

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

*Facultad de Ciencias Forestales*



**“Efecto de la hormona AIB en el  
enraizamiento de estacas juveniles de  
*Croton lechler* Muell. Arg.”**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**Greta Esmeralda Román Clemente**

Lima – Perú  
2014

## *DEDICATORIA*

*A mis amados padres:*

*Dios, por mostrarme su Amor y gracia cada día.*

*Mi mamá, Quiteria Clemente López, por los días de desvelo a mi lado, por su compañía y por su inmensurable Amor de madre.*

*Mi papá, Melanio Román Pintado, por confiar en mí, por sus consejos y apoyo incondicional.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por ser la fortaleza en mi vida y porque me ha demostrado que uno debe esforzarse en hacer lo posible por alcanzar sus sueños y él hará lo imposible porque se cumplan teniendo la confianza que todo llegará en el momento justo.*

*A mis padres amados, Quiteria y Melanio por haber sido un ejemplo de vida para mí, ya que me han permitido valorar que cada logro es producto del esfuerzo y de las buenas decisiones. Y enseñarme que cada día se debe dar lo mejor de sí sin esperar nada a cambio.*

*A mi Asesor de Tesis, Dr. Gilberto Domínguez Torrejón por haberme orientado en realizar esta investigación, por su tiempo, paciencia y sugerencias para las mejoras de este trabajo.*

*Así mismo quiero agradecer a los Miembros de mi Jurado de Tesis, Ing. Ignacio Lombardi Indacochea, Ing. Kethy Martínez Castro y Mg. Sc. Lourdes Tapia Figueroa, por sus observaciones y recomendaciones para la elaboración de este trabajo de investigación.*

*Mis agradecimientos al Herbario MOL de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, en especial al Dr. Carlos Reynel Rodríguez por su disposición y orientación guiada siempre al ámbito de la investigación, apoyándome en la identificación de la especie estudiada en esta investigación y al Ing. José Luis Marcelo Peña, por su apoyo en la identificación de la especie estudiada en esta investigación.*

*Un agradecimiento al Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana-IIAP sede Ucayali, en particular al Blgo. Mariano Rebaza Alfaro, Gerente Regional de IIA-Ucayali por brindarme las facilidades del caso para contar con el material vegetativo de la especie *Croton lechleri* Muell. Arg. y así poder realizar los ensayos correspondientes, así también al Ing. Serafín Filomeno Alves-Milh, uno de los profesionales responsables del Programa Pro Bosques, por sus aportes en la elaboración del Proyecto de esta investigación.*

*Al Sr. Wilson Saldaña Meléndez, por su disposición y apoyo técnico en la toma de los datos en campo.*

*Un agradecimiento muy especial para Carlos Torres López por su aliento constante, análisis crítico y compañía han hecho posible que culminara este trabajo de investigación. Gracias por demostrarme tu Amor cada día.*

*A todos aquellos familiares y amigos que me han ayudado de alguna manera, me han dado ánimo y llenado de energía con sus buenos deseos para seguir adelante y alcanzar mis metas e ir por nuevos retos, Dios los bendiga siempre.*

*A todas las personas que de alguna manera aportan en mi crecimiento personal y profesional.*

## *RESUMEN*

La especie *Croton lechleri* Muell. Arg. (Sangre de grado), es un árbol de gran importancia por su alto valor económico y comercial en cuanto a sus reconocidas propiedades medicinales de su látex, por lo que es necesario efectuar investigaciones para promover su propagación. Con base a lo anterior se realizó el presente estudio cuyo material vegetal se obtuvo del IIAP sede Ucayali.

Se empleó diferentes dosis de la hormona ácido 3-indolbutírico (AIB) y se evaluó su efecto sobre el enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces, número de rebrotes y sobrevivencia, empleando un propagador llamado cámara de subirrigación. El diseño fue completamente al azar, con 4 tratamientos (0, 1000, 2000 y 3000ppm) y 3 repeticiones.

Al seleccionar el árbol, éste fue podado cada mes para estimular la formación de brotes y de allí obtener las estaquillas que fueron empleadas en esta investigación. Este procedimiento se realizó por 3 meses, en la que después de cada poda, las ramitas eran cortadas a modo de estaquillas para después pasar por los tratamientos y ser instaladas en la cámara de subirrigación permaneciendo por un periodo de 15 días, luego del cual fueron evaluadas.

Con la dosis de 2000 ppm de AIB se obtuvieron los valores más altos en porcentaje de enraizamiento (96,67 %), número de raíces (3,73) y longitud de raíces (3,47 cm), mientras que sin la aplicación de AIB se obtuvo el menor porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíz y número de rebrotes.

Si bien no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento de 2000 ppm de AIB al tener los valores más altos en las variables evaluadas, muestra una mayor disposición para su desarrollo posterior en condición de vivero y campo definitivo.

# ÍNDICE

	Página
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>X</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
2.1 MARCO TEÓRICO.....	2
2.1.1 Descripción de la especie .....	2
2.1.2 La Propagación Vegetativa .....	4
2.1.3 Sistemas de propagación vegetativa .....	17
2.1.4 Ensayos de Propagación vegetativa con Cámara de Subirrigación empleando la hormona aib .....	18
2.2 ANTECEDENTES.....	22
2.2.1 Experiencias de investigación en propagación con Sangre de Grado.....	22
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	24
3.2 MATERIALES.....	24
3.3 METODOLOGÍA .....	26
3.3.1 Preparación del material vegetal.....	26
3.3.2 procedimiento experimental .....	28
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
3.4.1 Descripción del sistema.....	32
3.4.2 Hipótesis.....	33
3.4.3 Variables a evaluar.....	33
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	33
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>34</b>
4.1.1 Porcentaje de enraizamiento .....	34
4.1.2 número de raíces.....	37
4.1.3 Longitud de raíz.....	40
4.1.4 número de rebrotes.....	43
4.1.5 porcentaje de sobrevivencia.....	46
4.1.6 cuadros resumen.....	48
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>61</b>
FORMATO N° 1. COLECCIÓN BOTÁNICA.....	61
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>62</b>
FORMATO N° 2. EVALUACIÓN DE LAS ESTAQUILLAS EN LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN .....	62
<b>ANEXO 3</b> .....	<b>63</b>

