

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



**TESIS**

**INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3- INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE  
SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia carolis-*  
*vegae* EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN - PERÚ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**PATRICIA PAREDES DEL AGUILA**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2016**

T. 07.07.2016  
DORADO

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



**TESIS**

**INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3- INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE  
SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia carolis-*  
*vegae* EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN – PERÚ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**PATRICIA PAREDES DEL AGUILA**

**TARAPOTO – PERÚ  
2016**

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

**ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS**

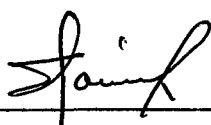
**TESIS**

**INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3- INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE  
SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia carolis-*  
*vegae* EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN – PERÚ**

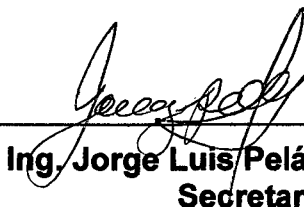
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:  
PATRICIA PAREDES DEL AGUILA**

**COMITÉ DE TESIS**



**Ing. M. Sc. Jorge Sánchez Ríos  
Presidente**



**Ing. Jorge Luis Peláez Rivera  
Secretario**



**Ing. Marvin Barrera Lozano  
Miembro**



**Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez  
Asesor**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO

## Unidad de Bibliotecas Especializadas y Biblioteca Central

### FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN NO EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA EN REPOSITORIO DIGITAL

#### 1. DATOS PERSONALES

<b>Apellidos y Nombres:</b> PATRICIA PAREDES DEL AGUILA		<b>DNI :</b> 45914180
<b>Domicilio:</b> Jr. Juan Vargas N° 633 - Tarapoto		
<b>Teléfono</b> 942818228	<b>Correo Electrónico</b> pparedes2103@gmail.com	

#### 2. DATOS ACADÉMICOS

<b>Facultad</b>	<b>: CIENCIAS AGRARIAS</b>
<b>Escuela Académico Profesional : AGRONOMÍA</b>	

#### 3. DATOS DE LA TESIS

<b>Título:</b> "INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3-INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE <i>Plukenetia carolis vegae</i> EN CÁMARAS DE SUB IRRIGACIÓN EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN"
<b>Año de Publicación</b> 2016

#### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente autorizo a la Unidad de Bibliotecas Especializadas y Biblioteca Central – UNSM – T, para que publique, conserve y sin modificarla su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en su Repositorio Institucional su obra a texto completo el citado título (Resolución Rectoral N° 212-2013-UNSM/CU-R).

PATRICIA PAREDES DEL AGUILA

DNI 45914180

Fecha de recepción: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

**A dios por darme fuerza buena salud y sabiduría para enfrentar obstáculos y seguir aun en los momentos más difíciles**

**A mis padres: Gledis del Águila y Ángel Paredes por apoyarme siempre en mi formación personal guiándome día a día por el camino del bien**

**A mis hermanos: Zoila, Manuel, Edwin, Wendy y Manuel Ángel, que su alegría y ganar de salir adelante me dieron el apoyo moral y espiritual para lograr mis objetivos.**

**A mi compañero de la vida, Gianfranco Angulo, por su acompañamiento en todos los momentos de desarrollo del presente trabajo.**

**A mis grandes amigos: Jack Viena, Iván Isuiza, Jim Vásquez, David Paredes, a todo mi equipo de trabajo de Stevia One Perú SAC, a los del IIAP quienes me acompañaron y me brindaron su apoyo en todo momento y de alguna manera fortalecieron mi fuerza de voluntad, paciencia y dedicación.**

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional de San Martín-T, 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 (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 estadístico del presente trabajo de investigación.

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Generalidades de la especie en estudio.....	5
3.1.1. Clasificación botánica.....	5
3.1.2. Origen y distribución.....	5
3.1.3. Características morfológicas.....	7
3.1.4. Propagación de Sacha Inchi.....	8
3.1.5. Importancia de la investigación del género <i>Plukenetia</i> ....	9
3.2. Propagación asexual o vegetativa .....	10
3.3. Propagación vegetativa a través de estacas.....	13
3.4. Formación de raíces adventicias .....	14
3.5. Bases fisiológicas de la iniciación de la raíz en las estacas.....	16
3.6. Efecto de los carbohidratos en el enraizamiento .....	20
3.7. Efecto de la Luz .....	20
3.8. Reguladores de crecimiento.....	21
3.8.1. Ácido -3-indolbutírico (AIB) .....	22
3.9. Factores que condicionan el enraizamiento de estacas.....	23
3.9.1. Edad de la planta madre (factor juvenilidad) .....	23
3.9.2. Selección de la madre para la obtención de estacas.....	23
3.9.3. Temperatura ambiental y del medio de enraizamiento.....	25
3.9.4. Humedad relativa .....	26
3.9.5. Medio de enraizamiento (sustrato).....	27

3.10. Sistemas de propagación .....	28
3.11. El propagador de subirrigación .....	29
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
4.1. Materiales.....	31
4.1.1. Ubicación del campo experimental.....	31
4.1.2. Condiciones climáticas.....	31
4.1.3. Cámara de enraizamiento.....	32
4.1.4. Características del área de propagación.....	32
4.2. Diseño experimental.....	32
4.3. Componentes en estudio.....	33
4.3.1. Material vegetativo.....	33
4.4. Tratamientos estudiados.....	34
4.4.1. Análisis de varianza.....	34
4.5. Disposición experimental.....	34
4.6. Ejecución del experimento .....	35
4.6.1. Construcción e implementación del proyecto de sub irrigación	35
4.6.2. Construcción e implementación del invernadero.....	36
4.6.3. Colectas.....	37
4.6.4. Cosecha y traslado de brotes al área de propagación.....	37
4.6.5. Preparación de estacas.....	38
4.6.6. Tratamiento hormonal de las estacas.....	39
4.6.7. Establecimiento de las estacas en el propagador y etiquetado	40
4.6.8. Manejo de los propagadores de sub irrigación.....	40
4.6.9. Trasplante del material enraizado.....	41
4.6.10. Periodo de aclimatación.....	42



4.7. Evaluaciones registradas .....	42
4.7.1. Porcentaje de enraizamiento (%).....	42
4.7.2. Número de raíces .....	42
4.7.3. Longitud de raíz mayor .....	43
4.7.4. Porcentaje de brotación .....	43
V. RESULTADOS .....	44
5.1. Porcentaje de enraizamiento.....	44
5.2. Número de raíces.....	46
5.3. Porcentaje de brotación.....	48
5.4. Longitud de la raíz mayor .....	51
VI. DISCUSIONES.....	54
VII. CONCLUSIONES.....	62
VIII. RECOMENDACIONES.....	63
IX. BIBLIOGRAFIA.....	64
RESUMEN	
SUMMARY	
ANEXO	

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Datos climáticos de Junio a Agosto del 2014, correspondiente el periodo experimental.....	31
2.	Factores y niveles del experimento en cámara de sub irrigación.....	33
3.	Distribución de los tratamientos en estudio.....	34
4.	Análisis de varianza.....	34
5.	Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días. Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%/100}$ .....	44
6.	Análisis de varianza del número de raíces evaluado a los 30 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	46
7.	Análisis de varianza para la el porcentaje de brotación evaluados a los 30 días.....	48
8.	Análisis de varianza de longitud de la raíz mayor. ....	51

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráficos	Página
1. Prueba de Tukey ( $\alpha=$ ) para promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB), respecto a porcentaje de enraizamiento.....	44
2. Prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato), respecto al porcentaje de enraizamiento.....	45
3. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento.....	45
4. Prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) número de raíces.....	46
5. Prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para los promedios de los niveles del factor B (Dosis de AIB), para los tratamientos A y B en el número de raíces.....	47
6. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los tratamientos A y B en el número de raíces.....	47
7. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de brotación.....	48
8. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al porcentaje de brotación.....	49
9. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de brotación.....	49

10	Efecto en la interacción del factor A (Dosis AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) al porcentaje de brotación.....	50
11	Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis AIB) al porcentaje de brotación.....	50
12	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor.....	51
13	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios del factor B (Tipo de sustrato) respecto a la longitud de la raíz mayor.....	52
14	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los tratamientos A y B respecto a la longitud de la raíz mayor.....	52
15	Efecto en la interacción del factor A (Dosis AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato), respecto a la longitud de la raíz.....	53
16	Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor.....	53

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	<i>Plukenetia carolis-vegae</i> R.B 2013.....	7
2.	Características morfológicas.....	8
3.	Preparación del propagador.....	36
4.	Colecta del material vegetal.....	37
5.	Preparación de estacas.....	38
6.	Tratamiento hormonal.....	39
7.	Establecimiento en el propagador.....	40
8.	Transplante del material.....	41

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- **INTECO.**- Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación – España.
- **I.E.**- Institución Educativa
- **TIC.**-Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- **NTICs.**- Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación.
- **Top ten.**- Los 10 primeros.
- **On line.**- en línea, en internet.
- **Facebook** .- Red social de internet.
- **MySpace.**- Red social de internet.
- **Hi5**- Red social de internet.
- **Sonico.**- Red social de internet.
- **Flickr.**- Red social de internet.
- **Social network** .- red social.
- **GE.**- grupo experimental
- **GC.**- grupo control.
- **PEA.**- Proceso de enseñanza aprendizaje.

## I. INTRODUCCIÓN

La Amazonía Peruana tiene una superficie aproximada de 770 000 km<sup>2</sup> y su elevada riqueza de especie florísticas, constituyen su calidad más relevante. La impresionante diversidad biológica hace que muchas de estas especies no hayan sido estudiadas en profundidad, desconociéndose su real valor agregado. El mercado internacional para productos naturales viene mostrando un incremento sostenido en los últimos años, se calcula que en los próximos 5 años el monto total de gasto en los países desarrollados será del orden 50 billones y al caracterizar nuevas especies, le daremos un valor agregado y mayor oportunidad a nuestros productos naturales.

Actualmente, se conoce de dos especies del género *Plukenetia* conocida como sacha inchi: *volubilis* y *huayllabambana*, que tienen gran demanda internacional en el rubro de nutraceuticos; presentando en su semilla ácidos grasos esenciales tipo omegas 3, 6 y 9, proteínas, y vitamina E, en cantidades significativamente elevadas con respecto a las semillas de otras oleaginosas, construyéndose en la actualidad con los productos banderas en el rubro nutraceuticos del país.

*Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann, 2013), es una especie recientemente descubierta como cultivo promisorio por las múltiples ventajas que representa para otras especies del mismo género en el marco del proceso en mejora vegetal.

En la actualidad, la mayoría de las especies de este género, se viene multiplicando por semilla botánica. Sin embargo, no es el más indicado para la propagación de plantas madres en el trabajo de mejoramiento por estar en función de la recombinación genética, resultando una población heterogénea en la descendencia (Sevilla y Holle, 2004).

