C (Corvera, 2006).

### ➤ **Precipitación**

La precipitación pluvial anual varía entre 1,400 y 2,800 mm, con ocurrencia en determinadas áreas de periodos hasta seis meses con precipitaciones mensuales inferiores a 60 mm (TCA 1997, Corvera 2006, CTMC 2006).

### ➤ **Humedad relativa**

La humedad relativa anual varía el rango de 79 a 86% con variaciones mensuales de 66 a 91% (TCA 1997, Corvera 2006, CTMC 2006).

### ➤ **Nivel freático**

Debe ser profundo como mínimo de 3,5 a 4 metros en la época húmeda. Se debe tener en cuenta que *Bertholletia excelsa* H.B.K., tiene raíz pivotante bien desarrollada, por esta razón los suelos con buen drenaje son los más indicados (TCA, 1997).

## **1.2.3 Propagación vegetativa**

Quijada (1980) señala que la propagación vegetativa, es la obtención de nuevos individuos a partir de partes vegetativas bien diferenciadas, debido a la capacidad de regeneración que posean estas partes (rama, fuste, retoño, hijuelos, inclusive trocitos o tejidos celulares) cuando se colocan en condiciones favorables. Coincidiendo con Vekhov (1941), citado por Flores, 2010, al estudiar varias especies de árboles y arbustos, llegó a la conclusión de que es posible propagar en cierto grado todas las especies difíciles, siempre que se determinen las condiciones óptimas que rigen la emisión de raíces que permiten sobrevivir al propagarlo.

La propagación vegetativa o asexual se realiza con las partes de una planta, provistas de yemas y con capacidad de enraizamiento para originar nuevos individuos. Esta técnica asegura rápidas ganancias genéticas ya que se pueden seleccionar y reproducir genotipos individuales. Además la propagación vegetativa captura ambos componentes genéticos: aditivos y no aditivos, para producir masas de poblaciones altamente uniformes y productivas (Easley, 1989), lo cual es más difícil de lograr por vía sexual.

Toda la progenie de una planta reproducida asexualmente es genéticamente igual y constituye un clon. Todas las plantas que forman un clon son genéticamente iguales entre sí y con la planta madre, esto es posible porque cada célula que compone la planta contiene la información genética necesaria para generar otro individuo de similares características al del original denominado clon (Sevilla & Holle, 2004); es probable que en algunos casos no se aprecien las características fenotípicas del individuo original debido a que el nuevo individuo puede ser influenciado por la variación ambiental, pero si es claro que el nuevo individuo es idéntico al original. Coincidiendo con (Hartmann 1992), manifestaba que la propagación vegetativa o asexual se utiliza para producir una planta que posea el mismo genotipo que la planta madre (planta donadora) y esto es posible porque todas las células de una planta poseen la información necesaria y/o suficiente para reproducir la planta entera. Esta técnica comprende desde procedimientos sencillos, conocidos de tiempos inmemoriales por los campesinos de todo el mundo, hasta procedimientos tecnológicamente muy avanzados basados en la tecnología de cultivos de tejidos vegetales, mediante los cuales se puede lograr la propagación masiva, genéticamente homogéneas, mejoradas y libres de parásitos.

### **1.2.3.1 Importancia de la propagación vegetativa**

La propagación vegetativa es importante por las siguientes razones: en el establecimiento de huertos semilleros clonales, en los establecimientos de bancos clonales, en propagación de plantas clonales a escala grande y en la elaboración de productos especiales de mejora, Quijada (1980). Este tipo de reproducción en el campo forestal se usa para multiplicar árboles seleccionados con base a características deseables que se quieren perpetuar como: velocidad de crecimiento, rectitud del fuste, resistencia a plagas y enfermedades, es decir, permite conservar genotipos valiosos (Carrera 1977).



Flores (1986), citado por Murrieta, (2010), menciona que la propagación de árboles forestales por estaca permite el fomento de clones o grupos de plantas que se obtuvieron de una planta de origen seminal; así mismo, elimina diferencias de constitución entre los árboles. Hartmann & Kester (1992) asegura que una de las características más significativas de la clonación es que todos los descendientes del clon tienen el mismo genotipo básico, por lo cual la población tiende a ser fenotípicamente uniforme. Por lo general toda la progenie de un clon tienen el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, etc., haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivo.

### **1.2.3.2 Métodos de propagación vegetativa**

Gispert (1984), describe cuatro métodos de propagación vegetativa: la primera es por estacas que consiste en secciones de tallos o ramas que puestos en condiciones permite el enraizamiento. La segunda es por injerto, consiste en propagar las plantas por medio de soldaduras de una yema con otro llamado patrón. La tercera es por acodo, que son secciones de una planta que son sometidos a un proceso provocado de enraizamiento, responde positivamente al tratamiento. Luego de lograr la nueva plántula se le separa de la planta madre. Finalmente se tiene el tejido de cultivo, cuando se logra nuevos vástagos en función a la utilización de tejidos, células o protoplastos del vegetal.

Hartmann & Kester (1983) dicen que las técnicas de propagación son: Embriones Apomicticos, Estolones, Hijuelos, Acodado, Separación, División, Estaca, Injerto, micro propagación. Según Quejada (1980) en el área forestal de la propagación vegetativa se usan: esquejes o estacas, acodos e injertos. Sin embargo Hartmann & Kester (1983) menciona que en el campo forestal la estaca del tallo es el más importante, se obtiene de segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales con la mira que al colocarlos en forma adecuada, produzcan raíces adventicias y originan una planta independiente.

### 1.2.3.3 Propagación por estacas

La propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de una planta lo cual se colocan en una cámara enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación en la parte aérea, hasta obtener una nueva planta. También se puede utilizar cualquier porción de una planta (raíz, tallo, hoja) que sea separada de esta y que es inducida para que forme raíces. (Ramos 2004; Wells 1979).

Según Zasoni (1975) citado por Murrieta (2010), se define a la estaca como una porción de la planta susceptible de adquirir una autonomía fisiológica, si ésta se instala en un medio favorable, condiciones ambientales convenientes y protegida de la desecación y según Weaver, (1976) estas porciones pueden tomarse de un tallo, de una raíz o una hoja que se denominan estaca de tallo, de raíz o de una hoja respectivamente (Hartmann & Kester, 1980). Según Parry (1957) citado por Flores, (2010), la mayoría de las especies forestales, incluso las coníferas pueden propagarse por estacas; sin embargo este procedimiento se emplea con las especies que prenden fácilmente y que no requieren equipo especial. Aunque no existen restricciones al respecto, normalmente se incluyen en un programa de propagación vegetativa las especies de mayor importancia actual o potencial (económica, ecológica, etc.). Sin embargo en teoría, cualquier especie puede ser propagada mediante enraizamiento de estaquillas (aunque ciertamente algunas especies enraízan con mayor facilidad). Algunas especies requieren un periodo de investigación mayor para lograr optimizar la técnica. Lo ideal sería alcanzar porcentajes de enraizamiento superiores al 70%, (Mesen, 2008).

La estaca es todo fragmento de rama que, enterrado parcialmente es capaz de producir una planta perfectamente igual a aquella de la cual procede. Este modo de multiplicación es de los más ventajosos, pero no puede ser generalizado más que en aquellos cuyos tejidos corticales permiten salir de los haces libero-leñosos, que dan origen a las raíces (Gispert 1984). Coincidiendo con las apreciaciones de Acosta, (1959) citado por Murrieta, (2010), quien sostiene que uno de los requisitos para el enraizamiento, es que las estacas deben poseer yema o meristemas axilares que al ser enterradas se desarrollen transformándose en raíz cuando se trata de partes inferiores; en hojas y ramitas las que se encuentran sobre el nivel del suelo, caso contrario tendrán menos probabilidades de prender. Las estacas con yemas desarrolladas en exceso,

producen defoliación prematura y luego agotamiento de la vitalidad del sistema radicular embrionario y por lo tanto se producirá la muerte o secamiento de la estaca.

#### **1.2.3.4 Características ideales de una especie en la propagación vegetativa**

Recto, sano, sin bifurcaciones, con ramas delgadas, de DAP y altura superior al promedio, sin corteza espiral, con copa pequeña y buena capacidad de auto poda (si aplica), los estándares deben ajustarse a la arquitectura de la especie, algunas características deberían ser absolutas (ej. rectitud, ausencia de bifurcación, sanidad), para otras (DAP, altura, diámetro de ramas y tamaño de copa), no se pueden fijar estándares fijos para la especie, sino que el árbol debe ser comparado con sus vecinos más cercanos, (Mesen 2008).

#### **1.2.4 Factores condicionantes que afectan la capacidad de enraizamiento**

##### **1.2.4.1 Temperatura ambiental**

Hartmann & Kester (1992) menciona que las temperaturas excesivas de aire tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas más bien las temperaturas entre 21°C y 27°C son satisfactorias para lograr el enraizamiento en la mayoría de las especies forestales, algunas enraízan mejor a temperaturas bajas y se debe evitar la temperatura del aire demasiado alta. En zonas frías recomienda utilizar un instrumento que proporcione calor constantemente permitiendo un mayor porcentaje de enraizamiento. Debido a que las temperaturas dependen del nivel de irradiación, el uso de sombra es una medida efectiva para prevenir un aumento en la temperatura del sustrato de enraizamiento y del aire que rodea las estacas (Leakey & Mesen 1991 citado por Núñez, 1997).

##### **1.2.4.2 Humedad relativa del ambiente**

La condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre las pérdidas por evaporación a través de las hojas y la absorción de agua por las estacas. Puesto que las estacas carecen de raíces al inicio, deben depender de la retención de su turgencia y de

la absorción de agua a través del corte en la base y/o a través de la superficie de las hojas y el tallo (Loach, 1988; citado por Díaz, 1991).

Significa entonces, que para conseguir éxito en el enraizado, es necesario disminuir la transpiración para limitar la desecación de la estaca (Boutherin y Bron, 2004), esto se logra manteniendo a la humedad del ambiente alta, saturada (95 a 100%) y también constante (Cuculiza, 1956) para reducir al máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración (Martín y Quillet, 1974). En efecto, es posible lograr estas características de humedad empleando cámaras cerradas e invernaderos con sistemas de nebulización.

#### **1.2.4.3 Luz**

La irradiación, el fotoperiodo y la cantidad de luz, cuyas necesidades son variables según la especie, deben ser adecuadas para mantener una tasa fotosintética que garantice suficiente producción de carbohidratos para la sobrevivencia de las estacas y la iniciación radicular sin comprometer el vigor vegetativo de las estacas, las cuales son variables con las especies, (Xavier 2002 citado por Torres, 2003).

Cuculiza, (1956) citado por Garate, (2010), sustenta que con poca luz, la emisión de raíces se realiza antes que la hojas; además disminuye la evaporación de agua de constitución que llevan las estacas, evitando así su desecación; sin embargo la falta de luz no debe ser exagerada pues no se realizaría la función fotosintética, que es de vital importancia para el desarrollo de las plantas, además es recomendable que para el desarrollo normal de la actividad fotosintética debe proporcionarse por lo menos un 30% de luz a las estacas teniendo cuidado que esta luz no eleve la temperatura óptima.

#### **1.2.4.4 Sustrato**

Hartmann & Kester (1983) afirman que las relaciones de agua, luz y medio de enraizamiento constituyen factores importantes, siendo imprescindible un medio de enraizamiento que proporcione porosidad, tener una alta capacidad de retención y buen drenaje para estacas de madera dura y semidura, coincidiendo con (Quijada 1980) citado por Vásquez (2009), sustentando que un medio de enraizamiento debe garantizar

una humedad sin excesos y esto se logra con arena de textura media, semi arenosa y una humedad de aire adecuada.

#### **1.2.4.5 Selección del material para estacas**

Hartmann & Kester (1988), existe evidencia que la nutrición de la planta madre influye sobre el desarrollo de las raíces y ramas en las estacas tomadas de ellas; el material adecuado de estacas que está en función a la riqueza de carbohidratos y pueden determinarse por la firmeza del tallo. Sin embargo, puede confundirse con la firmeza debida a la maduración de los mismos.

Quijada (1980) citado por Vásquez (2009), menciona que las estacas muy lignificadas brotan con dificultad y enraízan muy difícilmente, por lo tanto deberá tomarse una condición intermedia. Una guía para el tiempo de recolección en el estado de la actividad de la planta y es favorable cuando comienza la mayor actividad de desarrollo de las yemas del árbol.

#### **1.2.4.6 Factor juvenil**

El uso de material juvenil para la propagación vegetativa ha demostrado ser el más eficiente en numerosos estudios realizados por el CATIE (Leakey 1990; Díaz 1991; Mesen 1998). Según (Wells 1979), este método de propagación es el más utilizado a nivel práctico y posee una gran importancia económica.

Hartmann & Kester (1988), dicen que casi siempre las estacas tomadas de plántulas jóvenes (crecimiento juvenil), enraízan con mayor facilidad que aquellas tomadas de plántulas adultas. Esto se explica por el incremento en la producción de inhibidores de las raíces a medida que la planta aumenta de edad. Un ejemplo lo muestra Pinedo (1993) citado por Vidal (2010), en la investigación que realizo, utilizando estacas leñosas de *Amburana cearensis* "ishpingo" de 8 años de edad encontrándose un porcentaje de enraizamiento que no supero el 5% en comparación con Manta & Schwizer (1985) que en estacas leñosas de 2 años de edad encontró hasta un 60% de enraizamiento.

Paton citado por Pinedo (1993), afirma que se demostraron que existía una asociación directa y cuantitativa en la disminución del enraizamiento y la producción de un inhibidor de las raíces que se encontraba en los tejidos de las estacas. En los tallos de plántulas jóvenes no se encontraba el inhibidor e igualmente estaba ausente en el tejido adulto del tallo de *Eucalyptus deglupta*, especie que enraíza con facilidad.

#### **1.2.4.7 Condición fisiológica de la planta madre**

Hartmann & Kester (1983), afirman que existe evidencia que la nutrición de la planta madre influye sobre el desarrollo de las raíces y ramas en las estacas tomadas de ellas; cuando se habla de material adecuado de estacas se refiere a la riqueza de carbohidratos y puede determinarse por la firmeza del tallo. Sin embargo puede confundirse con la firmeza debida a la maduración de los mismos. Las estacas obtenidas de plantas jóvenes o de sectores más juveniles tienen mayor capacidad para formar raíces, cualquier tratamiento previo que logre rejuvenecer a la planta o mantener la fase juvenil (podas drásticas, aplicaciones de giberelinas, injertos) será efectivo para favorecer el enraizamiento de las estacas (Botti, 1999).

#### **1.2.4.8 Topófisis**

La topófisis consiste en un cambio o variación de fases de diferentes partes de la planta y cuyos meristemas perpetúan esas fases en su descendencia vegetativa (Macdonald, 1986; Hartmann & Kester, 1996). En la práctica la topófisis se manifiesta en que una estaca tomada del tallo (ortotrópico) de una planta madre tendrá el mismo hábito de crecimiento vertical. Flores (1986), demostró que las estacas de *Polylepis racemosa* procedentes de la parte basal de las ramas son las que obtuvieron mayor porcentaje de enraizamiento. Carrera (1977) menciona que la topófisis influye en la facilidad y velocidad de enraizamiento. No obstante Flores (1986), dice que este efecto puede deberse a una desigual distribución de auxinas y reservas nutritivas en las diferentes partes de la planta.

#### **1.2.4.9 Área foliar**

La presencia de hojas en las estacas ejerce una fuerte acción estimulante sobre la iniciación de las raíces. Es probable que el fuerte efecto promotor de inducción de raíces que ejercen las hojas y yemas se deba a otros factores más directos, dado que las yemas y hojas son poderosos productores de auxina y los efectos se observan directamente debajo de ellas, ya que existe un transporte polar, del ápice a la base. (Hartmann & Kester 1992).

Cuando se produce una estaca se corta la provisión natural de agua que viene desde la raíz, pero sí está contiene hojas, pierden agua por efecto de transpiración. En especies que enraízan con facilidad, pronto permite que la absorción de agua compense la cantidad que es eliminada por las hojas, pero en especies de enraizamiento lento, la transpiración de las hojas se debe reducir a una cantidad muy baja hasta que se formen las raíces Hartmann & Kester (1977) citado por Vásquez, (2009).

#### **1.2.4.10 Poda**

La poda se realiza con la finalidad de estimular y mantener el material vegetativo seleccionado en forma recurrente, conservando la juvenilidad del material y no pierda su capacidad de enraizamiento, para especies forestales se deja un máximo de dos a tres brotes vigorosos y libres de plagas y enfermedades, deben presentar en la mayoría de los casos, crecimiento ortotrópico, esta operación es conveniente realizarla a los 15 a 30 días. Esto es clave para el éxito del enraizado (Gárate, 2010)

Asimismo, se debe eliminar las hojas viejas y/o enfermas, además, es importante evitar realizar sobre la planta podas excesivas para mantener el estado juvenil, ya que su función es producir estacas durante el mayor período posible (López & Carazo, 2005).

#### **1.2.4.11 Reguladores de crecimiento**

El desarrollo vegetal está influenciado, entre otros factores, por diversas sustancias de síntesis natural, conocidas como hormonas, y otras sintéticas denominadas reguladores de crecimiento. Para distinguir entre las hormonas vegetales y reguladores del

crecimiento, se puede decir, todas las hormonas regulan el crecimiento, pero no todos los reguladores de crecimiento son hormonas; de las fitohormonas (etileno, giberelinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido absísico), las auxinas son los que tienen el mayor efecto en cuanto a la división celular y la elongación, así como en un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de la estaca, donde se llega a promover el desarrollo y formación del primordio inicial (Haissig 1974 citado por Núñez, 1997).

El ácido Indolbutírico (AIB), es una auxina sintética químicamente similar al Acido Indolacético (AIA) que en la mayoría de las especies ha demostrado su efectividad frente a otras auxinas como el ácido naftalenacético (ANA); la hormona AIB, ofrece muchas ventajas, el cual no se degrada fácilmente por la luz o microorganismos, es insoluble en agua, no es tóxico y permanece por más tiempo en el sitio de aplicación (Mesén, 1998).

Los reguladores vegetales son compuestos orgánicos distintos de los nutrientes que en pequeñas cantidades estimulan, inhiben o modifican de cualquier otro modo cualquier proceso fisiológico de las plantas y la más importante es la auxina. Además, refiere que las máximas concentraciones de auxinas se encuentran en los ápices de crecimiento, es decir, en las yemas y en los ápices en crecimiento de las hojas y raíces, también distribuidos ampliamente por la planta en las regiones meristemáticas, (Delvin 1980).

#### **1.2.4.12 Longitud de la estaca**

Pinedo (1993), al evaluar el efecto de la longitud de estaca en el enraizamiento, no encontró diferencia significativa en el porcentaje de prendimiento de estacas leñosas de *Amburana cearensis*; Sin embargo Hartmann & Kester (1977) afirman que la longitud de estaca es un factor determinante en el enraizamiento por lo que recomienda utilizar estacas de 7 a 15 cm de largo con dos a más nudos.