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN .....	63
<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>64</b>
COLECTA DE LAS MUESTRAS BOTÁNICAS .....	64
<b>ANEXO 5 .....</b>	<b>65</b>
INDUCCIÓN AL REBROTE DEL ÁRBOL EN ESTUDIO .....	65
<b>ANEXO 6 .....</b>	<b>66</b>
PROCEDIMIENTO DE CORTA DE BROTES ORIGINADOS POR LAS PODAS MENSUALES.....	66
<b>ANEXO 7 .....</b>	<b>68</b>
PREPARACIÓN DE LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN ANTES DE INSTALAR LAS ESTAQUILLAS .....	68
<b>ANEXO 8 .....</b>	<b>70</b>
PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INSTALACIÓN DE LAS ESTAQUILLAS .....	70
<b>ANEXO 9 .....</b>	<b>73</b>
ESTAQUILLAS DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG. EVALUADAS A LOS 15 DÍAS .....	73
<b>ANEXO 10.....</b>	<b>76</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO TESTIGO (T <sub>0</sub> = 0 PPM DE AIB) .....	76
<b>ANEXO 11.....</b>	<b>77</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO TESTIGO (T <sub>0</sub> = 0 PPM DE AIB) .....	77
<b>ANEXO 12.....</b>	<b>78</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO TESTIGO (T <sub>0</sub> = 0 PPM DE AIB) .....	78
<b>ANEXO 13.....</b>	<b>79</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 1000 PPM DE AIB .....	79
<b>ANEXO 14.....</b>	<b>80</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 1000 PPM DE AIB.....	80
<b>ANEXO 15.....</b>	<b>81</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 1000 PPM DE AIB.....	81
<b>ANEXO 16.....</b>	<b>82</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 2000 PPM DE AIB .....	82
<b>ANEXO 17.....</b>	<b>83</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 2000 PPM DE AIB.....	83
<b>ANEXO 18.....</b>	<b>84</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 2000 PPM DE AIB.....	84
<b>ANEXO 19.....</b>	<b>85</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 3000 PPM DE AIB .....	85
<b>ANEXO 20.....</b>	<b>86</b>
DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 3000 PPM DE AIB.....	86
<b>ANEXO 21.....</b>	<b>87</b>

DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 3000 PPM DE AIB.....	87
<b>ANEXO 22.....</b>	<b>88</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO CON EL SOFTWARE R.....	88
<b>ANEXO 23.....</b>	<b>89</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO CON EL SOFTWARE R.....	89
<b>ANEXO 24.....</b>	<b>90</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R.....	90
<b>ANEXO 25.....</b>	<b>91</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE NÚMERO DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R.....	91
<b>ANEXO 26.....</b>	<b>92</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R.....	92
<b>ANEXO 27.....</b>	<b>93</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R.....	93
<b>ANEXO 28.....</b>	<b>94</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD MÁXIMA DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R.....	94
<b>ANEXO 29.....</b>	<b>95</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE LONGITUD MÁXIMA DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R.....	95
<b>ANEXO 30.....</b>	<b>96</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE REBROTE CON EL SOFTWARE R.....	96
<b>ANEXO 31.....</b>	<b>97</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE NÚMERO DE REBROTE CON EL SOFTWARE R.....	97
<b>ANEXO 32.....</b>	<b>98</b>
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA CON EL SOFTWARE R.....	98
<b>ANEXO 33.....</b>	<b>99</b>
PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA CON EL SOFTWARE R.....	99

## LISTA DE CUADROS

	Página
CUADRO 1 CUADRADO MEDIO OBTENIDO EN EL ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EVALUAR EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG. ....	34
CUADRO 2 PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY PARA EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO.....	36
CUADRO 3 CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EVALUAR EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL NÚMERO DE RAÍCES DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG.. ....	37
CUADRO 4 PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY, PARA EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL NÚMERO DE RAÍCES. ....	38
CUADRO 5 CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EVALUAR EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO A LA LONGITUD DE RAÍZ DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG. ....	41
CUADRO 6 PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY, PARA EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO A LA LONGITUD DE RAÍZ. ....	41
CUADRO 7 CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EVALUAR EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL NÚMERO DE REBROTOS DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG. ....	44
CUADRO 8 PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY PARA EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL NÚMERO DE REBROTOS..	45
CUADRO 9 CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EVALUAR EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA. ....	46
CUADRO 10 PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY PARA EL EFECTO DE LA DOSIS DE AIB CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA. ....	47
CUADRO 11 RESUMEN DE LOS CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EVALUAR EL EFECTO DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO EN VARIABLES RELACIONADAS CON EL ENRAIZAMIENTO DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG. EVALUADAS A LOS 15 DÍAS. 49	49
CUADRO 12 RESUMEN DE LA PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE TUKEY PARA LAS VARIABLES RELACIONADAS CON LA CAPACIDAD DE ENRAIZAMIENTO DE <i>CROTON LECHLERI</i> MUELL. ARG.....	50

## *Lista de figuras*

	Página
FIGURA 1 DISEÑO DE LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN .....	29
FIGURA 2 PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE AIB .....	37
FIGURA 3 NÚMERO DE RAÍCES EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE AIB .....	40
FIGURA 4 LONGITUD DE RAÍZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE AIB .....	42
FIGURA 5 LONGITUD DE RAÍZ MAYOR EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE AIB .....	43
FIGURA 6 NÚMERO DE REBROTOS EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE AIB .....	46
FIGURA 7 PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE AIB .....	48

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la demanda por las plantas medicinales viene en aumento, encontrándose publicaciones tanto de índole científica como de difusión que reportan el incremento en las estadísticas sociales y económicas sobre el uso de plantas medicinales y su interés por estudiarlas. Es así que la medicina moderna está centrando su atención en las plantas medicinales que empleaban nuestros ancestros como remedio para sus males de salud; pudiendo aplicarse hoy en día modernos estudios que permiten determinar sus principios activos, empleándose en la prevención y tratamiento de enfermedades muy complejas que hasta ahora no tienen cura. Una de estas es la Sangre de Grado, considerada de interés forestal por su alto valor económico y comercial en cuanto a sus reconocidas propiedades medicinales de su látex, como cicatrizante y antiinflamatorio.