En cambio con la propagación por estacas, se logra una réplica del ADN; es decir, toda la información genética de la planta madre. En efecto, se considera el más adecuado y confiable para los trabajos de mejoramiento genético en la propagación de plantas madres (Vásquez, 2000), ya que mantiene el genotipo parental, no es necesario hacer polinizaciones artificiales ni aislamientos, no hay problemas con la segregación ni con la dominancia o la interacción entre genes no alélicos, preservando sus características en la descendencia (Sevilla y Holle, 2004).

La propagación vegetativa otorga la oportunidad de vencer las limitaciones impuestas al mejoramiento por largos ciclos de vida, fructificación y/o floraciones irregulares y la alogamia, sorteando la necesidad de la reproducción sexual y facilitando la captura de genotipos individuales (*Leakey et al.*, 1994). Una eficiente caracterización, selección y clonación de individuos con características deseadas permitiría la posterior instalación de bancos de germoplasma en condiciones ex situ.

En ese sentido, conociendo la importancia de la especie y la propagación por estacas como una metodología de multiplicación y conservación de materiales promisorios, el presente trabajo de investigación busca determinar una dosis de



ácido-3-indol butírico (AIB) más adecuada y un tipo de sustrato apropiado 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 nutraceútico en la Amazonia Peruana.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar diferentes dosis de ácido-3-indol butírico y tipos de sustratos y su efecto en el enraizamiento de *Plukenetia carolis-vegae* utilizando propagadores de sub irrigación en la provincia de San Martín.

### 2.2 Objetivo específico

Determinar el mayor efecto del enraizamiento de *Plukenetia carolis-vegae* usando cuatro dosis de ácido-3-indol butírico en el enraizamiento) utilizando propagadores de sub irrigación.

Determinar el mejor efecto del enraizamiento de *Plukenetia carolis-vegae* a través del uso de dos sustratos, utilizando propagadores de sub irrigación.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Generalidades de la especie en estudio

##### 3.1.1 Clasificación Botánica

Según Itis.gov., presentan la siguiente clasificación:

Reino	:	Plantae
División	:	Tracheophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Género	:	<i>Plukenetia</i> (Linnaeus, 1753)
Especie	:	<i>carolis - vegae</i> (Bussmann, 2013)

##### 3.1.2 Origen y distribución

La familia Euphorbiaceae es la sexta familia más diversa entre las Angiospermas, después de las Orchidaceae, Compositae, Fabaceae, Poaceae y Rubiaceae (Martínez *et al.*, 2002).

*Plukenetia* L. (Euphorbiaceae) es un género pantropical de lianas y enredaderas de aleatorización. De las 20 especies conocidas (Bussmann *et*

al., 2009 y Gillespie, 1994), indican que doce se producen en los Neotrópico , siete de África y Madagascar, y uno en Asia. Es más notable por los ovarios de cuatro carpeladas estilos fusionados que son a menudo masiva, hábito trepador, glándulas adaxial, basilaminar, numerosos estambres y, a menudo grandes flores, pistiladas con cuatro sépalos.

*Plukenetia* pertenece a la tribu *Plukenetieae* (Webster 1975, 1994), careciendo característicamente látex. Gillespie (1994), examinó la morfología del polen. El género *Plukenetia* es uno de los más reconocidos de la tribu. Gillespie (1993), manifiesta que constituye una revisión a fondo de las especies neotropicales.

El género *Plukenetia* comprende de 17 especies de distribución pantropical, 12 de América, tres de África, una de Madagascar y una de Asia. En México se encuentran *P. carabiasiae* J. Jiménez Ram.; *P. penninervia* Müell. Arg. y *P. stipellata* L.: .J. (Gillespie, citado por Galluser, 2004).

*Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann, 2013) es originaria de la región Amazonas, Provincia de Rodríguez de Mendoza, difiere mucho de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann, 2009), en cuanto a la estructura floral y aspectos morfológicos; es una especie recientemente descubierta, los estudios preliminares reportan que posee contenidos de omega 3, 6 y 9 superiores al *Plukenetia volubilis* L. (Bussmann, 2013). Sin embargo, aún no se conoce las principales características de esta especie.



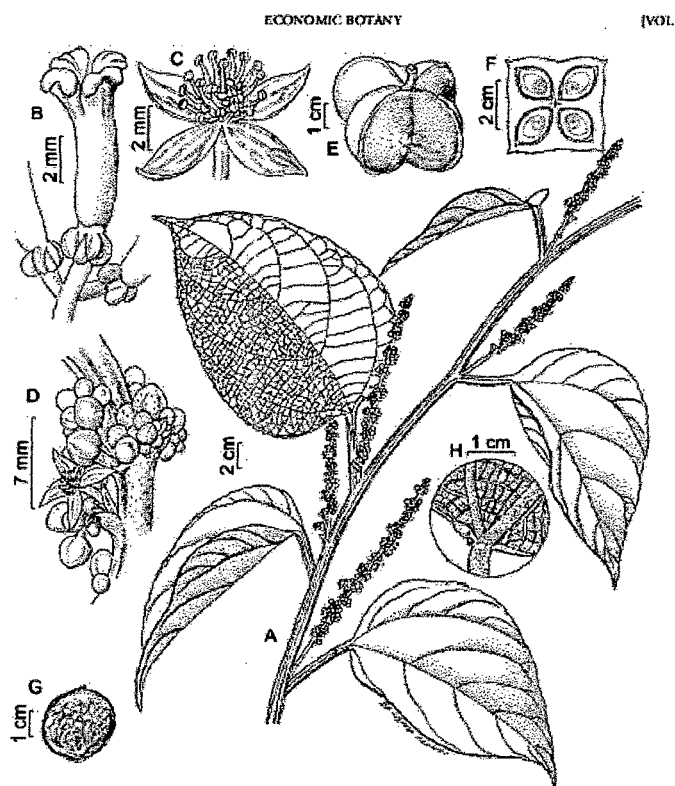
**Figura 1.** *Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann, 2013).

### **3.1.3 Características morfológicas**

Especie de lianas grande, el tallo trepador; las ramas delgadas. Las hojas alternas, simple, la parte pequeña stipules, persistente; La hoja cordiforme; Las glándulas del basilaminar 2, 3-6 mm, estrechamente transversal, glándulas laminares ausentes; las flores estaminíferas; los sépalos 4 (raramente 5), la corola y el disco se ausentan.

*Plukenetia carolis vegae* ostenta características parecido a *P. huayllabambana* Bussmann; pero, difiere teniendo un número más pequeño de sépalos (4 en lugar de 5) en las flores estaminíferas, estilos más cortos (4–

7 mm en lugar de 10-12 mm), filamentos más anchos, muchas hojas mayores (7-12 9-17 cm vs. 4-10 – 7-14 cm) y cordiformes (en lugar de elíptico), (Bussmann *et al.*, 2009).



**Figura 2.** Características morfológicas. A. hábitat, Flor pistilada, C/D flor estaminada, E/F cápsula, G semilla (Bussmann, 2013).

### 3.1.4 Propagación del sachá inchi

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 cm<sup>2</sup> (Cachique, 2011).

### **3.1.5 Importancia de la investigación 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 (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.

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 Sacha 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.

Esto determina que en la actualidad se debe contar con un plan de mejora vegetal del Género *Plukenetia*, ya que presenta varias especies como *Plukenetia huayllabambana*, entre otras, para lo cual tener este fin se debe contar con material genético para empezar su estudios posteriores

### **3.2 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.

### **3.3 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).

#### **3.4 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 desdiferencian 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 (Leakey, 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, 1988, citado por Núñez, 1997). Un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70 % (Leakey, 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).

### **3.5 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 meristemos apicales, a partir del aminoácido triptofano. La auxina ácido indol-3-acético (AIA) es una 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 meristemas 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 y Ross, 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 y Ross, 2000).

### **3.6 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).

### **3.7 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, citado 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, 1988b).

### **3.8 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 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 (Norberto, 1999; Wendling *et al.*, 2000, citados por Torres, 2003).

### **3.8.1 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).

Dentro de las sustancias reguladoras de crecimiento, las auxinas son las que presentan mayores efectos en la formación de raíces adventicias (Gaspar y Coumans, 1987; Gaspar y Hofinger, 1988; Hartmann *et al.*, 1997), siendo las hojas jóvenes y yemas activas, la principal fuente de auxinas endógenas, que

permiten la rizogénesis en ausencia de auxina exógena (Hartmann *et al.*, 1997). La aplicación exógena de auxinas induce la formación de raíces adventicias, las más utilizadas son el ácido 3-indolbutírico (AIB) y el ácido naftalén acético.

### **3.9 Factores que condicionan el enraizamiento de estacas**

#### **3.9.1 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).

#### **3.9.2 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).

### **3.9.3 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 (Evans, 1972), citado por Henríquez (2004), menciona que la temperatura del aire debe mantenerse entre 27 y 29 °C y no pasar de 30 °C.

#### **3.9.4 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 aún no han desarrollado raíces que puedan compensar grandes pérdidas de agua por transpiración.

### **3.9.5 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.

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.

### **3.10 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).

### **3.11 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 METODOS

### 4.1 Materiales

#### 4.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP – San Martín, ubicado en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín; cuyas coordenadas UTM son N 9283654 y E 0347742 y a una altitud de 332 m.s.n.m.

#### 4.1.2 Condiciones climáticas

Cuadro 1: Datos climáticos de Junio a Agosto del 2014, correspondiente al periodo experimental.

Meses	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
Total	57,86	77,81	67,83	210,07	24,74	233,40
Promedio	19,28	25,93	22,61	70,02	8,24	77,80

Fuente: Estación Meteorológica de la IIAP – 2014

### **4.1.3 Cámara de enraizamiento**

La cámara de sub irrigación es un propagador basado en el diseño 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 los sustratos (grava fina y arena media) separados 0,80 m cada uno. Cada 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 2,0 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, colocadas a dos metros sobre el suelo.

## **4.2. Diseño experimental**

Para la ejecución del presente trabajo de investigación Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (4 Dosis de AIB y 2 Tipos de sustratos), con 3 repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental.

Los resultados tomados en campo se procesaron mediante el Programa Estadístico de Insfostat. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de 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, número de raíces, porcentaje de brotación, fueron transformados mediante la fórmula  $\text{Arcsen } \sqrt{\%/100}$  y los datos de conteo transformados a  $\sqrt{x+1}$  (Snedecor y Cochran, 1980).

### 4.3. Componentes en estudio

#### 4.3.1 Material vegetativo

Se utilizaron estacas de la especie de *Plukenetia carolis-vegae* que fueron colectadas en la región de amazonas, provincia Rodríguez de Mendoza, distrito de Limabamba (Pampa Hermosa).

