

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**DOSIS DE ÁCIDO -3- INDOLBUTIRICO Y TIPO DE
ESTAQUILLA EN EL ENRAIZAMIENTO DE
Plukenetia brachybotrya (Muller. Arg., 1865)
EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN - PERÚ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MIGUEL ÁNGEL AMASIFUEN RAMIREZ

TARAPOTO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“DOSIS DE ÁCIDO -3- INDOLBUTÍRICO Y TIPO DE
ESTAQUILLA EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia
brachybotrya* (Müller. Arg., 1865) EN LA PROVINCIA DE
SAN MARTÍN - PERÚ”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
MIGUEL ÁNGEL AMASIFUEN RAMIREZ**

**TARAPOTO – PERÚ
2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS

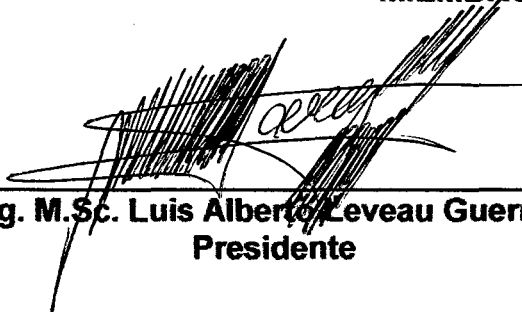
TESIS

**“DOSIS DE ÁCIDO -3- INDOLBUTÍRICO Y TIPO DE
ESTAQUILLA EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia
brachybotrya* (Müller. Arg., 1865) EN LA PROVINCIA DE
SAN MARTÍN - PERÚ”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
MIGUEL ÁNGEL AMASIFUEN RAMIREZ**

MIEMBROS DEL JURADO


Ing. M.Sc. Luis Alberto Leveau Guerra
Presidente


Ing. María Emilia Ruiz Sánchez
Secretario


Ing. Roaldo López Fulca
Miembro


Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza, buena salud y sabiduría para enfrentar obstáculos y seguir aun en los momentos más difíciles

A mis padres: Huever Amasifuen Pinedo y Lourdes Ramírez Paima por apoyarme siempre en mi formación personal guiándome día a día por el camino del bien , y desde el cielo me guían en mi vida cotidiana

A mis hermanos: Ángela, Román, María, Jander que me dieron el apoyo moral y espiritual para lograr mis objetivos

AGRADECIMIENTO

- A** la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, en especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al** Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana -San Martín (IIAP-San Martín), con la Gerencia del Ing. M.Sc. Luis Arévalo López por todo el apoyo brindado y facilitar las instalaciones para el desarrollo del presente trabajo de tesis.
- Al** Ing. Danter Cachique Huansi, Co-patrocinador de la presente tesis.
- Al** Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez, asesor del presente trabajo, por su valiosa dirección y supervisión de la presente tesis.
- Al** Instituto Peruano del Sacha Inchi y Oleaginosas Promisorias – IPSI por el apoyo incondicional en el análisis estadísticos del presente trabajo de investigación
- Al** Fondo de Ciencia y Tecnología – FINCyT, por cofinanciar el sub proyecto “Identificación y caracterización de nuevas especies del género *Plukenetia* con potencial nutraceutico en la amazonia peruana”.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	01
II. OBJETIVOS	03
III. REVISIÓN DE LITERATURA	04
3.1. Generalidades de la especie en estudio	04
3.1.1. Clasificación botánica de <i>Plukenetia brachybotrya</i> (Müller. Arg, 1865)	04
3.1.2. Distribución del género <i>Plukenetia</i>	04
3.2. Descripción morfológica del género <i>Plukenetia</i>	06
3.2.1. Descripción morfológica de <i>Plukenetia brachybotrya</i> (Müller.Arg., 1865)	07
3.2.2. Caracteres diagnósticos de los diferentes grupos de <i>Plukenetia</i>	07
3.3. Antecedentes del género <i>Plukenetia</i>	10
3.4. Importancia del género <i>Plukenetia</i>	11
3.5. Propagación asexual o vegetativa	12
3.6. Propagación vegetativa a través de estacas	14
3.7. Sistemas y estructuras para propagación	15
3.8. Bases fisiológicas de la iniciación de la raíz en la estaca	18
3.9. Efecto de los carbohidratos en el enraizamiento	21
3.10. Efecto de la luz	21
3.11. Reguladores de crecimiento	22
3.11.1. Fitohormonas	23

3.12. Factores que condicionan el enraizamiento de estacas	25
3.13. Sistemas de propagación	31
3.14. El propagador de sub irrigación	32
IV. MATERIALES Y METODOS	33
4.1. Materiales	33
4.1.1. Ubicación del campo experimental	33
4.1.2. Condiciones climáticas	33
4.1.3. Cámara de enraizamiento	33
4.1.4. Características del área de propagación	34
4.2. Métodos	34
4.2.1. Diseño experimental	34
4.2.2. Componentes en estudio	35
4.2.3. Tratamientos estudiados	35
4.2.4. Análisis de varianza	36
4.2.5 Disposición experimental	36
4.3. Ejecución del experimento	37
4.3.1. Construcción e implementación del propagador	37
4.3.2. Construcción e implementación del invernadero	37
4.3.3. Identificación y selección de plantas madres	38
4.3.4. Preparación y etiquetado de plantas madres	38
4.3.5. Cosecha y traslado de brotes al área de propagación	38
4.3.6. Preparación de estacas	39
4.3.7. Tratamiento hormonal de las estacas	39
4.3.8. Establecimiento de las estacas en el propagador	40

4.3.9. Manejo de los propagadores de sub irrigación	40
4.3.10. Trasplante del material enraizado	41
4.3.11. Evaluaciones registradas	41
V. RESULTADOS	43
5.1. Porcentaje de enraizamiento	43
5.2. Número de raíces	46
5.3. Porcentaje de brotación	49
5.4. Longitud de raíz mayor	52
VI. DISCUSIONES	55
VII. CONCLUSIONES	63
VIII.RECOMENDACIONES	64
IX. BIBLIOGRAFIA	65
RESUMEN	
SUMMARY	
ANEXO	

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Principales caracteres diagnósticos de las especies peruanas del género <i>Plukenetia</i>	09
2.	Datos climáticos de Junio a Agosto del 2014, correspondiente el periodo experimental	33
3.	Factores y niveles del experimento	35
4.	Distribución de los tratamientos	35
5.	Análisis de varianza	36
6.	Descripción de concentraciones de la auxina	40
7.	Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días. Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%/100}$	43
8.	Análisis de varianza del número de raíces evaluado a los 30 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	46
9.	Análisis de varianza del porcentaje de brotación evaluado a los 30 días. Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%/100}$	49
10.	Análisis de varianza para la longitud de la raíz mayor evaluados a los 30 días	52

INDICE DE GRÁFICAS

Grafica		Página
1.	Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para promedios de los niveles del factor A (Dosis AIB), respecto al porcentaje de enraizamiento	43
2.	Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla), respecto al porcentaje de enraizamiento	44
3.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento	44
4.	Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) en el porcentaje de enraizamiento	45
5.	Efecto en la interacción del factor B (Tipo de estaquilla) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), en el porcentaje de enraizamiento	45
6.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) número de raíces	46
7.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de estaquilla) respecto al número de raíces	47
8.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el número de raíces	47
9.	Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) en el número de raíces	48
10.	Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de	

	los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), en el número de raíces	48
11.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de brotación	49
12.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de estaquilla) respecto al porcentaje brotación	50
13.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de brotación	50
14.	Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) al porcentaje de brotación	51
15.	Efecto en la interacción del factor B (Tipo de estaquilla) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), al porcentaje de brotación	51
16.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor	52
17.	Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo estaquilla) respecto a la longitud de la raíz mayor.	53
18.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B respecto a la longitud de la raíz mayor	53
19.	Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) respecto a la longitud de la raíz mayor	54

20. Efecto en la interacción del factor B (Tipo de estaquilla) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor

I. INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Plukenetia*, en la actualidad viene ganando mucha importancia ya que, presenta dos especies reconocidas como *volubilis* L. y *huayllabambana* B, pero sin embargo existen nuevas especies que hasta la fecha poco o nada se conoce en cuanto a características morfológicas y fisiologías de nuevas especies.

Para el Perú se tienen reportadas la presencia de por lo menos cuatro especies de este género *Plukenetia*: *brachybotrya*, *loretensis*, *polyadenia* y *carolis-vegae*. en estado silvestre para lo cual se cuenta con muy pocas plantas para su evaluación.

Actualmente se está empleando el método de propagación por semilla sexual que tiene el inconveniente de producir plantas altamente heterocigotas y variables. En cambio con la propagación vegetativa por estacas, se logra una réplica del ADN, permitiendo así mantener el genotipo intacto, asegurar la conservación de germoplasma valioso; además de multiplicar genotipos superiores y aumentar la ganancia genética en periodos muy cortos al utilizar los componentes aditivos y no aditivos (ZOBEL y TALBERT, 1988).

Plukenetia brachybotrya (Müller, 1865), es un pariente silvestre del sacha Inchi que constituye un material genético promisorio en el proceso de mejora vegetal que viene siendo sometido el género *Plukenetia*.

Considerando la importancia de la especie y el hecho que aún no existan resultados de investigaciones en enraizamiento por estacas, en esta especie, planteamos definir la característica de la estaca más apropiada, haciendo uso del ácido indolbutírico y el tipo de estaquilla adecuado en el éxito del porcentaje de enraizamiento, haciendo uso de una tecnología sencilla, como es la utilización de propagadores de sub irrigación, como parte de un componente del sub proyecto "Identificación y caracterización de nuevas especies del Género *Plukenetia*, (Euphorbiaceae) con potencial nutraceutico en la Amazonia Peruana".

II. OBJETIVOS

- 2.1. Evaluar el efecto de cuatro dosis de ácido -3- indol butírico en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müler. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

- 2.2. Evaluar el efecto de tres tipos de estaquillas en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller.Arg., 1865). Utilizando propagadores de sub irrigación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades de la especie en estudio

3.1.1. Clasificación botánica de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865)

Según Gillespie (1997) presenta la siguiente clasificación:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Fanerogama
Clase	:	Magnoliopsida (Angiospermae)
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Subfamilia	:	Alcalyphoideae
Tribu	:	Plukenetieae
Subtribu	:	Plukenetiinae
Género	:	<i>Plukenetia</i>
Especie	:	<i>Plukenetia brachybotrya</i> (Müller. Arg., 1865)

3.1.2. Distribución del género *Plukenetia*

Plukenetia L. es un género pantropical (Fig. 1), posee 19 especies entre sogas y lianas, este género incluye 12 especies neotropicales, y siete en el viejo mundo: una especie en el Asia, tres en el África y tres en Madagascar, (Gillespie, 1993; 2007). En América del Sur han sido registradas en todos los países de la cuenca amazónica y las Guyanas diferentes especies del género *Plukenetia*. Para el Perú se tienen reportadas la presencia de por lo menos

cuatro especies de este género: *Plukenetia brachybotrya*, *P. lorentensis*, *P. polyadenia* y *P. volúbilis*; todas estas especies fueron reportadas para los alrededores de Iquitos (Gillespie, 1993; Mobot, 2007).

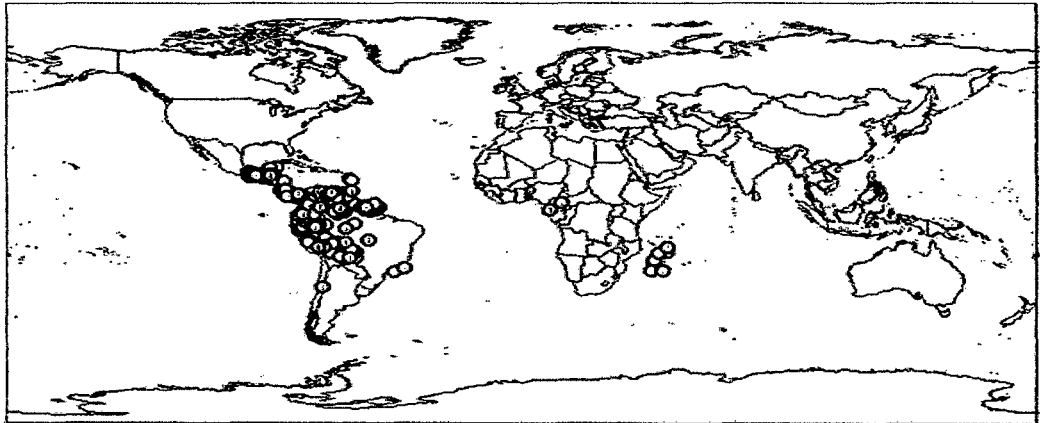


Figura 1: Distribución del Género *Plukenetia* en el mundo

Plukenetia brachybotrya Se encuentra en la región oeste de la Amazonía brasilera: Acre, posiblemente Amazonas, Mato Grosso y Pará; Ecuador; Perú y Bolivia (Fig. 2).



Figura 2: Distribución del *Plukenetia brachybotrya*

3.2. Descripción morfológica del genero *Plukenetia*

El género *Plukenetia* L. Perteneciente a la familia Euphorbiaceae, se caracteriza por no presentar látex y agrupar diferentes especies de lianas monoicas o raramente dioicas. Las plantas presentan hojas simples, alternas y pecioladas; con estípulas pequeñas; de lámina foliar pennada o palmadamente venada, margen subentero hasta aserrado, con presencia característica de uno o varios pares de glándulas lisas laminares presentes cerca de la base sobre la superficie adaxial de la hoja. Las inflorescencias son racemosas, de posición axilar o terminal sobre cortos vástagos, bisexual con flor(es) pistilada(s) en la base y flores estaminadas encima de cimas condensadas o menos frecuentemente unisexual; brácteas triangulares y pequeñas.

Las flores estaminadas son pediceladas; sépalos de 4 a 5; corola ausente; estambres de 15 a 40 y libres; filamentos cortos a elongados o con anteras sésiles; mientras que las flores pistiladas son pediceladas con 4 sépalos; corola ausente; ovario de 4 lóculos; con estilos parcialmente a completamente connados.

El fruto es comúnmente tetragonal (raramente 5 – 6 particiones) capsulado o baya, y fuertemente surcada de manera longitudinal, subglobosa hasta profundamente lobado.

Asimismo las semillas son subglobosas, ovoides o lenticular y a menudo lateralmente comprimidos, carunculada, y de superficie lisa o áspera. (Gillespie & Armbruster, 1997; Gentry, 1993; Mejia, 1998).

3.2.1. Descripción morfológica de *Plukenetia brachybotrya* (Müller.Arg., 1865)

Hoja pennatinervia, aguda, base caudada, borde liso. Frutas 1-2 cm de diámetro, capsular. Cápsula con tubérculo redondeado en cada carpelo; glándulas basilaminares. Diámetro de la cápsula aproximado 1.15 cm. Semilla redondeada, lisa (Fig. 03). Rodríguez (2009).