La propagación vegetativa se ha venido usando para mantener la calidad genética de individuos que presentan características especiales de interés en su conservación y multiplicación de manera que se puede lograr la existencia de plantas valiosas por ser resistentes a enfermedades e insectos, crecimiento rápido o de buen fenotipo u otras más, que con la intensa actividad antrópica están siendo depredados de los bosques, disminuyendo su población y la diversidad genética. Por lo anteriormente dicho es necesario desarrollar técnicas de propagación vegetativa que superen estas dificultades y contribuya al desarrollo de un programa de reforestación y conservación de la especie; en el caso de Sangre de Grado se ha observado en campo y existen testimonios sobre diferentes cantidades de látex que puede ser atribuidos a especies, variedades o tipos que deben ser verificados, para lo cual la propagación vegetativa muestra ser un tratamiento eficaz para la selección y mejoramiento genético de esta especie.

Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivos contribuir al desarrollo de una técnica para la propagación vegetativa de la especie *Croton lechleri* Muell. Arg., determinando la efectividad del tipo de material de propagación en el enraizamiento de dicha especie y definiendo qué concentración de la hormona ácido 3-indolbutírico (AIB) produce una mejor respuesta al enraizamiento empleando cámara de subirrigación.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

##### A) TAXONOMÍA

El *Croton lechleri* Muell. Arg. (Sangre de Grado), tiene la siguiente posición taxonómica, según la clasificación de Cronquis (1981):

Reino: Plantae

Subreino: Fanerógama

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Croton*

Especie: *Lechleri*

Nombre científico: *Croton lechleri* Muell. Arg.

Nombre común: Sangre de Grado

##### B) DESCRIPCIÓN GENERAL

Pinedo *et al.* (2007), muestra los avances que se han experimentado en el manejo y sistematización de plantas medicinales en la Amazonía, siendo una de ellos *Croton lechleri* Muell. Arg., que a continuación se describe:

- Distribución geográfica: En América tropical y subtropical. En Perú, se encuentra en los departamentos de Loreto: Llachapa, río Napo, río Amazonas, Indiana, río Amazonas,

Padrecocha y Momón; San Martín; Huánuco; Cerro de Pasco, Oxapampa, Satipo, Puerto Bermúdez, Iscozacín, Villa Rica, Chanchamayo, Junín, Cusco, Puno, Madre de Dios y Ucayali.

- Clima: Cálido con alta humedad relativa, temperatura media anual entre 17,7 y 30°C, precipitación pluvial entre 2 000 a 3 300 mm/año con una mínima de 1 000 mm, nivel altitudinal entre 300 a 2 080 msnm.
- Suelo: Se desarrolla bien en suelo arcilloso a arenoso-arcilloso, con abundante o escasa materia orgánica, con buen drenaje y buena aereación y moderadamente ácidos (5,6 a 6) a ligeramente alcalinos (7,4 a 7,8).
- Biotipo de las poblaciones naturales: Habita en zonas aledañas a quebradas, bosques primarios, restingas, chacras nuevas, purma cerrada, purma joven, en suelos inundables con creciente alta. De preferencia se encuentra en zonas sombreadas, aunque también prospera en zonas iluminadas. Resiste medianamente la inundación. Comparte su hábitat con las siguientes especies: cético, charichuelo, algodón, zapote, piñon, chiricnago, uña de gato, ubos, patiquina, tangarana, malva, caña de azúcar, huamansamana, uvilla, huasaí, cashapona, bijao, huacapú, topa, aguaje, shimbillo, carahuasca, escalera de mono, abuta, huacrapona.
- Zonas de vida: El género *Croton*, está en formaciones bosque tropical (bT) bosque muy húmedo tropical (bmhT), bosque húmedo premontano (bh-PM). (Rosero, 2008)
- Descripción Botánica: Árbol de copa amplia, globosa y redondeada, corteza de color grisáceo-blanquecino, que exuda látex de color vinoso. Hojas cordadas, alternas, a veces opuestas o verticiliadas, de 12 a 20 cm de largo y 5-14 cm de ancho, con 2 glándulas en la base, las más tiernas presentan una estructura ferrugínea, tomentosa en ambas caras. Inflorescencia terminal en racimos laxos. Flor de color ámbar, estambres numerosos. Fruto capsular globoso, deprimido, elásticamente dehiscente, de 3 mm de largo y de 4,5 mm de ancho, presenta 3 monocarpas bivalvos. Semillas lisas con carúncula y endosperma oleaginoso.

- Componentes químicos: Contiene el alcaloide taspina (acción cicatrizante), proantocianidina oligomérica (SP-303).

### 2.1.2 LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Quijada (1980), define a la propagación vegetativa como la obtención de nuevos individuos a partir de partes vegetativas bien diferenciadas, debido a la capacidad de regeneración que posean estas partes (rama, fuste, hojas y retoños) cuando se colocan en condiciones favorables. Coincidiendo con Vekhov (1941), al estudiar varias especies de árboles y arbustos, llegó a la conclusión de que es posible propagar en cierto grado todas las especies difíciles, siempre que se determinen las condiciones óptimas que rigen la emisión de raíces que permiten sobrevivir al propagarlo.

Los pocos ensayos exitosos en la propagación vegetativa de *Croton lechleri* Muell. Arg. justifican la búsqueda de nuevas técnicas que logren unos mejores resultados y permitan la formación de jardines clonales como base para programas de reforestación con objetivos comerciales.

Las plantas propagadas vegetativamente se 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).