Cuadro 2: Factores y niveles del experimento en cámara de subirrigación

Factores	Niveles
Dosis	A <sub>1</sub> : 0 % A <sub>2</sub> : 0,2 % A <sub>3</sub> : 0,4 % A <sub>4</sub> : 0,6 %
Tipo de sustrato	B <sub>1</sub> : Grava fina (4,89 mm.) Kopecky (1936) B <sub>2</sub> : Arena media (0,48 mm.) Kopecky (1936)

#### 4.4. Tratamientos estudiados

Cuadro 3: Distribución de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Clave	Descripción
T 1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Dosis (AIB: 0%), Grava fina
T 2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	Dosis (AIB: 0%), Arena media
T 3	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	Dosis (AIB:0,2 % ), Grava fina
T 4	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	Dosis (AIB:0,2 % ), Arena media
T 5	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	Dosis (AIB:0,4%), Grava fina
T 6	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Dosis (AIB:0,4 % ), Arena media
T 7	A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	Dosis (AIB:0,6 % ), Grava fina
T8	A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	Dosis (AIB:0,6 % ), Arena media

#### 4.4.1 Análisis de varianza

Cuadro N° 4: Análisis de varianza

Fuente de variabilidad	GL
Tratamientos	7
A	3
B	1
AB	3
Error	16
Total	23

#### 4.5. Disposición experimental

##### Características de las unidades experimentales

- **Cámara de propagación**

Área total de cámara: 1.91 m<sup>2</sup>

Área neta de cámara: 1.76 m<sup>2</sup>



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
Dosis AIB:	4
Tipo de sustrato:	2
Total de tratamientos:	8
Distanciamiento entre estaquillas:	0.10 m
Unidad del Experimento:	12 estaquillas

#### **4.6. Ejecución del experimento**

##### **4.6.1 Construcción e implementación del propagador de sub irrigación**

Se preparó el piso de cemento, nivelando y homogenizando el área dónde 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 un sustrato de enraizamiento (arena

media y grava fina). Los 20 cm basales se llenó con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por capilaridad.

Para introducir el agua u observar su nivel, se utilizó una sección de bambú o cualquier otro material (Tubo de PVC) insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Internamente se utilizó 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 cubrió con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna.



**Figura 3:** Preparación del propagador.

#### **4.6.2 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 4,0 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 %.

### 4.6.3 Colectas

Las colectadas se realizaron en la región de amazonas, provincia Rodríguez de Mendoza , distrito de Limabamba – Pampa Hermosa, altitud de 1.726 m , S 06° 35' 89", W 77° 31' 40", donde después de identificar la especie se colectó todas las ramas disponibles. Las ramas se colocaron en un contenedor con agua y periódico.



Figura 4. Colecta del material vegetal

### 4.6.4 Cosecha y traslado de brotes al área de propagación

Se cosecharon brotes de 20 a 50 cm de longitud en horas tempranas del día evitando el "estrés" fisiológico que podrían sufrir en el periodo desde la corta hasta su establecimiento en el propagador, con tijeras de podar desinfectadas con alcohol de 96°, luego de cortar los brotes a cada planta, colocado en hieleras para el transporte (distancia larga), con una capa de cubos de hielo

en el fondo, seguidos por capas alternas de papel húmedo y brotes, para bajar la temperatura y así evitar su deshidratación.

#### **4.6.5 Preparación de estacas**

Las estacas se cosecharon de brotes ortotrópicos, sanos y vigorosos de 20 a 40 cm de longitud eliminando el entrenudo terminal ya que es demasiado suave propenso a marchitamiento, cada brote nos generó 3 a 5 estacas, éstas se procesaron en un módulo con condiciones asépticas y adecuadas evitando así la contaminación y deshidratación de material.

Las estacas se prepararon haciendo un corte oblicuo justo arriba de un nudo con una longitud de 8 cm, utilizando tijeras podadoras filosas, de manera que cada estaca contenga una hoja y al menos una yema, el cual dará origen al nuevo tallo.



**Figura 5.** Preparación de estacas

#### 4.6.6 Tratamiento hormonal de las estacas

La auxina utilizada fue el ácido-3-indol butírico químicamente pura marca MERCK. Se aplicó la auxina sintética ácido-3-indol butírico(AIB) disuelto en alcohol puro a 96° como solvente, aplicado a la base de la estaca (0,0 %; 0,2 %; 0,4 % y 0,6 % de AIB) aplicándose con una microjeringa 10 µl de las soluciones anteriormente preparadas, para tener un control exacto de la cantidad y la concentración aplicada a todas las estacas; y esperar por el lapso de un minuto para evaporar el alcohol que contenía la solución, con la finalidad de retener el AIB en la base de la estaca. Para preparar una solución de AIB de 0,2 %, se disolvió 0,2 g de AIB en 100 ml de alcohol puro.



**Figura 6.** Tratamiento hormonal

#### **4.6.7 Establecimiento de las estacas en el propagador y etiquetado**

Antes de insertar las estacas en el propagador se hizo hoyos de aproximadamente 2 cm de profundidad en el sustrato (Grava fina y Arena media) previamente trazados, se colocaron las estacas con cuidado haciendo presión al sustrato firmemente alrededor de la estaca. El espaciamiento entre estacas fue de 10 x 10 cm Después de colocadas las estacas en el propagador se hizo un riego superficial para humedecer las hojas de las estacas.



**Figura 7.** Establecimiento en el propagador.

#### **4.6.8 Manejo de los propagadores de sub irrigación**

Una vez que las estacas han sido establecidas en el propagador, se asperjó bien las hojas de las estacas con agua mediante un aspersor manual. Se realizaron inspecciones interdiarias para detectar y corregir problemas patológicos, eliminar hojas caídas o estacas con síntomas de necrosis que

puedan ser foco de infección; observar y mantener el nivel de agua y evaluar el avance en el proceso de enraizamiento.

Siempre que se abrió la tapa del propagador para inspecciones, se roció con agua limpia las hojas de las estacas ayudándolas a mantenerlas turgentes y favorecer el proceso de enraizamiento.

#### **4.6.9 Trasplante del material enraizado**

Cuando las raíces tuvieron de 2,0 a 3,0 cm de longitud, se extrajo la estaca del propagador para ser plantado en un recipiente adecuado, que contenga una buena mezcla balanceada de sustrato. Se tuvo cuidado al realizar el trasplante, ya que las raíces recién formadas son delicadas y se quiebran fácilmente.



**Figura 8.** Trasplante del material

#### **4.6.10 Periodo de Aclimatación**

Las estacas trasplantadas se trasladaron a un ambiente protegido de los rayos solares y se aplicaron riegos frecuentes durante los primeros días (plantas bajo una malla y la aplicación de uno o dos riegos diarios). Después de 3 a 4 semanas bajo estas condiciones, se les dio el tratamiento normal de vivero.

#### **4.7. Evaluaciones registradas**

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

##### **4.7.1 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 y por repetición o bloque

##### **4.7.2 Número de raíces**

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.



#### **4.7.3 Longitud de raíz mayor**

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.

#### **4.7.4 Porcentaje de brotación**

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

## V. RESULTADOS

### 5.1 Porcentaje de enraizamiento

Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días. Datos transformados  $\text{Arcsen } \sqrt{\%/100}$ .

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
Tratamientos	7	2.29	0.33	88.22	**
A	3	2.22	0.74	199.609	**
B	1	0.05	0.05	14.6258	**
inter AB	3	0.02	0.01	1.36632	N.S
Error	16	0.06	0.00		
TOTAL	23	2.35			

\*\* = Altamente significativo    \* = Significativo    N.S = No Significativo  
 $\bar{X} = 25.75$                                $R^2 = 97.02 \%$                               C.V. = 13.4 %

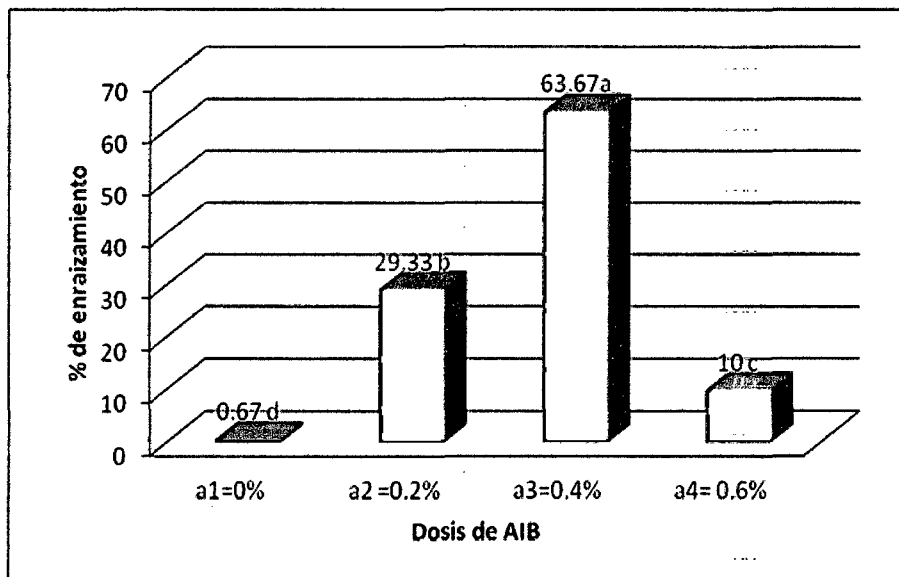


Gráfico 1. Prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para promedios de los niveles del factor A (Dosis AIB), respecto al porcentaje de enraizamiento.

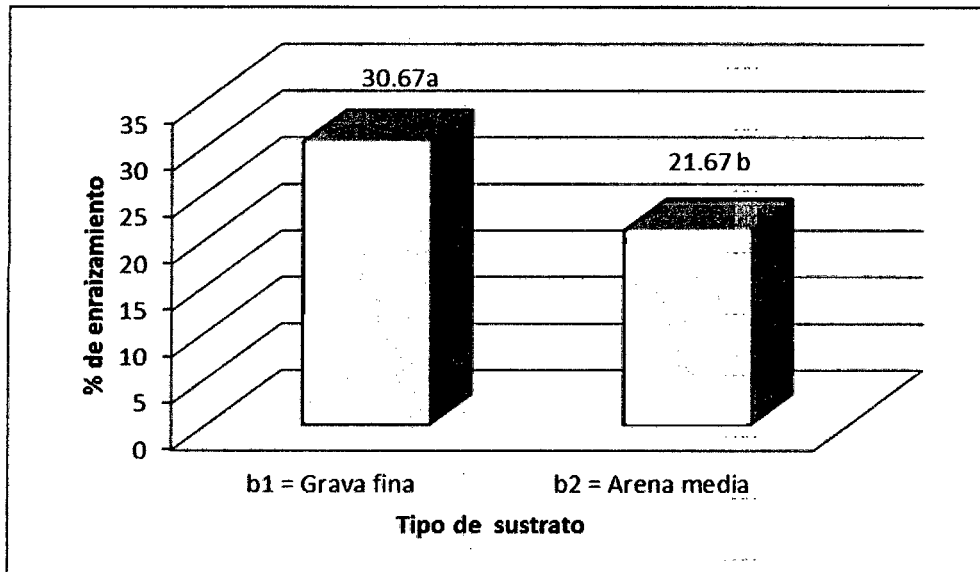


Gráfico 2. Prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato), respecto al porcentaje de enraizamiento.