#### **1.2.4.13 Diámetro de estacas**

Hartmann & Kester (1977) sostiene que la concentración de sustancias nutricionales es mayor, cuando mayor sea el grosor de la estaca. De igual modo la rigidez de una planta



está en relación directa con el diámetro. Así los delgados son generalmente suaves y flexibles por tener tallos succulentos, mientras que los más gruesos son firmes y rígidos por tener tallos leñosos; el enraizamiento por tanto está relacionado con el grosor del diámetro de la estaca. Coincidiendo con Manta & Shwyzer (1985) citado por Vidal (2010), quienes aseguran que un mayor diámetro favorece a un mayor enraizamiento, de tal forma que es conveniente usar diámetro de por lo menos 2,5 cm a más en especies caducifolias de madera dura.

### **1.2.5 Propagación vegetativa a través de estaquillas**

La propagación por estaquillas es el sistema de propagación asexual más antigua; es poco costoso, fácil de realizar, no requiere de habilidad especial de parte del operador y necesita de poco espacio (Mesen, 1993). Por otro lado, propagar árboles forestales por estaca permitiría el fomento de clones o grupos de plantas que se obtuvieron de una planta de origen seminal, eliminando diferencias de constitución entre los árboles (Flores, 1986).

#### **1.2.5.1 Ventajas de la propagación vegetativa a través de estaquillas**

Mesen (2008), menciona que algunas de las principales ventajas del uso de estaquillas juveniles en plantación en comparación con el uso de material proveniente de semillas son: mayor productividad y mejor calidad del producto; mayor ganancia genética, al capturar tanto los componentes aditivos como no aditivos de la variación genética total; mayor homogeneidad en plantaciones; mayor facilidad de manejo; posibilidad de replicar individuos con combinaciones genéticas únicas, lo cual no es posible mediante el uso de semillas; posibilidad de iniciar la propagación mucho antes de que el árbol alcance su edad reproductiva; es una herramienta valiosa para la conservación de genotipos en peligro de extinción; se evita la dependencia hacia el uso de semillas y los problemas asociados con algunas especies como: la fructificación a edades adultas, producción baja e irregular, solo en ciertas épocas del año, depredación de frutos y semillas, baja germinación, dificultades de almacenamiento.

### **1.2.5.2 Desventajas de la propagación a través de estaquillas**

Mesen (2008) sustenta que la propagación vegetativa mediante enraizamiento de estaquillas presenta las siguientes desventajas: es un proceso más elaborado que el uso de semillas; el costo final de cada planta es ligeramente mayor, pero se justifica plenamente; la tala del árbol seleccionado puede ser problemática en ciertas circunstancias, aunque existen medidas alternativas; algunas especies no producen rebrotes, afortunadamente son la excepción.

### **1.2.5.3 Origen de las raíces adventicias**

Las raíces adventicias suelen originarse a partir de células que se dividen en la proximidad del floema de los vasos conductores, los cuales forman un callo del que se diferencian luego las raíces. Si se produce una herida en una planta herbácea, las células parenquimáticas próximas a la herida se diferencian y vuelven a dividirse para formar un callo cicatricial; el cual corresponde a un conjunto de células parenquimáticas en varios estados de lignificación. En los vegetales leñosos los callos pueden proceder del cambium, aunque también de la corteza y medula. Más tarde empiezan a aparecer en algunas células del callo diferenciaciones que conducen a un nuevo tejido: se forman por ejemplo, puntos vegetativos caulinares o radicales y se establece la unión con los elementos conductores. (Strasburger, 1994).

Según Zasoni (1975) citado por Garate (2010), asegura que en la superficie del corte se forma un tejido cicatricial originado en la zona generatriz llamado callo, a través del cual emergen las raíces. Los tejidos de los tallos más susceptibles a formar primordios radicales son: epidermis, parénquima cortical, parénquima radial, cambium vascular y parénquima floemático (Botti, 1999). Por lo general, las estacas colocadas en condiciones favorables para el enraizamiento forman un callo que consiste en un tejido indiferenciado de células parenquimatosas (Haissig, 1974) citado por Vásquez, (2009) con frecuencia las primeras raíces aparecen a través del callo, esto ha hecho suponer que la formación de dicha estructura es esencial para el enraizamiento. (Hartmann & Kester, 1980) sustenta que los anillos continuos de esclerenquima situados en el exterior del punto de origen de las raíces, a veces llegan a constituir una barrera anatómica para el

enraizamiento por eso existen tratamientos mecánicos como el lesionado, donde una herida superficial puede cortar el anillo de esclerenquima y permitir que las raíces en desarrollo puedan salir con facilidad.

#### **1.2.6 Ambiente para el enraizamiento.**

##### **➤ Cámara de subirrigación.**

Mesen (1998), señala que la cámara de subirrigación está siendo actualmente actualizada en el enraizamiento de estaquillas juveniles de diferentes especies maderables (figura 1). Es un propagador de tecnología de bajo costo, de fácil construcción, muy efectivo y no necesita agua de cañería, ni electricidad. Fue descrito en detalle por Leakey en 1990.

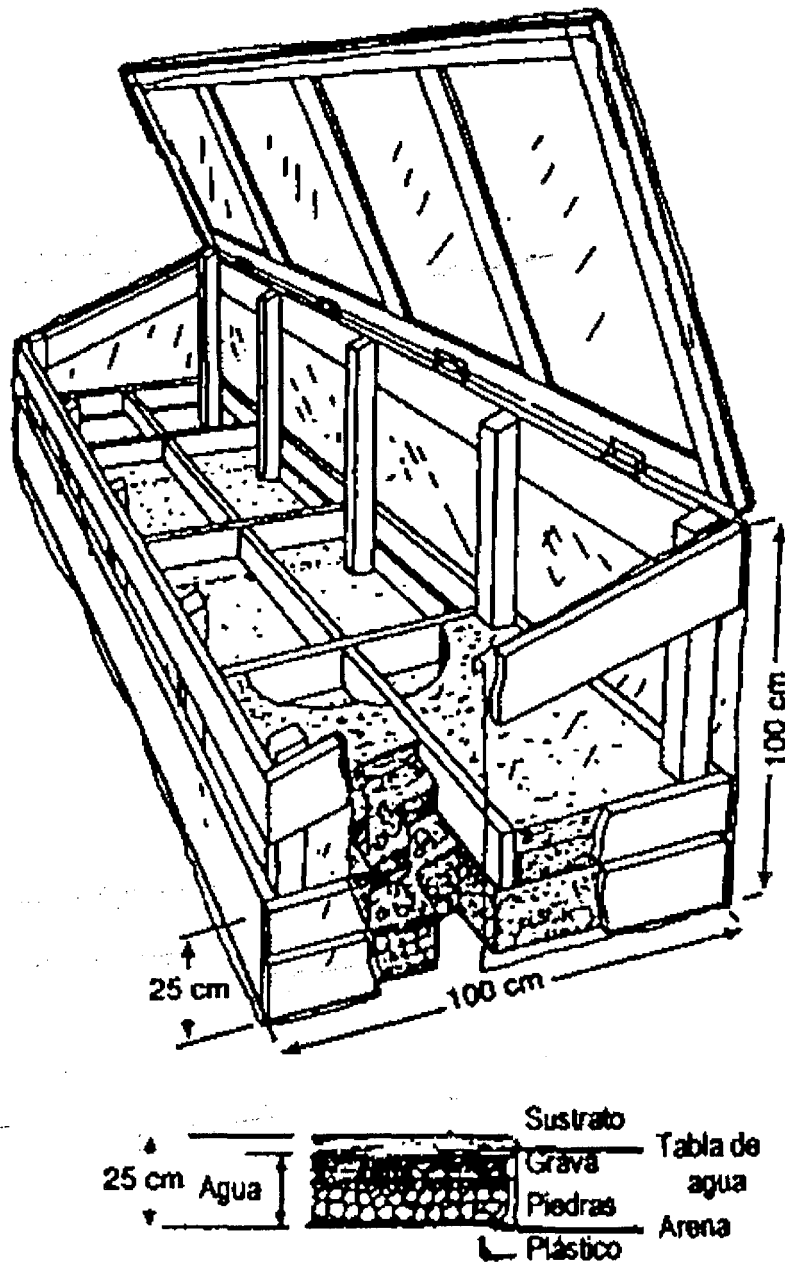


Figura 1. Diseño de la cámara de subirrigación.  
Fuente: Leakey (1990).

Internamente se utilizan marcos de regla que dan apoyo la estructura y a la vez proporcionan subdivisiones que permiten el uso de sustratos diferentes dentro del mismo propagador. La caja se cubre con una tapa bien forrada de plástico, para mantener la alta humedad interna.

## **1.2.7 Medios usados para el enraizamiento de especies arbóreas**

### **1.2.7.1 Tipos de sustratos usados comúnmente**

Hay diferentes tipos de sustratos de enraizamiento que se usan a nivel mundial, entre ellos el suelo con características propias de la especie, la arena de río, musgo turboso, musgo esfagníneo desmenuzado, vermiculita, perlita, piedra pómez, bloques de material sintético, tecnopor e inclusive el agua (Gárate, 2010).

Sin embargo, si se busca simplicidad y economía es indispensable usar sustratos de bajo costo y fácil adquisición, tales como arena, grava y aserrín, si bien los sustratos como vermiculita, perlita y turba, son medios efectivos para el enraizamiento de estacas, los costos pueden resultar prohibitivos para los proyectos de desarrollo rural. Se encuentran diferencias sustanciales entre especies en su capacidad de enraizamiento en diferentes sustratos; la razón de las preferencias requiere ser más investigada y probablemente estén relacionados con la composición relativa (sólidos, agua y aire) de los sustratos el cuál presentan variaciones considerables (Mesen *et al.*, 1992).

#### **Suelo:**

Se utiliza para plantar estacas de madera dura de especies deciduas y estacas de raíz. El suelo no se considera un medio adecuado para el enraizamiento de estacas suculentas, como la madera semidura y suave (Hartmann & Kester, 1995), por lo general se usa mezclado con otros sustratos.

#### **Arena:**

La arena es el medio de enraizamiento preferido, el cuál proporciona aireación y retención de agua adecuada, la apertura de hoyos, la inserción y la extracción de las estacas enraizadas son más fáciles (Mesen, 1998). La arena es de bajo costo y fácil de obtener, debe ser lo suficientemente fina como para retener humedad alrededor de las estacas y bastante gruesa para permitir que el agua drene a través de esta (Hartmann & Kester, 1995).

En el IIAP Ucayali, a través de un proceso de clasificación por medio de zarandas (tamices), se obtiene tres tipos de arena de acuerdo a su granulometría (sistema de clasificación de Kopecky, 1936): arena fina (0,1 – 0,2 mm), arena media (0,2 – 1,0 mm), y arena gruesa (1,0 – 2,0 mm); el tipo de arena favorece el enraizamiento particular de algunas especies nativas como *Cedrela odorata* que presenta un mayor porcentaje de enraizamiento en arena gruesa, *Swietenia macrophylla* en arena media y *Cedrelinga cateniformis* en arena fina (Soudre *et al.*, 2009).

#### **Gravilla:**

La gravilla natural o piedra de río, según sistema de clasificación Sales *et al.*, (2009) se utiliza gravilla fina de (2,0 – 5,0 mm); se usa este sustrato solo o mezclado especialmente con arena observándose en la mayoría de los casos mejores resultados mezclados con arena.

Existen diversos tipos de sustratos, sin embargo para proyectos de mayor impacto es indispensable usar materiales de bajo costo y de fácil adquisición, en este sentido el uso de arena, gravilla y aserrín son los materiales usados con mayor frecuencia (Gárate, 2010).

#### **1.2.7.2 Sustratos comerciales y alternativos**

Dentro de los sustratos para uso inmediato; existen en el mercado productos comerciales con mezclas y proporciones variadas, algunos como: la marca Promix-BX (musgo esfagnum, perlita y vermiculita) (Hartmann *et al.*, 1997), también, Golden mix de Amafibra (productos a base de fibra de coco) y Plantmax, se utilizaron estos dos últimos en *Psidium guajava* y se logró 100% de enraizamiento (Sales *et al.*, 2009).

Actualmente, se vienen ensayando con algunos desechos agroindustriales locales (Figura 2) como la pajilla de arroz carbonizada, la fibra de la fruta de la palma aceitera, el aserrín de las distintas especies forestales, los desechos de la fabricación de la cerveza, la fibra de coco, con lo que se espera optimizar el proceso de enraizamiento de especies forestales nativas a escala masiva y el uso óptimo de residuos de la agroindustria local. Entonces, una alternativa y que a la vez crea un rango más amplio

de medios para el enraizamiento de estacas es el uso de materiales locales, así el uso de desechos de productos agroindustriales resultarían efectivos solos o en mezclas, sin embargo, ello requiere ser más investigado (Gárate, 2010).

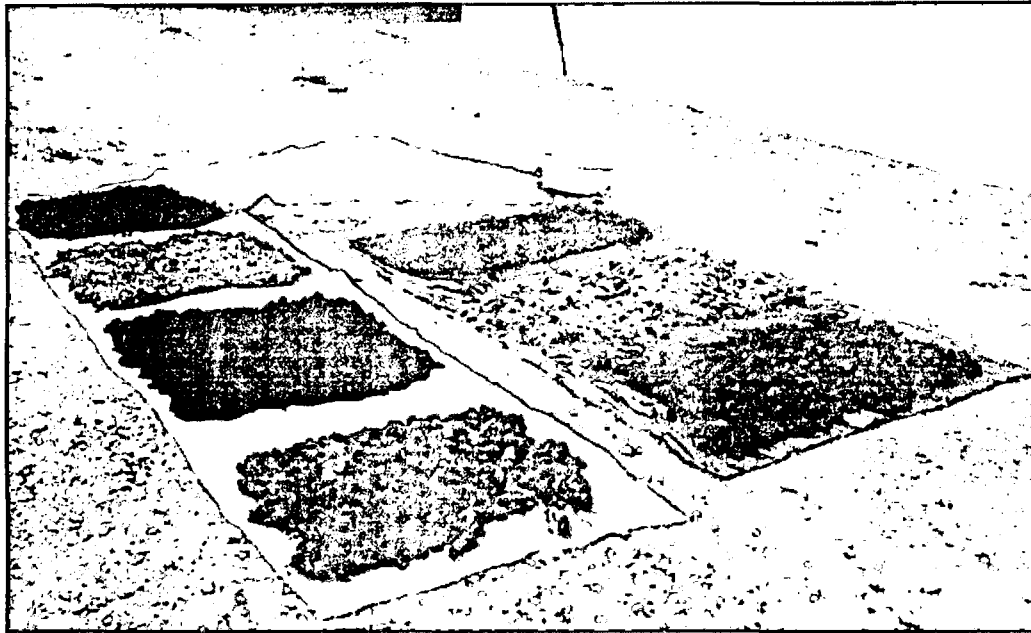


Figura 2. Diversos tipos de sustratos alternativos en proceso de solarización, para su empleo en enraizamiento de estacas juveniles del proyecto PROVEFOR, Fuente: (IIAP-Ucayali, 2010).

### 1.2.7.3 Técnicas de desinfección de sustratos

Debido que el sustrato puede contener organismos patógenos perjudiciales se les debe aplicar técnicas tales como desinfección por vapor, el sustrato es desinfectado en una caldera aproximadamente por 2 horas constantes al vapor de agua. Otra manera de desinfectar con calor es por solarización, sometiéndole al sustrato a la acción directa del sol (Figura 2). Así como, la aplicación de sustancias químicas antes de llevarlos al ambiente de propagación. Los fungicidas que se utilizan frecuentemente son Diazoben, Benomyl, Cupravit y el Captano; para controlar patógenos como *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, y *Phytium*; agentes infecciosos que son perjudiciales para las estacas (Gárate, 2010).

En un ensayo en propagación vegetativa de *S. macrophylla* en Brasil, Miranda, E.M. y Miranda K.R. (2000), utilizando estacas semileñosas con cuatro sustratos (pajilla de arroz carbonizada, arena fina, arena gruesa y aserrín) y varias dosis de AIB, a pesar que

los sustratos fueron tratados con PCNB a 0,5% (4 litros/m<sup>2</sup>), concluyeron que la alta humedad y temperatura de la cámara de subirrigación facilitó la diseminación de hongos, principalmente del género *Fusarium*, no siendo posible comprobar por causa de mortalidad de las estacas la eficiencia del propagador.

Por lo tanto, el sustrato debe de estar libre de patógenos, por lo que es importante tratar el sustrato en forma preventiva. La incidencia de patógenos dentro de las cámaras de enraizamiento podría traer como resultado una alta mortalidad de las estacas.

### 1.3 Conceptos fundamentales

- **Ácido Indolbutírico (AIB):** Es una auxina sintética químicamente similar al Acido Indolacético (AIA) que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora del enraizamiento (Blazich, 1988).
- **Auxina:** Cualquiera de las hormonas o sustancias activadoras de crecimiento del tallo, raíz, la inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y frutos, desarrollo de frutos y la activación de las células del cambium entre otros procesos (Hartmann & Kester, 1998).
- **Asexual:** Modalidad de reproducción en la que no tiene lugar la unión de dos células (fecundación) para formar un cigoto con el doble de dotación cromosómica (Saboya, 2010).
- **Callo:** Es el desarrollo del tejido cicatricial, en la parte del cambium por la rápida división de células parénquimáticas (Flores, 2010).
- **Clon:** Individuo genéticamente idéntico a la planta original, que se deriva de un solo individuo mediante la propagación asexual como estacas, esquejes, brotes radiculares, cultivo de tejido, o algunos otros métodos (Corvera, 2010).
- **Enraizamiento:** Acción y efecto de echar raíces una planta, un tallo o un esqueje.



- **Enraizamiento adventicio:** Desarrollo de órganos o embriones a partir de zonas poco usuales, incluyendo callo.
- **Estaca:** Es todo fragmento del árbol que, enterrado parcialmente es capaz de producir una planta perfectamente igual a aquella de cual procede (Gispert 1984, citado por Vidal, 2010).
- **Estaquilla:** Estaca suculenta, con hojas o parte de ellas, originada de rebrotes fisiológicamente juveniles, que dará origen a un árbol de crecimiento normal (Flores, 2010).
- **Fenotipo:** Es la expresión visible del genotipo, en su interacción con el ambiente (características externas posibles de sufrir cambios), (Mesen, 2008).
- **Ganancia genética:** Superioridad obtenida en la siguiente generación de un cultivo para alguna característica particular como resultado de la aplicación de presión de selección. Matemáticamente es representada por el producto de la heredabilidad por el diferencial de selección.
- **Genes:** Genes son las unidades funcionales de la herencia. Son secciones de ADN con una secuencia específica de nucleótidos, responsables de codificar la síntesis de proteínas, o la formación de ARN. Cada gene ocupa una posición determinada en el cromosoma. (Mesen, 2008).
- **Genotipo:** Está constituido por la carga genética de un organismo (características internas del individuo imposibles de variar). (Mesen, 2008).
- **Jardín clonal:** Área específica sembrada con clones seleccionados por su alta producción, calidad, tolerancia a enfermedades y plagas; provenientes de plantas madres, matrices silvestres o cultivadas que han sido propagadas en forma asexual (Corvera, 2010).