Toda la progenie de una planta reproducida asexualmente es genéticamente igual y constituye un clon, al igual que aquellas plantas que forman un clon son genéticamente iguales entre sí y con la planta madre, esto es posible porque cada célula que compone la planta contiene la información genética necesaria para generar otro individuo de similares características al del original denominado clon (Sevilla y Holle, 2004). Sin embargo en algunos casos no se aprecian las características fenotípicas del individuo original, debido a que el nuevo individuo puede ser influenciado por la variación ambiental (Zobel y Talbert, 1984), pero si es claro que el nuevo individuo es genéticamente idéntico al original.

Una de las características más significativas de la clonación se refiere a como 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, haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivar (Hartmann y Kester, 1990).

Posiblemente la ventaja más reconocida de la propagación vegetativa es la capacidad de duplicar exactamente el genotipo seleccionado, permitiendo así capturar tanto los componentes aditivos como los no aditivos de la varianza genética total. De esta manera, es posible lograr ganancias genéticas muy grandes en períodos relativamente muy cortos (Zobel y Talbert, 1984).

### *C) IMPORTANCIA DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA*

La importancia de la propagación vegetativa es fundamental para el establecimiento de huertos semilleros clonales, en donde se creará bancos de germoplasma a gran escala para la producción de plantas con mejoramiento genético (Quijada, 1980). Este tipo de reproducción en el campo forestal se usa para multiplicar árboles seleccionados con base a características deseables que se quieren perpetuar como: velocidad de crecimiento, rectitud del fuste, resistencia a plagas y enfermedades, es decir, permite conservar genotipos valiosos (Carrera, 1977).

Mesén (2008), destaca que la propagación vegetativa es importante porque permite la mayor productividad y mejor calidad del producto, mayor ganancia genética, al capturar tanto los componentes aditivos como no aditivos de la variación genética total, mayor homogeneidad en plantaciones, mayor facilidad de manejo, posibilidad de replicar individuos con combinaciones genéticas únicas, lo cual no es posible mediante el uso de semillas, además brinda la posibilidad de iniciar la propagación mucho antes de que el árbol alcance su edad reproductiva.

También es importante estudiar varias especies de árboles y arbustos de interés, ya que existen muchas barreras que dificultarían su reproducción, o que pueden estar en peligro de extinción, sin embargo es posible propagar en cierto grado todas las especies difíciles, siempre y cuando se conozcan las condiciones adecuadas que permitan propagarlo; entendiéndose que la propagación vegetativa está aumentando rápidamente y es de vital importancia para el mejoramiento genético forestal (Zobel y Talbert, 1984).

En el caso de *Croton lechleri* Muell Arg., resulta importante realizar la propagación de forma vegetativa ya que así se logra mantener en los nuevos individuos una producción de látex tan buena como la obtenida en el árbol madre seleccionado, lo cual resulta muy positivo al tener en cuenta que actualmente el látex tiene un alto potencial económico en el mercado por su valor terapéutico.

#### D) MÉTODOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA

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

Hartmann y Kester (1983) dicen que las técnicas de propagación son: embriones apomícticos, estolones, hijuelos, acodado, separación, división, estaca, injerto, micro propagación. Además mencionan que en el campo forestal la estaca del tallo es el más importante, se obtiene de segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales con la mira que al colocarlos en forma adecuada, produzcan raíces adventicias y originan una planta independiente.

#### E) PROPAGACIÓN POR ESTACAS

Rojas *et al.* (2004) manifiesta que la propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación en la parte aérea, hasta obtener una nueva planta.

Según Zasoni (1975), se define a la estaca como una porción de la planta susceptible de adquirir una autonomía fisiológica, si ésta se instala en un medio favorable, condiciones ambientales convenientes y protegida de la desecación. Estas porciones pueden tomarse de un tallo, de una raíz o una hoja que se denominan estaca de tallo, de raíz o de una hoja respectivamente (Hartmann y Kester, 1983).

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, 1977). Según Wells (1979), este método de propagación es uno de los más utilizados a nivel práctico y posee una gran importancia económica.

#### *F) VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA A TRAVÉS DE ESTAQUILLAS*

Algunas de las ventajas del uso de estaquillas juveniles en plantación en comparación con el uso de material proveniente de semillas son: mayor productividad, mejor calidad del producto, mayor ganancia genética al capturar tanto los componentes aditivos como no aditivos de la variación genética total, mayor homogeneidad en plantaciones, mayor facilidad de manejo, posibilidad de replicar individuos con combinaciones genéticas únicas, lo cual no es posible mediante el uso de semillas, posibilidad de iniciar la propagación mucho antes de que el árbol alcance su edad reproductiva, es una herramienta valiosa para la conservación de genotipos en peligro de extinción. Mientras que las desventajas son que es un proceso más elaborado que el uso de semillas; el costo final de cada planta es ligeramente mayor, pero se justifica plenamente (Mesén, 2008).

#### *G) BASES FISIOLÓGICAS DE LA INICIACIÓN DE LA RAÍZ EN LAS ESTACAS*

El proceso de enraizamiento puede dividirse en cuatro fases: a) diferenciación de las células cercanas al anillo del tejido vascular, frecuentemente en células del parénquima cercana al xilema y floema inmaduro o secundario; b) la formación de células iniciales en las nuevas áreas meristemáticas; c) la organización de las células en los primordios radicales y d) crecimiento y emergencia. Los requerimientos para la iniciación de las raíces están afectados por factores genéticos y estado fisiológico de la planta, mientras que la elongación de las raíces es más sensible a factores ambientales (Leakey, 1985 citado por Gutiérrez, 2003).

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 traslocado a la región del enraizamiento, donde en presencia de un factor no específico; que es traslocado 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 *et al.* 1990; Gutiérrez, 1995).

En el crecimiento de raíces 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).

Las auxinas se sintetizan en las hojas y meristemas apicales, a partir del aminoácido triptófano y 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 1cm/hora en raíces y tallos; además, es un transporte polar, es decir, siempre basipétalo en el tallo (hacia la base) y en las raíces también es un transporte polar, pero en sentido acropétalo (hacia los ápices) (Strasburger, 1994).