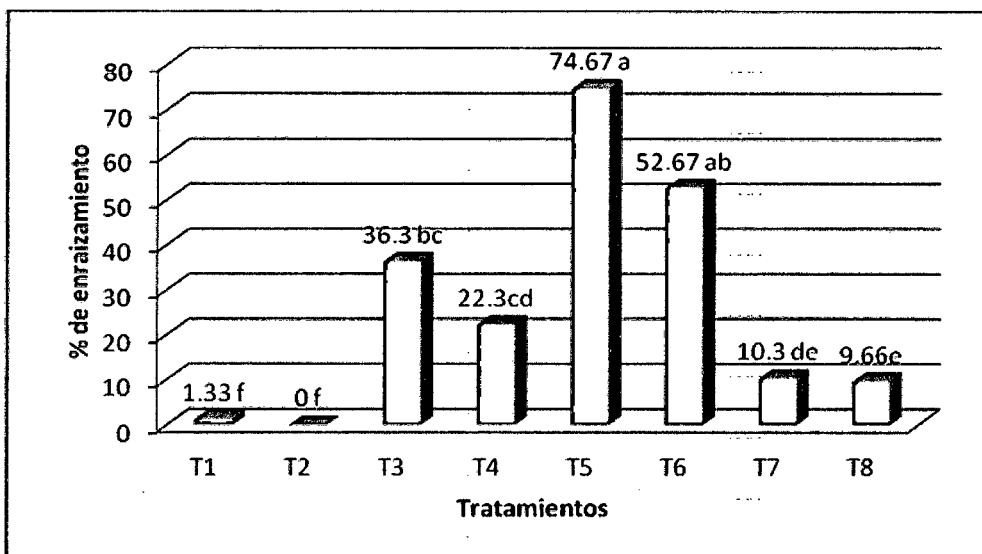


Gráfico 3. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento.

## 5.2 Número de raíces

Cuadro 6. Análisis de varianza del número de raíces evaluado a los 30 días.

Datos transformados  $\sqrt{x'+1}$ .

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
Tratamientos	7	4.59	0.66	24.44	**
A	3	3.80	1.27	46.8768	**
B	1	0.47	0.47	17.3795	**
inter AB	3	0.32	0.11	3.89673	N.S
Error	16	0.43	0.03		
TOTAL	23	5.02			

\*\*= Altamente significativo \* = significativo

N.S = No Significativo

$R^2 = 91\%$

C.V = 8 %

$X = 3.94$

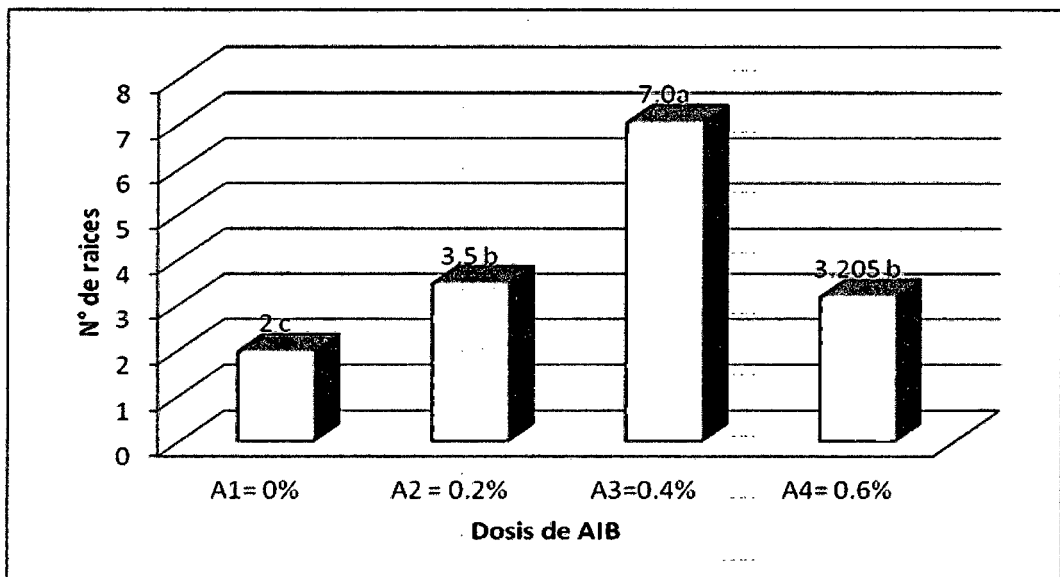


Gráfico 4. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) número de raíces.

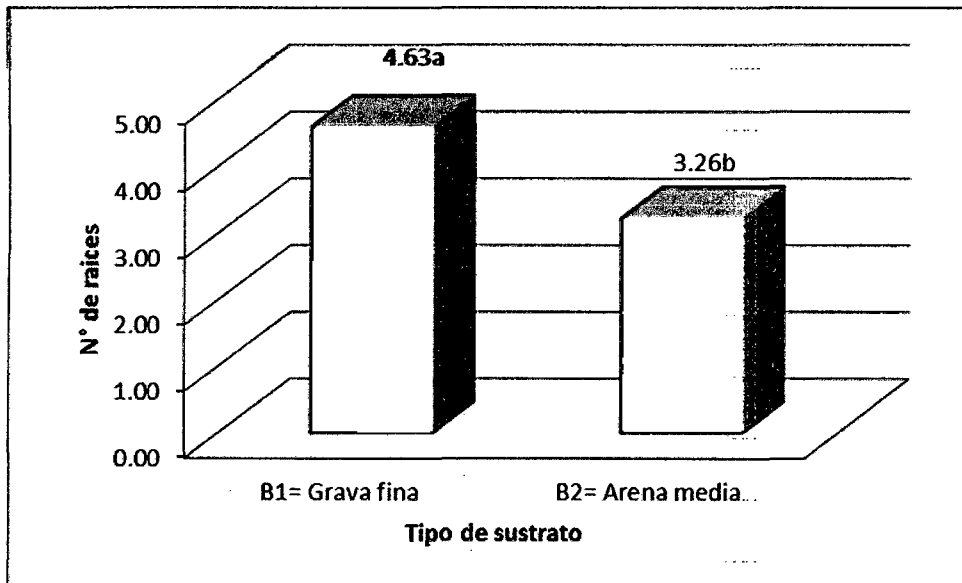


Gráfico 5. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al número de raíces

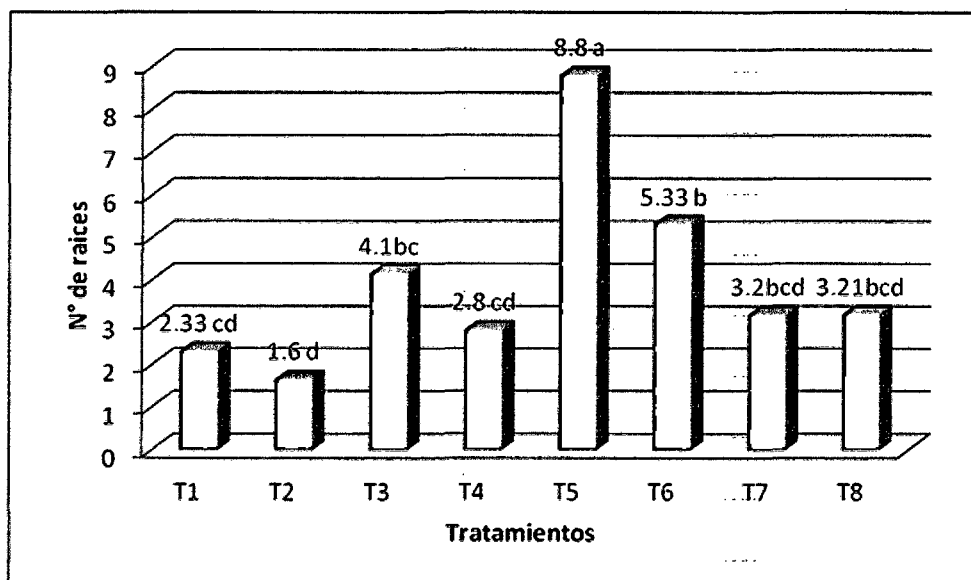


Gráfico 6. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los Tratamientos A y B en el número de raíces.

### 5.3. Porcentaje de brotación

Cuadro 7. 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	7	1.90	0.27	81.85	**
A	3	1.65	0.55	166.24	**
B	1	0.21	0.21	62.82	**
inter AB	3	0.04	0.01	3.08	*
Error	16	0.05	0.0033		
TOTAL	23	1.95			

\*\*= Altamente significativo    \* = Significativo    N.S = No Significativo

R<sup>2</sup> = 97%

C.V = 11.4 %

X = 27.43 %

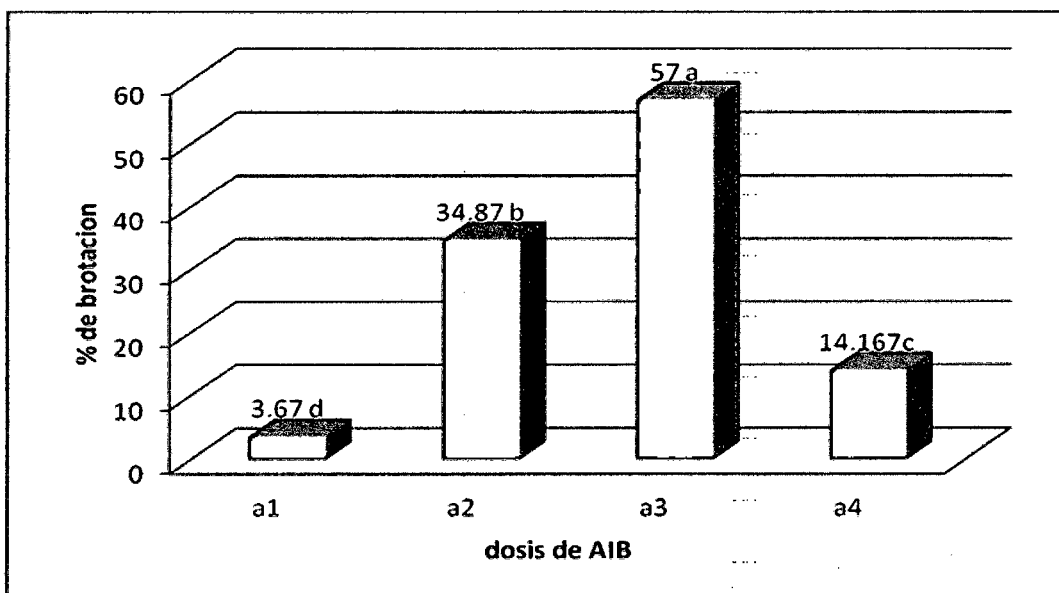


Gráfico 7. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de brotación.