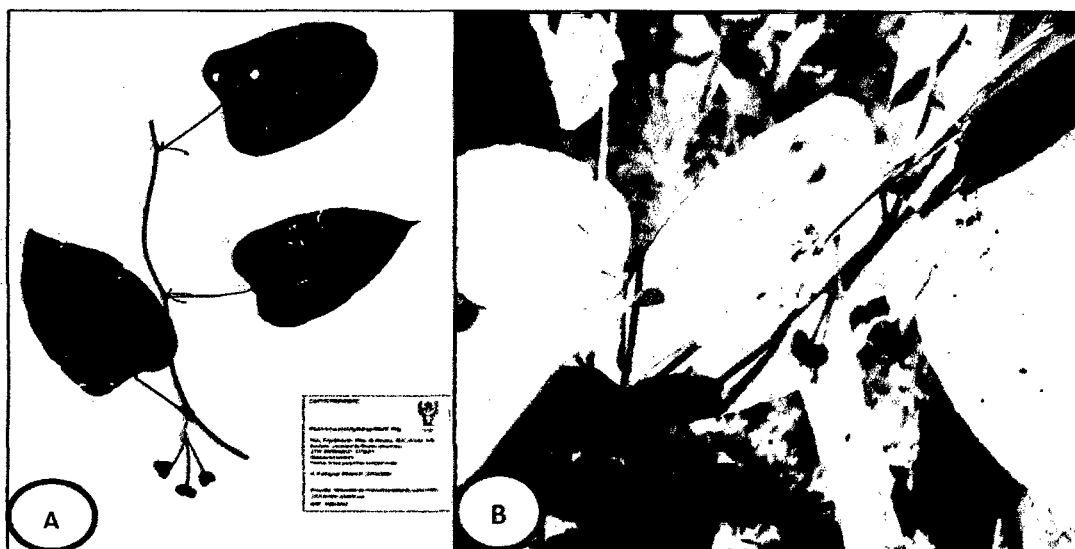


Figura 3: A Exsiccata de *Plukenetia brachybotrya* depositada en el Herbarium Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, B hojas y frutos de *P. brachybotrya*

3.2.2. Caracteres diagnósticos de los diferentes grupos de *Plukenetia*

Debido a esto actualmente el sachá inchi viene siendo intensamente cultivado en parcelas de productores principalmente de la región de San Martín; observándose tanto una alta variabilidad genética y morfológica, como

fitoquímica (diferentes concentraciones de ácidos grasos esenciales). Esto puede deberse a que en el proceso de expansión del cultivo se han llegado a confundir especies emparentadas del género *Plukenetia*. Este género presenta cuatro especies taxonómicas reportadas para la Amazonía peruana. Revisiones morfológicas de algunas muestras biológicas depositadas en el Herbarium Amazonense, muestran cierta sobreposición en algunos de los caracteres diagnósticos de estas especies, lo que podría dificultar su correcta identificación.

Se han realizado observaciones sobre algunas diferencias morfológicas encontradas en los diferentes grupos de *Plukenetia*, identificándose caracteres diagnósticos de las especies reportadas para la Amazonía peruana, y asimismo estas observaciones han permitido diferenciar las especies del género *Plukenetia* conocidas y entre ellos mismos.

En este sentido los marcadores moleculares constituyen poderosas herramientas para esclarecer cuestiones no resueltas mediante la taxonomía morfológica. Así, datos moleculares de ADN han sido utilizados para corroborar la sistemática morfológica o para cuestionarla (Gillespie, 1993; Judd *et al.*, 1999). En este sentido, se realizaron estudios para contribuir a la delimitación taxonómica de las diferentes especies del género a través del establecimiento de las relaciones filogenéticas del género *Plukenetia* en la Amazonía peruana mediante identificación con claves taxonómicas y el empleo de la técnica molecular ISSR, produciendo información que sirva de base a futuros planes de manejo y mejoramiento genético (Rodríguez, 2009).

Los principales caracteres morfológicos diferenciales observados entre los grupos del género *Plukenetia* se presentan a nivel de fruto, semilla, hoja y tallo (Cuadro 1) (Rodríguez, 2009).

Cuadro 1. Principales caracteres diagnósticos de las especies peruanas del género *Plukenetia*.

Caracteres observados	Grupos estudiados		
	<i>P. brachybotrya</i>	<i>P. volubilis</i> Ecotipo San Martín	<i>P. volubilis</i> Ecotipo Cusco
Glándulas foliares basilaminares	Glándulas basilaminares numerosas próximas al pecíolo.	Par de glándulas basilaminares próximas al pecíolo.	Par de glándulas basilaminares relativamente distantes del pecíolo.
Borde y base de la hoja	Borde liso y base caudada.	Borde crenado y base caudada.	Borde aserrado y base caudada.
Base del tallo	Redondeado	Redondeado	Redondeado
Fruto (cápsula)	Cada carpelo con un tubérculo redondeado	Cuadrangular con ángulos quillados	Cuadrangular con ángulos quillados
Tamaño de la cápsula	Diámetro aproximado 1.15 cm.	Diámetro aproximado de 5 a 6 cm.	Diámetro aproximado 5 a 6 cm.
Superficie de la semilla	Lisa	Lisa	Rugosa
Forma de la semilla	Redondeada	Aplanada	Ligeramente aplanada
Tamaño semilla	Media = 0.41 x 0.39 cm	Media = 2.01x 0.85 cm	Media = 2.01 x 1.36 cm

Fuente: Relaciones filogenéticas del género *Plukenetia* linnaeus, (Euphorbiaceae) en la Amazonía Peruana (Rodríguez, 2009).

3.3. Antecedentes del Género *Plukenetia*

Las diversas plantas conocidas como Sacha Inchi se propaga comúnmente por semilla, aunque también se puede realizar la propagación asexual o por estacas, según ensayos preliminar realizados por el IIAP - SM se evaluó los efectos de dos tipos de sustratos, cinco dosis de ácido-3-indolbutírico (AIB), tres longitudes de estacas y cuatro áreas foliares sobre la capacidad de enraizamiento de estacas juveniles del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), utilizando cámaras de subirrigación. En el primero se empleó un diseño completamente al azar en parcelas divididas conformado por diez tratamientos, cuatro repeticiones y doce estaquillas por unidad experimental y en el segundo se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tres repeticiones, conformado por doce tratamientos y nueve estaquillas por unidad experimental. Se obtuvieron porcentajes de enraizamiento superiores al 90 por ciento. En general la especie puede ser enraizada fácilmente en arena y dosis de AIB de 0.2%, utilizando estacas de 8 cm de longitud con áreas foliares de 50 o 100 cm². (Cachique, 2011; Ruiz y Vallejos, 2010).

En *Plukenetia volubilis* L. también se realizó el trabajo de investigación de propagación de ácido indolbutirico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de sachá Inchi, donde evaluó el efecto de 4 dosis de AIB (0, 0.10, 0.15, 0.20 %) y tres tipos de estaquillas (Basal, Intermedio y Apical), donde las estaquillas basales y intermedias obtuvieron 78.70 y 77.78%. (Ruiz, 2010).

3.4. Importancia del género *Plukenetia*

En la actualidad existen dos especies de gran valor en sus contenidos de omega 3, 6 y 9 tal es el caso de *P. volubilis* y *P. huayllabambana*, además en el caso de *Plukenetia volubilis* se cuenta con Normas Técnicas Peruanas en aceites, buenas prácticas de post cosecha y trazabilidad donde las exportaciones peruanas de sachá inchi en el primer semestre del presente año superaron en 46% a las registradas en el mismo período del 2011 al pasar de 782 mil a 1.13 millones de dólares y que la demanda externa de sachá inchi, principalmente como aceite, se ha ido incrementando, así como para la industria cosmética y en presentación snack, (Promperú, 2013).

The Food and Drug Administration (FDA) -la autoridad sanitaria de Estados Unidos- ha declarado que el aceite de sachá inchi es un alimento seguro para el consumo humano, al otorgarle la condición Generally Recognized as Safe (GRAS). Este reconocimiento permitirá incrementar las exportaciones del producto hacia este mercado de destino. Ya que En los últimos años los clientes de Estados Unidos han exigido a las empresas peruanas contar con la condición GRAS para el aceite de sachá inchi para evitar cualquier detención o consultas del FDA en relación a la seguridad del producto.

Además en febrero del 2014 cuatro empresas peruanas (Agroindustrias OSHO; Amazon Health Products; RODA Selva y Olivos del Sur) lograron la aprobación del aceite de Sachá Inchi para el mercado europeo al lograr su exclusión de la lista Novel Food. El régimen Novel Food impide el ingreso de

alimentos al mercado europeo que no tienen un historial significativo de consumo significativo en la Unión Europea.

Determinar que en la actualidad se debe contar con un plan de mejora vegetal del Género *Plukenetia*, ya que presenta varias especies como *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865) entre otras, para lo cual tener este fin se debe contar con material genético para empezar su estudios posteriores.

3.5. Propagación asexual o vegetativa

La propagación asexual o vegetativa implica la reproducción a partir de partes o secciones vegetativas de las plantas, tales como tejidos u órganos del cuerpo vegetativo (hojas, tallos y raíces), y es posible ya que los órganos vegetativos de muchas plantas tienen la capacidad de reproducirse (Hartmann y Kester, 1997). Más específicamente, es posible porque cada célula que compone la planta contiene la información genética necesaria para generar otro individuo con similares características al individuo parental original, denominado clon (Kains y Mcquesten, 1938). 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 (Zobel y Talbert, 1992), pero si es claro que el nuevo individuo es genéticamente idéntico al original.

La propagación vegetativa comprende división celular mitótica, vale decir que es aquella donde se produce una réplica del material genético (o del sistema cromosómico) y del citoplasma de la célula madre a las dos células hijas. Esta

condición origina, posteriormente, crecimiento y diferenciación de tejidos somáticos (Hartmann y Kester, 1997). Luego las plantas propagadas vegetativamente reproducen, por medio de la replicación del ADN, toda la información genética de la planta madre, por lo que las características de la planta individual se mantienen a través del tiempo en la propagación asexual o vegetativa (Cabello, 2000).

Una de las características más significativas de la clonación se refiere a cómo todos los descendientes del clon tienen el mismo genotipo básico, la población tiende a ser fenotípicamente muy uniforme. Por lo general, toda la progenie de un clon tiene el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, etc., haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivar (Hartmann y Kester, 1997).

Resumiendo, la importancia de la reproducción asexual radica en la posibilidad de propagar, a escala operativa, material genético de alto valor, asegurando rápidas ganancias genéticas debido a la selección y reproducción de genotipos individuales. Además, captura los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genética, lo que permite producir masas uniformes y productivas (Zobel y Talbert, 1992; Santelices, 1998). Sin embargo, entre las plantas de un clon puede ocurrir variabilidad y cambios conducentes a la deterioración (Zobel y Talbert, 1992; Hartmann y Kester, 1997).

Probablemente el deterioro de mayor importancia sea el efecto del ataque de agentes patógenos, principalmente virus y plagas (Hartmann y Kester, 1997).

Macdonald (1986), señala y agrega a éstos, la variación genética (mutaciones) como también principal fuente de variabilidad de las plantas de un clon.

Para Zobel y Talbert (1992), la propagación vegetativa tiene ventajas desde el punto de vista investigativo, como lo son:

- a. La valoración genética del material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo – ambiente.
- b. Determinación de la magnitud y control de los efectos ambientales comunes o efectos que prevalecen en algunas especies.
- c. Preservación de genotipos y complejos genéticos en bancos clonales y jardines de multiplicación para fines específicos.
- d. Reducción del ciclo reproductivo para acelerar los procesos y prueba de cruzamiento.

3.6. Propagación vegetativa a través de estacas

Se entiende por estaca como cualquier porción vegetativa que es extraída de una planta (Dirr y Heuser, 1987). O bien como cualquier porción de una planta (raíz, tallo, hoja) que es separada de ésta y que es inducida para que forme raíces (Wells, 1979).

En la propagación vegetativa a través de estacas, se corta de la planta madre una porción de tallo, raíz u hoja, después de lo cual esa porción se coloca en condiciones ambientales favorables y se induce a que forme raíces y tallos, obteniéndose con ello una planta nueva, independiente, que en la mayoría de

los casos es idéntica a la planta madre (Hartmann y Kester, 1997). Las estacas se dividen en tres grandes grupos, atendiendo a su origen: estacas de raíz, de tallo y de hojas. El método de propagación a través de estacas de tallo es el más importante (Cuculiza, 1956; Hartmann y Kester, 1997).

La propagación vegetativa a través de estacas de tallo es el medio más importante y más utilizado en el mundo, en la propagación de árboles de interés forestal y arbustos ornamentales, tanto de especies caducas como de hoja ancha y siempre verdes de hoja angosta (como las coníferas, por ejemplo). Las estacas se usan, también, extensamente en la propagación comercial en invernadero de muchos cultivos florales y su empleo es común en la propagación de diversas especies frutales (Hartmann y Kester, 1997). Según Wells (1979), este método de propagación es uno de los más utilizados a nivel práctico y posee una gran importancia económica.

Son múltiples las razones y utilidades que este método de propagación puede presentar al momento de aplicarlo. Entre éstas se encuentra la mantención de clones a través del tiempo. Esta utilidad es particularmente importante en la propagación de árboles frutales, ornamentales y de importancia forestal (Awad, 1993).

3.7. Formación de raíces adventicias

Según Botti (1999), la formación y el desarrollo de raíces a partir de estacas puede dividirse en cuatro etapas: inducción y diferenciación de un grupo de células meristemáticas (inicio de división celular); aumento de las divisiones

celulares para formar los primordios iniciales (aún no determinados); organización de estos grupos en primordios radiculares (cuando hay aproximadamente 1500 células en cada primordio inicial) y crecimiento, diferenciación y emergencia de las nuevas raíces, incluyendo la ruptura de tejidos superficiales para permitir su salida y la conexión vascular con los tejidos vasculares de la estaca.

Los tejidos de los tallos más susceptibles a formar primordios radicales son: epidermis, parénquima cortical, parénquima radial, cambium vascular y parénquima floemático (Botti, 1999).

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 dediferencian 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, el callo suele proceder del cambium, aunque también de la corteza y médula. 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 (Strasburguer, 1994).

En la mayoría de las plantas, la formación de callo y de las raíces es independiente entre sí y cuando ocurren en forma simultánea es debido a su

dependencia de condiciones internas y ambientales similares (Hartmann y Kester, 1997).

Gutiérrez (1995), señala que la formación de raíces depende de una serie de factores internos o endógenos, los que interactúan, en forma compleja, generando cambios en el metabolismo, la desdiferenciación y el crecimiento.

La evaluación del porcentaje de enraizamiento es la variable respuesta de mayor interés con fines de propagación, por lo cual se hace énfasis en este aspecto para seleccionar los mejores tratamientos obtenidos con cualquier especie de interés. En orden de importancia le sigue el número de raíces por estaca enraizada y la velocidad a la cual las raíces emergen y se desarrollan. Es deseable que las estacas tengan muchas raíces, pero tres raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes (Leahey, 1987, citado por Gutiérrez, 2003).

En un estudio realizado en *Crytomeria japonica*, el número de raíces por estacas estuvo inversamente relacionado con el contenido volumétrico de agua en el medio, sugiriendo que el exceso de agua actúa como barrera para la difusión del oxígeno (Loach, 1986, citado por Núñez, 1997).

Un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70 % (Leahey, 1987, citado por Gutiérrez, 2003).