- **Morfotipo:** Categoría en la que un individuo es clasificado de acuerdo con sus formas.
- **Ortet:** Individuo propagado vegetativamente para dar origen a un clon (árbol donante). Normalmente se tratara de un individuo con características superiores al promedio de su especie (árbol plus) (Soudre, 2008).
- **Ortotropismo:** Es el crecimiento vertical de un brote que no está sujeto a ninguna influencia externa.
- **Plagiotropismo:** Es el crecimiento más o menos horizontal, propio de las ramas laterales bajo dominancia apical.
- **Ramet:** Cada uno de los propágulos vegetativos obtenidos de un ortet. El conjunto de ramets genéticamente idénticos constituyen un clon (Soudre, 2008).
- **Varianza genética:** Fuentes genéticas de variación fenotípica entre individuos de una población.
- **Zonificación agroecológica:** División de un área geográfica en unidades más pequeñas con similares características en cuanto a la actitud para ciertos cultivos, al potencial de producción y al impacto ambiental de su utilización (Corvera, 2010).

## CAPITULO II

### MATERIALES Y METODOS

#### 2.1 Lugar de ejecución

La investigación tuvo lugar en el centro de investigación “Roger Beuzeville Zumaeta” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, ubicado a 18 Km de la ciudad de Puerto Maldonado, distrito y provincia de Tambopata, en el departamento de Madre de Dios (Ver cuadro 2 y figura 3), al sur este de la amazonía peruana. Los aspectos generales del sitio se pueden describir como terraza alta, de acuerdo al mapa ecológico del Perú (ONERN, 1995), corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (según L. Holdridge, 1967. Citado por Corvera & Cusi, 2012), cuya altitud se encuentra a 220 m.s.n.m. Posee una precipitación promedio de 1986 mm anuales, una temperatura media de 26 °C y una humedad relativa de 80%.

Cuadro 2. Ubicación política.

<b>UBICACIÓN POLITICA</b>	
Departamento	Madre de Dios
Provincia	Tambopata
Distrito	Tambopata
Sector	Fitzcarrald
Lugar	Fundo “El Castañal”

Fuente: Elaboración propia (2014).

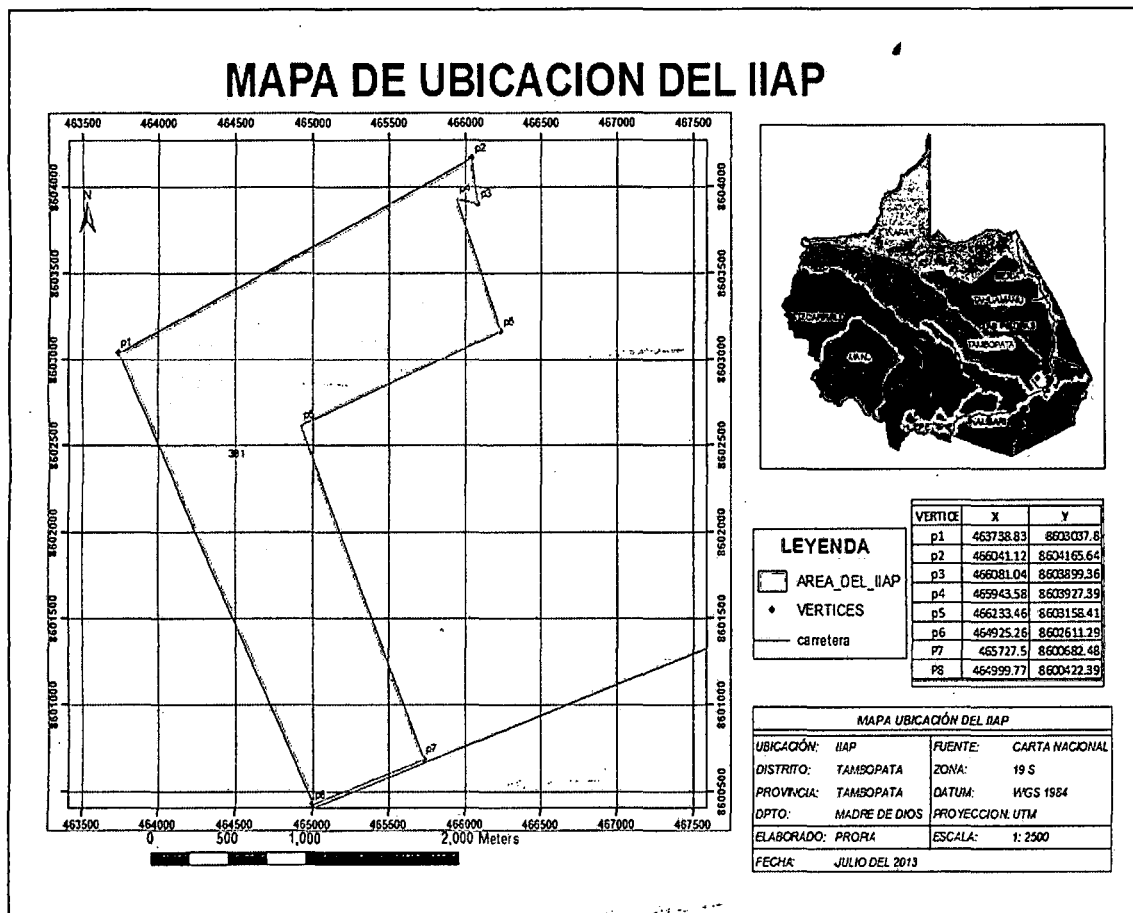


Figura 3. Mapa de ubicación del Centro Experimental "El Castañal".

Fuente: Elaboración propia (2014).

## 2.2 Material vegetativo

Para el ensayo se utilizaron estaquillas de árboles clones de *Bertholletia excelsa* H. B. K., de aproximadamente 4 años de edad, producidas a partir de propagación vegetativa por injerto, procedentes del sector Río Las Piedras, Lago Valencia, Pampa Hermosa, Río Manuripe, Río Muymanu, Río Pariamarca, Río Pariamanu, que fueron transplantadas al jardín clonal, del centro experimental "Fitzcarrald", del IIAP.

## 2.3 Tipo o clase de investigación

El presente estudio corresponde al tipo experimental. Por cuanto se manipulo variables como manejo de brotes recientes, y concentraciones de AIB.

## **2.4 Descripción del procedimiento**

### **2.4.1 Construcción del invernadero**

El invernadero se construyó empleando una estructura de metal en forma rectangular de 5 m de ancho, 10 m de largo y 2,50 m de altura, piso o la base de cemento, con subdivisiones en la parte interior que permitieron la separación de la cámara de subirrigación; la separación de la cámara de subirrigación fue de 1 m de ancho y 50 cm largo dentro del invernadero, luego se procedió a forrar la pared con malla antiáfida, malla rashell al 80% de sombra para el techo, sistemas de nebulización, pediluvio, cal viva (fungicida, bactericida). (Anexo 2, foto 1 y 2). Los invernaderos son estructuras o cámaras que proporcionan dentro de esta, condiciones ambientales controladas tanto de luminosidad, temperatura, humedad relativa para el desarrollo de las estacas, generalmente están asociadas con sistemas de nebulización intermitente.

### **2.4.2 Construcción de la cámara de subirrigación**

La cámara de subirrigación se construyó según el diseño propuesto por Leakey 1990; empleando un marco de madera en forma rectangular, con subdivisiones en la parte interior, que permiten el uso de diferentes sustratos dentro del propagador; luego se procedió a forrar con mica de polietileno transparente, para hacerlo impermeable y mantener alta la humedad interna. Los primeros 20 cm se formaron con capas sucesivas de piedras grandes (10 -15 cm de diámetro), piedras pequeñas (5 cm) y grava fina, los últimos 5 cm se cubrió con el sustrato sugerido para el enraizamiento. Los 20 cm basales se inundaron con agua de aproximadamente 90 litros de agua, con el objetivo que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por efecto de capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel se utilizó un tubo de plástico de 25 cm de longitud y 10 de diámetro, que fue insertado verticalmente sobre la superficie de la capa de piedras. Además se contó con una tapa movable para facilitar el mantenimiento y evaluación del material instalado (Anexo 2, foto 3 y 4).

### **2.4.3 Preparación del sustrato**

En este periodo se realizaron cuatro pasos importantes. Primero, el sustrato fue lavado con abundante agua corriente. Segundo, fue desinfectado, para esto es necesario ponerlos en sacos y

luego a hervir en cilindros a una temperatura de 100 °C, durante dos horas. Tercero, se procedió al oreado durante un día, expuesto al sol. Cuarto, el sustrato fue tamizado para lograr el tipo de arena deseada según la granulometría, empleando el tamiz; para arena se utilizó el tamiz N° 40, obteniendo partículas entre 0,1- 2 mm de diámetro.

#### **2.4.4 Selección de donantes u ortet**

El jardín clonal es un área donde se mantiene todos los clones identificados y ordenados, y constituyen la fuente continua de material vegetativo para el programa de propagación, la selección de árboles debe basarse en características de importancia al iniciar el proceso de propagación vegetativa como resistencia, adaptabilidad, dominante o codominante, de fuste recto sin bifurcaciones, de ramas delgadas y horizontales libre de enfermedades y plagas, contar con clones que provengan de distintas procedencias y que representen la zona en estudio; selección de individuos de alta productividad y de buena calidad del fruto. (Soudre, 2008) (**Anexo 2**, foto 5).

Por lo tanto el total de clones existentes en la Estación Experimental "Fitzcarrald" del IIAP es 45 de los cuales por muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando los factores estado sanitario, diámetro de copa, número de ramas ortotrópicas, se eligió a 04 clones .

#### **2.4.5 Corte de las estaquillas apical ortotrópico**

En especies forestales, las estacas deben ser extraídas de ramas y brotes ortotrópicos, sanos y vigorosos de 30 a 50 cm de longitud; el entrenudo terminal se elimina, ya que éste es propenso al marchitamiento, igualmente los entrenudos basales que estén demasiados lignificados. El corte fue recto y se obtuvo por cada rama y brote en promedio de 6 a 10 estaquillas y se realizó con tijeras de podar previamente desinfectadas. Es apropiado cortar justo encima de un nudo de modo que cada estaca juvenil conste de una sección de entrenudo, una hoja y al menos una yema (Mesen, 1998). Asimismo, se recomienda utilizar estacas de longitud superior a 4 cm, para evitar que la hoja quede en contacto permanente con el sustrato y pueda favorecer la pudrición de la hoja. Es importante seleccionar estacas que presenten características como buen vigor, sin enfermedades, ni anomalías en su desarrollo, (Soudre *et al.*, 2008) (**Anexo 2**, foto 6). La poda en plantas injertadas, consiste en eliminar gradualmente las ramas más bajas hasta los 2 m de altura sobre el suelo y se efectúa en plantas con más de 2 años de injertadas, estas ramas son podadas a una distancia de 50 a 100 cm del tronco, eliminando de cuatro a cinco hojas por debajo del corte, a fin

de forzar la emisión de nuevos brotes (Corvera *et al.*, 2010). Asimismo, se debe mantener la identificación de todas las estacas (Murillo *et al.*, 2003).

#### **2.4.6 Manejo de brotes recientes**

La poda se realiza con la finalidad de estimular y mantener el material vegetativo seleccionado en forma recurrente, conservando la juvenilidad del material y no pierda su capacidad de enraizamiento, para especies forestales se deja un máximo de dos a tres brotes vigorosos y libres de plagas y enfermedades, deben presentar en la mayoría de los casos, crecimiento ortotrópico, esta operación es conveniente realizarla a los 15 a 30 días. Esto es clave para el éxito del enraizado (Gárate, 2010).

Los objetivos de la poda son controlar el tamaño de las plantas, promover el vigor y la producción, y asegurar un continuo crecimiento de nuevo y resistente tejido leñoso. Una poda débil permite el crecimiento desordenado de la planta, con abundantes ramillas débiles no productivas, predisponiéndola a problemas de enfermedades y pestes. Una poda muy severa produce gran cantidad de brotes lo que causa un desbalance entre crecimiento y producción y promueve frutas grandes pero en pequeña cantidad. La experiencia y el conocimiento de las plantas ayudarán a determinar la intensidad de poda adecuada (Garren, 2001).

Para los clones la unidad experimental estuvo constituida de 10 estaquillas de la parte apical las cuales se cosecharon con tijeras de podar, en una solución desinfectante, compuesta de 30 g de Cupravit disueltas en 10 l de agua, por 15 minutos.

#### **2.4.7 Preparación de las estaquillas**

Los brotes se cosecharon en horas de la mañana (5:30 am - 6:30 am), considerando que al cortar los brotes se le está eliminando la fuente normal de suministro de agua, se colocaron en un depósito hermético (baldes 10 l) con una temperatura interna de 18 °C, (Flores 2010). Generados por bolsas de hidrogel refrigerante, para que el aumento de la temperatura externa no ocasione estrés fisiológico en los brotes en el periodo de la extracción y preparación de las estaquillas, (Mesén 1998). Teniendo en cuenta la longitud deseada, 10 cm como promedio, se procedió a realizar el corte en forma horizontal del material vegetativo, justo arriba de un nudo.

La poda de la hoja busca lograr un equilibrio entre los efectos positivos de la fotosíntesis y el efecto negativo de la transpiración, la cantidad que se le deje depende de varios factores (especie, estrés, ambiente de propagación), y deberá determinarse mediante ensayos. Por lo general se deja entre 30-50% de la hoja (Soudre, 2008). Luego se procedió a colocar las estaquillas en una solución desinfectante, compuesta de 30 g de Cupravit disueltas en 10 l de agua, por 15 minutos. Siendo escurridas en una malla plástica por 10 minutos sobre un ambiente de sombra (80%). Con el fin de utilizar las mejores estaquillas se procedió a realizar el control de calidad, descartando todas aquellas estaquillas que presentaron algún defecto.

#### **2.4.8 Preparación y aplicación del ácido indolbutírico (AIB)**

La preparación de las dosis hormonales se realizó en laboratorio, diluyendo la auxina en alcohol puro (96%) y agua destilada, por ejemplo: para preparar la solución de 4000 ppm (0,4%), se disolvió 0,04 g de AIB en polvo, en 5 ml de alcohol y 5 ml de agua destilada teniendo un total 10 ml de ambas concentraciones; realizando la misma operación con las demás concentraciones de ácido indolbutírico (AIB), Luego se depositaron en envases de vidrios sellados con papel de aluminio. El método de aplicación fue por inmersión rápida, que consiste en introducir la base de la estaquilla de 3 a 5 segundos, en un vaso precipitado conteniendo un centímetro de volumen de ácido indolbutírico (AIB). Las estaquillas sin tratamiento hormonal recibieron una cantidad similar de agua únicamente (0 ppm). Luego se requiere la evaporación del alcohol mediante la corriente de aire por 30 a 40 segundos antes de introducir la estaquilla en el medio de enraizamiento, con la finalidad que el alcohol se volatilice y pueda impregnarse solo la hormona en la base de la estaquilla, para ello fue necesario utilizar un ventilador. Esta técnica fue rápida ya que permitió tratar entre 1 a 4 estaquillas a la vez (**Anexo 2**, foto 7 y 8).

#### **2.4.9 Establecimiento de las estaquillas dentro del propagador**

La instalación de las estaquillas se realizó, haciendo 480 hoyos, la profundidad del hoyo fue 1,5 cm con un diámetro de 0,5 cm, teniendo en cuenta que la longitud de la estaquilla fue pequeña, posteriormente cada uno fue colocado de forma vertical, presionando ligeramente con el mismo sustrato según la ubicación de los tratamientos colocados. Es conveniente que el diámetro del hoyo sea un 50% mayor que el de la estaquilla, esto permite un apropiado ingreso de la estaquilla juvenil al sustrato sin deteriorar la base de la estaquilla y proteger los trazos de hormona adherida a



su base (**Anexo 2**, foto 9).

#### **2.4.10 Cuidados durante el periodo de propagación**

Cuando las estaquillas fueron establecidas dentro del propagador se regaron las hojas con agua utilizando un aspersor manual. Una vez que el propagador fue cerrado este creó un ambiente interno de alta humedad que favorece el enraizamiento, de manera que normalmente no se requiere de cuidados adicionales solo mantener cerrada la tapa para evitar descensos de humedad relativa dentro del propagador (**Anexo 2**, foto 10). Durante las evaluaciones semanales se detectó y corrigió los problemas patológicos, eliminando hojas caídas y estaquillas con síntomas de necrosis que pueden ser foco de infección, además se observó el nivel de agua y el avance en el proceso de enraizamiento. Cabe mencionar que fue necesario rociar con agua el interior de la cámara, especialmente después de periodos de alta temperatura, para eso se tenía en cuenta los datos proporcionados por los termómetros/higrómetros, colocados dentro y fuera de la cámara de subirrigación, ayudando a mantener turgente los folíolos y favorecer el proceso de enraizamiento.

#### **2.4.11 Monitoreo y control**

Para obtener los datos ambientales, se colocaron Termómetro / Higrómetro (humedad Relativa) Digital LCD con Sonda 1,4 mts, en la parte interior de las cámaras de subirrigación y interior del invernadero, malla raschel 80% de sombra. Con los instrumentos mencionados se tomaron datos de temperatura (C°) y humedad relativa (%) en el interior de las cámaras de subirrigación y invernadero, estos datos se registraron tres veces al día (8:00 am, 12:00 pm y 3:00 pm) considerando la variación de la temperatura, humedad relativa, dentro de las cámaras de subirrigación y el invernadero. Se realizó monitoreo al proceso de enraizamiento a una estaquilla de cada unidad experimental, una vez por semana, durante el proceso de evaluación, el propósito fue evidenciar el momento oportuno de enraizamiento (**Anexo 2**, foto 11).

#### **2.5 Materiales utilizados en el acopio de datos**

Para el acopio de datos se utilizó los formatos (cuadro 16, 17 y 18) para las variables ambientales y formatos (cuadro 19) sobre evaluación de resultados, (ver anexos 1).

## 2.6 Análisis estadístico

### 2.6.1 Población

Clones: El total de clones existentes en la Estación Experimental El Castañal del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana es 45, de los cuales por muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando los factores estado sanitario, diámetro de copa, número de ramas ortotrópicas, se eligió a 4 a partir de los cuales se obtuvo 120 estaquillas por cada clon haciendo un total de 480 estaquillas a ser utilizadas en el ensayo de enraizamiento (Referencias personales. Corvera & Thomas. 2014).