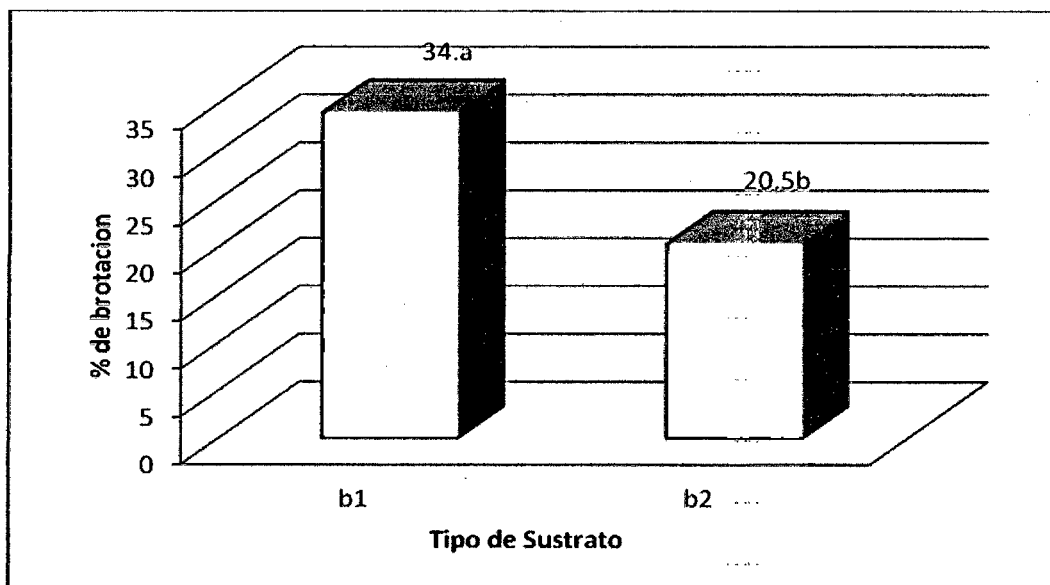
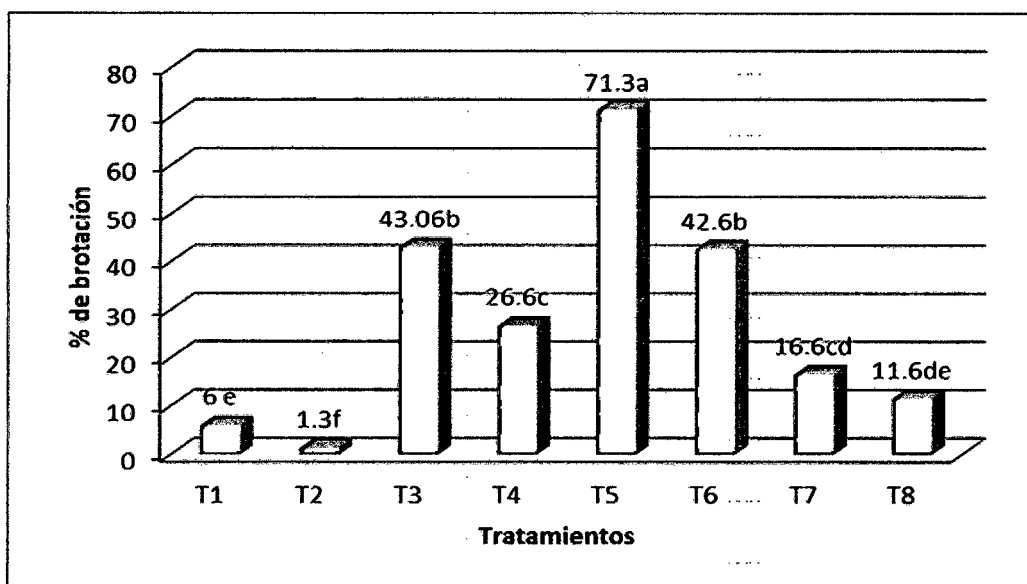


Gráfico 8. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al porcentaje brotación.



Grafica 9. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de brotación.

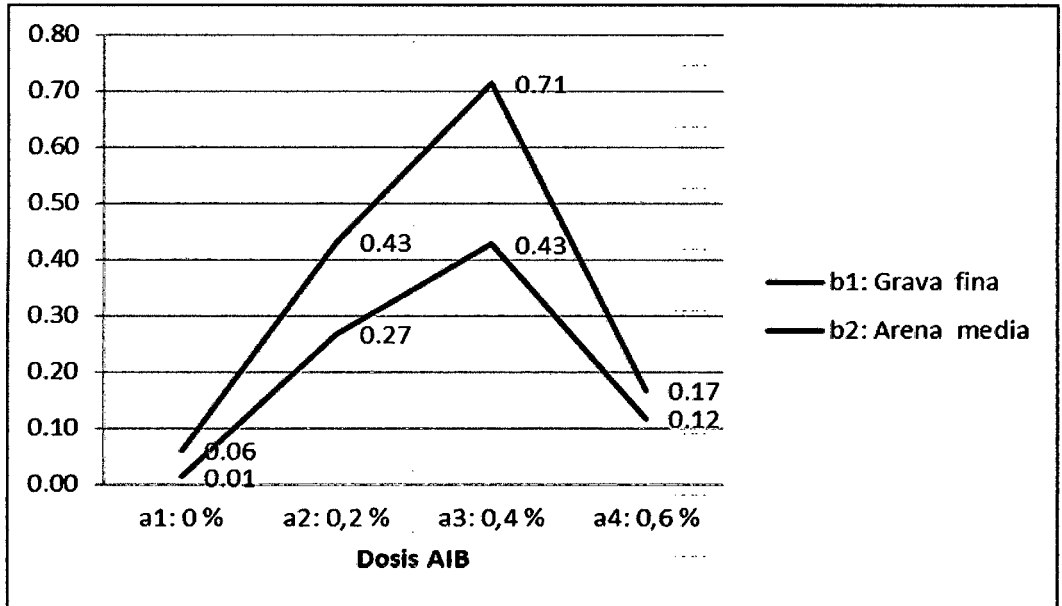


Gráfico 10. Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) al porcentaje de brotación.

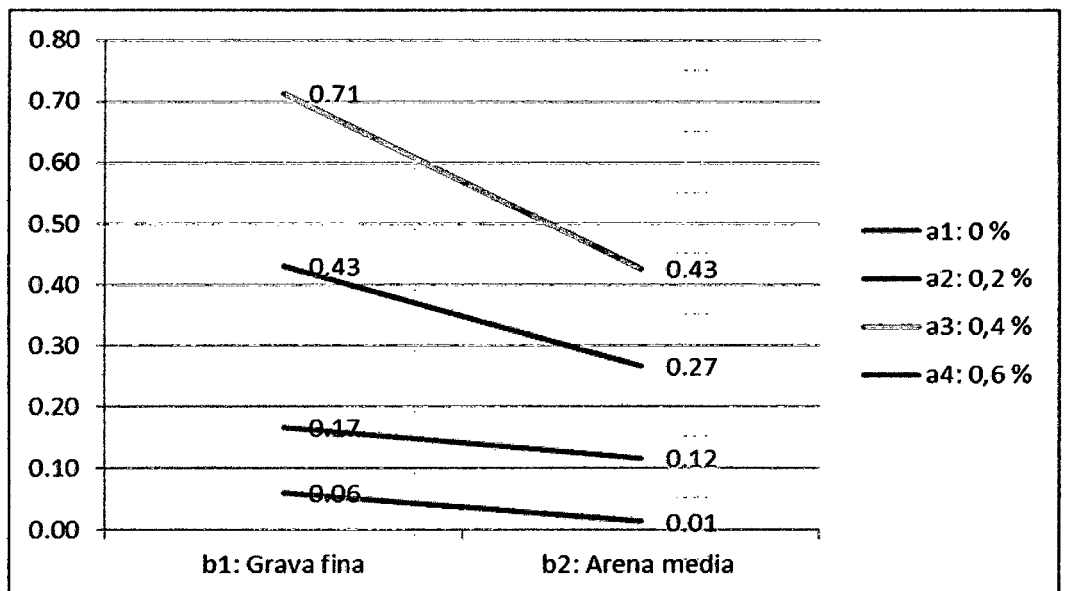


Gráfico 11. Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB), al porcentaje de brotación



## 5.4. Longitud de la raíz mayor

Cuadro 8: Análisis de varianza de longitud de raíz mayor evaluado a los 30 días.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
Tratamientos	7	49.93	7.13	168.14	**
A	3	46.31	15.44	363.91	**
B	1	0.75	0.75	17.57	**
inter AB	3	2.87	0.96	22.55	**
Error	16	0.68	0.04		
TOTAL	23	1.95			

\*\*= Altamente significativo \* = Significativo

N.S = No Significativo

$R^2 = 99\%$

C.V = 8.27 %

$X = 2.45$  cm

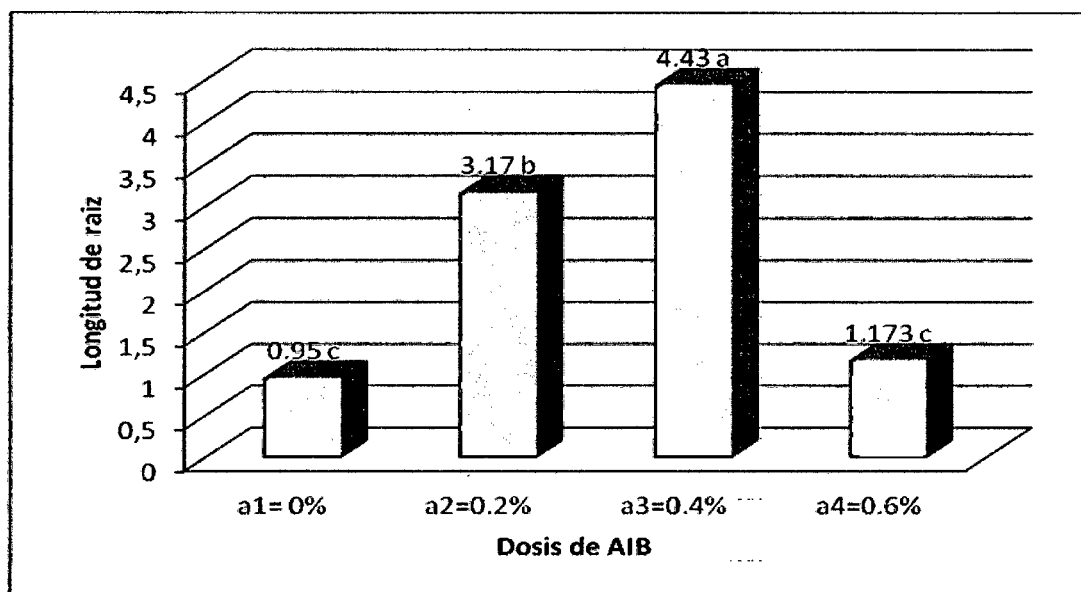


Gráfico 12. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor

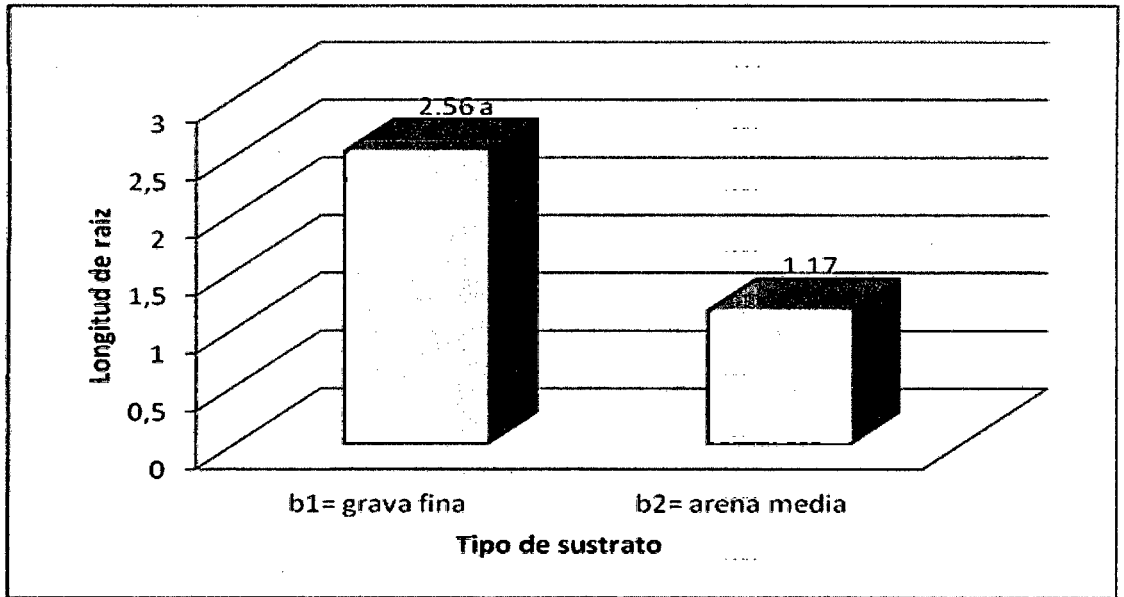


Gráfico 13. Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto a la longitud de la raíz mayor.