Varios factores pueden contribuir para el aumento del porcentaje de enraizamiento de las estacas, incluyendo la consistencia de la estaca, época de colecta, cuidados durante la preparación de las estacas y tiempo entre la colecta y la colocación en el sustrato (Faria y Sacramento, 2003).

3.8. Bases fisiológicas de la iniciación de la raíz en las estacas

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 hormonas vegetales y reguladores de crecimiento, se puede decir que, todas las hormonas regulan el crecimiento, pero que no todos los reguladores de crecimiento son hormonas. De las fitohormonas (etileno, giberelinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico), las auxinas son los que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1997).

Los efectos directos de la auxina sobre la división y el crecimiento celular, han sido asociados con un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la estaca, donde promueven la iniciación y el desarrollo de raíces (Mesén, 1998).

Para explicar el proceso de inducción de raíces, existe la teoría de la rizocalina de Bouillene, la cual establece que un compuesto fenólico no específico (posiblemente dihidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Este cofactor es producido en las hojas y yemas de la estaca y

posteriormente translocado a la región del enraizamiento, donde en presencia de un factor no específico; que es translocado y que se encuentra en concentraciones bajas en los tejidos y de una enzima específica, localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol-oxidasa), completan el complejo rizocalina, el cual actúa como estimulante de la rizogénesis (Hartmann y Kester, 1997; Gutiérrez, 1995).

Es sabido que la presencia de hojas en las estacas ejerce una fuerte acción estimulante sobre la iniciación de 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 auxinas y los efectos se observan directamente debajo de ellas, ya que existe un transporte polar, del ápice a la base (Hartmann y Kester, 1997).

Estas auxinas se sintetizan en las hojas y meristemas apicales, a partir del aminoácido triptofano. La auxina ácido indol-3-acético (AIA) es un hormona natural que promueve la formación de raíces adventicias. También se ha demostrado que las formas sintéticas, como los ácidos indol-butírico (AIB) y naftalenacético (ANA), son más efectivos que el AIA para estimular la formación de raíces en estacas, debido a que no son tóxicos para las plantas en una amplia gama de concentraciones y estimulan el enraizamiento en un gran número de especies, además presentan una mayor fotoestabilidad (Hartmann y Kester, 1997).

Las auxinas se mueven a través de células parenquimáticas, desde su lugar de formación hacia los haces vasculares del tallo y; a diferencia de lo que ocurre con los azúcares, iones y otros solutos, que se transportan a través de los tubos cribosos del floema; este transporte, célula a célula, se caracteriza por ser más lento; además, es un transporte polar, es decir, siempre basipétalo; en las raíces también es un transporte polar, pero en sentido acropétalo, hacia los ápices (Strasburguer, 1994).

Para el crecimiento de raíces, en general se requieren bajas concentraciones auxínicas (dependiendo de la especie y la edad de la planta), debido a que las células de los meristemos radicales contienen un nivel de auxinas, provenientes de la parte aérea, suficientes para una elongación normal; no así para la formación de raíces adventicias, en donde se requieren mayores concentraciones (Salisbury, 2000).

Reconociendo así los beneficios de la aplicación de auxinas en la división y alargamiento celular, además el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la estaca, promoviendo así la iniciación y el desarrollo de las raíces (Haissig, 1974, citado por Núñez, 1997).

Las auxinas cumplen un rol primordial en la elongación celular y este puede ser descrito en dos procesos: aumentan la plasticidad de la pared celular y participan en reacciones que permiten el depósito de celulosa dentro de las paredes. Estos dos fenómenos se producen debido a que las microfibrillas de celulosa, orientadas inicialmente en ángulo recto al eje longitudinal de

crecimiento, van modificando su ángulo de posición durante el crecimiento, para finalmente orientarlas casi paralelas a dicho eje, lo que produce un estiramiento de la pared celular y por consiguiente un alargamiento de la célula.

Además, las auxinas intervienen en el crecimiento del tallo, inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y de frutos, activación de las células del cambium y otras (Salisbury, 2000).

3.9. Efecto de los carbohidratos en el enraizamiento

La iniciación de raíces en las estacas requiere de energía. Considerando que las sustancias lipídicas normalmente no son abundantes en los tallos, la degradación de carbohidratos se constituye probablemente en la única fuente de energía en la estacas para activar el proceso rizogénico, señalándose al almidón, cuando está presente, como la principal y posiblemente única fuente de energía para la iniciación y desarrollo del primordio radical (Gutiérrez, 1995).

3.10. Efecto de la luz

La irradiancia, el fotoperíodo y la calidad 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). Entretanto se debe evitar que las estacas

sean expuestas a incidencia directa de los rayos solares, a fin de evitar la quema de los tejidos más tiernos (Ikemori, 1975; Valle, 1978, citados por Torres, 2003).

En la práctica, se cumplen las condiciones óptimas cuando las camas de enraizamiento están colocadas bajo una sombra que deje pasar el 25 % de la luz, al tiempo que sólo de un 10 a 12 % de la luz total incida sobre las camas (Braudeau, 1981).

La irradiación en el ambiente del propagador ha sido identificada como uno de los factores de mayor influencia en el enraizamiento de estacas con hoja (Loach, 1977).

La irradiación en el ambiente afecta primeramente en la turgencia de las hojas, por lo tanto la irradiación no debe ser tan alta como para inhibir el enraizamiento a través de sus efectos sobre la acumulación de azúcares y pérdida de turgencia, pero debería ser suficiente para permitir la producción fotosintética de carbohidratos para la iniciación y crecimiento de las raíces (Grange y Loach, 1985; Loach, 1988).

3.11. Reguladores de crecimiento

Hartmann y Kester (1997), mencionado por Mesén (1998), indican que el propósito de tratar las estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y

mejorar la calidad del sistema radical formado. Así mismo el efecto de auxinas presentes en tejidos no diferenciados facilita la génesis de raíces.

La aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento se torna necesaria cuando el balance citoquinina/auxina se encuentra muy alto. Por lo tanto es necesario que haya un balance adecuado, especialmente auxinas, giberelinas y citoquininas o sea, un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación radicular. La manera mas común de promover ese equilibrio es a través de la aplicación exógeno de reguladores de crecimiento sintéticos, como AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), o ANA (ácido naftalenacético), que pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling *et al.*, 2000, citados por Torres, 2003).

3.11.1. Fitohormonas

Las fitohormonas se caracterizan por participar en variadas respuestas morfogénicas y de crecimiento de manera pleotrópica, esto quiere decir, que una misma hormona participa en diferentes procesos y además, que dependiendo de su concentración, la misma hormona puede ser estimuladora o inhibitoria de una misma respuesta. Por otra parte, varias hormonas pueden afectar una misma respuesta, lo cual indica que hay una aparente redundancia en el control de un mismo efecto. Cada respuesta ocurre en un tiempo determinado en el desarrollo de la planta y se presenta solamente en un tejido específico u órgano.

Hay una variedad de compuestos químicos sintéticos que tienen actividad de auxina. Varios de ellos, incluyendo el ácido indolacético, que tienen actividad auxínica, han sido aislados o se ha demostrado que existen en tejidos vegetales. Hay otros compuestos químicos con actividad auxínica que no se han aislado de tejidos vegetales entre ellos está el ácido indolbutírico (AIB). La aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento se torna necesaria cuando el balance citoquinina/auxina se encuentra muy alto. Es necesario que haya un balance adecuado, especialmente auxinas, giberelinas y citoquininas o sea, un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación radicular.

La manera más común de promover ese equilibrio es a través de la aplicación exógena de reguladores de crecimiento sintéticos, como AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), o ANA (ácido naftalenacético), que pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento.

Las fitohormonas clásicas son:

- **AUXINAS:** Son fitohormonas que favorecen la elongación de la célula a través de procesos de relajación de la pared.
- **CITOQUININAS:** Son fitohormonas que regulan la división celular.
- **GIBERELINAS:** Son fitohormonas que afectan a la elongación de tallos.
- **ACIDO ABSCISICO:** Afecta a los procesos de senescencia y abscisión (caída de las hojas y frutos)

- **ETILENO:** Afecta a la maduración de los frutos.

a. Ácido -3-indol butírico (AIB)

AIB es una auxina sintética químicamente similar al 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 de enraizamiento. Tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (Mesén, 1998).

El ácido indolbutírico (AIB) es un fitoregulador auxínico sintético comúnmente utilizado por su estabilidad, ya que es muy resistente a la oxidación por la luz, enzimas u otros agentes.

3.12. Factores que condicionan el enraizamiento de estacas

a. Edad de la planta madre (factor de juvenilidad)

Las estacas obtenidas de plantas jóvenes o de sectores más juveniles tienen mayor capacidad para formar raíces (Dirr y Heuser, 1987; Botti, 1999). 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.

Es posible que con la edad se acumulen inhibidores del enraizamiento, como por ejemplo algunos tipos de fenoles, o bien disminuyan otros fenoles que favorecen el proceso (Botti, 1999).

b. Sección de la planta madre para la obtención de estacas

Este efecto es de suma importancia. Las diferencias de enraizado según la posición de la estaca en el árbol, puede deberse a una distribución desigual de hormonas vegetales y de reservas nutritivas en las diferentes partes de la planta (Santelices, 1998). El mejor enraizamiento de los extremos de las ramas y tallos (yema terminal) puede ser explicado por la posibilidad de contengan mayores concentraciones de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento. También en las estacas terminales existe menos diferenciación, habiendo más células que pueden volverse meristemáticas (Hartmann y Kester, 1997).

Es necesario destacar que pueden existir diferencias en el enraizamiento y crecimiento entre las estacas obtenidas de los tallos y otras obtenidas de ramas, en la misma planta madre (Macdonald, 1986; Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1997). En ciertas especies las estacas tomadas de ramas laterales con frecuencia tienen un porcentaje de enraizamiento mayor que aquellas tomadas de ramas terminales fuertes y vigorosas (Hartmann y Kester, 1997). Sin embargo, en ciertas especies las plantas propagadas por estacas tomadas de ramas laterales pueden tener un hábito de crecimiento indeseable, denominado topófisis (Macdonald, 1986; Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1997).

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 y Kester, 1997). 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. En cambio, una estaca extraída de una rama de hábito plageotrópico se desarrollará y crecerá horizontalmente, o sea perpetuará el hábito plageotrópico (Macdonald, 1986; Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1997).

c. Temperatura ambiental y del medio de enraizamiento

La temperatura ambiental óptima para el enraizamiento varía según la especie (Hartmann y Kester, 1997). La temperatura del aire en excesivo elevadas, 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, hecho indeseable para la propagación (Hartmann y Kester 1987).

Mientras que bajas temperaturas, reducen el proceso fotosintético (Carrera, 1977, citado por Torres, 2003), y disminuyen el metabolismo de las estacas, llevando a un mayor tiempo para el enraizamiento (Xavier, 2002, citado por Torres, 2003).

Botti (1999), señala que la mayoría de las especies requieren rangos diurnos de 20 a 27 °C, mientras (Hartmann y Kester, 1997) restringen el

rango de 21 a 27 °C. La temperatura nocturna ideal debe estar alrededor de los 15 °C (Hartmann y Kester, 1997; Botti, 1999).

Muchas especies logran mayores porcentajes de enraizamiento y en menor tiempo cuando la temperatura del sustrato se mantiene entre 25 y 28 °C en los primeros 15 a 20 días, para luego disminuirla a entre 18 y 20 °C. Esta condición puede llegar a ser decisiva en el proceso de enraizamiento para algunas especies vegetales (Botti, 1999). Pero no siempre existen los medios económicos para poder implementar camas calientes, menciona que la temperatura del aire debe mantenerse entre 27 y 29 °C y no pasar de 30 °C.

d. Humedad relativa

Es de gran importancia que las condiciones ambientales de temperatura y humedad en el sector de propagación puedan ser controladas, manteniéndolas dentro de los rangos adecuados (Botti, 1999). 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. Para ello es indispensable el empleo de boquillas con riego fino intermitente (mist) o incluso un equipo que entregue niebla fina (nebulizado) cada vez que la humedad ambiental disminuya en el invernadero, de esta forma se mantiene la humedad adecuada del sustrato y se humedecen las hojas de las estacas, reduciendo a la vez la temperatura del medio y la transpiración de las estacas (Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1997; Botti, 1999). La

humedad relativa debe ser muy alta cercana al 100% para reducir la transpiración y asegurar el máximo turgor de las células de la hoja.

Mesén (1992), reafirma los efectos benéficos sobre las estacas, del ambiente de alta humedad relativa dentro del propagador; el mantenimiento de la turgencia es crítico durante las primeras semanas cuando las estacas aun no han desarrollado raíces que puedan compensar grandes pérdidas de agua por transpiración.

e. Medio de enraizamiento (sustrato)

El sustrato de propagación debe cumplir tres funciones muy importante para el éxito del proceso: sujetar las estacas, mantener la humedad y permitir el intercambio de gases (Hartmann y Kester, 1997; Botti, 1999). Por lo tanto, cualquier material o mezcla de materiales que se utilice debe permitir una buena retención de agua (sin acumularla excesivamente) y una aireación que permita un contenido de oxígeno adecuado para la respiración de los tejidos sometidos a la producción de nuevas raíces (Botti, 1999). También debe poseer un buen drenaje y estar libre de microorganismos (Peate, 1989). Además, debe contener un escaso contenido de materia orgánica (Sandoval, 1997).

El sustrato tiene un efecto importante en el éxito del enraizamiento y debe ser considerado como parte integral de cualquier sistema de propagación. Un buen sustrato combina una buena aireación con alta capacidad de retención de agua, buen drenaje y libre de agentes contaminantes.

Un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70 % (Leakey, 1987, citado por Gutiérrez, 2003).

La relación entre aire y agua en el medio de enraizamiento juega un papel importante en el éxito de la macropropagación al influir la cantidad de oxígeno que pueda haber en la base de las estacas, donde las raíces son formadas (Haissig, 1974, citado por Núñez, 1997).

Adicionalmente, el exceso de agua alrededor de la base de la estaca funciona como una barrera para la difusión del oxígeno, causando en el peor de los casos, anoxia y muerte de los tejidos (Loach, 1977).

Mesén (1998), menciona que estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos fáciles de conseguir, generalmente grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezclas de estos materiales.

La arena fina en general ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies.

Longman (1993), citado por Mesén (1998), indica que no se debe aplicar fertilizantes al sustrato ya que la iniciación de las raíces es un proceso interno, controlado hormonalmente, que no es afectado por el nivel nutricional del sustrato; además el uso de fertilizantes puede estimular el crecimiento de algas y musgos en la superficie del medio.

3.13. Sistemas de propagación

Según Jinks (1995), las funciones de propagación son: las de mantener una atmósfera de baja evaporación y minimizar la pérdida de agua en las estacas, sin llegar a afectar la aireación del medio de enraizamiento; asegurar temperaturas adecuadas para la formación de raíces en la base de las estacas; y proveer niveles de luz para la fotosíntesis.

El uso de sombra en los sistemas de propagación tiende a reducir la temperatura en las hojas así como la presión de vapor dentro de estas. Con la llegada de los sistemas de propagación mediante nebulización por aspersion, el efecto del enfriamiento del vapor permitió una reducción en el uso de la sombra; además, redujo el gradiente de presión de vapor foliar al incrementar la humedad (Loach, 1977).