### 2.6.2 Muestra

Las muestras estuvieron conformadas por el material de propagación de 4 clones: 120 estaquillas por cada clon con un total 480 estaquillas para todo el experimento.

### 2.6.3 Técnica de análisis de datos

#### 2.6.3.1 Datos a Registrar

- EL experimento tuvo una duración de 45 días efectivos (**Anexo 4**).
- **Porcentaje de enraizamiento (%)**: Se evaluó al final del ensayo, contándose el número de estaquillas enraizadas, en base al total de estaquillas utilizadas por tratamiento. Se consideró una estaquilla enraizada a aquella que presente al menos una raíz de 0,5 cm (5 mm) o más de longitud.
- **Porcentaje de sobrevivencia (%)**: Se evaluó durante y al final del experimento, contándose el número de estaquillas vivas en base al total de estaquillas utilizadas por tratamiento. Se consideró viva a la estaquilla que no presente necrosis y que no haya perdido su consistencia durante los 45 días del ensayo.
- **Porcentaje de mortalidad (%)**: Se evaluó durante y al final del experimento, contándose el número de estaquillas muertas en base al total de estaquillas utilizadas por tratamiento.

Se consideró muerta a la estaquilla que presente necrosis progresiva hasta que la estaquilla pierda su consistencia.

- **Porcentaje de estaquillas con brotes (%):** Se evaluó durante y al final del ensayo, contándose las estaquillas, por tratamiento, que presenten brotes respecto a aquellas que no las presentan. Se consideró brote a aquel desarrollo foliar con una longitud mínima de 1 mm.
- **Porcentaje de estaquillas con callos (%):** Se evaluó durante y al final del ensayo, contándose el número de estaquillas con callos, en base al total de estaquillas utilizadas. Se consideró un callo completo, a partir de la formación horizontal de masa blanquecina no alongada, es decir protuberancias en forma de “roseta atrofiada” de 1 mm como mínimo.
- **Vigor de las estaquillas:** Se evaluó durante y al final del ensayo, observándose el vigor de las estaquillas; sanas (Sa), enfermas (En), muertas (Mu), por cada estaquilla utilizada por tratamiento.
- **Coloración de los brotes:** Se evaluó durante y al final del ensayo, observándose el color de los brotes; verde (Ve), verde clorótico (Vc), clorótico (Cl), negro (Ne), en base al total de estaquillas utilizadas por tratamiento.
- **Coloración de los callos:** Se evaluó al final del ensayo, observándose el color de los callos; blanco (Bl), blanco amarillo (Ba), marrón (Ma), negro (Ne), en base al total de estaquillas utilizadas por tratamiento.
- **Porcentaje de estaquillas con necrosis en los brotes recientes (%):** Se evaluó durante y al final del ensayo, contándose el número de estaquillas, por tratamiento, con necrosis en los brotes recientes en base al total de estaquillas con brotes recientes.
- **Porcentaje de estaquillas sin necrosis en los brotes recientes (%):** Se evaluó durante y al final del ensayo, contándose el número de estaquillas, por tratamiento, sin necrosis en los brotes recientes en base al total de estaquillas con brotes recientes.

- **Porcentaje de brotes necrosados/estaquilla con brotes recientes (%):** Se evaluó durante y al final del ensayo, contándose el número de brotes necrosados/estaquilla, por tratamiento, con brotes recientes en base al total de estaquillas con brotes recientes.
- **Promedio de la longitud de la raíz principal:** Se evaluó al final del ensayo, midiendo con vernier milimetrado la longitud de la raíz principal, para cada una de las estaquillas que haya enraizado, por tratamiento.
- **Promedio de longitud de la raíces secundarias:** Se evaluó al final del ensayo, midiendo con vernier milimetrado la longitud de las raíces secundarias, para cada una de las estaquillas que haya enraizado, por tratamiento.

## 2.6.4 Procedimiento experimental

### 2.6.4.1 Descripción del experimento.

La metodología utilizada permitió cumplir con los objetivos trazados, se evaluó dos tipos de manejo de brotes recientes (con poda y sin poda), seis dosis de ácido indolbutírico (AIB) (0 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, 10000 ppm, 12000 ppm). Las estaquillas empleadas para todos los tratamientos tuvieron una longitud promedio de 10 cm y poda de la hoja al 50% y con sus respectivas codificaciones por tratamiento empleado.

### 2.6.4.2 Descripción de los factores y tratamientos en estudio.

#### a) Factores y niveles en estudio.

##### ➤ Factor A: Manejo de rebrotes recientes

###### ○ Niveles:

- a<sub>1</sub>: Con poda (Cp)
- a<sub>2</sub>: Sin poda (Sp)

##### ➤ Factor B : Hormona AIB

###### ○ Niveles:

- b<sub>1</sub>: 0 ppm
- b<sub>2</sub>: 4000 ppm
- b<sub>3</sub>: 6000 ppm

- b<sub>4</sub>: 8000 ppm
- b<sub>5</sub>: 10000 ppm
- b<sub>6</sub>: 12000 ppm

b) Tratamientos en estudio.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados.

Factor A (Poda)	Factor B (Niveles de AIB)	Tratamiento
<b>Cp (a1)</b>	0 ppm b1	T1=a1b1
	4000 ppm b2	T2=a1b2
	6000 ppm b3	T3=a1b3
	8000 ppm b4	T4=a1b4
	10000 ppm b5	T5=a1b5
	12000 ppm b6	T6=a1b6
<b>Sp (a2)</b>	0 ppm b1	T7=a2b1
	4000 ppm b2	T8=a2b2
	6000 ppm b3	T9=a2b3
	8000 ppm b4	T10=a2b4
	10000 ppm b5	T11=a2b5
	12000 ppm b6	T12=a2b6

Fuente: Elaboración propia (2014).

### 2.6.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con dos factores 2 x 6, siendo el factor A dos tipos de manejo de brotes recientes (con poda y sin poda) y el factor B 6 concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) (0 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, 10000 ppm, 12000 ppm). Los bloques estaban conformados por las estaquillas de cada uno de los 4 clones.

Siendo el propósito principal la determinación de la concentración óptima requerida de AIB para enraizar estaquillas de Castaña y no la influencia del clon en el enraizado; sin embargo, para eliminar cualquier error en análisis por efecto del clon, sea bloqueado este factor, por tanto con los 4 clones formaron 4 bloques, es decir al material (estaquillas) de cada clon se aplicaron los 12 tratamientos (ver figuras 4, 5, 6 y 7).

Bloque 1 = Clon 1					
T 1	T 11	T 10	T 5	T 8	T 7
T 9	T 2	T 12	T 4	T 6	T 3

Figura 4: Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 1 = clon 1.

Bloque 2 = Clon 2					
T 9	T 11	T 10	T 6	T 5	T 12
T 2	T 4	T 3	T 8	T 7	T 1

Figura 5: Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 2 = clon

Bloque 3 = Clon 3					
T 10	T 12	T 5	T 1	T 4	T 7
T 11	T 9	T 6	T 2	T 3	T 8

Figura 6: Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 3 = clon 3.

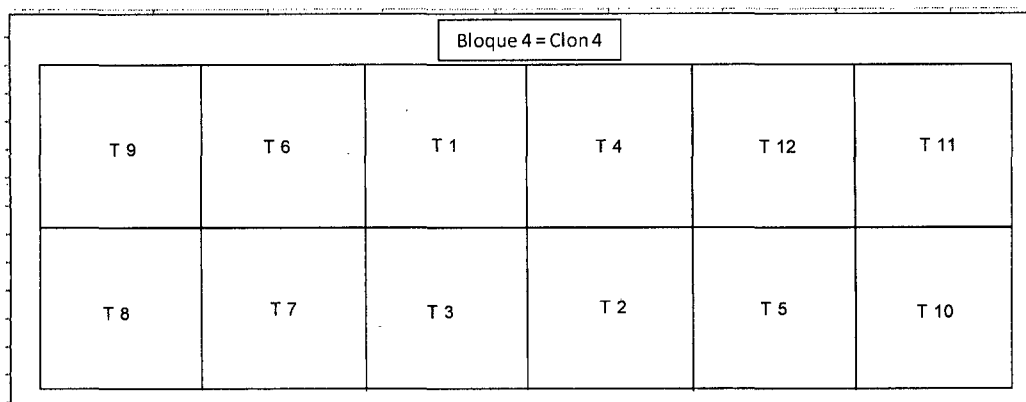


Figura 7: Distribución de los tratamientos en la cámara de subirrigación en el bloque 4 = clon 4.

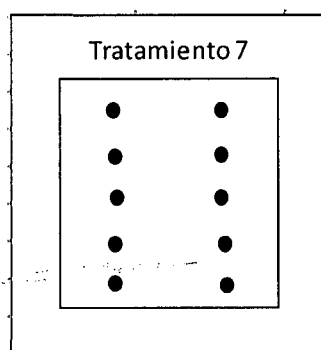


Figura 8: Distribución de la unidad experimental por repetición y tratamiento.

Cuadro 4: Formato utilizado para toma de datos.

BLOQUE	a1						a2					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b1	b2	b3	b4	b5	b6
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1												
2												
3												
4												

Fuente: Elaboración propia (2014).

### 2.6.6 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + C_{ij} + D_k + (SD)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = observación individual obtenida en el  $i$ -ésimo, la  $j$ -ésima repetición y  $k$ -ésima dosis de AIB.

$\mu$  = promedio general

$i$  = Poda

$j$  = bloques

$k$  = dosis

$S_i$  = efecto del nivel  $i$  del factor A (poda)

$E_{ijk}$  = variación al azar de la parcela principal (error A)

Dk = efecto del nivel K del factor B (dosis de AIB)  
 (SD) ik = iteración entre el factor A (Poda) y el factor B (dosis de AIB)  
 Eijk = variación al azar entre las subparcelas (error B)  
 Para:  
 i = 1, 2, niveles del factor A  
 j = 1, 2, 3, 4, Bloques  
 k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, dosis B  
 Fuente: (Vidal, 2010).

### 2.6.7 Análisis de varianza

El análisis de varianza está conformado por las siguientes fuentes de variabilidad como son: repeticiones, tratamientos, dos factores en prueba: A) manejo de brotes recientes, B) dosis de ácido indolbutírico (AIB); las interacciones producidas y el error experimental, como se muestra en el (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza.

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADOS DE LIBERTAD
Repeticiones (Bloques)	$r - 1 = 4 - 1 = 3$
Tratamientos	$t - 1 = 12 - 1 = 11$
Factor A	$A - 1 = 2 - 1 = 1$
Factor B	$B - 1 = 6 - 1 = 5$
Interacción AB	$(A - 1)(B - 1) = (2 - 1)(6 - 1) = 5$
Error experimental	$(t - 1)(r - 1) = (12 - 1)(4 - 1) = 33$
TOTAL	$(A \times B \times r) - 1 = (2 \times 6 \times 4) - 1 = 47$

Fuente: Elaboración propia (2014).

### 2.6.8 Características Generales del Experimento

#### Cámara de propagación

Largo total de la cámara..... 2,50 m  
 Ancho total de la cámara..... 1,00 m  
 Área total de la cámara..... 2,45 cm<sup>2</sup>



## **Bloques**

Número de bloques:.....	4
Largo de los bloques.....	2,40 m
Ancho de los bloques.....	95 cm

## **Parcelas**

Longitud de las parcelas.....	40 cm
Ancho de las parcelas.....	47,5 cm
Total de unid. Experimentales. Trat/Repetición.....	10
Distanciamiento entre estaquillas. Clones.....	20 cm x 9,5 cm

## **Tamaño del tratamiento.**

Nº de tratamientos/bloque.....	12
Total de estaquillas utilizadas .....	480

### **2.6.9 Toma de datos meteorológicos**

Previo inspección de todo el ensayo, se realizó la toma de datos climatológicos durante el tiempo que duró el experimento, temperaturas y humedad relativa: dentro de las cámaras de subirrigación y el invernadero. Estos datos sirvieron como indicadores del estado del ambiente y su regulación, en razón de su influencia en el enraizamiento de las estaquillas. Todos estos datos fueron registrados a las 8:00 am, 12:00 pm y 03:00 pm. Se realizó evaluaciones cada 15 días donde se observó el desarrollo radicular, presencia de callos y brotes de las estaquillas, además se sacaron las estaquillas muertas y hojas caídas, que pudieran generar algún problema de contaminación (**Anexo 3**). Estos datos fueron registrados dentro de un formato de evaluación de estaquillas.

### **2.6.10 Procesamiento y análisis de datos**

Para analizar el efecto de los tratamientos aplicados en cada ensayo a nivel estadístico, se desarrolló el manejo de los datos en el programa estadístico INFOSTAT 2013.

La interpretación del efecto de los tratamientos se realizó mediante los análisis de varianza

correspondientes y las pruebas de rango múltiple de Tukey pertinentes en cada caso, con la finalidad de determinar el o los mejores tratamientos y sus efectos en la propagación vegetativa de las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K.

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Condiciones ambientales

Es así, que las condiciones ambientales promedio en las cámaras de subirrigación durante el tiempo de evaluación fueron: temperatura a las 8:00 a.m., 25,4 °C, 12:00 p.m., 31,0 °C y a las 03:00 p.m., 30,0 °C (cuadro 6 y figura 9) y humedad relativa a las 8:00 a.m., 66,8%, 12:00 p.m., 61,8% y a las 03:00 p.m., 62,3% (cuadro 7 y figura 10) y del invernadero temperatura promedio 8:00 a.m., 24,4 °C, 12:00 p.m., 31,3 °C y a las 03:00 p.m., 30,4 °C y humedad relativa promedio a las 8:00 a.m., 86,4%, 12:00 p.m., 75,4% y a las 03:00 p.m., 70,6% (anexo 1 y cuadro 16).

Cuadro 6. Condiciones ambientales temperatura (°C) en el interior de las cámaras de subirrigación durante la evaluación de *Bertholletia excelsa* H. B. K. (26 días).

CÁMARAS DE SUBIRRIGACIÓN	TEMPERATURAS (°C)			
	08:00 a.m.	12:00 p. m.	03:00 p. m.	PROM.
CAM. DE SUBIRRI. 1	25,7	31,5	30,2	29,1
CAM. DE SUBIRRI. 2	25,3	31,4	30,2	29,0
CAM. DE SUBIRRI. 3	25,1	30,6	29,9	28,5
CAM. DE SUBIRRI. 4	25,4	30,6	29,8	28,6
PROMEDIO	25,4	31,0	30,0	28,8

Fuente: Elaboración propia (2014).

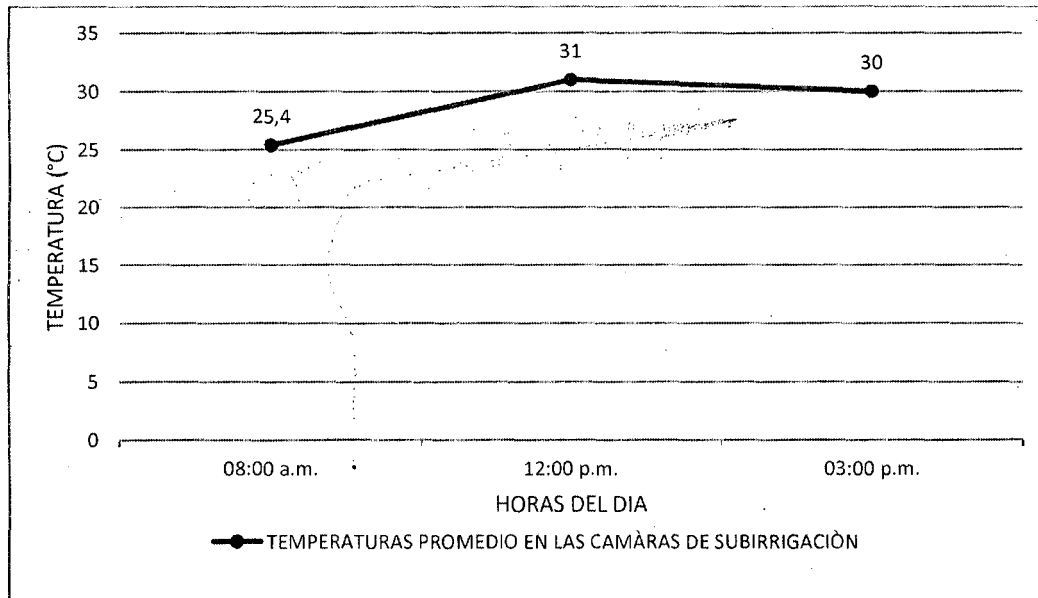


Figura 9: Temperatura (°C) en el interior de las cámaras de subirrigación durante el día. 26 días.

Por un lado, la temperatura que rodea a las estacas tiene influencia en el enraizado, puesto que las temperaturas altas aumentan los procesos fisiológicos y en consecuencia el agotamiento de las reservas (Hartmann & Kester, 1972).

Más aun, bajo condiciones tropicales, la cámara de subirrigación mantiene las temperaturas del aire (20-35 °C) y del sustrato (18-30 °C) dentro del rango normal para el enraizamiento de especies forestales (Mesén *et al*, 1992).

Henríquez (2004), menciona que la temperatura debe mantenerse entre 29 y 31° C y no pasar de 32°C, La humedad debe mantenerse alta; entre 70 y 80% aproximadamente para evitar la deshidratación del material vegetal, especialmente en el caso de estacas verdes o herbáceas.

Sin embargo Vastey (1962), menciona que la temperatura optima varia con la especie. Para estacas de algunas especies, es suficiente protegerlas de los rayos directos del sol; en otros casos, el enraizado requiere el control de temperatura ambiental, lo cual se consigue en condiciones de invernadero.

Cuadro 7. Condiciones ambientales humedad relativa (%) en el interior de las cámaras de subirrigación durante la evaluación de *Bertholletia excelsa* H. B. K. (26 días).

CÁMARAS DE SUBIRRIGACIÓN	HUMEDAD RELATIVA (%)			
	08:00 a.m.	12:00 p. m.	03:00 p. m.	PROM.
CAM. DE SUBIRRI. 1	69,6	66,6	66,5	67,6
CAM. DE SUBIRRI. 2	42,5	32,1	33,8	36,1
CAM. DE SUBIRRI. 3	70	67,8	67,4	68,4
CAM. DE SUBIRRI. 4	85,1	80,8	81,3	82,4
PROMEDIO	66,8	61,8	62,3	63,6

Fuente: Elaboración propia (2014).