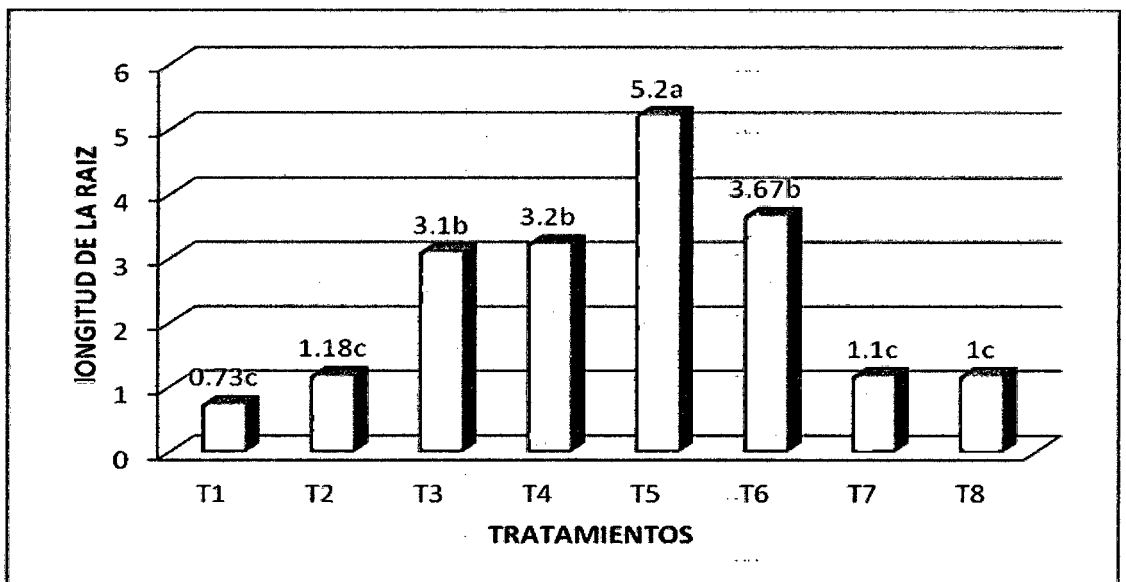


Gráfico 14. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para los Tratamientos A y B respecto a la longitud de la raíz mayor

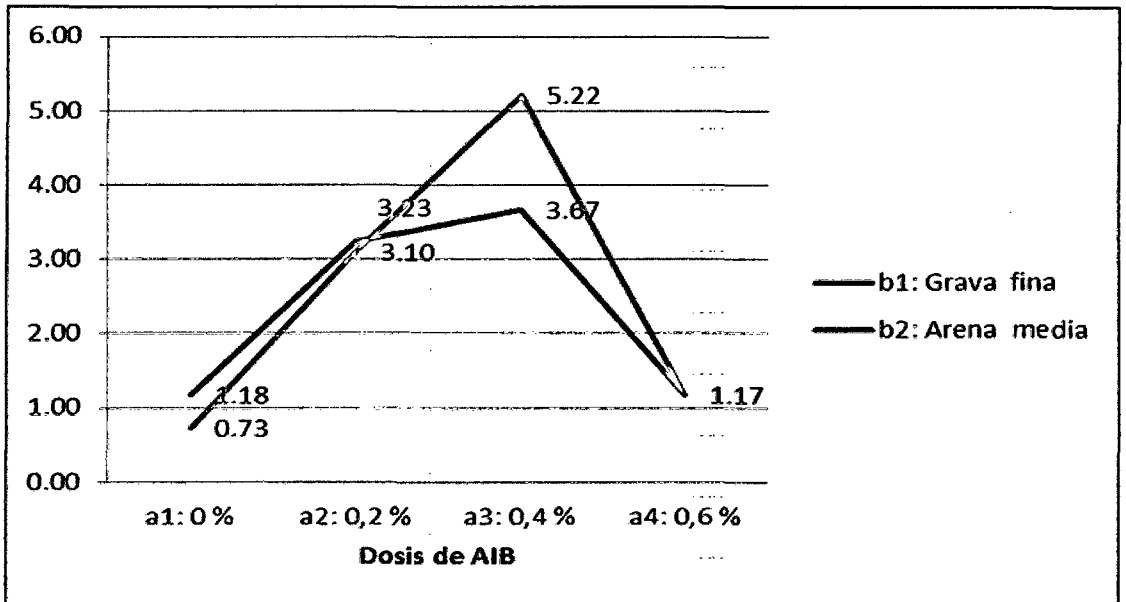


Gráfico 15. Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) respecto a la longitud de la raíz mayor.

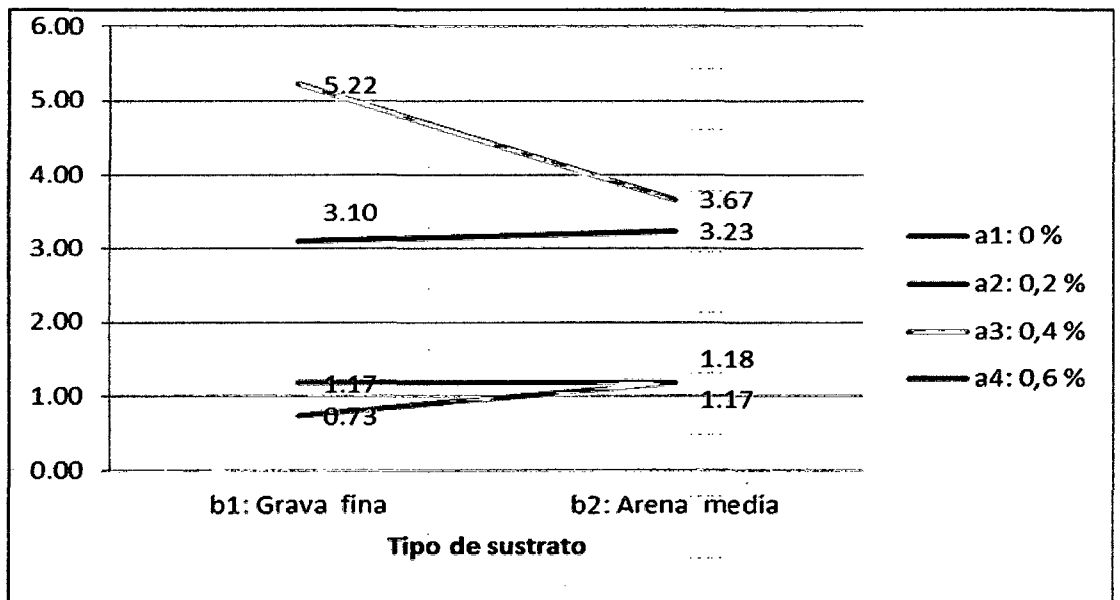


Gráfico 16. Efecto en la interacción del factor B (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayo

## VI. DISCUSIONES

### 6.1 Porcentaje de enraizamiento

Del análisis de varianza (Cuadro 5) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación: Tipo de sustrato (B).

Sin embargo, en la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia carolis-vegae*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y Tipo de Sustrato. Se obtuvieron una media de 25,75 % con un coeficiente de determinación de 97 % y un coeficiente de variabilidad de 13,4 %.

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 estadística significativa en las dosis de 0,4% de AIB con un valor alcanzado de 63,67% 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 sustrato) correspondiente existe una diferencia estadística significativa en cuanto al tipo de sustrato

para el porcentaje de enraizamiento, obteniendo el mayor valor con la grava fina con una media de 30.67 %.

De acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfica 3), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB; es decir, el T5 con una media 74,67% de enraizamiento respectivamente, mostró diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,4 % de AIB y tipo de sustrato de grava fina, probablemente porque ésta dosis favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces. Esto se asemeja con los resultados obtenidos por Bartra (2009) y el CATIE (Díaz, 1991; Leakey, 1990; Mesén, 1992; Mesén, 1993; Mesén y Trejos, 1997; 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*.

## **6.2 Número de raíces**

Del análisis de varianza (Cuadro 6) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación: Tipo de sustrato (B).

Sin embargo, en la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia carolis-vegae*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y tipo de sustrato grava fina. Se obtuvieron una media de 3,94 con un coeficiente de determinación de 91,0 % y un coeficiente de variabilidad de 8 %.

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 estadística significativa en las dosis de 0,4% de AIB con un valor alcanzado de 7,0 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 sustrato) correspondiente, existe una diferencia estadística significativa en cuanto al tipo de sustrato de grava fina con una media de 4.63

De acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfica 8), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB; es decir, el T5 y T6 con un 8,8 y 5,3 en cuanto al número de raíces respectivamente, mostró diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,4 % de AIB y grava fina probablemente porque ésta dosis y el sustrato favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces. Esto se asemejan con los resultados obtenidos por Díaz (1991); Leakey (1990); Mesén (1992); Mesén (1993); Mesén y Trejos (1997); Núñez (1997), donde mencionan que con la concentraciones de 0,2 de AIB, logran obtener un mayor número de raíces para *Plukenetia volubilis* L; *A. acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla* y *Platymiscium pinnatum*.

### **6.3 Porcentaje de brotación**

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

Sin embargo, en la fuente de variación: Interacción de A y B se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el porcentaje brotación de estacas enraizadas de *Plukenetia carolis-vegae*, dependen de las diferentes dosis de Acido-3-Indol Butírico (AIB) y tipo de Sustrato. Se obtuvieron una media de 27,43 % con un coeficiente de determinación de 97,0 % y un coeficiente de variabilidad de 11.4 %.