Es por ello que surgió la idea de crear un sistema más simple y económico capaz de funcionar en condiciones de ausencia de electricidad y de agua de cañería, el cual es el propagador de polietileno (Leakey, 1990), también llamado el propagador de sub-irrigación (Mesén, 1998).

Bajo condiciones tropicales, el propagador de sub irrigación también mantiene las temperaturas del aire y del sustrato dentro de los rangos normales para el enraizamiento de especies forestales (20 - 25 °C y 18 -30 °C, respectivamente) (Mesén, 1998).

3.14. El propagador de sub irrigación

El propagador de sub irrigación según (Leakey, 1990), consiste básicamente en un marco de madera o de metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable. Los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6,0 a 10,0 cm de diámetro), piedras pequeñas (3,0 a 6,0 cm) y grava, y los últimos cinco centímetros se cubren con un sustrato de enraizamiento (arena fina, aserrín, etc.). Los 20 cm basales se llenan con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza una sección de bambú o cualquier otro material insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Internamente se utilizan marcos de reglas que le dan apoyo a 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 que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna. El agua del propagador debe cambiarse al menos cada seis meses.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación de experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP – San Martín, ubicado en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín, cuyas coordenadas UTM son: N9283654 y E 0347742 a una altitud de 332 m.s.n.m.m.

4.1.2. Condiciones climáticas

Cuadro 2. Datos climáticos de Junio a Agosto del 2014, correspondiente el periodo experimental

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Horas sol/día	Precip. (mm)
	Mínima	Máxima	Media			
Junio	19,33	24,93	22,13	72,92	9,04	46,20
Julio	19,17	26,68	22,92	66,52	8,00	56,25
Agosto	19,36	26,20	22,78	70,63	7,70	130,95

Fuente: Estación Meteorológica del IIAP. 2014

4.1.3. Cámara de enraizamiento

La cámara de sub irrigación es un propagador basado en el diseño de Howland (Leakey, 1990), su estructura es de listones de madera forrada con polietileno (mica traslúcida) el cual crea su propio microclima, la base de la cámara está rellena con lecho de piedras menudas sobre el cual se colocó

el sustrato (arena media). El sustrato fue previamente lavado, desinfectado con lejía (Hipoclorito de sodio al 5,25%) y secado al sol.

4.1.4. Características del invernadero

Se empleó madera dura con una altura de 2 m, para regular el paso de la radiación solar y la temperatura hacia las cámaras propagadoras, se protegió colocando como techo malla sombreadora de 80 % de sombra, con un granaje de 92g/m² colocada a dos metros sobre el suelo.

4.2. Métodos

4.2.1. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 4A x 3B (4 Dosis de AIB y 3 tipos de estaquillas), con 3 repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental.

Los resultados tomados en campo se procesaron mediante el programa estadístico InfoStat. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de rango múltiple Tukey con un nivel de significancia ($p < 0.05$) de probabilidad de error para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Previo análisis, los datos de porcentaje de enraizamiento y brotación fueron transformados mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\%/100}$ y los datos de conteo como número de raíces transformados a $\sqrt{x + 1}$ (Snedecor y Cochran 1980).

4.2.2. Componentes en estudio

Material genético de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg. 1865)

Cuadro 3. Factores y niveles del experimento

FACTOR	NIVEL
A: Dosis de ácido- 3-indulbutírico	A1: 0% de AIB
	A2: 0,2% de AIB
	A3: 0,4% de AIB
	A4: 0,6% de AIB
B: Tipo de estaquilla	B1: Basal
	B2: Intermedia
	B3: Apical

4.2.3. Tratamientos estudiados

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos

Tratamiento	Clave	Descripción
T 1	A ₁ B ₁	Dosis (AIB: 0%), Estaca (Basal)
T 2	A ₁ B ₂	Dosis (AIB: 0%), Estaca (Intermedia)
T 3	A ₁ B ₃	Dosis (AIB: 0%), Estaca (Apical)
T 4	A ₂ B ₁	Dosis (AIB:0,2 %), Estaca (Basal)
T 5	A ₂ B ₂	Dosis (AIB:0,2 %), Estaca (Intermedia)
T 6	A ₂ B ₃	Dosis (AIB:0,2%), Estaca (Apical)
T 7	A ₃ B ₁	Dosis (AIB:0,4%), Estaca (Basal)
T 8	A ₃ B ₂	Dosis (AIB:0,4 %), Estaca (Intermedia)
T 9	A ₃ B ₃	Dosis (AIB:0,4%), Estaca (Apical)
T 10	A ₄ B ₁	Dosis (AIB:0,6 %), Estaca (Basal)
T11	A ₄ B ₂	Dosis (AIB:0,6 %), Estaca (Intermedia)
T 12	A ₄ B ₃	Dosis (AIB:0,6%), Estaca (Apical)

4.2.4. Análisis de varianza

Cuadro 5. Análisis de Varianza

Fuente de variabilidad	GL
Tratamiento	11
A	3
B	2
AB	6
Error	24
Total	35

4.2.5. Disposición experimental

Características de las unidades experimentales

- **Cámara de propagación**

Área total de cámara	: 1.92 m ²
Área neta de cámara	: 1.76 m ²
Largo total de cámara	: 2.40 m
Largo neto de cámara	: 2.35 m
Ancho total de cámara	: 0.80 m
Ancho neto de cámara	: 0.75 m

- **Experimento**

Número total de repeticiones	: 3
Tipo De Estaquilla	: 3
Dosis de AIB	: 4
Total de tratamientos	: 12
Distanciamiento entre estaquillas	: 0.10 m
Unidad del Experimento	: 12 estaquillas

4.3. Ejecución del experimento

4.3.1. Construcción e implementación del propagador de sub irrigación

Se preparó el piso de cemento, nivelado y homogenizando el área donde se ha instalado los propagadores de sub irrigación de madera, forrados con un plástico transparente que lo hace impermeable. Los primeros 25 cm se cubrió con capas sucesivas de piedras grandes (6,0 – 10,0 cm de diámetro), piedras pequeñas (3,0-6,0 cm) y grava, y los últimos cinco centímetros se cubrieron con sustrato de enraizamiento (arena media y grava fina). Los 20 cm basales se llenó con agua, de madera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utilizó una sección de tubo PVC insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Internamente se utilizó marcos de reglas que dan apoyo a la estructura y a la vez proporcionan subdivisiones que permiten el uso de sustratos diferentes dentro del mismo propagador. La caja se cubrió con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna.

4.3.2. Construcción e implementación del invernadero

Para la construcción se empleó maderas de Pumaquiro con una altura de 2.70 m. que fueron enterradas a 0.70 m de profundidad colocados cada 0.40 m se ha implementado colocando como techo una malla de sombra negra de 20 metros de largo x 4 metros de ancho, para lograr una sombra de 80 %.

4.3.3. Identificación y selección de plantas madres

Se utilizó plantas madres de *Plukenetia brachybotrya* parientes silvestres del Sacha Inchi del banco de multiplicación del centro de investigación "Pucayacu", del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, ubicada en el caserío de Bello Horizonte ubicada en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín, cuyas coordenadas geográficas (Longitud Oeste: 06° 31', Latitud Sur : 76° 17') a una altitud de 332 m.s.n.m.m., la selección fue basada en términos de características de disponibilidad de brotes tiernos para desarrollar el protocolo de propagación.

4.3.4. Preparación y etiquetado de plantas madres

Las plantas fueron preparadas un mes antes a la extracción de estacas mediante podas, aplicación de fungicidas (Protexin 50 WP 20 cc/20 l agua), fertilización foliar (Enziprón 50 cc/20 l agua) y radicular ligera, quince días antes de instalar el experimento se aplicó 50 g de fertilizante (14N - 00P - 00K), con el propósito de favorecer la aparición de brotes vigorosos, edad y tamaño uniforme (30 – 50 cm de longitud) para la obtención de estacas. Para el etiquetado se le asignó un número para cada planta de cada especie de *Plukenetia brachybotrya*.

4.3.5. Cosecha y traslado de brotes al área de propagación

La colecta del material vegetal, se colectó brotes de 30 a 50 cm aprox. de longitud, de brotes ortotrópicos, en horas tempranas (5.30 am a 7.30 am) para poder evitar mucho el estrés fisiológico que podrían sufrir en el periodo del corte hasta su establecimiento en el propagador, con tijeras de podar

desinfectadas con alcohol de 96 %, luego cortar los brotes y colocarlos en una caja de tecnopor, con capas alternas de papel húmedo (periódico) y hielo, para bajar la temperatura y así evitar su deshidratación.

4.3.6. Preparación de estacas

Las estacas se cosecharon de brotes ortotrópicos, sanos y vigorosos determinando el tipo de estaquilla basal, intermedia y apical de 1.2 a 1.6 mm aprox de diámetro, cada brote nos generó un promedio de 3 estacas, estas se procesaron en un módulo con condiciones asépticas y adecuadas evitando así la contaminación y deshidratación de material. Las estacas se prepararon haciendo un corto oblicuo justo arriba de un nudo con una longitud estándar para todos los tratamientos de 8 cm, utilizando tijeras podadoras desinfectadas, de manera que cada estaca contenga una hoja y al menos una yema, el cual dará origen al nuevo tallo.

4.3.7. Tratamiento hormonal de las estacas

La auxina utilizada fue el ácido - 3 - indol butírico químicamente pura marca MERCK. Se aplicó la auxina sintética (AIB) disuelto en alcohol puro de 96° como solvente, aplicándose con una micro jeringa de 10 µl de las soluciones anteriormente preparadas, para tener un control exacto de la cantidad y la concentración aplicada a todas las estacas. Luego esperar un minuto para el alcohol se evapore, con la finalidad de retener el AIB en la base de la estaca.

Cuadro 6. Descripción de concentraciones de la auxina

Dosis		Auxina AIB Cant.	Alcohol Cant.
A ₁	0.0 %	0,0 g	100 ml
A ₂	0,2 %	0,2 g	100 ml
A ₃	0,4%	0,4 g	100 ml
A ₄	0,6 %	0,6 g	100 ml

4.3.8. Establecimiento de las estacas en el propagador

Antes de insertar las estacas en el propagador se hizo hoyos de aproximadamente de 2 cm de profundidad en el sustrato previamente trazados, se colocaron las estacas con cuidado haciendo presión al sustrato firmemente alrededor de la estaca. El espaciamiento de la estaca fue de 10 cm x 10 cm. Después de colocadas las estacas se realizó un riego superficial para humedecer las hojas de las estacas. El etiquetado se realizó una vez instalado el ensayo identificando los tratamientos, las combinaciones, la fecha y especie.

4.3.9. Manejo de los propagadores de sub irrigación

Una vez que las estacas han sido establecidas en el propagador, se asperjo bien las hojas de las estacas con agua mediante un aspersor manual. Además se realizó inspecciones interdiarias para detectar y corregir problemas patológicos, eliminar hojas caídas o estacas con síntomas de necrosis que puedan ser un foco de infección, observar y mantener el nivel del agua. Se rocío con agua limpia las hojas de las estacas ayudándolas a mantener turgencias y favorecer el proceso de enraizamiento.

4.3.10. Trasplante del material enraizado

Al finalizar el experimento se procedió a trasplantar el material enraizado y colocarlas en un ambiente de aclimatación en bolsas de polipileno de un kilogramo de sustrato (2:1:2) desinfectado, por 3 a 4 semanas, para posteriormente dar un tratamiento normal de vivero.

4.3.11. Evaluaciones registradas

Las evaluaciones se realizaron a los 30 días de haber instalado el experimento.

a. Porcentaje de enraizamiento

Esta evaluación se realizó contándose el número de estacas enraizadas en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental), por tratamiento por repetición.

b. Número de raíz

Esta evaluación se realizó contándose el número de raíces en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental) por tratamiento y por repetición.

c. Longitud de raíz

Esta evaluación se realizó midiéndose con un vernier milimetrado, la longitud más larga de la raíz en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental) por tratamiento y por repetición.

d. Porcentaje de brotación

Esta evaluación se contándose el número de estacas con brotes aéreos en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental), por tratamiento por repetición.

V. RESULTADOS

5.1. Porcentaje de enraizamiento

Cuadro 7. Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días. Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%/100}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	6.04689	0.5497	119.994	**
A	3	5.98971	1.9966	435.818	**
B	2	0.01837	0.0092	2.004	n.s
inter AB	6	0.03881	0.0065	1.412	n.s
Error	24	0.10995	0.0046		
TOTAL	35	6.15684	0.1759		

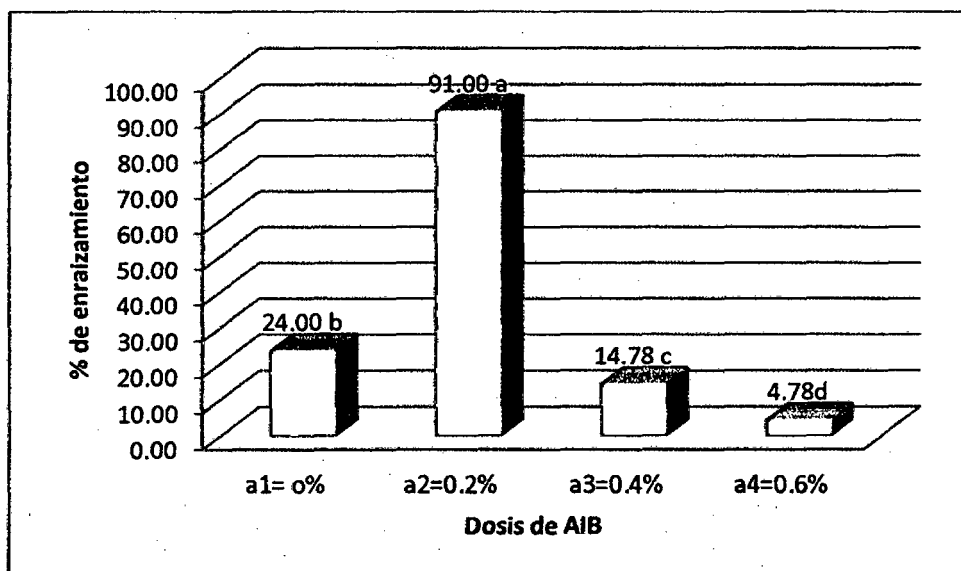
**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