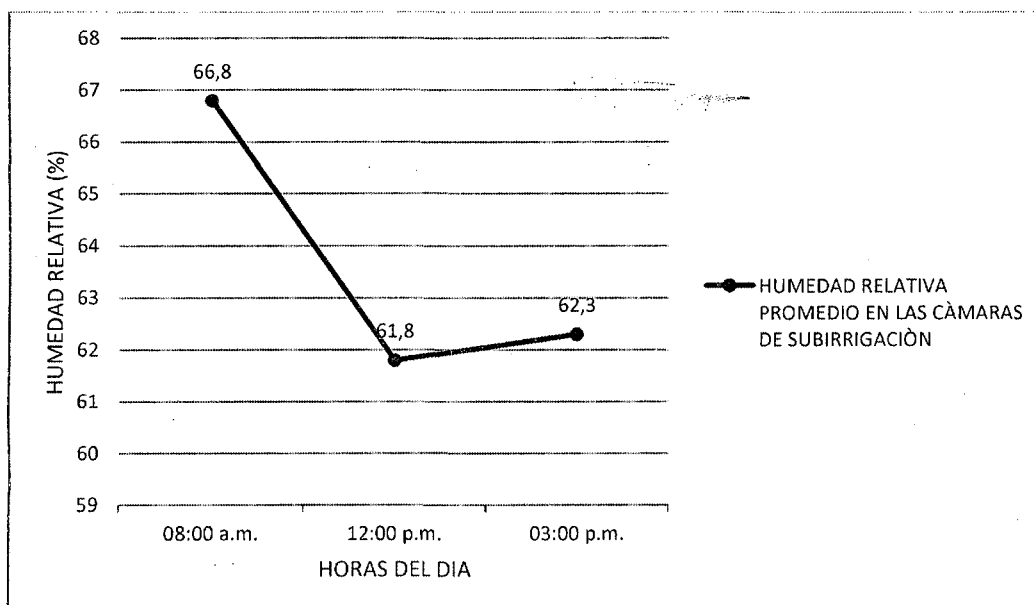


Figura 10: Humedad relativa (%) en el interior de las cámaras de subirrigación durante el día. 26 días.

Por otro lado, la humedad relativa es un factor ambiental primordial en el enraizamiento de las estacas, puesto que humedades relativas bajas producen pérdidas de agua por evapotranspiración, observadas con la condición de turgencia y las estacas pueden desecarse. Se precisa entonces una humedad relativa del aire alta en los comienzos del enraizado, para reducir la evapotranspiración y evitar marchitamiento de los propágulos (Oosting, 1951).

Por su parte, Martin & Quillet (1974), revelaron que la atmósfera que rodea la parte aérea de las estacas debe contener 100% de humedad para reducir al máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración. Cuculiza (1995), considera que la humedad ambiente debe ser constante y oscilar entre 95 y 100%.

El micro ambiente dentro del propagador ejerce una poderosa influencia crítica en el enraizamiento por eso es importante mantener niveles óptimos de humedad, temperatura e irradiación dentro de la cámara de sub-irrigación (Mesen 1998).

### 3.2 Porcentaje de sobrevivencia

Tras el análisis de varianza (ANVA) se determinó la existencia de diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) en sobrevivencia respecto al tipo de tratamiento y dosis (cuadro 8) y la prueba de comparación de medias (Tukey) nos indica que estas diferencias se dieron en el porcentaje de sobrevivencia que se muestra en el cuadro 9 y 10 es destacable ya que en general el tratamiento siete y uno utilizado ayudan a mantener vivas una alta población de estacas, tratamiento siete con 25,0% estacas vivas y tratamiento uno con 17,5% estacas vivas, la dosis uno (0 ppm de AIB) logro mantener al 21,3% de estacas vivas.

Cuadro 8. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de sobrevivencia de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación. Datos transformados a  $\sqrt{x+1}$ . (Anexo 1 y figura 14).

F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	Sig
					1%	
Bloques	3	0,003221	0,001074	1, 434691	4,451	ns
Tratamientos	11	0,067880	0,006171	8, 246129	2,853	**
Brotos	1	0,000327	0,000327	0, 436529	7,488	ns
Dosis	5	0,065920	0,013184	17, 61765	3,644	**
Brotos x Dosis	5	0,001633	0,000327	0, 436529	3,644	ns
Error	33	0,024695	0,000748			
Total	47	0,095796				

C. V. = 2,69%.

\*\* = Altamente significativo; n.-s. = No Significativo, C. V. = Coeficiente de variación.

Interpretación: el coeficiente de variabilidad nos indica que los datos son homogéneos, y que por lo tanto podemos continuar con los análisis.

Se encontró diferencias altamente significativas (con un 99% de certeza) entre los tratamientos y entre las dosis, por lo que es necesario efectuar la prueba de Tukey para determinar cuál es el mejor de los tratamientos, y cuál es la mejor dosis.

Observaciones realizadas durante el ensayo, permitieron identificar los síntomas más comunes que presentaron las estaquillas muertas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., como necrosis en las base, decoloración progresiva y caída posterior de los foliolos (Loach, 1986). El manejo de la humedad relativa y temperatura dentro de la cámara es

importante para la sobrevivencia, pues tanto un exceso, como una falta de humedad relativa y temperatura traerían serios limitantes para la sobrevivencia (Kramer, 1979).

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al porcentaje de sobrevivencia de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey  $\alpha = 0,001$ ).

Trat	Prom	$P < 0,001$
sD1	0,250	a
cD1	0,175	b
sD2	0	c
sD3	0	c
sD4	0	c
sD5	0	c
sD6	0	c
cD2	0	c
cD3	0	c
cD4	0	c
cD5	0	c
cD6	0	c

Interpretación: se concluye, con un 99% de certeza, de que los tratamientos: s D1 (sin poda, 0 ppm) y c D1 (con poda, 0ppm) son estadísticamente iguales, y que al mismo tiempo son superiores al resto de los tratamientos.

La alta mortalidad de las estacas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., puede atribuirse a los factores como la alta temperatura en la cámara de subirrigación, y el agotamiento de las reservas en las estaquillas al desarrollar yemas, entre otros, como la alta temperatura que en promedio fue 28,8 °C dentro de la cámara de subirrigación combinada con la baja humedad relativa que fue 63,6%, esto favoreció la pudrición de las estacas; por otro lado, el agotamiento de las reservas de las estaquillas, atribuido a la brotación de yemas, puede ser otra causa de muerte de las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K.

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al porcentaje de sobrevivencia de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey  $\alpha = 0,001$ ).

Dosis	Prom	$P < 0,001$
D1	0,213	a
D2	0	b
D3	0	b
D4	0	b
D5	0	b
D6	0	b

Interpretación: se encontró con un 99% de certeza que la dosis 1 (0 ppm) tiene un mejor efecto en la sobrevivencia de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K.

En la mayoría de las especies el uso de la auxina sintética AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA) (Mesén 1998).

Brain *et al.* (2014), al trabajar con diferentes concentraciones de AIB de 3000 ppm produjo significativamente mejor enraizamiento (57,5%) que la concentración de 5000 ppm (30%); 7000 ppm (45,0%) y el control (7,5%), con *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.

Pereira *et al.* 2009, al trabajar con diferentes auxinas de AIB (200 ppm) y ANA (500 ppm) obtuvo un porcentaje de sobrevivencia (80 y 5%), con *Bertholletia excelsa* H. B. K.

La arena como medio de enraizamiento también ha dado buenos resultados con otras especies, tal es el caso de *Cordia alliodora* (Leakey *et al.* 1990; Mesen, 1993), *Gmelina arborea* (Mesen, 1992), *Bertholletia excelsa* H. B. K. (Peña, 2008; Pereira *et al.* 2009). Pero también es cierto que la arena fue el peor sustrato para el enraizamiento de *Albizia guachapele* (Mesen, 1993), *Bertholletia excelsa* H. B. K. (Pereira *et al.* 2008). La razón de las preferencias de diferentes especies por diferentes sustratos no se conoce con exactitud pero es posible que estén relacionadas con la composición relativa (sólidos, agua, aire) de los sustratos (Mesen, 1998).



Macdonald, (1986) quien indica que la respuesta de las estacas hacia dosis crecientes de hormona generalmente es una curva ascendente hasta alcanzar un máximo, para después descender, el descenso se da como resultado de desordenes fisiológicos que ocurren en las estacas debido a dosis excesivas, lo cual les ocasiona la muerte. Por ello, es necesario determinar la dosis optima de AIB mediante ensayos para cada especie (Mesen 2008).

En estudios realizados con la especie *Plukenetia volúbilis* (sacha inchi), las dosis de AIB influenciaron en el porcentaje de mortandad, la dosis 0,20% de AIB tuvo un mayor porcentaje de mortalidad de estacas con 16,05%, no diferenciándose estadísticamente de las demás dosis 0,00% con 8,64% de mortalidad, 0,10% con 7,41% de mortalidad y 0,15% con 3,70% de mortalidad (Ruiz, 2009).

Pereira *et al.* (2008) con la especie *Bertholletia excelsa* H. B. K., las dosis de AIB influyeron en el porcentaje de sobrevivencia, la dosis de AIB 50 ppm (0%), 100 ppm (5%), 200 ppm (0%), 400 ppm (0%) y 600 ppm (0%).

Reuveni *et al.*, (1990); quien al trabajar con estacas apicales de *Eucalytus camaldulensis* no tuvieron enraizamiento alguno. García (1974), luego de 75 días, al usar estacas leñosas de un metro de longitud, de la sección media de ramas de árboles de *Simarouba amara* Aubl., tampoco hubo enraizamiento con la aplicación de tres niveles de AIB en polvo (0, 2000 y 4000 ppm) bajo manejo controlado. De igual manera Lipenský (2010), obtuvo 0% de enraizamiento al trabajar con estacas leñosas de la parte apical de árbol de *Simarouba amara* Aubl.

Peña (2008), al trabajar con estacas de plántulas jóvenes de castaña, usándose estacas del tallo principal conocidas como ortotrópicas, las mismas que formaron callo al mismo tiempo que las ramas plagiotrópicas al día 50, sin embargo, 10 días después se observó la diferenciación en los tejidos o callos, iniciándose la formación de raíces.

Estas variaciones para el enraizamiento para los tipos de estacas se puede deber a los factores como la juvenilidad, lignificación del tejido, el nivel endógeno de fitohormonas o el contenido de reservas. William & Michael (1991) e Iglesia (1992) coinciden en que

las estacas juveniles producen raíces más fácilmente que las estacas más lignificadas. La iniciación de primordios de raíz requiere de energía y los carbohidratos son la fuente principal en el caso de estacas (Veierskov 1988; Puri & Khara 1992).

En consecuencia, un control estricto de la humedad del sustrato ideal aumentara la posibilidad de sobrevivencia de las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K. Debido a que, tanto un exceso, como una falta de humedad traerían serios limitantes para la sobrevivencia (Kramer, 1979). Considerando que las estaquillas carecen de raíces al inicio y dependen de la retención de su turgencia, de la absorción de agua a través del corte en la base y a través de la superficie de las hojas (Loach, 1986).

Al respecto, Hartmann & Kester (1968), mencionan que existen numerosos factores anatómicos, fisiológicos y ambientales que afectan el éxito de la propagación vegetativa por estacas, todos ellos deben ser optimizados y controlados para un excelente enraizamiento.

Haissig (1986) & Veierskov (1988) indican que el estado fisiológico de la planta donante influye en el metabolismo de los carbohidratos de las estacas, por causa de variaciones en la cantidad y tipos de sustratos disponibles para su metabolismo.

En una atmósfera de suelo saturado, particularmente cuando carece de oxígeno, permite las pudriciones y muerte del material vegetativo y por el contrario un riego deficiente permite la marchitez de las hojas por pérdida de agua. Según (Haissig, 1986 citado por Núñez 1997).

El ácido indolbutírico (AIB) se ha utilizado para el enraizamiento de estacas procedentes de una gran cantidad de especies arbóreas (Leakey 1985, 1990; Leakey *et al.* 1990, 1992, Ofori *et al.* 1996; Mesén *et al.* 1997). Sin embargo, el nivel de aplicación de AIB difieren de especie a especie, que van desde 2000 ppm de AIB (óptimo reportado para la *Milicia excelsa*, Ofori *et al.* (1996), 8000 ppm de AIB (óptimo reportado para *Manilkara bidentata*, A.D.C., Cervantes, 2011) hasta 32000 ppm de AIB (óptimo reportado para *Khaya ivorensis*, Tchoundjeu *et al.* (1996).

El aumento en la mortalidad de las estacas al aumentar concentraciones de AIB se ha asociado a efectos tóxicos (Shiembo *et al.*, 1996). Porque tienden a producir pérdida por turgencia celular (Thimman, s. f). Concentraciones de auxinas más altas de las que pueden encontrarse en los tejidos pueden causar la muerte celular (Hartmann & Kester, 1992).

La arena es el medio de enraizamiento preferido en las investigaciones, el cual proporciona aireación y retención de agua adecuada, apertura de hoyos, la colocación de las estacas y su remoción para su evaluación son más fáciles en arena, además es relativamente económica, fácil de obtener y manejar (Mesen, 1998; Pino, 2002).

Mesén (1998), quien menciona que estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos como grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezclas de estos materiales, que por sus características principales de retención de agua y buena aireación dieron buenos resultados de sobrevivencia con la mayoría de las especies trabajadas.

### 3.3 Porcentaje de brotes

Se ejecutó el análisis de varianza para el porcentaje de brotes en estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., obteniendo como resultado diferencias altamente significativas ( $P < 0,001$ ) para el tratamiento y significativas tanto para las dosis ( $P < 0,001$ ), como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de brotes de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación. Datos transformados a  $\sqrt{x+1}$ . (Anexo 1 y figura 15).

F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	Sig
					1%	
Bloques	3	0,000872	0,000291	1,015871	4,451	ns
Tratamientos	11	0,031310	0,002846	9,944421	2,853	**
Brotes	1	0,000409	0,000409	1,430203	7,488	ns
Dosis	5	0,028853	0,005771	20,16148	3,644	**
Brotes x Dosis	5	0,002047	0,000409	1,430203	3,644	ns
Error	33	0,009445	0,000286			
Total	47	0,041627				

C. V. = 1,67%.

\*\* = Altamente significativo; n. s. = No Significativo, C. V. = Coeficiente de variación.

Interpretación: el coeficiente de variabilidad nos indica que los datos son homogéneos, y que por lo tanto podemos continuar con los análisis.

Se encontró diferencias altamente significativas (con un 99% de certeza) entre los tratamientos y entre las dosis, por lo que es necesario efectuar la prueba de Tukey para determinar cuál es el mejor de los tratamientos, y cuál es la mejor dosis.

Además, se realizó la prueba de comparación de medias Tukey (cuadro 12 y 13), donde se muestra que el tratamiento uno y siete presentaron una población de estacas con brotes, para el tratamiento uno con 17,5% de las estaquillas presentaron brotes y tratamiento siete con el 10,0% de las estaquillas presentaron brotes, la dosis uno (0 ppm de AIB) el 13,75% de las estaquillas presentaron brotes.

Al respecto, el número de brotes no debería ser abundante mientras la estaquilla no cuente con un adecuado sistema radicular, pues de ser así provocaría un desequilibrio entre fotosíntesis y respiración y/o las sustancias nutricionales de la estaquilla serían empleadas para la formación de nuevos brotes y no de raíces, produciendo la muerte eventual de la estaquilla (Díaz, 1991).

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al porcentaje de brotes de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey  $\alpha = 0,001$ ).

Trat	Prom	$P < 0,001$	
cD1	0,175	a	
sD1	0,100		b
cD2	0		c
cD3	0		c
cD4	0		c
cD5	0		c
cD6	0		c
sD2	0		c
sD3	0		c
sD4	0		c
sD5	0		c
sD6	0		c

Interpretación: se concluye, con un 99% de certeza, de que los tratamientos: s D1 (sin poda, 0 ppm) y c D1 (con poda, 0ppm) son estadísticamente iguales, y que al mismo tiempo son superiores al resto de los tratamientos.

Esta relación negativa entre el porcentaje de enraizamiento y el desarrollo de brotes influenciados por el tipo de sustrato es confirmada por Davis (1988). Pudiendo reflejar la competencia por asimilados entre la raíz en desarrollo y el brote durante la propagación, también reportado para *Populus tremulu* (Eliasson, 1971) y *Bertholletia excelsa* H. B. K., (Arias, 2002). Por lo tanto, es posible que el retardo o demora en el enraizamiento de *Bertholletia excelsa* H. B. K., se deba a la rápida emergencia de brotes, en perjuicio incluso de las escasas de raíces.

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias para las dosis con respecto al porcentaje de brotes de estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., después de 45 días de la instalación en cámara de subirrigación (Tukey  $\alpha = 0,001$ ).

Dosis	Prom	$P < 0,001$
D1	0,1375	a
D2	0	b
D3	0	b
D4	0	b
D5	0	b
D6	0	b

Interpretación: se encontró con un 99% de certeza que la dosis 1 (0 ppm) tiene un mejor efecto en los brotes de las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K.

La inhibición de la brotación aumenta la concentración de AIB en la base de la estaca, esto se reportó con los resultados de *Milicia excelsa* y puede ser atribuido a la hormona de transporte basipetal de asimilados (Ofori *et al.*, 1996). Una hipótesis alternativa es que las auxinas aplicadas pueden inhibir el crecimiento del brote, como sucedió con la inyección con auxina a *Nauclea diderrichii*, la que retrasó la brotación de las estacas tomadas de ellas (Leahey, 1990).

Al no obtener un porcentaje de enraizamiento en el ensayo, el sistema radicular no puede cumplir el proceso fisiológico de fotosíntesis y respiración, por ende lo anunciado

por Ruiz (2009) & Romero (2005), confirman la aparición de brotes, esto se debe a que las estacas más juveniles (apicales) contienen mayor cantidad de reserva de carbohidratos, factor por el cual favorecen la aparición de brotes. Similar patrón fue reportado en la propagación vegetativa de *Populus tremulu* (Eliasson, 1971).

Estos resultados puede deberse a concentraciones adecuadas de giberelinas, que es conocida por sus efectos en el rompimiento de la latencia en brotes (PRONAMACHCS, 1998), a lo largo de las estaquillas procedentes de la sección apical; así como del uso de estaquillas gruesas.

Ruiz (2009) & Romero (2005), sustentan que en algunas especies el sistema radicular no es abundante para suministrar las necesidades nutricionales como efectuar los procesos fisiológicos de la fotosíntesis y respiración, debido a ello se podría provocar que las sustancias de reserva de la estaca sean utilizadas para la formación de nuevos brotes y no de raíces.

Baggio (1982), afirma que a mayor longitud de la estaca el contenido de sustancias de reservas es mayor, por tal razón, algunos autores afirman que para ciertas especies las estacas de mayor tamaño forman callos, brotes y enraízan mejor que las de menor tamaño, pero existen algunas excepciones ya que existe una longitud óptima que intervienen en el proceso de formación de raíces y brotes.