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

enraizamiento existe una diferencia estadística significativa en las dosis de 0,4% de AIB con un valor alcanzado de 57,0% superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) según Gráfico 12 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, existe una diferencia estadística significativa en cuanto al tipo de sustrato grava fina 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 Sustrato (Gráfico 13), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T5, T6 y T3 con un 71,1%; 42,6 % y 43,06 % de enraizamiento respectivamente, mostrando diferencias estadísticas significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,4 % 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. Ruiz (2010), menciona que las citoquininas probablemente sean las responsables de brotación de yemas ya que tienen un movimiento no polar (movimiento acropétalo) 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 (Acido-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 8) para Longitud de raíz mayor, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación: Tipo de sustrato (B).

Así mismo, en la interacción de los factores A y B se presentaron diferencias altamente significativas. Por lo tanto la longitud de raíz mayor de *Plukenetia carolis-vegae*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB)

y Tipos de sustratos se obtuvieron una media de 2,45 cm, con un coeficiente de determinación de 99,0 % y un coeficiente de variabilidad de 8,27 %.

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 estadística significativa en las dosis de 0,4% de AIB con un valor promedio alcanzado de 4,43 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 sustrato) correspondiente, existe una diferencia estadística significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de enraizamiento, con un valor mayor promedio de 2.56 cm.

De acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de sustrato (Gráfico 18), la longitud de raíz mayor está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T5, T6, T4 y T3 con un 5,2; 3,6; 3,2 y 3,1 cm en cuanto a la longitud de raíz mayor respectivamente, mostro diferencias estadística significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,4 % 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

corroborar con los resultados obtenidos Díaz (1991); Leakey (1990); Mesén (1992); Mesén (1993); Mesén y Trejos (1997); Núñez (1997), donde mencionan que con las concentraciones de 0,2 de AIB, lograron obtener una mayor longitud de raíces para *Plukenetia volubilis* L.; *A. acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla* y *Platymiscium pinnatum*.

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).

La interacción de la dosis de AIB frente a los niveles del sustrato (Gráfico 19) presentaron una interacción positiva en la dosis 0.2% de AIB y la interacción tipo de sustrato frente a la dosis de AIB (Gráfico 20) no presentó una interacción en el tipo de sustrato para la evaluación de la longitud de raíz, estos resultados concuerdan con lo reportado por (Botti, 1999), quien menciona que el efecto de auxinas presentes en tejidos no diferenciados facilitan la génesis de raíces (Mesén, 1998).

## VII. CONCLUSIONES

- 7.1 La mejor dosis para lograr el mayor porcentaje de enraizamiento, brotación, número de raíces y longitud de raíz de estacas juveniles en *Plukenetia carolis-vegae*, estuvo relacionado con la dosis de 0,4 % de ácido -3-indol butírico.
  
- 7.2 El sustrato para el enraizamiento de estacas de *Plukenetia carolis-vegae*, más propicio fue el de grava fina, registrándose con mejor efectividad o capacidad para generar enraizamiento.

## VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1 Continuar los trabajos de enraizamiento de estacas juveniles de *Plukenetia carolis-vegae*, para la validación de los datos obtenidos (dosis de AIB al 0.4 % con el tipo de sustrato grava fina) y luego poder recomendar en campo.
  
- 8.2 Realizar un análisis económico de la propagación vegetativa en base a los mejores resultados obtenidos.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala, F. (1999). *Inventario Taxonómico de la Flora de la Amazonía Peruana*. Herbarium Amazonense. Iquitos, Perú. 198 pp.
2. 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 págs.
3. Botti, C. (1999). *Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas*. En: *Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas*. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 72-82 págs.
4. Busmann, R, W; C. Tellez, and A. Glenn. (2009). *Plukenetia huayllabambana* sp. Nov.
5. Bussmann, R. W. Paniagua, Z. N; Téllez, C. (2013). *Plukenetia carolis vegae* (Euphorbiaceae) – a new useful species from north Peru. *Economic Botany*, 67(4), pp 387-392.
6. Braudeau, J. (1981). *El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales*. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México – D. F. 296 págs.
7. Calzada, J. 1970. *Métodos estadísticos para la investigación*. 3ra edición. Jurídica S. A. Lima – Perú.

8. Cabello, A. (2000). Propagación Asexual. Apuntes de Clases N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 pág.
9. Cachique, D.; Rodríguez, A.; Ruíz, S. H.; Vellejos, G y Solís, R. (2011). *Propagación vegetativa del sachá inchi (Plukenetia volubilis L.)* mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-Folia amazónica. VOL. 20 N° 1-2 2011: 95 – 100.
10. Carrera, M. (1977). La propagación vegetativa en el genero Pinus. Ciencia forestal (Méx.) 2 (7): 3 – 29 p.
11. Cuculiza, P. (1956). Propagación de plantas. Lima. Perú. Talleres gráficos F. L. Villanueva. 340 pág.
12. 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 págs.
13. 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 págs.
14. Estación Meteorológica del IIAP. (2014). Datos meteorológicos mensuales de temperatura, humedad y precipitación Tarapoto-San Martín. Perú.
15. Evans, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. University of California. Berkeley, CA. USA. 734 p.
16. Evans, H. 1952. *Cerastostomella fimbriata* en el cacao de Venezuela. Enraizamiento de estacas de cacao "OC-77". Revista UNELLEZ de

Ciencia y Tecnología con auxinas pueden aumentar la tasa iniciación radical y el número y peso de raíces.

17. Faria, C. y Sacramento, K. (2003). Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacaueiro (clones CEPEC 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). Rev. Bras. Frutic vol.25, no.1, pág.192-194. [En línea]. Scielo. (<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-29452003000100054&lng=es&nrm=iso>. Documentos, 22 Octubre de 2008).
18. Galluser, E. (2004). Informe Preliminar. Caracterización e Identificación de Ecotipos del género *Plukenetia*. Tarapoto-Perú. 4 pág.
19. Galluser, S. (2005). Identificación de Muestras Botánicas del Género *Plukenetia* (Euphorbiaceae). Informe de Consultaría. AMC N° 012- 2004/ INIA- E.E. POV/ CEP. Tarapoto.
20. Gaspar, Th y M. Coumans. (1987). "Root formation". In: Bonga, J. y Durzan, D. (eds.). Cell and tissue culture in forestry. Vol. 2, pp. 202-217. Dordrecht Martines Nijhoff.
21. Gaspar, Th. y M. Hofinger. (1988). "Auxin metabolism during adventitious rooting". In: Davis, T. D.; Haissig, B. E. y Shankla, N. (eds.). Adventitious Root Formation in Cuttings. pp. 117-131. Dioscorides Press.
22. Gillespie, L. J. (1993). A synopsis of Neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species. Systematic Botany 18 (4).
23. Gillespie, L. J. (1994). Pollen morphology and phylogeny of the Tribe *Plukenetieae* (Euphorbiaceae). Ann. Missouri Botanical Garden. 81: pp. 317 – 348.



24. Gillespie, L. J. (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.
25. Grange, R.I., Loach, K., (1985). The effect of Light on the rooting of leafy cuttings. *Scientia Horticulturae* 27: 105-111 pág.
26. Gutiérrez, A. (2003). Propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. Turrialba – Costa Rica. Pág. 107.
27. 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): 261 – 277 págs.
28. Haissig, E. B. (1974). Origin of adventitious roots. *New Zealand Journal of Forestry Science (Nueva Zelanda)* 4 (2): 299-310 págs.
29. Hartman, H.T; Kester, D.E.; Davis, F.T. y Geneve, R.L. (1997). Propagación de plantas: Principios y Prácticas (6º edición), PrenticeHall Inc, Alta Saddle River, Nueva Jersey EE.UU., 770 p.
30. Hartmann, T. y Kester, E. (1997). Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 pág.
31. Henríquez, E. (2004). Evaluación de tres factores de enraizamiento en morera (*Morus alba*). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 77 pág. [En línea]. Cybertesis. (<http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/henriqueze/doc/henriqueze.pdf> Henríquez, Documentos, 24 de Julio 2006).

32. Ikemori, Y. K. 1975. Resultados preliminares sobre enraizamiento de estacas de *Eucalyptus* spp. Aracruz, p. 12 (Informativo Técnico Aracruz, 1).
33. Jinks, L. (1995). The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *New Forests* (EE.UU.) 10: págs. 183 -195.
34. Kains, M. y Mcquesten, L. 1938. Propagation of plants. New York. USA. Orange Judo Publishing Company, INC. 639 pág.
35. Leakey, R. R. B. (1987). Clonal Forestry in the tropics-A review of developments, strategies and opportunities. *Commonwealth Forestry Review* (Inglaterra). 66: 61-75 págs.
36. Leakey, R. (1990). Propagación vegetativa de especies forestales. In Manual sobre Mejoramiento genético. CATIE, Turrialba. Costa Rica. Pág. 113 - 120.
37. Leakey, R., Newton, A. C. & Dick, J. (1994). Capture of genetic variation by vegetative propagation: processes determining success. EN: Oberschelp, G. P. J. y Marcó, M. A. 2010. Efecto del ácido 3-indolbutírico sobre el enraizamiento adventicio y la altura de plantines clónales de *Prosopis alba* Grisebach. *Quebracho*, 18 (1,2),112-119.
38. Loach, K. (1977). Leaf water potential and the rooting of cuttings under mist and polythelene. *Physiology Plantarum* (Dinamarca) 40: págs. 191 -197.
39. Loach, K. (1988b). 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 págs. 102-116.

40. Loagman, K. A. (1993). Rooting Cuttings of Tropical Trees. Tropical Trees: Propagation and Planting Manuals. Vol. 1. Commonwealth Science Council, London. 137 Págs.
41. Macdonald, B. (1986). Practical woody plant propagation for nursery growers. London. Ed. Batsford. 669 pág.
42. Martínez, M; Jiménez, J; Cruz, R; Juárez, E. (2002). Los Géneros de la familia Euphorbiaceae en México.
43. Mesén, J. F. (1992). Hacia el desarrollo de técnica de silvicultura clonal para el pequeño finquero. Chasqui (Costa Rica) 28: 6-18 pág.
44. Mesén, J. F. (1993). Vegetative propagation of Central American hardwoods Thesis PhD Scotland, University of Edinburgh. P. 231 págs.
45. Mesen, F. (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 págs.
46. Mesén, F.; Trejos, E. (1997). Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana, 21:19-24 pág.
47. Norberto, (2007). "Desarrollo de un modelo de evaluación de Efectos de las Auxinas de Guerreiro Trindade Diamantino Tiago, 1999. [www.iamz.ciheam.org/.../Tesis%20cum%20maxima%20la%20ude.htm](http://www.iamz.ciheam.org/.../Tesis%20cum%20maxima%20la%20ude.htm).
48. Peate, N. (1989). Media for cutting propagation. Washington. U. S. A. The International Plant Propagators Society. 39: págs. 71-76.