#### H) FACTORES QUE CONDICIONAN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

##### 1) Factores abióticos

##### a) Irradiación (Luminosidad)

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 la turgencia de las hojas y la producción de carbohidratos requeridos para la iniciación y crecimiento de las raíces (Loach, 1985). La irradiación no debería 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 (Loach, 1985 y Loach, 1988). Las hojas de las estacas normalmente son podadas para reducir la transpiración, pero permitir al mismo tiempo cierta actividad fotosintética durante el periodo de enraizamiento.

En todos los tipos de crecimiento y desarrollo de las plantas, la luz es de importancia primordial como fuente de energía para la fotosíntesis. En el enraizamiento de estacas, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces. Los efectos pueden deberse a la intensidad (radiancia), al fotoperíodo (longitud del día) y a la calidad de luz. Estos efectos pueden ser ejercidos ya sea en las plantas madres de las que se toma el material o en las estacas mismas durante el proceso de enraizamiento (Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1996). La duración y la intensidad de la luz son factores que deben ser considerados, ya que son fundamentales en la producción de hormonas o auxinas y en la fotosíntesis, básicamente en la formación de carbohidratos, y por lo tanto necesaria para la iniciación y formación de raíces y yemas en las estacas; (Macdonald, 1986). En algunas especies el mayor porcentaje de enraizamiento se obtiene con fotoperíodos largos y de iluminación continua (Hartmann y Kester, 1996).

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; citados por Torres, 2003).

Broudeau (1981), menciona que en la práctica, se cumplen las condiciones óptimas cuando las camas de enraizado están colocados bajo una sombra que deje pasar 75% de luz (malla raschel).

#### b) Temperatura ambiental

Las temperaturas del aire en excesivo elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y aumentar la pérdida de agua por las hojas (Hartmann y Kester, 1988). Un hecho indeseable para la propagación, ocurre también con el aumento de la transpiración, provocando necrosamiento (Fachinelo, 1986 citado por Torres, 2003).

El aumento de la respiración en los tejidos, provoca un agotamiento de las reservas nutricionales, con bajas temperaturas reducen el proceso fotosintético (Carrera, 1977 citado por Torres, 2003). La disminución en el metabolismo de las estacas conlleva a un mayor tiempo para el enraizamiento o incluso aún no proporcionando condiciones adecuadas para que ocurra el desarrollo y crecimiento radicular (Xavier, 2002 citado por Torres, 2003). Debido a que las temperaturas dependen del nivel de irradiación, el uso de sombra es una medida efectiva para prevenir un aumento en la temperatura del sustrato de enraizamiento y del aire que rodea las estacas (Leakey y Mesén, 1991 citados por Núñez, 1997).

La temperatura ambiental óptima para el enraizamiento varía según la especie, la mayoría de ellas requieren rangos diurnos de 20 a 27 °C, mientras que la temperatura nocturna ideal debe estar alrededor de los 15 °C (Hartmann y Kester, 1988; 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).

#### c) Medio de enraizamiento

El factor más importante asociado con el medio de enraizamiento es la aireación (Gutiérrez, 2003). Según (Haissig, 1986 citado por Núñez, 1997), la relación entre aire y agua en el medio de enraizamiento juega un papel importante en el éxito de la macro propagación, al influir en la disponibilidad de oxígeno que pueda haber en la base de la estaca, donde las raíces son formadas.

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, 1996; 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), con una densidad aparente baja, para facilitar su mezcla, manipulación, traslado y trasplante (James, 1986).

Wright (1964), menciona que los medios de enraizamiento más convenientes son la arena fina, la vermiculita y la turba. Pero, la arena es el medio de enraíce más ampliamente utilizado, porque es relativamente barato y fácil de esterilizar. Así también lo confirma Mesén (1998), quien menciona que en estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos fáciles de conseguir, generalmente grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezclas de estos materiales. La arena fina en general ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies.

#### d) Humedad relativa

La condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre las pérdidas por evaporación a través de las hojas y la absorción de agua por las estacas (Mesén 1997).

En la atmósfera seca, hay un aumento en la evapotranspiración y las estacas pueden desecarse. Se precisa entonces una humedad relativa del aire alta en los comienzos del enraizado para reducir la evapotranspiración y evitar el marchitamiento de los propágulos (Díaz, 1991 citado por Núñez, 1997). Las hojas son en extremo sensible a cualquier pérdida de agua por evaporación, pérdida que no puede ser compensada con una absorción de agua por la parte baja de la estaca aunque esté sumergida en el agua: los vasos conductores están, en efecto, parcialmente bloqueados por los mucílagos y los productos de oxidación que se forman en la superficie de corte (Broudeau, 1981).

La pérdida de agua es una de las principales causas de muerte de estacas antes de la formación de raíces, pues para que haya división celular, es necesario que las células del tejido de la estaca deban estar turgentes. Por tanto, el potencial de pérdida de agua en una estaca es muy grande sea a través de las hojas o de las brotaciones en desarrollo, considerando que las raíces aún no están formadas. Eso se ve agravado cuando se trabajaron especies que exigen largo tiempo para formar raíces y que son utilizadas estacas con hojas y/o consistencia herbácea (Torres, 2003).

Según Díaz (1991), una humedad adecuada es importante para el éxito de la propagación por estacas, por su parte, reveló que la atmósfera que rodea la parte aérea de las estacas debe

contener 100% de humedad para reducir el máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración. Cuculiza (1955), considera que la humedad ambiente debe ser constante y oscilar entre 95 y 100%.

#### e) Reguladores de crecimiento

El desarrollo vegetal está influenciado, entre otros factores, por diversas sustancias de síntesis natural, conocidas como hormonas, y otras sintéticas denominadas reguladores de crecimiento. Para distinguir entre hormonas vegetales y reguladoras del crecimiento, se puede decir que todas las hormonas regulan el crecimiento pero que no todos los reguladores del crecimiento son hormonas. De las fitohormonas (etileno, giberilinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico), las auxinas son las que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1988).

La aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento se torna necesaria cuando el balance citocinina/auxina se encuentra muy alto. Por lo tanto es necesario que haya un balance adecuado, especialmente auxinas, giberelinas y citocininas, 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 indolacético), AIB (ácido indolbutírico) 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 citado por Torres, 2003).

Leakey *et al.* (1985) citados por Núñez (1997) mencionan diferentes estudios que muestran el efecto que tienen las auxinas en promover el desarrollo de raíces adventicias en la base de la estaca, por medio de la capacidad de promover la iniciación de primordios radicales y de transportar carbohidratos y cofactores a la base de la estaca. También mejoran el transporte y la producción de la sacarosa en las hojas, que es uno de los factores que más ayudan al enraizamiento, por ser una fuente de carbono (Jarvis, 1986).

Hartmann y Kester (1983) 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.

Las auxinas mejoran el transporte y la producción de la sacarosa en las hojas, que es uno de los factores que más ayudan al enraizamiento, por ser una fuente de carbono (Jarvis, 1986). Las auxinas pueden ser aplicadas de varias formas, pero en general, los métodos más utilizados son la aplicación en mezclas con talco neutro, la inmersión rápida en soluciones concentradas (quick dip), remojo en soluciones acuosas diluidas y, exclusivamente para fines experimentales, la aplicación con microjeringas (Mesén, 1998). La técnica de inmersión rápida consiste en introducir la base de la estaca en una solución concentrada de la auxina por pocos segundos e insertar inmediatamente la estaca en el medio de propagación, si es en solución de alcohol, hay que evaporarlo antes de introducirlo (Mesén, 1998). El método de tratamiento con solución concentrada tiene varias ventajas respecto a otros; elimina la necesidad de disponer de equipos para remojar las estacas y después volverlas a manejar para insertarlas en el medio de enraíce. Además, es muy probable que se obtengan resultados más uniformes debido a que las condiciones circundantes no influyen tanto en la absorción de la sustancia por las estacas como en los otros dos métodos (Hartman y Kester, 1996).

Otros autores recomiendan el uso de alcoholes diluidos al 50% para no causar daños en el tejido vegetal. Sin embargo, existe el problema de que los ácidos no se disuelvan. Las soluciones deben ser ajustadas para cada especie, dependiendo del grado de lignificación de la estaca y la duración de la inmersión no debe ser prolongada (Blazich, 1988). El 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).

Las plantas poseen varios mecanismos que reducen o anulan la efectividad del AIA, conjugándolos con otros compuestos o destruyéndolo, lo cual no sucede con el AIB o el ANA (Blazich, 1988). Dentro del rango normal de concentración de AIB utilizadas para la mayoría de las especies (0,1 - 0,2%), las concentraciones mayores también tienen un efecto positivo al inhibir el crecimiento de las yemas en las estacas durante las primeras semanas en el propagador, al inducir el transporte de asimilados hacia la base de la estaca y permitir el desarrollo de raíces sin competencia con un brote en crecimiento. Una vez que se forman las

raíces, la recuperación del balance hídrico y las reacciones fotosintéticas en la planta restauran el balance de crecimiento entre el brote y las raíces. Si no se aplican auxinas, el brote podría empezar a desarrollarse en la estaca antes de la formación de las raíces. Esto crea un punto de atracción de asimilados hacia los brotes, en competencia con la base de la estaca, lo cual reduce el enraizamiento (Mesén, 1993).

Mesén (1998), hace referencia que el Acido Indol-3-butírico (AIB) es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectivo que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora del enraizamiento. Tiene las ventajas 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. Además es la auxina más utilizada, no es fotosensible, no es soluble en agua, y ha probado ser efectiva en una gran cantidad de especies. La mayoría de las presentaciones comerciales están hechas a base de AIB, en diversas concentraciones.

En el año 2008 se reportó que la mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 0,2% (2000 ppm) a 0,3% (3000 ppm) de AIB, aunque algunas pueden requerir dosis mayores o menores, en estos casos deberá buscarse un producto comercial que indique una dosis baja o alta a conseguirse de AIB puro y prepararse en las dosis requeridas (Mesén, 2008).

#### f) Época del año para el corte de la estaca

Para algunas especies la época de recolección es determinante en el proceso de enraizamiento (Hartmann y Kester 1988; Botii, 1999), en especial para estacas verdes, de madera blanda, las que generalmente deben extraerse en primavera o verano (Botii, 1999). Muchas especies de difícil enraizamiento presentan mejores resultados al recolectar las estacas en breves períodos de primavera. Sin embargo, cuando se presentan problemas de enraizamiento, deben hacerse pruebas para determinar cuál es la mejor época de extracción para cada especie (Hartmann y Kester, 1988; Botti, 1999)

#### g) Longitud y diámetro de la estaca

Pinedo (1993), al evaluar el efecto de la longitud de estaca en el enraizamiento, no encontró diferencia significativa en el porcentaje de prendimiento de estacas leñosas de Ishpingo; sin

embargo Hartmann y Kester (1977) afirman que la longitud de estaca es un factor determinante en el enraizamiento por lo que recomienda utilizar estacas de 7 a 15 cm de largo con dos a más nudos. Mientras que Mesén (1998) menciona que, las estacas deben ser cosechadas de brotes ortrópicos, sanos y vigorosos, de 30-50 cm. de longitud; de los cuales se utilizan, generalmente estaquitas de 4-6 cm. de longitud, con diámetros centrales de 3-6mm.

Hartmann y Kester (1977) sostiene que la concentración de sustancias nutricionales es mayor, cuando mayor sea el grosor de la estaca. De igual modo la rigidez de una planta está en relación directa con el diámetro. Así los delgados son generalmente suaves y flexibles por tener tallos succulentos, mientras que los más gruesos son firmes y rígidos por tener tallos leñosos; el enraizamiento por tanto está relacionado con el grosor del diámetro de la estaca. Coincidiendo con Manta y Shwyzer (1985), quienes aseguran que un mayor diámetro favorece a un mayor enraizamiento, de tal forma que es conveniente usar diámetro de por lo menos 2,5 cm a más en especies caducifolias de madera dura.