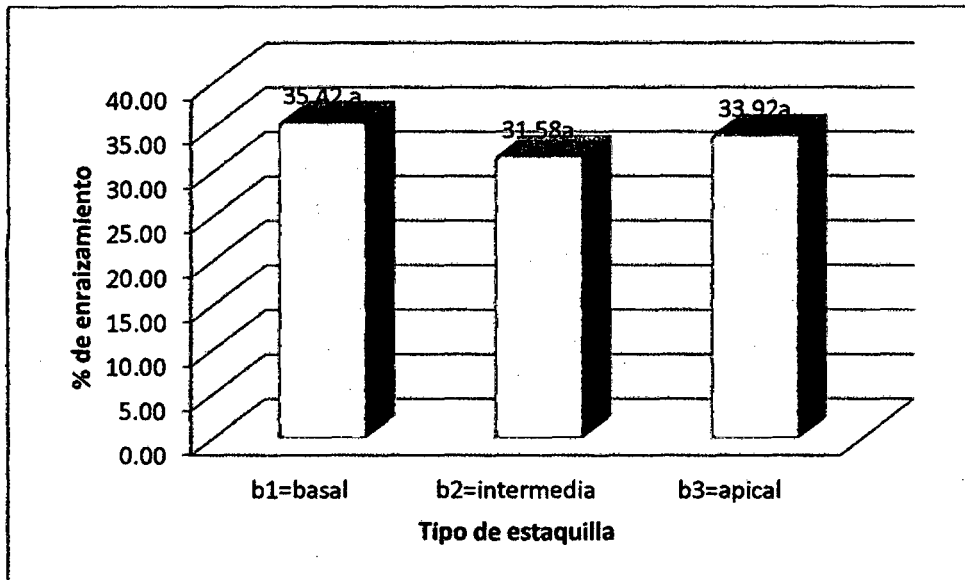
cv= 11.47

R² =98.21%

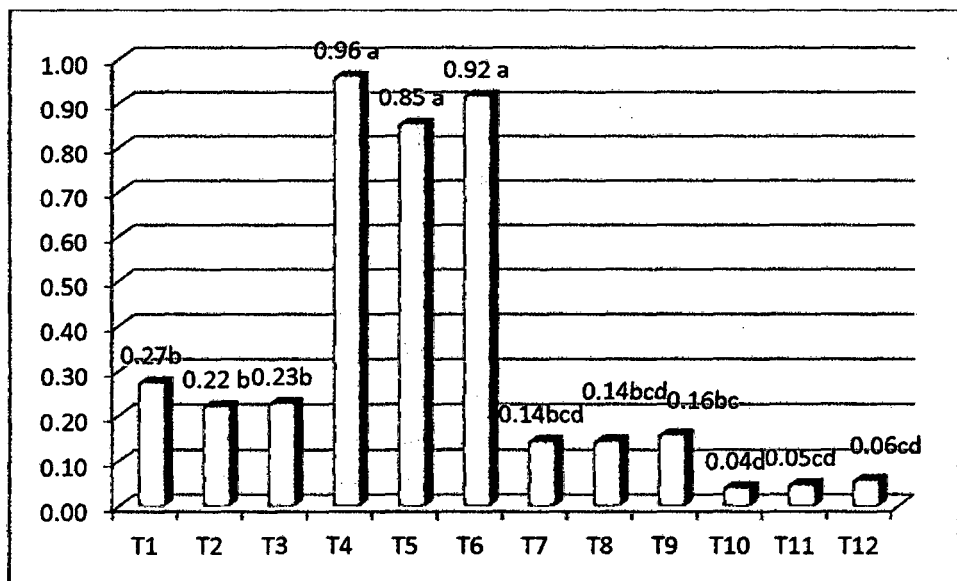
X=33%



Grafica 1: Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para promedios de los niveles del factor A (Dosis AIB), respecto al porcentaje de enraizamiento



Grafica 2: Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para promedios de los niveles del factor B (Tipo de estacilla), respecto al porcentaje de enraizamiento.



Grafica 3: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento.

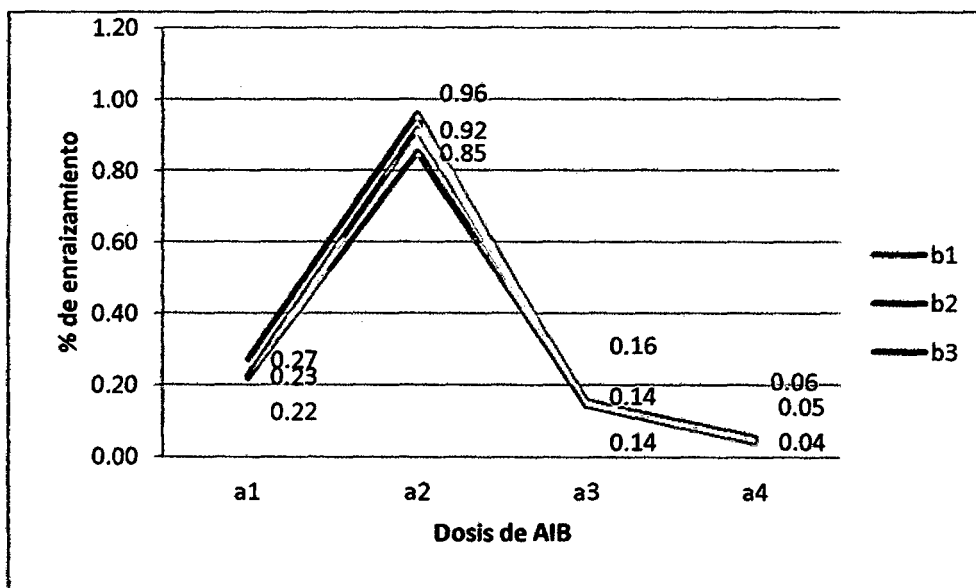


Gráfico 4: Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estacilla) en el porcentaje de enraizamiento.

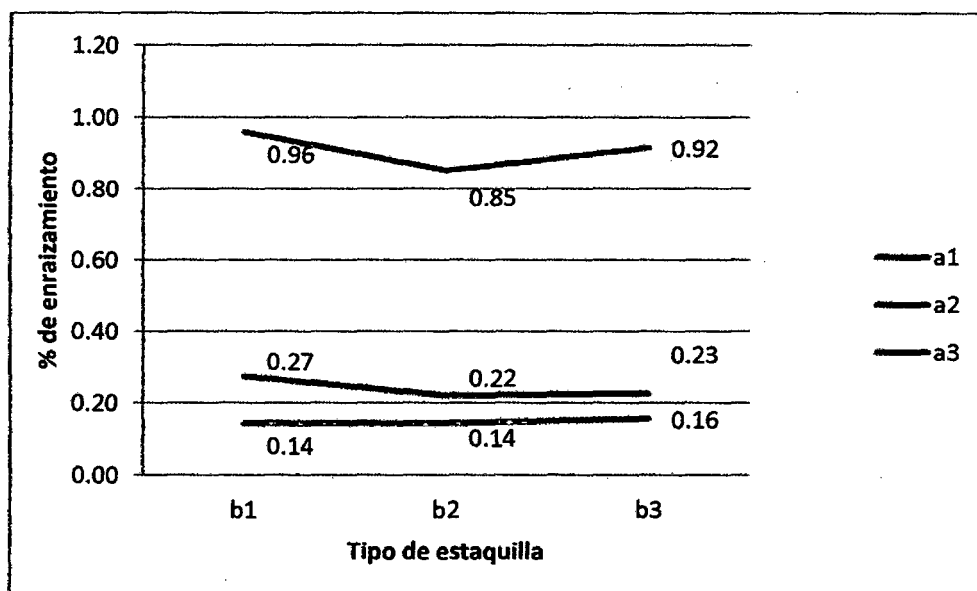


Gráfico 5: Efecto en la interacción del factor B (Tipo de estacilla) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), en el porcentaje de enraizamiento.

5.2. Número de raíces

Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de brotación evaluado a los 30 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	32.0315	2.9120	33.010	**
A	3	31.4652	10.4884	118.897	**
B	2	0.06431	0.0322	0.365	n.s
inter AB	6	0.50202	0.0837	0.948	n.s
Error	24	2.11715	0.0882		
TOTAL	35	34.1487	0.9757		

**= Altamente significativo

* = significativo

N.S = no significativo

$R^2 = 93.80\%$

C.V = 8.82 %

$\bar{X} = 11.28$

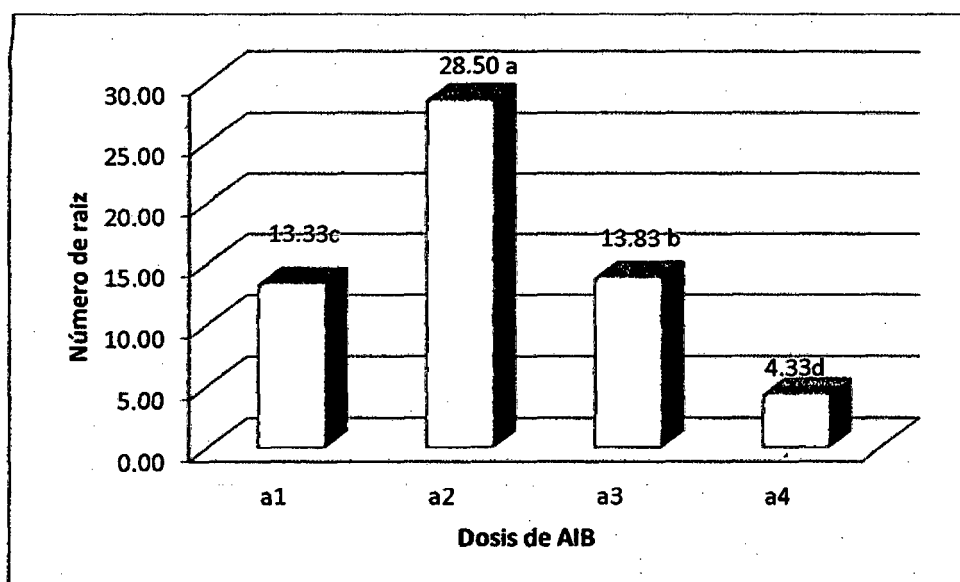


Gráfico 6: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) número de raíces.

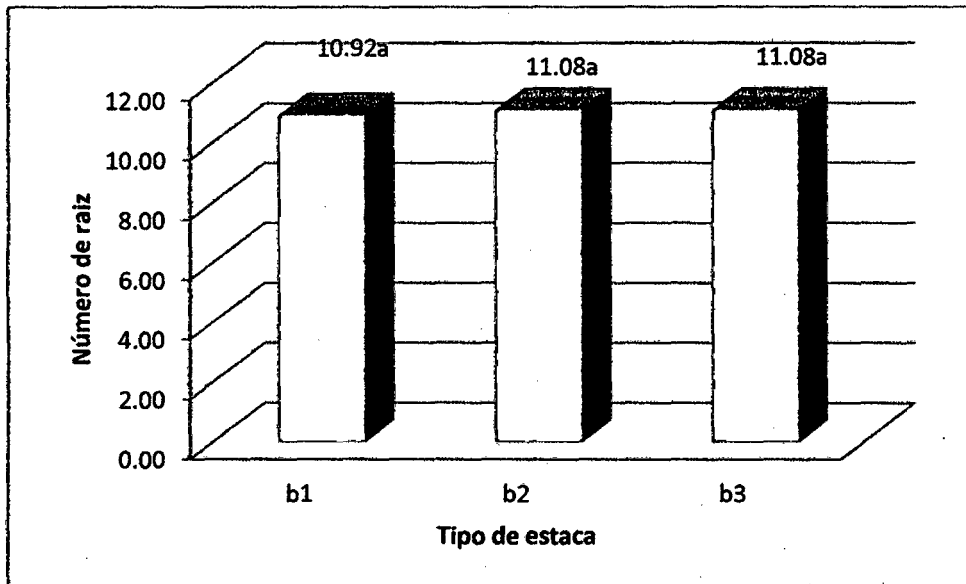
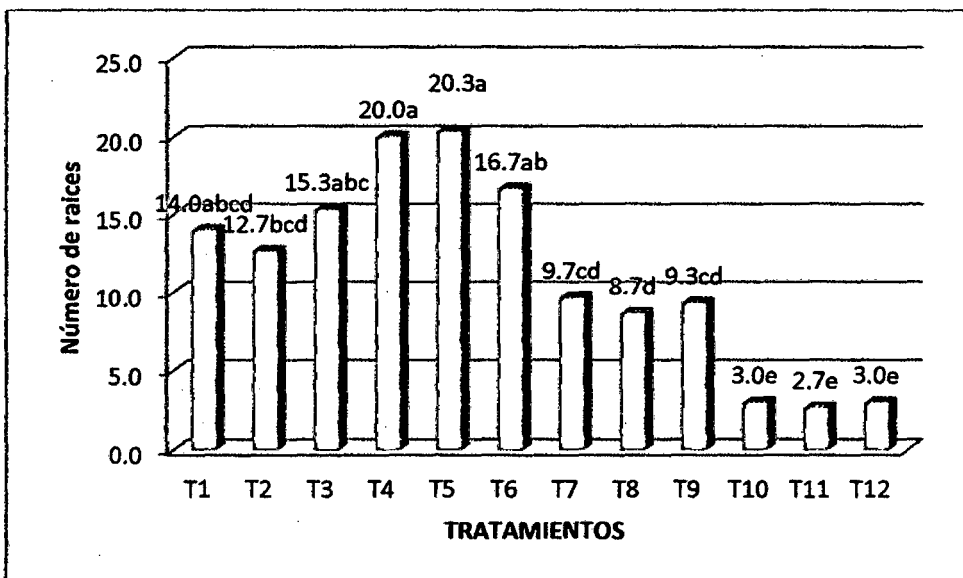


Gráfico 7: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de estaquilla) respecto al número de raíces.



Grafica 8: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el número de raíces.

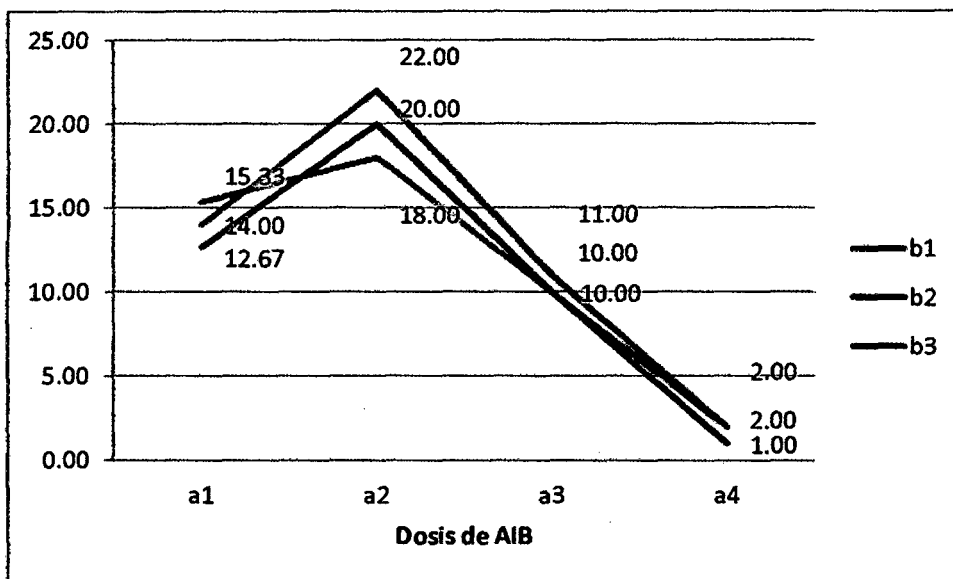


Gráfico 9: Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) en el número de raíces.