49. PROMPERU. (17 de Agosto de 2013). PROMPERU. Obtenido de PROMPERU: [www.promperu.gob.pe](http://www.promperu.gob.pe).
50. Rainer, B; Narel, Z. (2013). *Plukenetia carolis-vegae* (Euphorbiaceae) –Nueva especie al norte peruano.
51. Ruiz, H. (2010). Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres tipos de estaquillas en el enraizamiento de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en San Martín". Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María – Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. P. 110
52. Salisbury, F. y Ross, W. (2000). Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 págs.
53. Sandoval, A. (1997). Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. 50 págs.
54. 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 págs.
55. Sevilla y Holle. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Primera Edición. Edit. Torre Azul SAC. Lima, Perú. 445 pág.
56. Snedecor, W.; Cochran, G. (1980). *Statistical methods*, 7ed. University Press, Iowa, EE. UU.
57. Strasburguer, E. (1994). *Tratado de botánica*. Omega, Barcelona. 1.068 págs.

58. 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/>).
59. Vásquez, M. A. 2000. El camu camu; cultivo, manejo e investigaciones. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 218 p.
60. Webster, G. (1975). Conspectus of a new classification of the Euphorbiaceae, *Taxon* 24:593 -601.
61. Webster, G. (1994). Classification of the Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:3–32.
62. Wendling, I; X. A.; Gomes, J. M.; Pires, I. E; Andrade, H. B. (2000). Propagación Clonal de Híbridos de Eucalyptus spp, por Miniestaquilla. *Revista Árvor, Vicoso-MG*,24(1):181-186.
63. Wells, J. (1979). *Plant propagation practices*. 14<sup>a</sup> printing. New York. USA. Macmillan Publishing co., INC. 344 págs.
64. Xavier, A. (2002). *Silvicultura Clonal I; Principios e Técnicas de Propagacao vegetativa*. Caderno Didático, UFV, Vicoso-MG,(92):64p.
65. Zobel, B. y Talbert, J. (1992). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. México. Ed. Limusa. 554 págs.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo específico de determinar el mayor y mejor efecto de enraizamiento de *Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann *et al.*, 2013), a través de cuatro dosis de ácido-3-indol butírico y de dos tipos de sustratos en cámaras de sub irrigación en la provincia de San Martín. El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP – San Martín, ubicado en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín; cuyas coordenadas UTM son N 9283654 y E 0347742 y a una altitud de 332 m.s.n.m. Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (4 dosis de AIB y 2 tipos de sustrato), con 3 repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental. Los resultados tomados en campo se procesaron mediante el programa estadístico de infostat. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de 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, número de raíces, porcentaje de brotación, fueron transformados mediante la fórmula  $\arcsen \sqrt{\%/100}$  y los datos de conteo transformados a  $\sqrt{x+1}$  (Snedecor y Cochran 1980). Se utilizaron estacas de la especie de *Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann *et al.*, 2013), que fueron colectadas en la región de Amazonas, provincia Rodríguez de Mendoza, distrito de Limabamba – (Pampa Hermosa). Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíz mayor y porcentaje de brotación. Los resultados obtenidos indican que la mejor dosis de ácido-3-indol butírico para el enraizamiento de estacas juveniles en *Plukenetia carolis-vegae*, fue de 0,6 % de AIB, en comparación con las demás dosis de AIB. El tipo de sustrato con los mejores resultados fue grava fina para el enraizamiento de estacas juveniles en *Plukenetia carolis-vegae*.

**Palabras Claves:** *Plukenetia carolis-vegae*, influencia, ácido, indol butírico, dosis, sustrato, grava fina, arena media, brotamiento, raíces, porcentaje, enraizamiento.

## SUMMARY

This research aims specifically to determine the highest and best effect of rooting *Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann et al., 2013), through four doses of acid indole-3-butyric and two types of substrates chambers sub irrigation in the province of San Martin. This research was conducted at the premises of the Research Institute of the Peruvian Amazon IIAP - San Martin, located in the district of Morales, province and department of San Martin; UTM coordinates of which they are N 9283654 and 0347742 E and at an altitude of 332 m.s.n.m.m. For the implementation of this research design was completely randomized factorial arrangement 4 x 2 (4 doses of AIB and 2 types of substrate) with 3 replications and 12 cuttings per experimental unit. The results obtained in the field were processed using the statistical program infostat. Data were analyzed using analysis of variance and subjected to the Tukey test with a significance level ( $p < 0.05$ ) probability of error in determining the nature of the differences between treatments. Previous analysis, data rooting percentage, number of roots, percentage of sprouting, were transformed by arcsin formula and processed data count (Snedecor and Cochran 1980). (Pampa Hermosa) - Stakes kind of *Plukenetia carolis-vegae* (Bussmann et al, 2013), which were collected in the region of Amazonas province Rodriguez de Mendoza, Limabamba District were used. The variables evaluated were: percentage of rooting, number of roots, root length and greater percentage of sprouting. The results indicate that the best dose of acid indole-3-butyric rooting juvenile cuttings in *Plukenetia carolis-vegae*, was 0.6% of AIB, compared to other doses of AIB. The type of substrate with the best results was fine for rooting juvenile cuttings in *Plukenetia carolis-vegae* gravel.

**Keywords:** *Plukenetia carolis-vegae*, influence, acid, butyric indole, dosage, substrate, fine gravel, half sand, sprouting, roots, percentage, rooting.

# **ANEXO**



## Anexo 1. Datos originales

Tratamientos	Variables											
	Porcentaje de enraizamiento (%)						Porcentaje de brotación (%)					
	Datos originales			Datos Transformados Arcsen $\sqrt{\%$			Datos originales			Datos Transformados Arcsen $\sqrt{\%$		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	2	0	2	0.14	0.00	0.14	5	4	9	0.23	0.20	0.30
T2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	4	0	0.00	0.20	0.00
T3	34	35	40	0.62	0.63	0.68	41.2	45	43	0.70	0.74	0.72
T4	20	24	23	0.46	0.51	0.50	25	25	30	0.52	0.52	0.58
T5	76	72	76	1.06	1.01	1.06	78	69	67	1.08	0.98	0.96
T6	56	50	52	0.85	0.79	0.81	40	45	43	0.68	0.74	0.72
T7	10	9	12	0.32	0.30	0.35	13	18	19	0.37	0.44	0.45
T8	5	10	14	0.23	0.32	0.38	10	15	10	0.32	0.40	0.32
Tratamientos	Número de raíces						Longitud raíces					
	Datos originales			Datos transformados $\sqrt{x+1}$			Datos originales					
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	3	2	2	2.00	1.73	1.73	1.2	1	1.34			
T2	2	1.5	1.5	1.73	1.58	1.58	1.32	1	1.23			
T3	5	4	3.5	2.45	2.24	2.12	3	3.4	2.9			
T4	3	2.4	3.1	2.00	1.84	2.02	3	3.3	3.4			
T5	9	9.4	8	3.16	3.22	3.00	5.3	5.45	4.9			
T6	5	4	7	2.45	2.24	2.83	3.89	3.67	3.45			
T7	4	3.2	2.4	2.24	2.05	1.84	1.12	1.31	1.09			
T8	3.5	2.9	3.23	2.12	1.97	2.06	1	1.32	1.2			

### Anexo 3. Cronograma de actividades

N°	ACTIVIDADES	CRONOGRAMA 2014			
		Junio	Julio	Agosto	Setiembre
	<b>I. Enraizamiento de estacas juveniles</b>				
1	Construcción e implementación del propagador de subirrigación	X			
2	Selección y colectas	X			
3	Cosecha y traslado de brotes al área de propagación	X			
4	Preparación de estacas de <i>Pukenetia carolis-vegae</i>	X			
5	Tratamiento hormonal	X			
6	Establecimiento de las estacas juveniles en el propagador	X			
7	Manejo del propagador de subirrigación	x	X		
8	Determinación de resultados		x	x	x
9	Trasplante y acondicionamiento		X		
10	Aclimatación al medio		x		
11	Aclimatación de estaquillas enraizadas de <i>Plukenetia carolis-vegae</i> (plantones)			x	
12	Frecuencia de fertilización foliar			X	
13	Trasplante a campo definitivo				x
	<b>II. Redacción del informe final</b>			x	x

### Anexo 4. Condiciones microclimáticas dentro de la cámara de subirrigación durante el desarrollo del experimento, IIAP – TARAPOTO

Parámetros	Unidad de medida	Rango
Humedad relativa	76.45 %	62.45 – 88.13
Temperatura del aire (°C)	28.03 °C	22.34 – 28.67
Temperatura del sustrato (°C)	24.56 °C	24.21 – 30.14
Radiación solar (Lux)	74.34 L	0.80 – 144.45

## Anexo 5. Galería de fotos

### A. Cámaras de sub irrigación



Desinfección del sustrato



Implementación de materiales



Implementación de Sustrato

### B. Colecta del Material genético



Colecta de material



Preparación para su transporte

### C. Preparación de estacas



Preparación de estacas de *Plukenetia carolis-vegae*



Estaca de *Plukenetia carolis-vegae*

### D. Tratamiento hormonal



Preparación de solución enraizadora

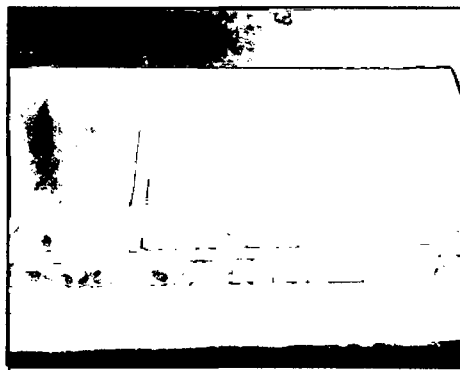


Aplicación de solución

### E. Manejo del propagador

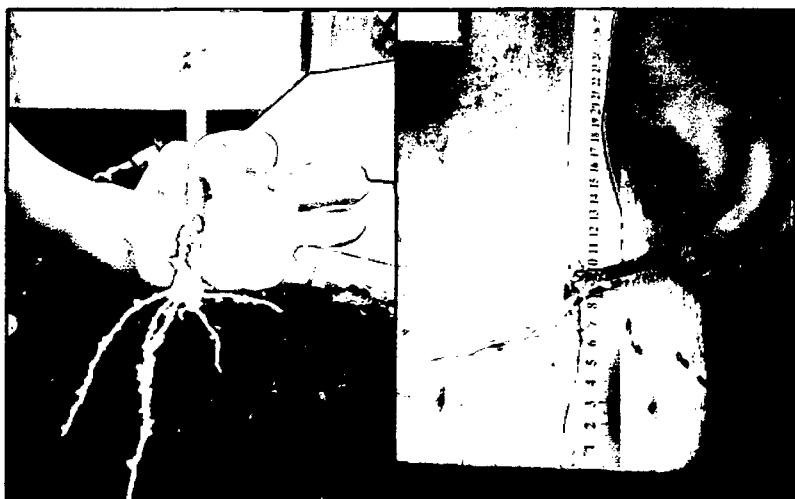


Estacas establecidas



Cámara de sub irrigación con *Plukenetia carolis-vegae*

### F. Material enraizado



Estaca de *Plukenetia carolis-vegae*