#### h) Tipo de estaca

Para la mayoría de las especies las variaciones son pocas y se pueden utilizar estacas provenientes de varias posiciones a lo largo del brote sin problemas, aunque siempre es recomendable descartar el entrenudo apical por ser demasiado succulento y susceptible al marchitamiento, así como los entrenudos basales muy lignificados que muestran mayor dificultad para la iniciación de raíces (Mesén, 1998).

### 2) Factores bióticos

#### a) Edad de la planta madre

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 giberilinas, 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).

Hartmann y Kester (1988), dicen que casi siempre las estacas tomadas de plántulas jóvenes (crecimiento juvenil), enraízan con mayor facilidad que aquellas tomadas de plántulas adultas. Esto se explica por el incremento en la producción de inhibidores de las raíces a medida que la planta aumenta de edad.

#### b) Sección de la planta madre para la obtención de estacas

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. (Vastey, 1962, citado por 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, 1983). Es necesario destacar que pueden existir diferencias en el enraizamiento y crecimiento entre las estacas obtenidas del tallo y otras obtenidas de ramas, en la misma planta madre (MacDonald, 1986; Hartmann y Kester, 1988).

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 (McDonald, 1986; Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1988). 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, 1988). Sin embargo, en ciertas especies las plantas propagadas por estacas tomadas de ramas laterales pueden tener un hábito de crecimiento indeseable, denominado topófisis (McDonald, 1986; Dirr Y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1988).

#### c) Topófisis

Consiste en un cambio de fases de diferentes partes de la planta y cuyos meristemas perpetúan esas fases en su descendencia vegetativa. En la práctica la topófisis se manifiesta en que una estaca tomada del tallo de una planta madre tendrá el mismo hábito de crecimiento vertical, mientras que una estaca extraída de una rama se desarrollará o crecerá horizontalmente, o sea perpetuará el hábito lateral (MacDonald, 1986; Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1996).

Carrera (1977) menciona que la topófisis influye en la facilidad y velocidad de enraizamiento. No obstante Flores (2010), dice que este efecto puede deberse a una desigual distribución de auxinas y reservas nutritivas en las diferentes partes de la planta.

#### d) Superficie foliar de la estaca

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

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

Broudeau (1981), menciona que una estaca juvenil sin hojas no puede arraigar. Una estaca que pierde sus hojas en el transcurso del arraigue está igualmente condenada, pues aunque esté empezando a echar raíces, no podrá desarrollarse. Es necesario una superficie foliar mínima para asegurar la fotosíntesis precisada para satisfacer las necesidades correspondientes al desarrollo del sistema radical y a la vida de la estaca.

Mesén (1998), indica que la estaca juvenil debe conservar parte de la hoja por ser fuente de asimilados, auxinas y otras sustancias vitales para el enraizamiento. Sin embargo la hoja proporciona también una amplia superficie para la pérdida de agua por transpiración. Por estas razones las hojas deben recortarse a un tamaño tal que se logre el mejor balance entre las desventajas de la transpiración y la ventaja de la fotosíntesis.

### 2.1.3 SISTEMAS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Los más empleados son, sistema de aspersión, enraizamiento al aire y sistema de subirrigación. Sin embargo, este último viene siendo adoptado por una serie de ventajas (Mesén, 1998 y Soudre *et al.*, 2009).

#### A) CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN

Son estructuras de construcción simple utilizados para operaciones a pequeña y mediana escala, se caracterizan por mantener la humedad relativa cercana al 100%, tiene ventajas del bajo costo y que no requiere agua de cañería, ni electricidad, lo que se hace adecuado para condiciones rurales (Soudre *et al.*, 2009 y Mesén, 1998).

El ambiente dentro de la cámara de subirrigación ejerce una influencia crítica en el enraizamiento de estacas juveniles, este debe mantener niveles óptimos de irradiación, temperaturas adecuadas en el aire, el sustrato y las hojas y buen balance de agua en las estacas (Loach, 1988 citado por Mesén, 1998).

Roulund & Olesen (1992). Nos dicen que con muchas especies tropicales, el enraizamiento de estacas suculentas juveniles (rebrotos de tocón o plántulas) ha dado excelentes resultados (Leakey *et al.*, 1990) y en general se obtienen porcentajes mayores que con estacas lignificadas.

#### 2.1.4 ENSAYOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA CON CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN EMPLEANDO LA HORMONA AIB

Nuñez, Y. & Mesén, F. (1993), nos hablan sobre la propagación vegetativa mediante enraizamiento de estacas juveniles, la factibilidad de propagar la especie Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*) mediante el uso de estacas juveniles. El enraizamiento de esta especie es afectado por medio de diferentes dosis de Ácido Indolbutírico (AIB), medios de enraizamiento, niveles de radiación solar y áreas foliares, en dos experimentos utilizando cámara de subirrigación. En el experimento 1, las dosis de 4000 y 2000 ppm, fueron las más efectivas en arena y grava, respectivamente, con porcentajes de enraizamiento superiores al 80%. Los incrementos en las dosis de AIB causaron un aumento significativo en el número de raíces por estaca. En el experimento 2, se obtuvieron porcentajes de enraizamiento superiores al 86% bajo irradiaciones de 156  $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{.seg}^{-1}$  (una capa de sarán) u 81  $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{.seg}^{-1}$  (dos capas de sarán). La mayor producción de raíces por estaca (9,6) fue registrada con una capa de sarán. El mayor porcentaje de enraizamiento fue obtenido con el área foliar de 60  $\text{cm}^2$ . La combinación de una capa de sarán y un área foliar de 60  $\text{cm}^2$  resultó en porcentajes de enraizamientos superiores al 95%.