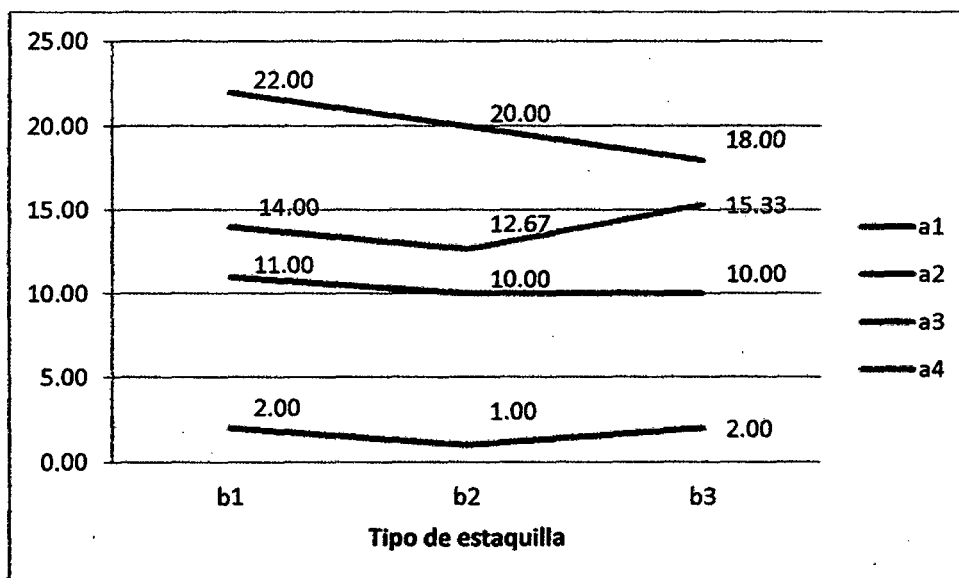


Gráfico 10: Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), en el número de raíces.

5.3 Porcentaje de brotación

Cuadro 9. Análisis de varianza del porcentaje de brotación evaluado a los 30 días. Datos transformados arcsen $\sqrt{\%/100}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	2.73635	0.2488	123.728	**
A	3	2.70556	0.9019	448.566	**
B	2	0.01084	0.0054	2.695	n.s
inter AB	6	0.01994	0.0033	1.653	n.s
Error	24	0.04825	0.0020		
TOTAL	35	2.7846	0.0796		

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

$R^2 = 98.27\%$

C.V = 5.76 %

X= 50.69 %

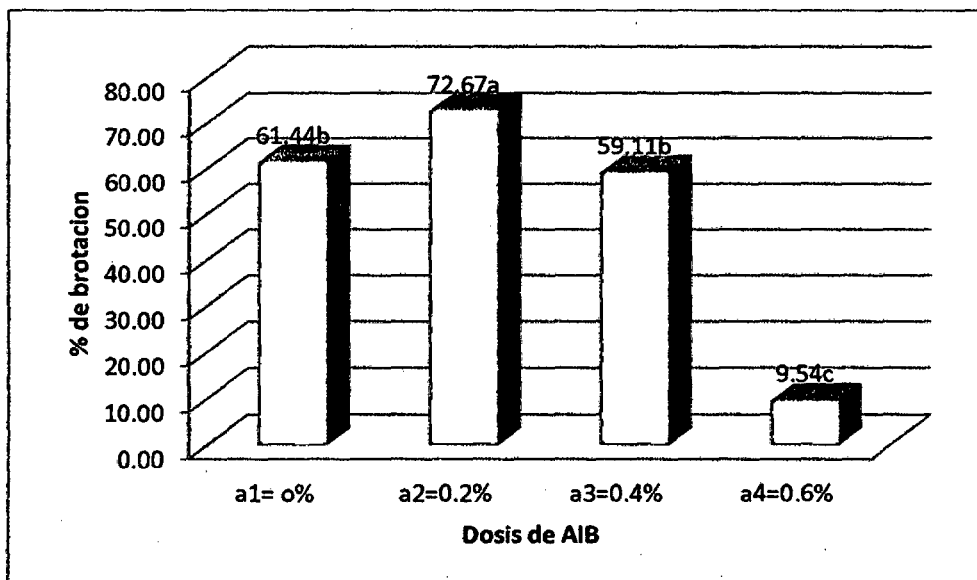


Gráfico 11: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de brotación.

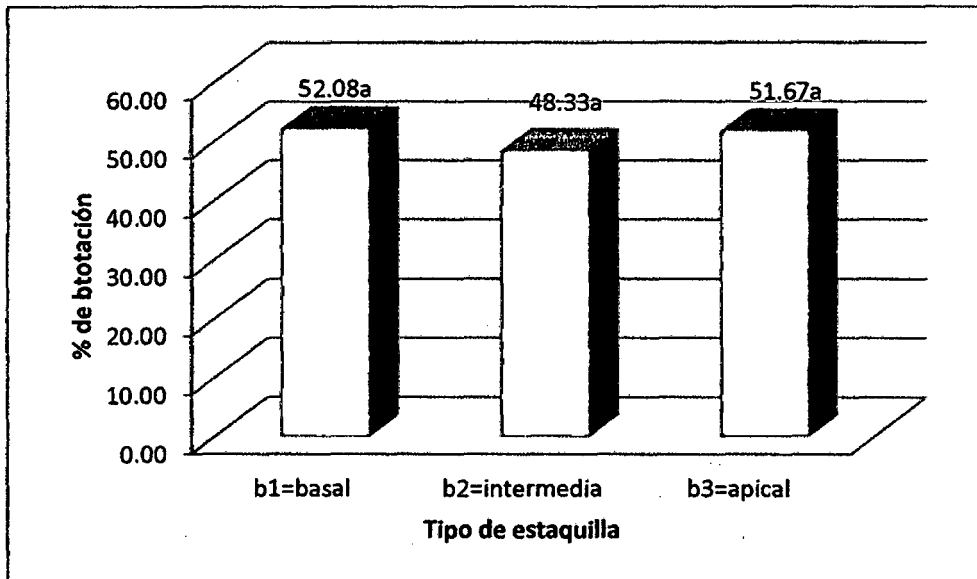
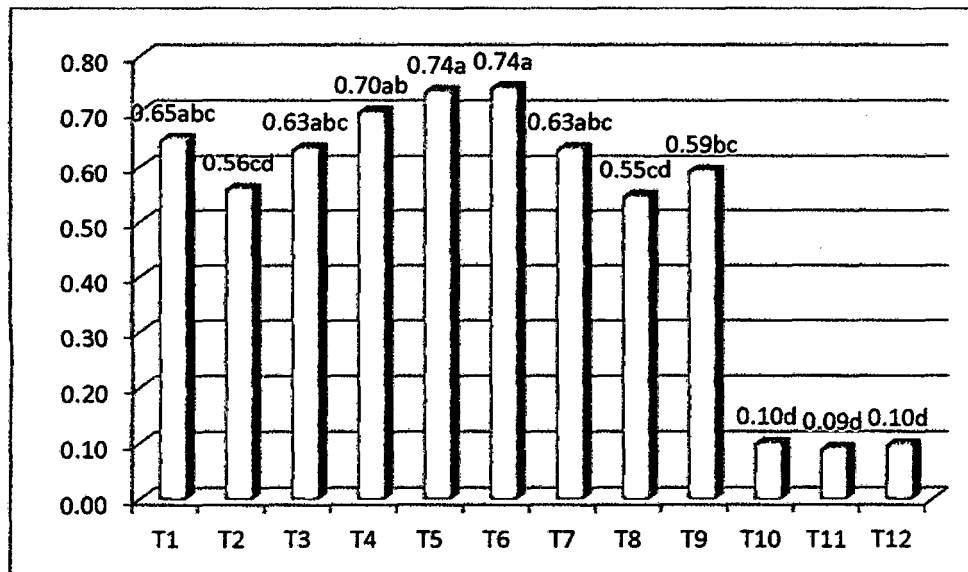


Gráfico 12: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de estacilla) respecto al porcentaje brotación.



Grafica 13: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de brotación.

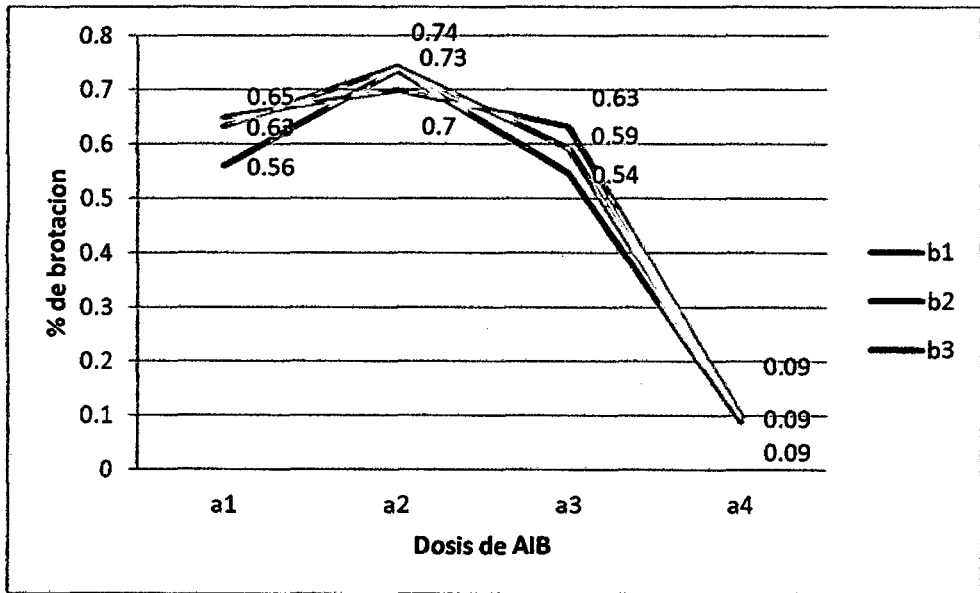


Gráfico 14: Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) al porcentaje de brotación.

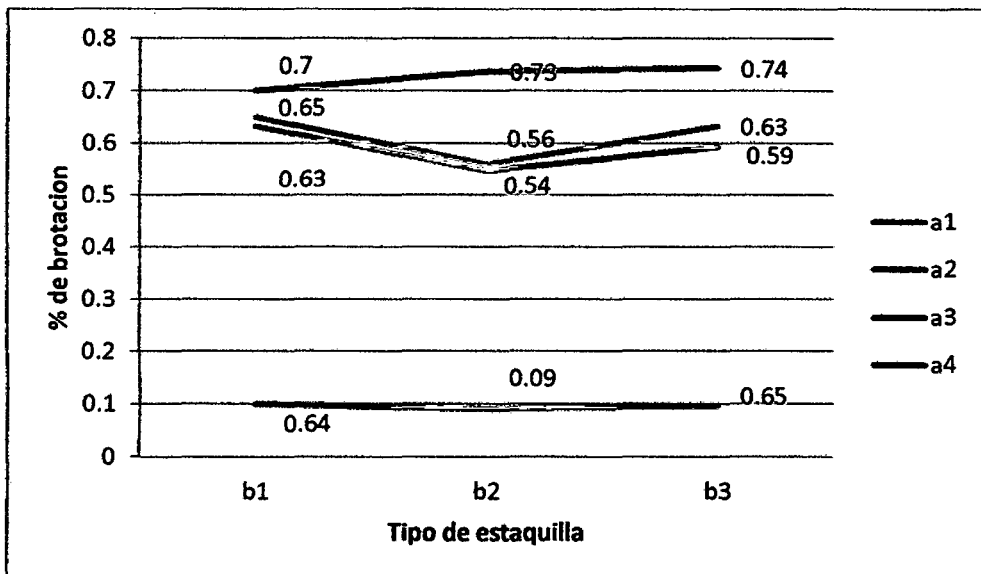


Gráfico 15: Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), al porcentaje de brotación.

5.4 Longitud de la raíz mayor

Cuadro 10. Análisis de varianza del porcentaje de brotación evaluado a los 30 días.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	206.955	18.8141	44.446	**
A	3	203.716	67.9053	160.417	**
B	2	0.15544	0.0777	0.184	n.s
inter AB	6	3.08421	0.5140	1.214	n.s
Error	24	10.1593	0.4233		
TOTAL	35	217.115	6.2033		

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

$R^2 = 95.32\%$

C.V = 11 %

$\bar{X} = 5.48$ cm

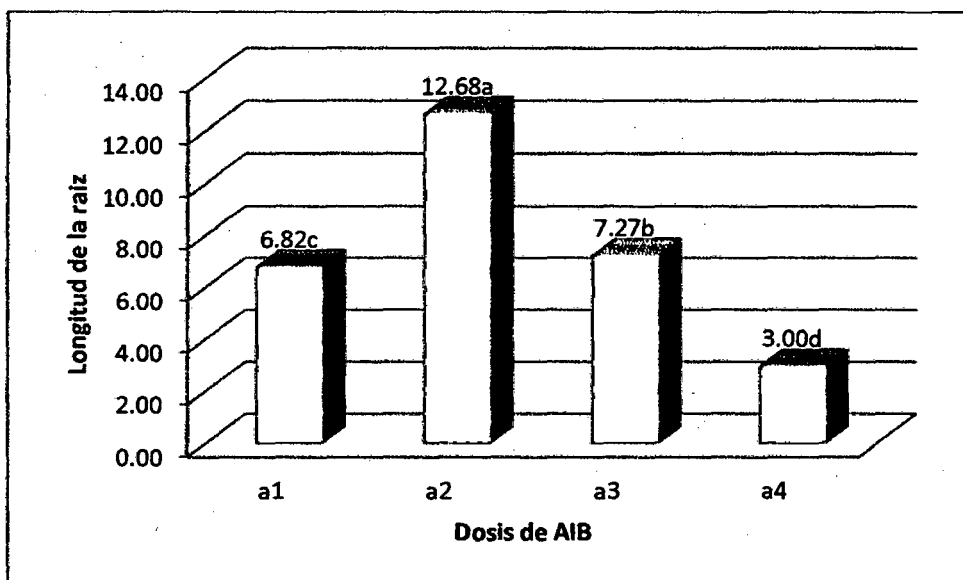


Gráfico 16: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor.

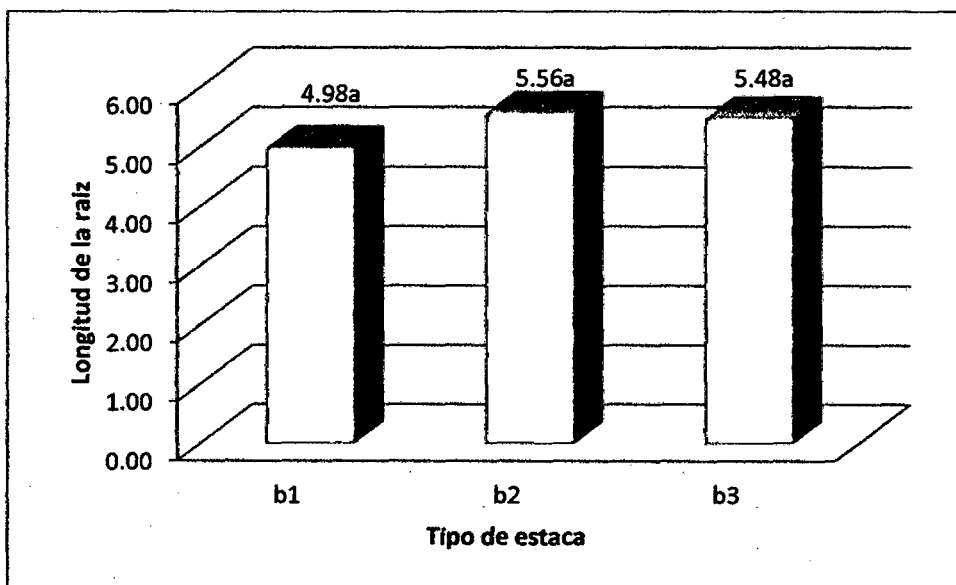


Gráfico 17: Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo estaquilla) respecto a la longitud de la raíz mayor.