Vidal (2010), menciona con respecto al área foliar que al mayor incremento del área foliar se obtendrá mayor porcentaje de brotes y con menor área foliar menor cantidad de brotes, tal como lo es para la especie *Simarouba amara* Aubl., donde estacas con área foliar de 60 cm<sup>2</sup>, obtuvieron un porcentaje de 63,39 % de brotes, pero con el área foliar de 20 cm<sup>2</sup> sólo se logró 48,17% de brotes.

Ruiz (2009) & Arias (2002), quien menciona que las sustancias de reserva de las estacas son utilizadas para la formación de los brotes y no de raíces.

Ruiz (2005), menciona que para estacas apicales y medias hay una mayor cantidad de brotes, raíces, callos. Estaquillas de la parte apical y media en estas se encuentran un gradiente de citoquininas mayores y estas son responsables de la formación de yemas.

## CONCLUSIONES

- Se estableció que con 0 ppm de AIB se logra los máximos valores de porcentaje de sobrevivencia (21,3%) y brotes (13,75%) en las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K. “Castaña”, frente al resto de dosis experimentadas.
- La dosis de Ácido indolbutírico (AIB) de 0 ppm y el manejo de brotes recientes (con poda y sin poda) fueron los factores que más influyeron en el porcentaje de sobrevivencia con (17,5% y 25,0%), de igual manera para el porcentaje de brotes (17,5% y 10,0%), en las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K. “Castaña”, respectivamente, frente a las demás interacciones.
- En las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., las dosis de AIB y el manejo de brotes recientes, no promovieron el enraizamiento.

## RECOMENDACIONES

- Realizar nuevas investigaciones con *Bertholletia excelsa* H. B. K., evaluando longitud de estaquillas, tipo de estaquillas, niveles de área foliar, edad y grado de lignificación del brote, rebrotes juveniles, fases lunares.
- Los niveles de AIB utilizados no influyen en el enraizamiento de *Bertholletia excelsa* H. B. K., por lo que es recomendable evaluar otras dosis y otros tipos de promotores de enraizamiento.
- Mayor tiempo de evaluación ya que podría tener efecto importante en el porcentaje enraizamiento para las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K., en cámaras de subirrigación.



## BIBLIOGRAFIA

- **Acosta, S. (1959).** Propagación vegetativa de leñosas y forestales. Editorial La Hacienda. Barcelona España. 36p.
- **Allemão, F. (1875).** "Biografía y apreciación del botánico brasileño Francisco Freire Allemão", Revista del IHGB, r. XXXVIII, 2ª parte, p. 51-126.
- **Arias N. E. (2002).** Enraizamiento de Estacas y Esquejes de Castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), Unpublished report of the Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Puerto Maldonado. 8 p.
- **Baggio, A. (1982).** Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de *Glincidia sepium* en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba.C.R. UCR/CATIE. 91p.
- **Blazich, F. (1988).** Chemicals and Dormulations used to promote adventitious rooting. In: Davis, T; Haissig, BE; Sankhla, N (eds). Adventitious root formation in cuttings. Protiand, Oregon P. p 132-149.
- **Botti, C. (1999).** Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile 72-82 p.
- **Brain D; Amissah N; Yeboah J. & Blay E. (2014).** Effect of Indole 3-Butyric Acid and Media Type on Adventitious Root Formation in Sheanut Tree (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) Stem Cuttings, *American Journal of Plant Sciences*, 313-318 p.
- **Carrera, M.V (1977).** La Propagación Vegetativa en el Género Pinus. Ciencia forestal (Méx.) 2 (7): 3 – 29 p.
- **Cervantes O. D. (2011).** Propagación Vegetativa de Quinilla (*Manilkara bidentata*, A. Dc.) Mediante el Enraizamiento de Estaquillas Utilizando Cámara de Sub - irrigación en el Distrito de Morales Provincia de San Martin, Tesis (ingeniero agrónomo), Perú. Universidad Nacional de San Martin, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía, 68 p.
- **Comité Técnico Multisectorial de la Castaña - CTMC (2006).** La cadena de valor de la castaña amazónica del Perú. Primera edición. Candela Perú.
- **Corvera R; Del Castillo D; Suri W; Cusi E & Canal A. (2010).** La Castaña Amazónica (*Bertholletia excelsa*), Manual de Cultivo; IIAP, INCAGRO. 52 p.

- **Corvera R; Arcos M; Canal A. (2006).** Manual técnico: Buenas prácticas de Cultivo en Castaña. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 32 p.
- **Conservación Internacional – CI (2004).** Proyecto de Apoyo a la Actividad Castañera, Informe Final.
- **Cornejo F. (2003).** Historia Natural de la Castaña (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) y Propuesta Para su Manejo 52 p.
- **Corvera R & Cusi E; (2012).** Respuesta de las Plantas de Castaña Amazónica *Bertholletia excelsa* a Cuatro Niveles de Fertilización con Nitrógeno, Fosforo y Potasio en la Amazonia Peruana, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana; Folia Amazónica, 8 p.
- **Cunha C. (2011).** Propagação Vegetativa por Estaquia Proveniente de Mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (huber ex ducke) barneby: Reguladores de Crecimiento, Procedências e Substratos, Ministério da Educação Universidade Federal Rural da Amazônia Pós-Graduação em Ciências Florestais, Mestre em Ciências Florestais, 92 p.
- **Cuculiza, P. I. (1956).** Propagación de plantas. Editorial talleres gráficos Villanueva. Lima – Perú. 280 p.
- **Cuculiza, P. J. (1955).** Propagación por plantas. Lima-Perú. Talleres Gráficos Villanueva. 280 p.
- **Davis, T., (1988).** Photosynthesis during adventitious rooting. In: T.D. Davis, B.E. Haissig and N. Sankhla (Editors), Adventitious Root Formation in Cuttings. Dioscorides Press, Portland, OR, pp. 79-87.
- **Devlin, R. M. (1980).** Fisiología Vegetal. Tercera Edición. Traducido por X. Llimosa Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 517 p.
- **Días M. A. (1991).** Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis Mag. Sc. Turrialba; Costa Rica. CATIE. 93 p.
- **Easley, D. F. (1989).** Tendencia en el potencial de enraizamiento de *Eucalyptus grandis*. Cartón de Colombia. Informe de Investigación n° 126. 5 p.
- **Eliasson, L., (1971).** Adverse effect of shoot growth in rooted cuttings of aspen. *Physiol. Plant.*, 25: 268-272.

- **Flores A. R. (1986).** Efectos de Topofisis y de Dos Profundidades de Siembra en la Propagación por Estacas de *Eritrina poepigiana* (Wopen). O. F. Cook (Pro). Tesis para Optar el Grado de Magister Agricultura IICA de la OEA. Costa Rica. 67 p.
- **Flores P. M. (2010).** Evaluación del Efecto de Cinco Dosis de Fitohormona, Tres Tipos de Sustrato y Tres Rasgos de Morfotipo en el Enraizamiento de Estaquillas Juveniles de *Amburana cearensis* (Allemão) A.c. Smith (Ishpingo), en Ambientes Controlados, en Pucallpa – Ucayali, Perú”. Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. 106 p.
- **García - Villamán VJ. (1974).** Enraizado de estacas de seis especies forestales, con tres niveles de ácido indolbutírico. pp.40 M.Sc.Thesis, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Oea (IICA), Centro Tropical de la Enseñanza e Investigación (CTEI), Departamento de Ciencias Forestales, Turrialba, Costa Rica.
- **Garren R. (2001).** Riego y Poda en Arandanos. B. S., M. S., Profesor Emeritus. 6 p.
- **Gárate D. M. (2010).** Técnicas de Propagación por Estacas, Trabajo Monográfico para optar el Título Profesional de: Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía, 167 p.
- **Gispert, (1984).** Frutales y bosque. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. Tomo 3. Ediciones OCEANO. Barcelona – España.204 p.
- **Haissig, B. E. (1974).** Influences of auxin and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *New Zealand of Forestry Science*, 4(2):311-323 p.
- **Haissig, B.E. (1986).** Metabolic processes in adventitious rooting. In *New Root Formation in Plants and Cuttings* (Ed. Jackson, M.B.) Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht, Boston, Lancaster. Pp 141-189.
- **Hartmann, H.T.; Kester, D.E. (1968).** Propagación de plantas, principios y prácticas. 2 ed. Mexico. 702 p.
- **Hartmann, H. T. & Kester, D. (1972).** Propagación de plantas: principios y prácticas. Trad. Por Marino Ambrosio A. La Habana. Instituto cubano del libro. 693 p.
- **Hartmann, H. & Kester, D. (1977).** Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial. CONTINENTAL. México. 783 p.

- **Flores A. R. (1986).** Efectos de Topofisis y de Dos Profundidades de Siembra en la Propagación por Estacas de *Eriquina poepigiana* (Wopen). O. F. Cook (Pro). Tesis para Optar el Grado de Magíster Agricultura IICA de la OEA. Costa Rica. 67 p.
- **Flores P. M. (2010).** Evaluación del Efecto de Cinco Dosis de Fitohormona, Tres Tipos de Sustrato y Tres Rasgos de Morfotipo en el Enraizamiento de Estaquillas Juveniles de *Amburana cearensis* (Allemão) A.c. Smith (Ishpingo), en Ambientes Controlados, en Pucallpa – Ucayali, Perú”. Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. 106 p.
- **García - Villamán VJ. (1974).** Enraizado de estacas de seis especies forestales, con tres niveles de ácido indolbutírico. pp.40 M.Sc.Thesis, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Oea (IICA), Centro Tropical de la Enseñanza e Investigación (CTEI), Departamento de Ciencias Forestales, Turrialba, Costa Rica.
- **Garren R. (2001).** Riego y Poda en Arandanos. B. S., M. S., Profesor Emeritus. 6 p.
- **Gárate D. M. (2010).** Técnicas de Propagación por Estacas, Trabajo Monográfico para optar el Título Profesional de: Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía, 167 p.
- **Gispert, (1984).** Frutales y bosque. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. Tomo 3. Ediciones OCEANO. Barcelona – España.204 p.
- **Haissig, B. E. (1974).** Influences of auxin and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *New Zealand of Forestry Science*, 4(2):311-323 p.
- **Haissig, B.E. (1986).** Metabolic processes in adventitious rooting. In *New Root Formation in Plants and Cuttings* (Ed. Jackson, M.B.) Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht, Boston, Lancaster. Pp 141-189.
- **Hartmann, H.T.; Kester, D.E. (1968).** Propagación de plantas, principios y prácticas. 2 ed. Mexico. 702 p.
- **Hartmann, H. T. & Kester, D. (1972).** Propagación de plantas: principios y prácticas. Trad. Por Marino Ambrosio A. La Habana. Instituto cubano del libro. 693 p.
- **Hartmann, H. & Kester, D. (1977).** Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial. CONTINENTAL. México. 783 p.

- **Hartmann, H. & Kester, D. (1980).** Propagación de plantas, principios y prácticas. México D.F. 814 p.
- **Hartmann, H. Kester, D. (1983).** Propagación de plantas, principios y prácticas. Trad. Por Marino Ambrosio A. La Habana, Cuba. Instituto Cubano del libro. 693 p.
- **Hartmann, H. & Kester, D. (1988).** Propagación de plantas. Principios y prácticas. México. Compañía Editorial Continental S. A. 760 p.
- **Hartmann, H. & Kester, D. (1992).** Plant propagation. Principles and practices. Filth.
- **Hartmann, H; & Kester, D. (1995).** Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4ª ed. Continental. México. 760 p.
- **Hartmann, H. & Kester, D. (1996).** Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 p.
- **Hartmann, H., Kester, D. and Davies, F.T., (1990).** Plant Propagation-Principles and Practices, 5th edn. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 647 pp.
- **Hartmann H & Kester D, (1997).** *Plant Propagación: Principles and Practices.* p. 239-391:770.
- **Hartmann, H; & Kester, D; Davies, F; Geneve, R. (1997).** Plant propagation. Principles and practices. 6th ed. New Jersey. Prentice Hall.
- **Henríquez, E. (2004).** Evaluación de tres factores de enraizamiento en morera (*Morus alba*). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 77 p. [En línea]. Cybertesis.
- **Iglesia, J (1992).** Arboricultura General. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 32-43.
- **Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, (2002).** Propuesta de zonificación ecológica económica de la región Madre De Dios Documento de trabajo. BID – CONAN – USAID/BIOFOR.
- **Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP (2010).** Plan Operativo Anual 2009. Iquitos, Perú.
- **Kramer, P. y Koslowski, T. (1979).** Physiology of woody plants. New York. USA. Academic Press. 811 p.

- **Leahey, R. R. B. (1985).** The capacity for vegetative propagation in trees. En: Cannell, M.G.R. Jackson, J.E. (eds.) Attributes of trees as crop plants. Abbots Ripton, Institute of Terrestrial Ecology, 110-113.
- **Leahey, R. (1990).** Propagación vegetativa de especies forestales. In Manual sobre Mejoramiento genético. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 113 -120 p.
- **Leahey R. B. (1990).** Low technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review (G.B.)* 69 (3): 247 – 257 p.
- **Leahey Rrb, Mesén F, Tchoundjeu Z, Longman Ka, Dick Jmcp, Newton A, Matin A, Grace J, Munro RC, Mutoka Pn. (1990).** Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review* 69(3):247-257.
- **Leahey, R & Mesen, F (1991).** Propagación vegetativa de especies forestales: enraizamiento de estacas suculentas. Manual sobre Mejoramiento genético con referencia especial a América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 113-133 p.
- **Leahey, R.R.B; Newton, A. C. & Dick, J. Mc. P. (1992).** Capture of genetic resources by vegetative propagation: physiological understanding for better methods and improved rooting. *Tropical trees: Potencial Domestication. Revuiling forest resources.* Ed. by R. R. B. Leahey and A. C. Newton, H.M.S.O (In press).
- **Lipenský, J. (2010).** The methods of vegetative propagation of useful agroforestry species in the Peruvian Amazon. Czech University of Life Sciences, Prague. M.Sc. Thesis. 68p.
- **Loach, K. (1986).** Rooting of cuttings in relation to the propagation medium. *Proc. Int. Plant Propagators' Sot.*, 35: 472-485.
- **López, D & Carazo, N. (2005).** La producción de esquejes. *Horticultura internacional*, N° Extra 1 (ejemplar dedicado a viveros).
- **Martin, B.; Quillet, G. (1974).** Bouturage des arbres foriesters au Congo. *Bois et Forest des Tropiques*. (Francia). 156.
- **Manta M. & Shwyzer (1985).** "Propagación por estacas de trébol (*Amburana cearensis*)". Ministerio de agricultura y ganadería; Servicio Forestal Nacional, sección investigación forestal. Centro forestal Alto Paraná. Paraguay. 8 p.
- **Macdonald, B. (1986).** Practical woody plant propagation for nursery growers. London. Ed. Batsford. 669 p.

- **Mesén, F; Leakey, R. & Newton, A. (1992).** Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. Rev. El Chasqui. N°.28:6-18.
- **Mesén, F. (1993).** Vegetative Propagation of Central American Hardwoods. Unpublished Ph. D. Thesis, University of Edimburgh, Institute of terrestrial Ecology. Edimburgh, scotland. 231 pp.
- **Mesen, F. (1997).** Propagación vegetativa, Capitulo 8. En: BOSHIER, DH y LAMB, AT. (eds). *Cordia alliodora*, genética y mejoramiento de árboles. Traducido por Francisco Mesen y Helga Blanco. Oxford Forestry Institute, Universidad de Oxford; Tropical Forestry Papers No. 36. pp.: 77-86.
- **Mesén, F. (1998).** Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Serie Técnica. Manual Técnico No. 30. Turrialba, CR. CATIE. Proyecto de Semillas forestales-PROSEFOR. 36 p.
- **Mesén, F. (2008).** Curso: “Bases Técnicas Para la Propagación Vegetativa de Árboles Tropicales Mediante Enraizamiento de Estaquillas”. Pucallpa -Perú.
- **Miranda, E. M. & Miranda K.R. (2000).** Propagacao vegetativa do mogno (*Swietenia macrophylla*) por enraizamento de estacas semilenhosas em câmara umida. Rio Branco. Embrapa, Acre. 15 p.
- **Murrieta L. C. (2010).** Influencia del Morfotipo, Fitohormona y Sustrato en la Propagación de Estacas Juveniles de *Cedrela odorata* L. (Cedro colorado), en Pucallpa, Perú Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal, 102p.
- **Murillo, O; Rojas, J. & Badilla, (2003).** Reforestación clonal. Escuela de Ingeniería forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. Costa Rica.
- **Nuñez, Y. (1997).** Propagación Vegetativa del Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); pilon (*Hyeromina alchorneoides*, Allemo) y surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) mediante el enraizamiento de estacas juveniles Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 172 p.
- **Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN (1995).** Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos Inambari y Madre de Dios. 296 p.

- **Ofori, D., Newton, A.C., Leakey, R.R.B. and Grace, J., (1996).** Vegetative propagation of *Militia excelsa* Welw. by Leafy stem cuttings: effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium. For. Ecol. Manage., 84: 39-48.
- **Oosting H. J. (1951).** Ecología vegetal. Trad de inglés por José García Vicente. Madrid. Aguilar, 436 p.
- **Parry, M. S. (1976).** Método de plantación de bosques en África tropical. FAO. Cuaderno de fomento forestal, N° 8. 334 p.
- **Peña V. J. (2008).** Identificación y Caracterización Fenotípica de Árboles Plus de "castaña", *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Lecythidaceae) en el Departamento de Madre de Dios, Tesis para optar el grado de: Magister Scientiae, Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Post Grado, Especialidad de Bosques y Gestión de Recursos forestales, 86 p.
- **Pereira R; Carneiro L; & Monteiro R. (2008).** Propagação Vegetativa de *Bertholletia excelsa* H. B. K. por Estaquia, Anais da IV Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Amazônia Ocidental Manaus, AM 13 p.
- **Pereira R; & Carneiro L. (2009).** Influencia del uso de auxinas en estacas de *Bertholletia excelsa* H. B. K. Anais da IV Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Amazônia Ocidental Manaus, AM 138 p.
- **Pinedo, L. (1993).** Influencia del diámetro, largo y profundidad de siembra en la propagación por estacas de *Amburana cearensis* L. "Ishpingo". Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Facultad de Ciencias forestales de la Universidad Nacional de Ucayali. 70 p.
- **Pino, P. (2002).** Propagación vegetativa de *Drimys Winteris*, una especie con características medicinales, sometidas a dos sistemas de riego: microjet y cinta de goteo, en el sector de Huichahue IX región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias Agropecuarias y forestales. Escuela de Ciencias forestales. 52 p.
- **Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos - PRONAMACHS. (1998).** Propagación vegetativa de especies forestales en la sierra peruana. Lima – Perú. 24 p.
- **Puri, S; Khara, A. (1992).** Influence of maturity and physiological status of woody cutting: limits and promises to ensure successful cloning. Indian Forester (India). 118(8):560-572.
- **Quejada, C. (1980).** Propagación vegetativa. 2 ed. Madrid-España. 84 p.



- **Quijada R. M. (1980).** Métodos de Propagación Vegetativa. En mejora genética de árboles forestales. FAO. DANIDA. Roma.341 p.
- **Quiroz L; Hernández A; García E; González M; Chung P. & Soto H. (2011).** Enraizamiento de Estacas de *Quillaja saponaria* mol. Extraídas de Arboles Maduros, INFOR-MINAGRI, Protocolos de producción de plantas R. Bio Bio, 112 p.
- **Ramos A. (2004).** Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Ende, a través de estacas. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de ciencias forestales escuela de ciencias forestales. Universidad de Chile. 25- 40 p.
- **Reuveni O, L Fanger – Vexeler, D Heth (1990).** The effect of rooting environment, Kind and source of cuttings of rooting of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn cuttings. Commonwealth For. Rev. 69: 181-189.
- **Romero R, I. (2005).** Propagación asexual de *Geissospermum reticulatum* A. H. Gentry (Quina quina) por estacas. Tambopata, Madre De Dios. Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. 79 p.
- **Ruiz R; Vargas J; Cetina V. & Villegas A. (2005).** Efecto del Ácido Indolbutírico (AIB) y Tipo de Estaca en el Enraizado de *Gmelina arborea* Roxb., Programa Forestal, Colegio de Postgraduados. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 (4): 319 – 326.
- **Ruiz S, (2009).** Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres tipos de estacas en el enraizamiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en san martín. Tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Selva. 30- 75pg.
- **Saboya S. G. (2010).** Análisis Técnico y Económico en la Producción de la Cascarilla de Arroz Carbonizada (CAC) Como Sustrato Para la Propagación Vegetativa de Estacas Juveniles de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Cámara de Sub-Irrigación, Pucallpa, Perú. Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Escuela Académico-Profesional de Ingeniería Forestal. 110 p.
- **Sales, M. C; Aziz, M. L; Amimaltoe, J; Guerra, B. D. & Valdemino, P. C. (2009).** Propagacao da goiabeira por miniestaquia. Rev. Bra. Frutic. –SP, v. 31, n. 2, p. 607-611.

- **Shiembo, P; Newton, A; Leakey, B. (1996).** Vegetative propagation of *Ricinodendron heudeloti*, a West African Fruit tree. J. Trop. For. Sci. In press.
- **Soudre M; Mesen F; Del Castillo D & Guerra H; (2008).** Beses Técnicas Para la Propagación Vegetativa de Arboles Tropicales Mediante Enraizamiento de Estaquillas, Memoria del Curso Internacional, Pucallpa del 06 – 09 de mayo del 2008, – Perú, 108 p.
- **Soudre M; Mueras L; LImache A; Guerra H; Mesen F; & Pérez F. (2011).** Propagación Vegetativa de Tornillo *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Mediante Enraizamiento de Estacas Juveniles en Propagador de Subirrigación, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Folia Amazónica, 12 p.
- **Suri P. W. (2008).** Identificación de áreas potenciales para la instalación de plantaciones de Castaña "*Bertolletia excelsa* H. B. K." en áreas deforestadas – en Madre De Dios, Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. 53 p.
- **Tchoundjeu, Z., Avana, M.L., Leakey, R.R.B., Simons, A.J., Asaah, E., Duguma, B., Bell, J.M., (1996).** Vegetative propagation of *Khaya ivorensis*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. Agroforestry Syst. 54, 183–192.
- **Thimann, K.V. s.f.** The auxins. In: Wilkins, M.B. ed. The physiology of plant growth and development. London, Mcgraw-Hill. Pp 3-37.
- **Torres, A. (2003).** Relação entre sazonalidade de desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 p.
- **Tratado de Cooperación Amazónica - TCA. (1997).** Cultivos de Frutales Nativos Amazónicos – Secretaria Pro – Tempore, Lima, Perú. 195 p.
- **Vastey, J. (1962).** Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA. 67 p.
- **Vásquez V. A. (2009).** Propagación vegetativa de caoba (*Swietenia macrophylla*) Mediante Enraizamiento de Estaquillas Juveniles en Cámara de Sub – Irrigación, en Pucallpa - Perú; Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. 61 p.

- **Vekhov, N. K. (1941).** Vegetative propagation of trees and shrubs by means of summer cuttings. Bull. Appl. Bot. And Plant Breeding. Suppl. 61: 1 – 247.
- **Veierskov, B. (1988).** Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In Adventitious Root Formation in Cuttings. (Eds. Davis, T.D., Haissig, B.E. And Sankhla, N.). B.E. Dioscorides Press, Portland, Oregon. pp. 70-78.
- **Vidal R. F. (2010).** Evaluación de Cinco Dosis del Ácido Indolbutírico (AIB), Sustratos y Características Morfológicas en el Enraizamiento de Estacas Juveniles de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), Pucallpa – Perú; Tesis (Ingeniería Forestal), Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. 82 p.
- **Weaver, R. J. (1976).** Reguladores del crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Editorial Trillas. México. 622 p.
- **Wells, J. (1979).** Silvicultura Chilena actual. Chile. Ed. Hucke. 75 p.
- **William M P, Michael A. (1991).** Propagation of filberts by stem cuttings. Comb. Proc. Intnatl. Plant Propagators` Soc. 41:214-218.
- **Zasoni – Mendiburu, C.A. (1975).** Enraizamiento de estacas de 8 especies forestales utilizando estimuladores para germinación de raíces. Editorial Turrialba, Universidad de Costa Rica.
- **Zobel, B. & Talbert, J. (1988).** Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Edit. LIMUSA S.A. 1º Edic. 545 p.

## ANEXOS

### ANEXO 1. CUADROS

Cuadro 14. Datos transformados a  $\sqrt{x+1}$ , para sobrevivencia de las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K.

BLOQUE	CON PODA						SIN PODA						TOTAL
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D1	D2	D3	D4	D5	D6	
I	1,0488	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	11,05
II	1,0954	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,2247	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,32
III	1,0954	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,1402	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,24
IV	1,0954	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0954	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,19
Σ trat.	4,34	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,16	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	48,80
X trat.	1,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Σ brote	Con poda= 24,34						Sin poda= 24,46						48,80
	X= 1,014						X= 1,019						
Σ dosis	D1=	8,80	D2=	8,80	D3=	8,00	D4=	8,00	D5=	8,00	D6=	8,00	48,80
	X=1,099		X=1		X=1		X=1		X=1		X=1		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cuadro 15. Datos transformados a  $\sqrt{x+1}$ , para brotes de las estaquillas de *Bertholletia excelsa* H. B. K.

BLOQUE	CON PODA						SIN PODA						TOTAL
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D1	D2	D3	D4	D5	D6	
I	1,0488	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,05
II	1,0954	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0488	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,14
III	1,0488	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0954	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,14
IV	1,1402	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0488	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	12,19
Σ trat.	4,33	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,19	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	48,53
X trat.	1,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Σ brote	Con poda= 24,33						Sin poda= 24,19						48,53
	X= 1,014						X= 1,008						
Σ dosis	D1=	8,53	D2=	8,00	D3=	8,00	D4=	8,00	D5=	8,00	D6=	8,00	48,53
	X=1,065		X=1		X=1		X=1		X=1		X=1		

Elaboración propia, 2014.

Cuadro 16. Formato de registro meteorológico para el invernadero.

FECHA	Tesisista : Hilario Huisa Manol			Propietario: IIAP/FINCYT		
	INVERNADERO					
	Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)		
	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM
20/08/2014	23,5	36,6	32,2	84,1	62,1	56,1
21/08/2014	22,2	33,5	32	87,1	57,6	53,8
22/08/2014	22,1	33,3	33,4	87,3	69,8	42,8
25/08/2014	25,3	32,7	34,4	87	61,3	65,8
26/08/2014	24,2	22,7	23,3	86,6	85,7	85,7
27/08/2014	19,2	29,9	26,7	83,7	53,8	66,7
28/08/2014	25,4	32,9	31,4	90,2	70	75,1
29/08/2014	22,4	32,9	28,2	89,4	76	81,2
01/09/2014	24,7	34,6	33,4	88,8	67,7	63,4
02/09/2014	26	33,9	34,6	84	76	55,8
03/09/2014	26,6	33,6	31,5	85,6	65,4	75,9
04/09/2014	24	23,6	27,2	88,1	90,4	86,6
05/09/2014	24,4	29,5	27,3	77,8	90,4	68,1
08/09/2014	25,7	33,8	31,5	87,8	76,1	68,9
09/09/2014	25,9	33,8	33,3	86	70,8	66,9
10/09/2014	26,9	32,8	32,6	83	72,8	64,9
11/09/2014	25,9	29,5	29,1	84,1	83,6	78,2
12/09/2014	25,1	28,2	25,4	89,4	84	88,4
15/09/2014	25,3	33,9	31,1	90	82,7	74,6
16/09/2014	23,9	28,9	28,4	85,6	78,9	76,7
17/09/2014	24,5	29,9	30,1	86,8	76,9	73,5
18/09/2014	23,8	31,8	31	85	81,2	74,4
19/09/2014	24,6	30,6	30,2	86,7	80,9	80,1
22/09/2014	22,1	27,9	28,4	88,6	85,9	77
23/09/2014	25,8	31,7	31	84,4	83,2	68,9
24/09/2014	25,7	31,9	32	90	76,6	65,4
PROMEDIO	24,4	31,3	30,4	86,4	75,4	70,6

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cuadro 17. Formato de registro meteorológico para las cámaras de subirrigación 1 y 2.

FECHA	Tesisista : Hilario Huisa Manol						Propietario: IIAP/FINCYT					
	CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN 1						CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN 2					
	Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)			Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)		
	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM
20/08/2014	24,2	34,8	32,2	66	69	70	23,6	35,2	32,8	35	24	25
21/08/2014	23,1	35,5	32,4	59	58	60	22,8	36,1	32,9	39	26	26
22/08/2014	23,5	33,1	30,2	69	67	68	23,2	33,4	30,2	36	27	29
25/08/2014	26,1	33,5	31,8	72	70	64	25,4	33,2	31,4	49	25	27
26/08/2014	25,4	24,5	25,2	68	69	67	24,9	24,1	24,4	50	47	34
27/08/2014	21,4	28,8	27,8	72	69	69	21,1	28,4	27,2	50	27	30
28/08/2014	26	34,2	31,5	75	64	63	25,8	34,4	31,3	91	60	77
29/08/2014	24,1	32,8	30,6	72	71	73	23,6	33,1	30,1	49	25	29
01/09/2014	26,1	31,8	33,2	76	75	74	25,5	32,3	32,9	49	29	31
02/09/2014	26,1	30,9	32,6	76	75	72	25,7	30,5	32	45	25	27
03/09/2014	26,5	34,1	31,3	76	70	73	26,1	33,8	31,5	42	29	36
04/09/2014	24,8	25,7	27,8	67	66	65	24,8	25,9	27,1	41	41	35
05/09/2014	26,1	30,8	27	72	76	67	25,7	30,6	27,1	44	30	29
08/09/2014	26,4	31,2	30,2	75	74	73	25,9	31,7	31,5	40	30	34
09/09/2014	26,2	31,9	32,2	72	61	61	26,1	31,5	32,4	39	28	31
10/09/2014	27,6	30,8	30,5	66	62	62	27,2	31,1	30,1	35	27	30
11/09/2014	26,9	28,8	29,5	65	64	64	26,8	28,8	29,8	33	27	29
12/09/2014	26	29,9	25,9	75	65	67	26,1	29,9	26,8	33	64	42
15/09/2014	26,2	30,9	31,9	72	64	67	26,1	31,2	31,1	37	30	32
16/09/2014	26,6	30,5	29,1	69	67	66	24,9	30,6	29,6	37	30	31
17/09/2014	26,5	32,5	30,2	68	66	66	25,6	32,4	30,3	37	30	32
18/09/2014	26,9	33,9	29,1	65	62	67	26,3	32,5	29,2	37	30	32
19/09/2014	27,1	31,6	31,5	65	60	60	27	30,5	30,2	36	29	52
22/09/2014	24,6	32,9	28,8	67	63	65	24,2	32,7	29,8	44	31	31
23/09/2014	26,6	31,4	30,1	65	60	63	26,2	31,2	30,2	39	31	34
24/09/2014	27,4	32,6	33,1	66	65	64	27,2	31,9	32,5	39	32	33

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cuadro 18. Formato de registro meteorológico para las cámaras de subirrigación 3 y 4.

FECHA	Tesista : Hilario Huisa Manol						Propietario: IIAP/FINCYT					
	CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN 3						CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN 4					
	Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)			Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)		
	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM	8:00 AM	12:00 PM	3:00 PM
20/08/2014	24,3	32,1	31,8	70	67	67	23,4	32,2	32,1	86	84	77
21/08/2014	22,3	32,6	31,8	72	58	60	22,5	33,1	30,8	88	79	80
22/08/2014	22,8	32,3	29,9	62	58	57	22,7	32,1	29,8	87	78	81
25/08/2014	25,1	32,4	30,9	69	69	70	26,2	32,5	30,4	85	76	80
26/08/2014	24,4	23,5	24,1	76	77	75	25,1	24,1	25,2	86	89	86
27/08/2014	20,5	27,1	26,5	63	64	64	21,2	28,9	27,1	88	82	83
28/08/2014	25,8	31,9	32,3	75	69	62	25,7	32,6	31,1	95	87	88
29/08/2014	23,4	31,6	29,6	66	65	62	24,1	30,8	30	85	81	82
01/09/2014	25,2	31,9	32,5	65	67	67	26,1	30,5	32,1	84	82	80
02/09/2014	25,5	29,8	31	59	73	70	26,2	29,8	31,5	85	83	80
03/09/2014	26,2	33,1	31,1	73	68	72	26,1	33,1	30,1	84	79	82
04/09/2014	24,1	24,8	27,1	69	69	67	24,6	25,9	26,9	82	82	81
05/09/2014	25,2	30,1	26,4	67	68	64	26,1	30,5	26	84	81	83
08/09/2014	25,7	30,9	31,1	72	69	67	25,1	30,8	30,2	86	81	82
09/09/2014	26,1	30,7	31,9	69	67	71	26,2	30,5	31,6	85	80	79
10/09/2014	26,9	30,8	30,4	73	67	70	26,3	30,5	29,8	84	80	82
11/09/2014	26,2	28,5	29,1	74	69	68	26,1	28,1	29,5	85	80	80
12/09/2014	26,2	28,8	25,1	73	66	69	26,5	29,9	24,9	83	79	80
15/09/2014	26,3	31,2	31,1	74	69	68	26,2	30,1	30,2	85	80	80
16/09/2014	24,4	30,1	29	71	68	61	26,1	29,9	29	84	80	81
17/09/2014	25,2	31,7	30,6	65	65	69	25,8	31,9	29,9	83	80	81
18/09/2014	26,8	32,8	30,4	86	81	83	26,7	32,7	31	84	80	82
19/09/2014	27,6	31,9	33	77	74	71	27,5	31,7	33	83	79	82
22/09/2014	24	32,9	29,2	69	65	67	23,9	31,2	29,6	85	80	83
23/09/2014	26,1	30,6	30,1	66	65	67	26,2	30,5	30,2	84	79	80
24/09/2014	26,9	30,7	32	65	65	65	27	31,5	32,4	83	79	78

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cuadro 19. Formato de evaluación final del ensayo.

		Tesis t a : Hilario Huis a Mano l				P ro p i e t a r i o : I I A P / F I N C y T								
BQ	TTO	ESTO	CLON - 20				FECHA: 02/10/2014							
			ESTAQUILLA				BROTOS							
			Sb	Mt	CI	Estq	Vg	Estq	Br	Axi	Ter	# Br	SvBr	NcBr
III	T1	1		0	Ne	Mu	X							
		2	1	0	Ve	En	√	1	0	A	Si	No	Ve	
		3	1	0	Ve	En	X							
		4		0	Ne	Mu	X							
		5		0	Ne	Mu	X							
		6		0	Ne	Mu	X							
		7		0	Ne	Mu	X							
		8		0	Ne	Mu	X							
		9		0	Ne	Mu	X							
		10		0	Ne	Mu	X							
	T2	1		0	Ne	Mu	X							
		2		0	Ne	Mu	X							
		3		0	Ne	Mu	X							
		4		0	Ne	Mu	X							
		5		0	Ne	Mu	X							
		6		0	Ne	Mu	X							
		7		0	Ne	Mu	X							
		8		0	Ne	Mu	X							
		9		0	Ne	Mu	X							
		10		0	Ne	Mu	X							
	T3	1		0	Ne	Mu	X							
		2		0	Ne	Mu	X							
		3		0	Ne	Mu	X							
		4		0	Ne	Mu	X							
		5		0	Ne	Mu	X							
		6		0	Ne	Mu	X							
		7		0	Ne	Mu	X							
		8		0	Ne	Mu	X							
		9		0	Ne	Mu	X							
		10		0	Ne	Mu	X							
	T4	1		0	Ne	Mu	X							
		2		0	Ne	Mu	X							
		3		0	Ne	Mu	X							
		4		0	Ne	Mu	X							
		5		0	Ne	Mu	X							
		6		0	Ne	Mu	X							
		7		0	Ne	Mu	X							
		8		0	Ne	Mu	X							
		9		0	Ne	Mu	X							
		10		0	Ne	Mu	X							
	T5	1		0	Ne	Mu	X							
		2		0	Ne	Mu	X							
		3		0	Ne	Mu	X							
		4		0	Ne	Mu	X							
		5		0	Ne	Mu	X							
		6		0	Ne	Mu	X							
		7		0	Ne	Mu	X							
		8		0	Ne	Mu	X							
		9		0	Ne	Mu	X							
		10		0	Ne	Mu	X							
T6	1		0	Ne	Mu	X								
	2		0	Ne	Mu	X								
	3		0	Ne	Mu	X								
	4		0	Ne	Mu	X								
	5		0	Ne	Mu	X								
	6		0	Ne	Mu	X								
	7		0	Ne	Mu	X								
	8		0	Ne	Mu	X								
	9		0	Ne	Mu	X								
	10		0	Ne	Mu	X								



III	T 7	1		0	Ne	Mu	X										
		2		0	Ne	Mu	X										
		3		0	Ne	Mu	X										
		4		0	Ne	Mu	X										
		5		0	Ne	Mu	X										
		6		0	Ne	Mu	X										
		7		0	Ne	Mu	X										
		8	1	0	Ve	En	X										
		9	1	0	Ve	En	X										
		10	1	0	Ve	En	√	1	1	A	Si	No	Ve				
	T 8	1		0	Ne	Mu	X										
		2		0	Ne	Mu	X										
		3		0	Ne	Mu	X										
		4		0	Ne	Mu	X										
		5		0	Ne	Mu	X										
		6		0	Ne	Mu	X										
		7		0	Ne	Mu	X										
		8		0	Ne	Mu	X										
		9		0	Ne	Mu	X										
		10		0	Ne	Mu	X										
	T 9	1		0	Ne	Mu	X										
		2		0	Ne	Mu	X										
		3		0	Ne	Mu	X										
		4		0	Ne	Mu	X										
		5		0	Ne	Mu	X										
		6		0	Ne	Mu	X										
		7		0	Ne	Mu	X										
		8		0	Ne	Mu	X										
		9		0	Ne	Mu	X										
		10		0	Ne	Mu	X										
	T 10	1		0	Ne	Mu	X										
		2		0	Ne	Mu	X										
		3		0	Ne	Mu	X										
		4		0	Ne	Mu	X										
5			0	Ne	Mu	X											
6			0	Ne	Mu	X											
7			0	Ne	Mu	X											
8			0	Ne	Mu	X											
9			0	Ne	Mu	X											
10			0	Ne	Mu	X											
T 11	1		0	Ne	Mu	X											
	2		0	Ne	Mu	X											
	3		0	Ne	Mu	X											
	4		0	Ne	Mu	X											
	5		0	Ne	Mu	X											
	6		0	Ne	Mu	X											
	7		0	Ne	Mu	X											
	8		0	Ne	Mu	X											
	9		0	Ne	Mu	X											
	10		0	Ne	Mu	X											
T 12	1		0	Ne	Mu	X											
	2		0	Ne	Mu	X											
	3		0	Ne	Mu	X											
	4		0	Ne	Mu	X											
	5		0	Ne	Mu	X											
	6		0	Ne	Mu	X											
	7		0	Ne	Mu	X											
	8		0	Ne	Mu	X											
	9		0	Ne	Mu	X											
	10		0	Ne	Mu	X											

Fuente: Elaboración propia, 2014.