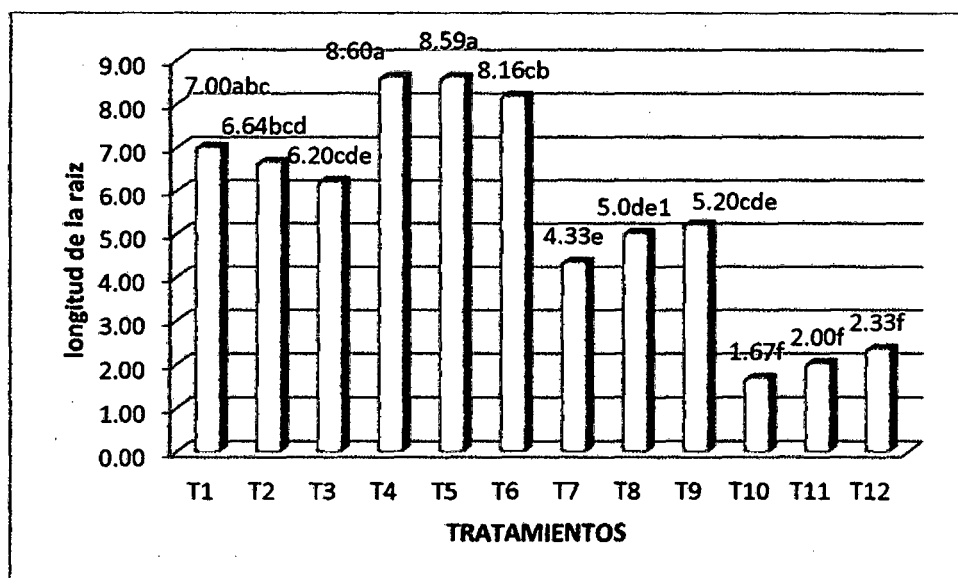


Gráfico 18: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B respecto a la longitud de la raíz mayor.

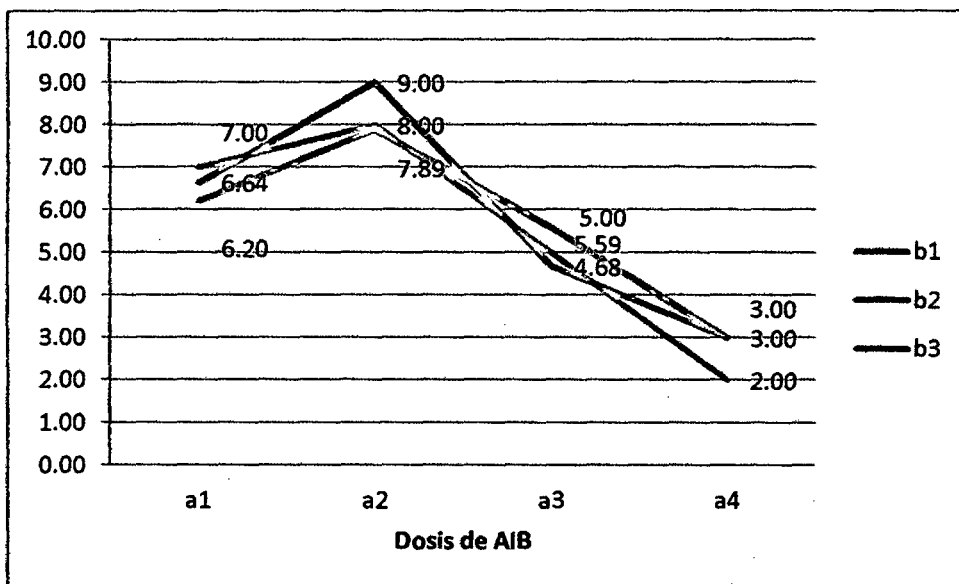


Gráfico 19: Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de estaquilla) respecto a la longitud de la raíz mayor.

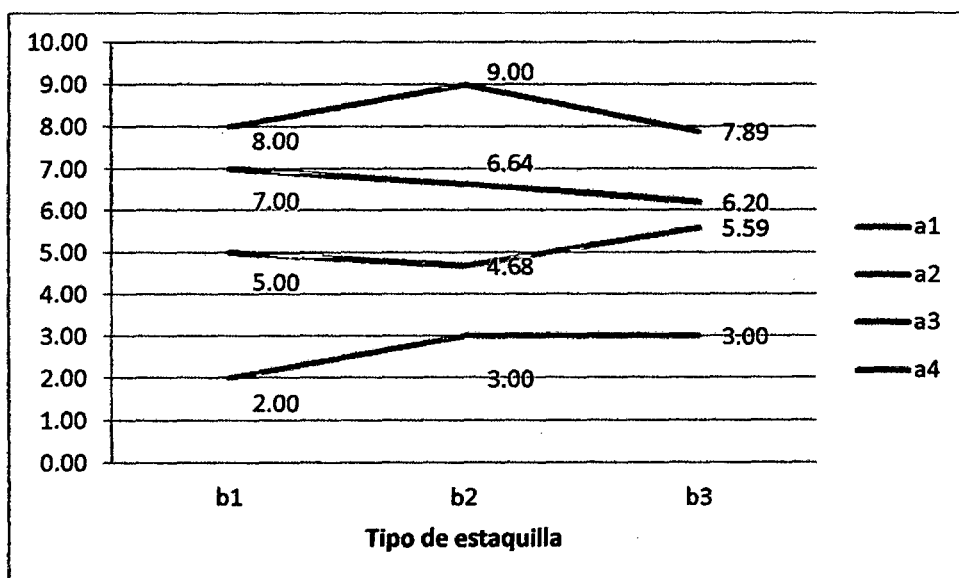


Gráfico 20: Efecto en la interacción del factor B (Tipo de estaquilla) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor.

VI. DISCUSIONES

6.1. Porcentaje de enraizamiento

Del análisis de varianza (Cuadro 7) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Factor A: Dosis de AIB.

Sin embargo, en el factor B y las interacciones A y B no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia brachybotrya*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 33 % con un coeficiente de determinación de 98.21 % y un coeficiente de variabilidad de 11.47 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 1 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al % de enraizamiento existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,2% de AIB con un valor alcanzado de 91% superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 2 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de estaquilla) correspondiente no existe diferencia estadística en cuanto al tipo de estaquilla para el porcentaje de enraizamiento.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de estacilla (Gráfica 3), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T4, T5 y T6 con una medias de 96%, 85 y 92% de enraizamiento respectivamente, mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio. El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,2 % de AIB y tipo de estacilla basal, intermedia y apical probablemente porque esta dosis favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces. Esto se corrobora con los resultados obtenidos por Bartra (2009) y el CATIE (Díaz, 1991; Leakey, 1990; Mesén, 1992; Mesén, 1993 y Núñez, 1997), donde la concentración fue de 0,2% de AIB, para *Plukenetia volubilis* L; *A. acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla*; con *Platymiscium pinnatum*.

Al parecer, la mayor habilidad de enraizamiento en las estacas tratadas con AIB está relacionada con el incremento de la actividad cambial subsecuente aumento del tejido parenquimáticas de mayor actividad metabólica en las estacas, circunstancia que puede incidir favorablemente en la disponibilidad de carbohidratos solubles durante el proceso de enraizamiento, efecto conocido para las auxinas (VIEITEZ *et al.*, 1980; HAISSIG, 1974; LEAKEY *et al.*, 1982 citado por NÚÑEZ (1997) menciona sus efectos directos sobre la división celular asociados con un aumento en la tasa de transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de las estacas donde promueven la iniciación y desarrollo de las raíces.

Dichos efectos se pudieron observar en el mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas de *Plukenetia brachybotrya* tratadas con AIB. Actualmente está bien establecido que los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se translocan hacia las regiones tratadas con auxinas (MESEN 1998). Otro efecto de las auxinas a la base de la estaca asociado con la formación de raíces, es su capacidad de estimular la síntesis de ADN en ciertas células (GASPAR y HOFINGER, 1988).

6.2. Número de raíces

Del análisis de varianza (Cuadro 8) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: el factor A: Dosis de AIB.

Sin embargo, en el factor B (tipo de estaquilla) y la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia brachybotrya*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 11.28 con un coeficiente de determinación de 93.80% y un coeficiente de variabilidad de 8.82 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 6 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al número de raíces, existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,2% de AIB con un valor alcanzado de 28.50 superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 7 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de estaquilla) correspondiente, no existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de estaquilla.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de estaquilla (Gráfica 8), el número de raíces está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T5 y T6 con un 20 y 20.3 en cuanto al número de raíces respectivamente, mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

6.3. Porcentaje de brotación

Del análisis de varianza (Cuadro 9) para el porcentaje de brotación, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Factor A (Dosis de AIB).

Sin embargo, en la fuente de variación: Factor B (Tipo de estaquilla) y interacción de A y B no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el porcentaje de brotación de *Plukenetia brachybotrya* dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 50.69 % con un coeficiente de determinación de 98.27 % y un coeficiente de variabilidad de 5.76 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 11 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al % de brotación existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,2% de

AIB con un valor alcanzado de 72.67% superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 2 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de estaquilla) correspondiente, no existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de estaquilla para el porcentaje de brotación.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de estaquilla (Gráfica 13), el porcentaje de brotación está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T5, T6 con un 74, % de brotación respectivamente, mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,2 % de AIB, probablemente porque esta dosis favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello un mayor porcentaje de brotación.

Para el porcentaje de brotación nos indica que estos resultados se deben a que en las estaquillas. Ruíz (2010), menciona que las citoquininas probablemente seas las responsables de brotación de yemas ya que tienen un movimiento no polar (movimiento acropetal) hacia el ápice.

Por otra parte la activación de yemas dormantes se debe principalmente al efecto directo de citoquininas, ya que la aplicación de reguladores de

crecimiento como el AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), ANA (ácido naftalenacético), pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling *et al.*, 2000, citados por Torres, 2003).

Por tanto las respuestas mostradas para el factor (A) es lógico a lo que explica (Norberto, 1999; Wendling *et al.*, 2000, citados por Torres, 2003), donde hace referencia de la dominancia de funciones que adquieren los reguladores en los tejidos se debe principalmente al balance entre Auxinas/citoquininas.

6.4. Longitud de raíz mayor

Del análisis de varianza (Cuadro 10) para Longitud de raíz mayor, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A).

Así mismo, el factor B (tipo de estaquilla), en la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto la longitud de raíz mayor de *Plukenetia brachybotrya*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB), además se obtuvieron una media de 5.48 cm, con un coeficiente de determinación de 95.32 % y un coeficiente de variabilidad de 11 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 16 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente a la longitud de raíz mayor, existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,2% de AIB con un valor promedio alcanzado de 12.68 cm superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 17 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de estaquilla) correspondiente, no existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de estaquilla para la longitud de raíz mayor.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de estaquilla (Gráfica 18), la longitud de raíz mayor está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T4 y T5 con un 8.6 y 8.59 cm en cuanto a la longitud de raíz mayor respectivamente, mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,2 % de AIB y grava fina probablemente porque esta dosis y el sustrato favorecieron un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces. Esto se corrobora con los resultados obtenidos en el IIAP (Ruíz *et al* 2011) y CATIE (Díaz, 1991; Leakey, 1990; Mesén, 1992; Mesén, 1993 y Núñez, 1997), donde mencionan que con la concentraciones de 0,2 de AIB, lograron obtener un mayor longitud de raíces para *Plukenetia volubilis* L; *A. acuminata*; *B.*

quinata; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla* y *Platymiscium pinnatum*.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. La dosis de 0.2 % de ácido -3- Indol Butirico (AIB), obtuvo en promedio el mayor porcentaje de enraizamiento, porcentaje de brotación, número de raíces y longitud de raíz mayor para el enraizamiento de estacas de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865).
- 7.2. El tipo de estaquilla basal, intermedia y apical, obtuvieron los mayores valores, para el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865).

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1. Continuar los trabajos de enraizamiento de estacas juveniles de *Plukenetia brachybotrya* para la validación de una dosis de 0.2 % de AIB con los tipos de estaquillas y luego poder recomendar en campo.
- 8.2. Realizar un análisis económico de la propagación vegetativa en base a los resultados con los mejores tratamientos.
- 8.3. Continuar trabajos en longitud de estaca, niveles de área foliar y tipo de sustrato en cámaras de sub irrigación.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. AWAD, G. (1993). Propagación vegetativa de seis especies vegetales nativas con posibilidades ornamentales. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 66 pág.
2. BARTRA, J. (2009). Dosis de ácido-3-indol butírico en el enraizamiento de estacas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en diferentes sustratos. UNSM.
3. BOTTI, C. (1999). Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En: Manejo tecnificado de invmaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 72-82 pág.
4. BRAUDEAU, J. (1981). El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México – D. F. 296 pág.
5. CACHIQUE, D. (2011). Propagación vegetativa del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonia Peruana.
6. CABELLO, A. (2000). Propagación Asexual. Apuntes de Clases N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 pág.
7. CUCULIZA, P. (1956). Propagación de plantas. Lima. Perú. Talleres gráficos F. L. Villanueva. 340 pág.

8. DÍAZ, M.E. (1991). Técnicas de Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica CATIE. 93 pág.
9. DIRR, M. y HEUSER, C. Jr. (1987). The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Georgia, USA. Varsity Press INC. 239 pág.
10. FARIA, C y SACRAMENTO, K. (2003). Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauerio (clones CEPEC 42, TSH 516 e TSH 1188) em funcao da aplicacao do ácido indolbutirico (AIB)
11. GASPAR, T; HOFINGER, M. (1988). Auxin metabolism during adventitious rooting. In: Davis T.D., Haissig B.E., Sankhla N (Eds). Adventitious Root Formation in Cuttings. Portland, EE: UU. BE Dioscorides Press, p. 117-131.
12. GILLESPIE, L. J. (1993). A synopsis of Neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species. *Systematic Botany* 18 (4).
13. GILLESPIE, L. J. y ARMBRUSTER, W. S. 1997. A contribution of the Guianan Flora: *Dalechampia*, *Haematostemon*, *Omphalea*, *Pera*, *Plukenetia* and *Tragia* (Euphorbiaceae). *Smithsonian Contribution to Botany*, number 86. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 48 pp.
14. GRANGE, R.I., LOACH, K., (1985). The effect of light on the rooting of leafy cuttings. *Scientia Horticulturae* 27: 105-111 pág.
15. GUTIÉRREZ, B. (1995). Consideraciones sobre la Fisiología y el Estado de Madurez en el Enraizamiento de Estacas de Especies Forestales. Santiago, Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 9 (2): pp 261 – 277.

16. GUTIÉRREZ, B. (2003). Propagacion del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz) por semillas, estacas y acodos. Turrialba. Costa Rica. Pág.
17. HAISSIG, E. B. (1974). Origin of adventitious roots. *New Zealand Journal of Forestry Science* (Nueva Zelanda) 4 (2): 299-310 pág.
18. HARTMANN, H. y KESTER, E. (1997). Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 pág.
19. JINKS, L. (1995). The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinas excelsior* L), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *New Forests* (EE.UU.) 10: pág. 183 -195.
20. JUDD, W.; CAMPBELL, C.; KELLOG, E.; Stevens, P. (1999). *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA, USA. 464 pp.
21. KAINS, M. y McQUESTEN L. (1938). *Propagation of plantz*. New York. Usa. Orange Judo Publishing Company, INC. 639. Pág.
22. LEAKEY, R. (1990). Propagación vegetativa de especies forestales. In *Manual sobre Mejoramiento genético*. CATIE, Turrialba. Costa Rica. Pág. 113 -120
23. LOACH, K. (1977). Leaf wáter potential and the rooting of cuttings under mist and polythelene. *Physiology Plantarum* (Dinamarca) 40: pág. 191 - 197.
24. LOACH, K. (1988). Controlling Environmental Condition to Improve Adventitious Rooting. Ed. Por Davis T.D.; Haissig, B.E. y Sankhla, N. eds *Aventitious root formation in cuttings Oregon* Dioscorides Press pág. 102-116.

25. **MACDONALD, B. (1986).** Practical woody plant propagation for nursery growers. London. Ed. Batsford. 669 pág.
26. **MEJIA, K. (1998).** Diagnostico de recursos vegetales de la amazonia peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Documento técnico N°16.
27. **MESÉN, J. F. (1992).** Hacia el desarrollo de técnica de silvicultura clonal para el pequeño finquero. *Chasqui (Costa Rica)* 28: 6-18 pág.
28. **MESÉN, J. F. (1993).** Vegetative propagation of Central American hardwoods Thesis PhD Scotland, University of Edinburgh. P. 231 pág.
29. **MESÉN, J. F. (1998).** Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 pág.
30. **MOBOT, Missouri Botanical Garden. (2007).** Saint Louis, Missouri, EUA <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>
31. **NÚÑEZ, Y. (1997).** Propagación Vegetativa del Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); Pílon (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y Surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) Mediante el Enraizamiento de Estacas Juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 pág. [En línea]. CATIE. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0488e/A0488e.pdf>).
32. **PEATE, N. (1989).** Media for cutting propagation. Washington. USA The international plant propagators society. 39: pág. 71 – 76.
33. **PROMPERU, (2013).** Normas técnicas de Sacha Inchi, cosecha, pos cosecha, aceites y trazabilidad.

34. RODRÍGUEZ, A. M. (2009). Relaciones filogenéticas del género *Plukenetia* Linnaeus, 1753 (EUPHORBIACEAE) en la Amazonía Peruana - IIAP.
35. RUIZ, H. (2010). Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estacilla en el enraizamiento de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Folia amazónica
36. SALISBURY, F. (2000). Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 pág.
37. SANDOVAL, A. (1997). Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis ing. Forestal facultad de ciencias agrarias forestales. Universidad de Concepcion. 50 pág
38. SANTELICES, R. (1998). Propagación vegetativa del Hualo, (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón. Tesis Magister en Ciencias Forestales, Mención Manejo Forestal. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 93 pág.
39. STRASBURGUER, E. (1994). Tratado de botánica. Omega, Barcelona. 1.068 p.
40. SNEDECOR, W.; COCHRAN, G. (1980). Statistical methods. 7th Edition. State University Press, Iowa, EEUU. 507 pp.
41. TORRES, A. (2003). Relação entre Sazonalidade Desrama e Carboidratos no Crescimento do *Eucalypto* Na propagação Vegetativa por Miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 pág. [En línea]. USP.

(<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122003-105826/>).

42. VALLEJOS, (2010). Efecto de longitudes de estacas y niveles de área foliar en el enraizamiento de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en cámaras de subirrigación. IIAP. Folia amazónica
43. WELLS, J. (1979). Plant propagation practices. 14^a printing. New York. USA. Macmillan Publishing co., INC. 344 pág.
44. ZOBEL, B; TALBERT, J. (1988). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Edit. LIMUSA S.A. 1^o edic. 545 p.
45. ZOBEL, B. y TALBERT, J. (1992). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 pág.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el enraizamiento de estacas juveniles de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), bajo el efecto de cuatro dosis de ácido-3-indol butírico (0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %), y tres tipos de estaquilla (basal, intermedia y apical) utilizando propagadores de sub irrigación. El ensayo se realizó en el vivero experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) - San Martín; empleando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 4A x 3B, con tres repeticiones, y doce estacas por unidad experimental.

Al término del ensayo (30 días de haberse establecidos en el propagador), se obtuvo porcentajes de enraizamiento a una dosis de AIB al 0,2 % con un 91 %; además que el tipo de estaquilla basal, intermedia y apical, no presentaron diferencia estadística en su desarrollo, en general la especie puede ser enraizada fácilmente para los trabajos de propagación clonal.

Palabras claves: *Plukenetia brachybotrya*, propagación vegetativa, enraizamiento, estacas juveniles, longitud de estaca, área foliar, cámara de sub irrigación.

SUMMARY

In order to evaluate the rooting juvenile cuttings of *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), under the effect of four doses of acid indole -3 - butyric acid (0 %, 0.2 %, 0.4 %, 0, 6%), and three types of cuttings (basal , middle and apical) using propagators sub irrigation. The experimental nursery of the Research Institute of Peruvian Amazon (IIAP) - San Martín was the trial site; using a completely randomized design with a factorial arrangement 4A x 3B, with three replicates and twelve cuttings per experimental unit.

Rooting percentages AIB at a dose of 0.2% with 91% obtained at the end of the trial (30 days to settle in the propagator). In addition, that the type of basal, middle and apical cuttings showed no statistical difference in their development, overall species can be easily rooted for the work of clonal propagation.

Keywords: *Plukenetia brachybotrya*, vegetative propagation, rooting juvenile cuttings, cutting length, leaf area, sub chamber irrigation.

ANEXO

ANEXO 1: Cronograma de actividades

N°	ACTIVIDADES	CRONOGRAMA 2014			
		Junio	Julio	Agosto	Setiembre
	I. Enraizamiento de Estacas juveniles				
1	Construcción e implementación del propagador de subirrigación	X			
2	Identificación y selección de plantas madres sobresalientes	X			
3	Preparación y etiquetado de plantas Madres	X			
4	Cosecha y traslado de brotes al área de propagación	X			
5	Preparación de estacas juveniles	X			
6	Tratamiento hormonal	X			
7	Establecimiento de las estacas juveniles en el propagador	X			
8	Manejo del propagador de subirrigación	x	X		
9	Determinación de resultados		x	x	x
10	Trasplante y acondicionamiento		X		
11	Aclimatación al medio		x		
12	Aclimatación de estaquillas enraizadas de sachá inchi (plantones)			x	
13	Frecuencia de fertilización foliar			X	
14	Trasplante a campo definitivo			X	
	II. Redacción Del Informe Final			x	x

ANEXO 2: Croquis del experimento

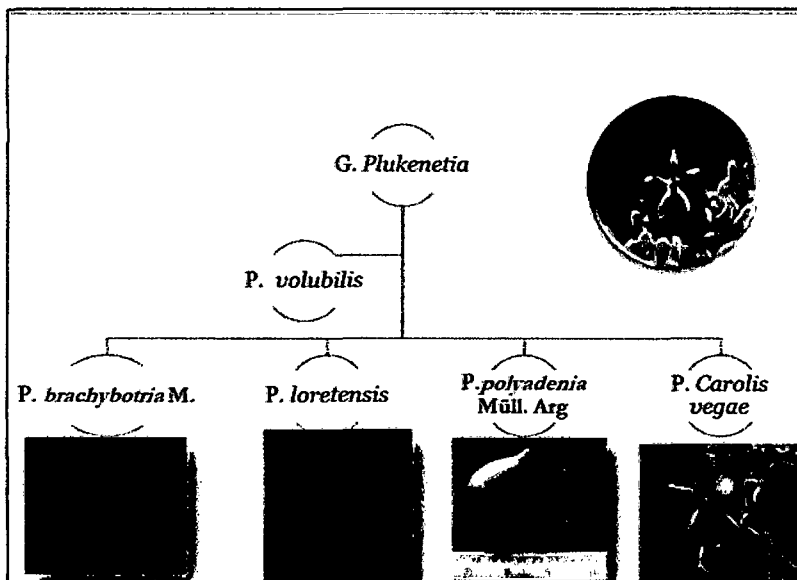
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T5				T2				T12				T4				T1				T9			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T8				T6				T7				T3				T10				T11			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T5				T1				T7				T6				T3				T12			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T10				T11				T4				T2				T8				T9			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T8				T2				T4				T9				T10				T6			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T12				T5				T7				T3				T11				T1			

R1

R2

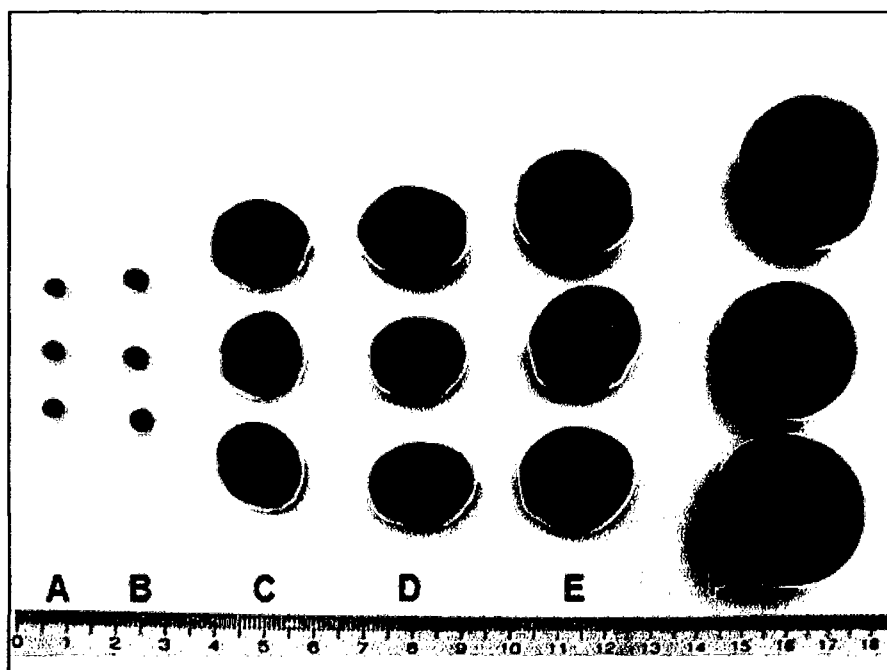
R3

ANEXO 3: Especies del género *Plukenetia*



Elaboración propia.2014

ANEXO 4: Variabilidad entre las semillas A=*P. brachybotrya*; B = *P. loretensis*; C = *P. volubilis* ecotipo San Martín; D = *P. volubilis* ecotipo Cusco; E = *P. volubilis* ecotipo Amazonas; F = *P. polyadenia*. (Rodríguez, 2009).



ANEXO 5: Datos originales

Porcentaje de enraizamiento

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
30	19	30	95	95	95	15	15	12	2	3	5
27	22	23	98	72	87	12	12	17	6	6	6
25	25	15	95	89	93	16	16	18	4	5	6

Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%/100}$

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
0.58	0.45	0.58	1.35	1.35	1.35	0.40	0.40	0.35	0.14	0.17	0.23
0.55	0.49	0.50	1.43	1.01	1.20	0.35	0.35	0.42	0.25	0.25	0.25
0.52	0.52	0.40	1.35	1.23	1.30	0.41	0.41	0.44	0.20	0.23	0.25

Porcentaje brotación

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
66	55	63	67	75	77	62	55	61	12	9	11
67	63	62	70	66	67	66	59	55	9	8	8
62	50	65	73	80	79	62	50	62	9	10	10

Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%/100}$

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
0.95	0.84	0.92	0.96	1.05	1.07	0.91	0.84	0.90	0.35	0.30	0.34
0.96	0.92	0.91	0.99	0.95	0.96	0.95	0.88	0.84	0.30	0.29	0.29
0.91	0.79	0.94	1.02	1.11	1.09	0.91	0.79	0.91	0.30	0.32	0.32

Numero de raíz

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
11	12	17	22	20	18	11	10	10	2	1	2
14	15	13	17	21	17	10	7	11	3	2	3
17	11	16	21	20	15	8	9	7	4	5	4

Datos transformados $\sqrt{x + 1}$

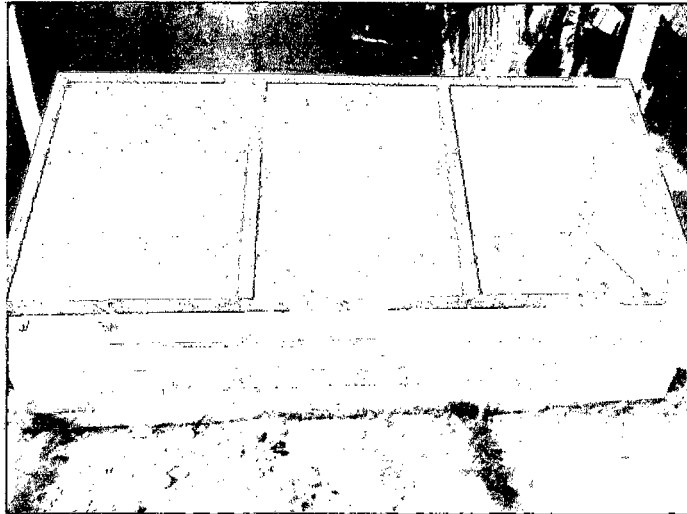
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
3.46	3.61	4.24	4.80	4.58	4.36	3.46	3.32	3.32	1.73	1.41	1.73
3.87	4.00	3.74	4.24	4.69	4.24	3.32	2.83	3.46	2.00	1.73	2.00
4.24	3.46	4.12	4.69	4.58	4.00	3.00	3.16	2.83	2.24	2.45	2.24

Longitud de raíz

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
6.00	6.70	5.57	8.00	9.00	7.89	6.00	6.36	5.59	6.00	6.00	6.00
7.00	7.23	6.70	8.90	8.78	7.60	6.21	7.45	7.21	4.00	5.90	6.67
8.00	6.00	6.34	8.90	8.00	9.00	5.90	5.90	6.67	3.00	6.12	8.00

ANEXO 6: Galería de fotos

1. Instalación de cámaras de sub irrigación

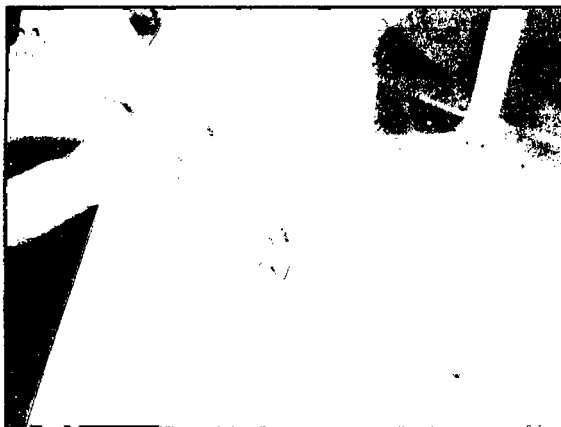


2. Preparación de estacas juveniles





3. Instalación de estacas en el sub irrigador



4. Obtención de estacas enraizadas