- |                |                          |              |                         |
|----------------|--------------------------|--------------|-------------------------|
| <b>Sb</b>      | Sobrevivencia            | <b>BrAx</b>  | Brotos axilares         |
| <b>Mt</b>      | Mortandad                | <b>BrTer</b> | Brotos terminales       |
| <b>ClEstaq</b> | Coloración de estaquilla | <b># Br</b>  | números de brotes       |
| <b>VgEstq</b>  | Vigor de estaquilla      | <b>SvBr</b>  | Sobrevivencia de brotes |
| <b>Br</b>      | Brotos                   | <b>NcBr</b>  | Necrosis en brotes      |
|                |                          | <b>CIBr</b>  | Coloración de brotes    |

**ANEXO 2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Bertholletia excelsa* H. B. K.**



Foto 1. Construcción del invernadero.



Foto 2. Invernadero.

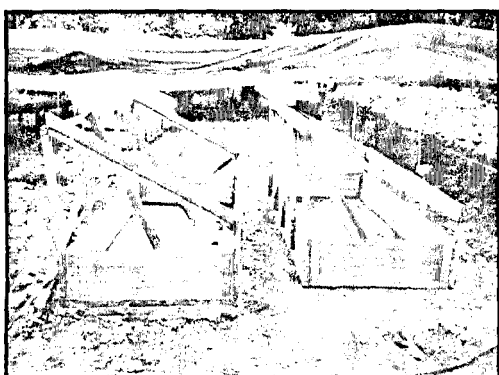


Foto 3. Construcción de las cámaras de subirrigación.



Foto 4. Cámaras de subirrigación.

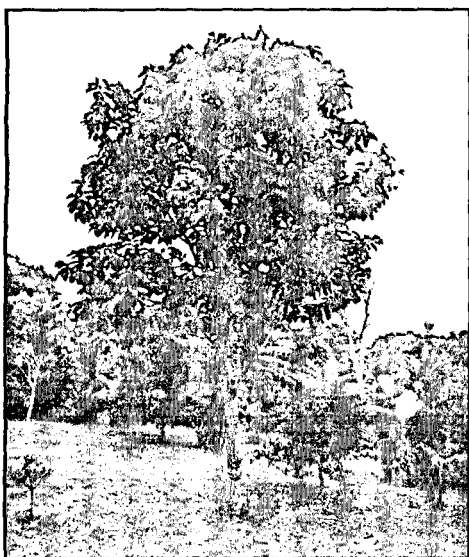


Foto 5. Selección de donantes clones.



Foto 6. Selección de brotes óptimos y vigorosos.

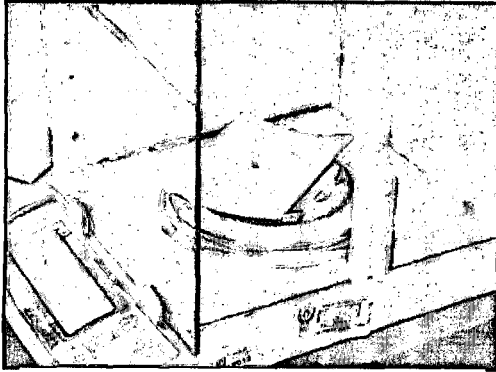


Foto 7. Preparación de las hormonas.

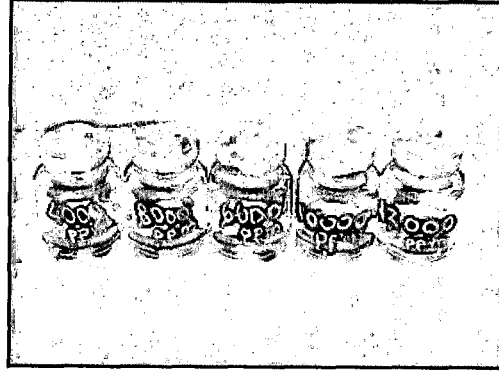


Foto 8. Aplicación de las dosis hormonal (AIB).



Foto 9. Instalación de estaquillas en la cámara de subirrigación.

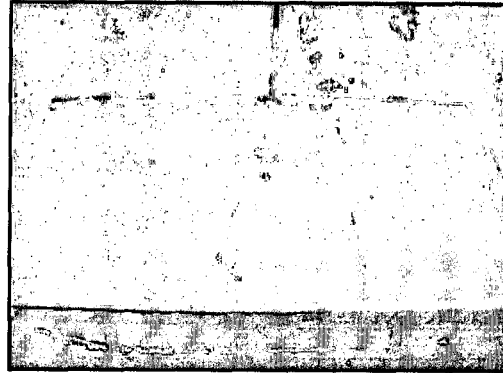


Foto 10. Cámara de subirrigación cerrada durante el ensayo.

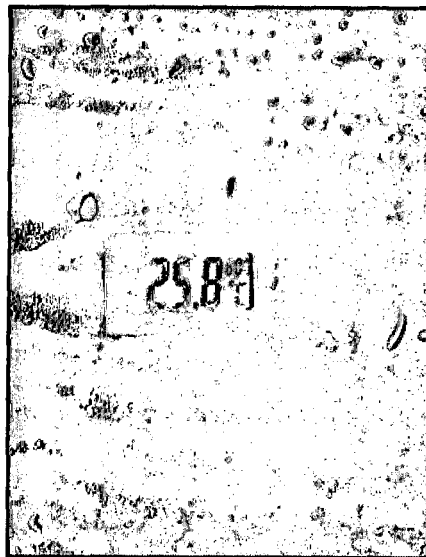


Foto 11. Monitoreo y control de estaquillas.

ANEXO 3. ESTAQUILLAS JUVENILES DE *Bertholletia excelsa* H. B. K., A LOS 30 DÍAS.

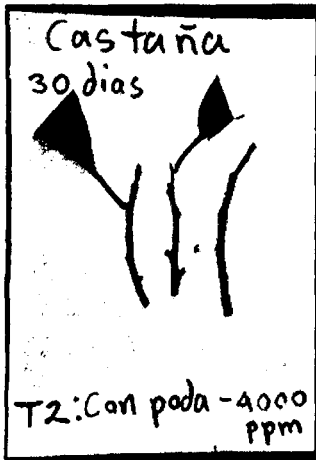


Foto 12. Estaquilla con poda, 4000 ppm.

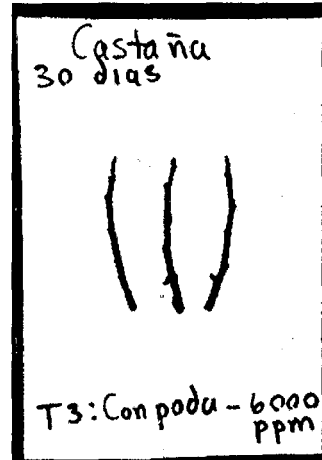


Foto 13. Estaquilla con poda, 6000 ppm.

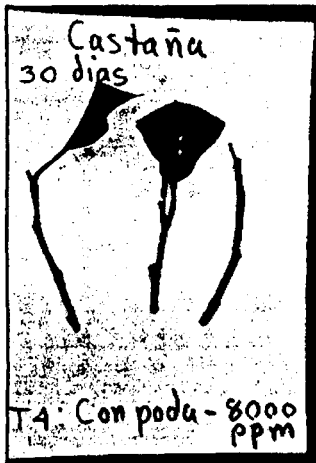


Foto 14. Estaquilla con poda, 8000 ppm.

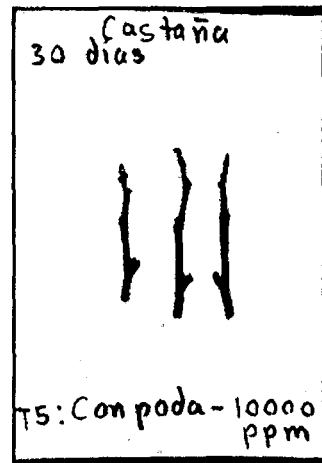


Foto 15. Estaquilla con poda, 10000 ppm.



Foto 16. Estaquilla con poda, 12000 ppm.

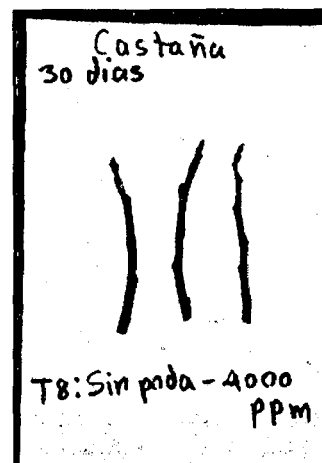


Foto 17. Estaquilla sin poda, 4000 ppm.

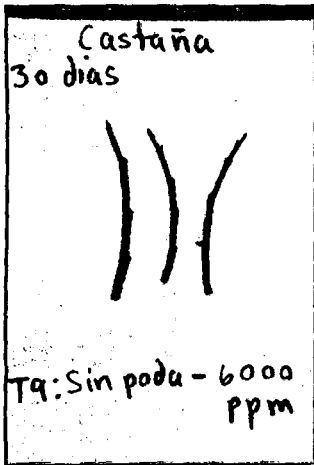


Foto 18. Estaquilla sin poda, 6000 ppm.

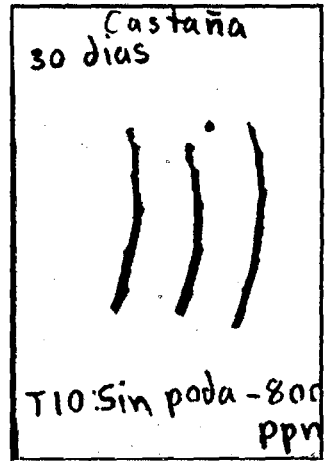


Foto 19. Estaquilla sin poda, 8000 ppm.

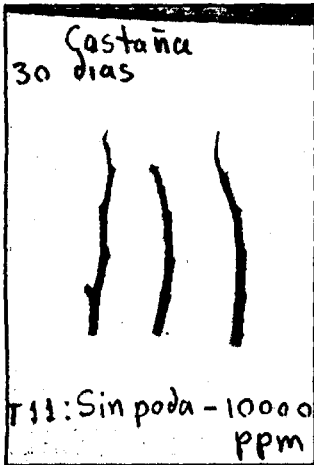


Foto 20. Estaquilla sin poda, 10000 ppm.



Foto 21. Estaquilla sin poda, 12000 ppm.

ANEXO 4. ESTAQUILLAS JUVENILES DE *Bertholletia excelsa* H. B. K., A LOS 45 DÍAS.

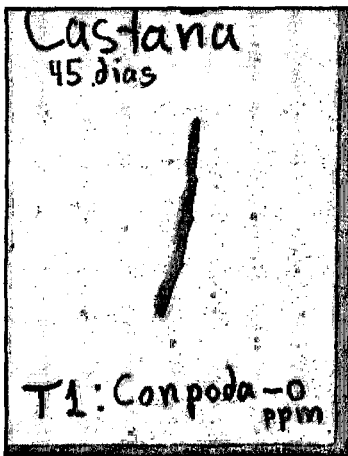


Foto 22. Estaquilla con poda,  
0 ppm.

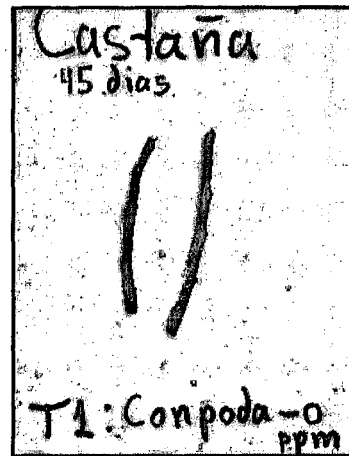


Foto 23. Estaquilla con poda,  
0 ppm.



Foto 24. Estaquilla con poda,  
0 ppm.

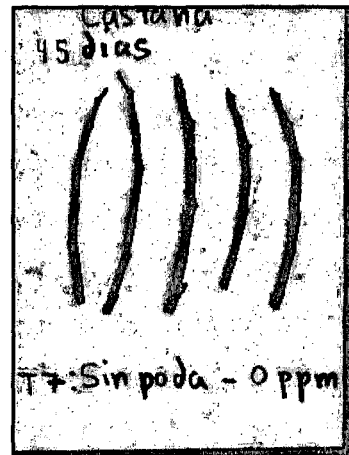


Foto 25. Estaquilla sin poda, 0  
ppm.

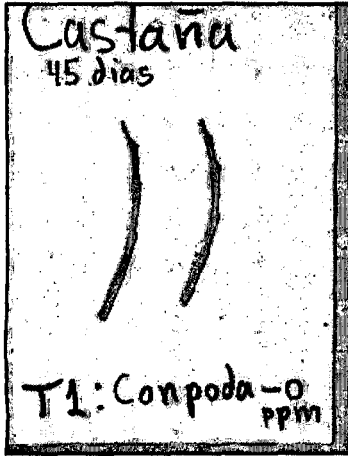


Foto 26. Estaquilla con poda, 0 ppm.

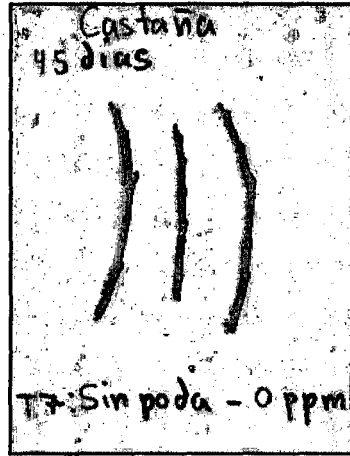


Foto 27. Estaquilla sin poda, 0 ppm.

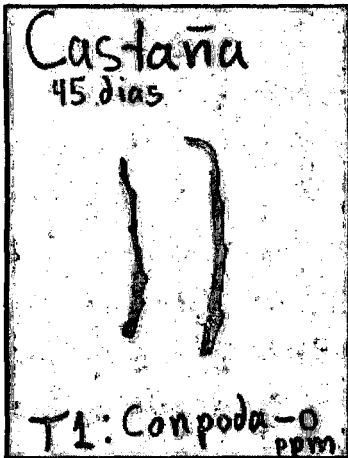


Foto 28. Estaquilla con poda, 0 ppm.

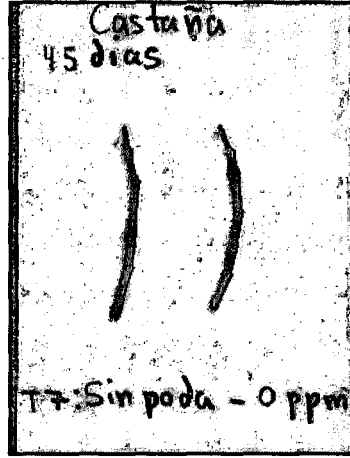


Foto 29. Estaquilla sin poda, 0 ppm.

## ANEXO 5. IDENTIFICACION BOTANICA DE *Bertholletia excelsa* H. B. K.

El Investigador del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) del Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES), MSc. Ing. RONALD CORVERA GOMRINGER, que suscribe:

# CERTIFICA

Que, el BACH. ING. HILARIO HUISA MANOL, tesista de pre grado de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y responsable del trabajo de Investigación intitulado: "Ensayo de propagación vegetativa de *Bertholletia excelsa* H.B.K. "Castaña" mediante enraizamiento de estaquillas en cámaras de subirrigación en la provincia de Tambopata, Madre de Dios - Perú"; ha presentado al Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES) el espécimen vegetal para el proceso de identificación y/o determinación taxonómica.


Por lo cual CERTIFICO, que dicho espécimen forestal corresponden al nombre científico de acuerdo a los sistemas de clasificación taxonómica moderna (Arthur Cronquist) y de acuerdo al Catálogo de Flora de Angiospermas y Gimnospermas del Perú (Bracko & Zaruchi).

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

### REGISTRÓ DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

N°	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
1	Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	LECYTHIDACEAE

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
DE LA AMAZONIA PERUANA  
MADRE DE DIOS Y SELVA SUR



Ing. Msc. Ronald Corvera Gomringer  
INVESTIGADOR PROYECTO CASTAÑA

Figura 11: Certificado de identificación botánica de *Bertholletia excelsa* H. B. K.



## NOTA BIOGRÁFICA

**Nombre:** Hilario

**Apellido:** Huisa Manol

**Lugar de nacimiento:** Puerto Maldonado – Madre De Dios.

**Fecha de nacimiento:** 10 de setiembre de 1990.

**Informe - memoria:** Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - 2015.

**Centro de estudios secundarios:** I. E. Carlos Fermín Fitzcarrald.

**Universidad:** Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD).

**Facultad y/o Escuela:** Facultad de Ingeniería - Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

**Año que obtuvo el bachillerato:** 2013.

**Premio Obtenido:** Beca tesis de Grado, “Ensayo de Propagación Vegetativa de *Bertholletia excelsa* H.B.K. “Castaña” Mediante Enraizamiento de Estaquillas en Cámaras de Subirrigación en la Provincia de Tambopata, Madre De Dios – Perú.” \$ 2500. Dólares americanos “Fondo Para la Innovación, Ciencia y Tecnología” – FINCyT, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP. Región Madre de Dios – Perú.