Cuellar (1997), realizó investigación con Uña de gato (*Uncaria tomentosa* Willd DC.) y no logró los resultados esperados en su enraizamiento, utilizando estacas leñosas con dos yemas y diámetros de 3 a más y una longitud de 30 a 50cm, utilizando hormona Roothone en polvo (0,056 % de AIB y 0,032 % de ANA) y AIB en solución; el estudio se realizó en cámara de subirrigación y cama de platabanda elevada con sustrato de arena y humus; el mayor enraizamiento se obtuvo en estacas basales lignificadas en comparación con estacas apicales.

Vásquez (2009), trabajó con Caoba (*Swietenia macrophylla*), empleando cámara de subirrigación. Realizó dos ensayos, en el primer ensayo se empleó un diseño de bloques completamente aleatorios y con parcelas divididas, en el cual se probaron tres niveles de sustratos (fina, media y gruesa), influenciados por cuatro soluciones hormonales de AIB (0, 500, 1000, 3000 ppm), asimismo usó estaquillas de 3,5 cm de longitud y 17 cm<sup>2</sup> de área foliar. Con los mejores resultados obtenidos del primer ensayo, realizó un segundo ensayo empleando el diseño de bloques completamente aleatorio, donde se sometió a prueba tres tipos de estaquillas (apical, media y basal), dos longitudes de estaquillas (2,5 y 4,5 cm) y dos áreas foliares (25 y 50 cm<sup>2</sup>), que formaron un arreglo factorial de 3 x 2 x 2. En conclusión el efecto combinado de arena media y la dosis 3000 ppm de AIB, influyen sobre el porcentaje de enraizamiento de estaquillas juveniles de *Swietenia macrophylla*. Además, el uso de estaquilla basal, con una longitud de 4,5cm y un área foliar de 50 cm<sup>2</sup> permitió obtener un 57% de enraizamiento, lo cual, posibilitaron propagar la especie exitosamente.

Ruiz (2009), realizó investigación con Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y logró obtener 92,6% y 87,7% de enraizamiento, utilizando estacas juveniles de sachá inchi con 1500 y 2000 ppm de AIB, con arena media y cámara de subirrigación; este resultado fue el máximo obtenido hasta la fecha.

Ruiz & Mesén (2010), realizaron un estudio sobre el efecto de AIB y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) donde evaluaron el efecto de 4 dosis de ácido indolbutírico (0, 1000, 1500 y 2000 ppm) y 3 tipos de estaquilla (basal, intermedia y apical) sobre el enraizamiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante cámaras de subirrigación, llevadas a cabo en el vivero del IIAP en el Departamento de San Martín, a través de un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x3, con 3 repeticiones y 9 estaquillas por unidad experimental. Al término de 30 días las estaquillas intermedias y basales mostraron

mayor enraizamiento (78,70 y 77,78%), el número de raíces (19,21 y 15,75) y longitud de raíz mayor (4,07 y 4,24 cm). Fue necesaria la aplicación de AIB para lograr un buen enraizamiento en estaquillas de esta especie. Al aplicar dosis de AIB a 1500ppm y 2000ppm obtuvo el mayor (4,25 y 4,57cm).

Saboya (2010), realizó una investigación con la especie Caoba (*Swietenia macrophylla king*), que consistió en dos fases consecutivas, la primera en el diseño y construcción de tres prototipos de quemadores artesanales y con ellos para la producción de sustrato a partir de cascarilla de arroz, y la segunda consistió en la propagación vegetativa de la especie en cámara de subirrigación utilizando los sustratos producidos. El objetivo fue comparar los costos de producción de la cascarilla de arroz carbonizado (CAC) como sustrato; comprobar la eficiencia del CAC como sustrato para el enraizamiento y determinar el efecto de tres dosis de fitohormona en las estacas juveniles de caoba. Después de 60 días el mejor sustrato para el enraizamiento fue aquel producido por el quemador cilindro rotatorio y con la aplicación de 8000 ppm de AIB a las estacas juveniles de Caoba (*S. macrophylla king*), logrando hasta un 95% de enraizamiento.

Vidal (2010), realizó investigación con la especie Marupá (*Simarouba amara* Aubl.) empleando cámara de subirrigación, obteniendo como resultado que se puede propagar vegetativamente aplicando 8000 ppm de AIB, en estacas apicales o medias de 6 cm de longitud con 60 cm<sup>2</sup> de área foliar instalados en sustratos de granulometría gruesa (1-4 mm).

Flores (2010), hizo una investigación con estaquillas juveniles de la especie Ishpingo (*Amburana cearensis*) instaladas en cámaras de subirrigación. El objetivo fue determinar el efecto de cinco dosis de fitohormona, tres tipos de sustratos y tres rasgos de morfotipo en el enraizamiento de estaquillas juveniles. Concluye que es posible propagar exitosamente la especie Ishpingo empleando estaquillas obtenidas de rebrotes, en arena gruesa y 8000 ppm de AIB.

Murrieta (2010), realizó una investigación en propagación de estaquillas de la especie Cedro colorado (*Cedrela odorata*), en cámara de subirrigación, evaluando la influencia de tres tipos de sustrato, cuatro dosis de ácido indol butírico (AIB) y tres características morfotípicas. El resultado obtenido a las seis semanas de instalado el ensayo, es que las estaquillas provenientes

de la parte apical, con 4 cm de longitud, 20 cm<sup>2</sup> de área foliar, aplicándoles AIB a una dosis de 3000 ppm y enraizados en sustrato de arena gruesa, bajo las condiciones de la cámara de subirrigación, produjeron una influencia positiva en su propagación vegetativa, hasta pasar del 90% de enraizamiento, lo que le hace una técnica recomendable.

Soudre *et al* (2010), trabajaron con Cedro (*Cedrela odorata*) y lograron optimizar el proceso hasta obtener un 93 % de enraizamiento, a los 25 días de instalado, usando las partes apicales y medias de estacas muy juveniles (estaquillas) obtenidas de brotes de 30 días de edad, de 7 cm de longitud de estaca, 8 pares de foliolos (50 cm<sup>2</sup>) y 3000 ppm de AIB en la base de cada estaca, empleando sustrato de arena gruesa en la cámara de subirrigación.

Soudre *et al.* (2010), trabajaron con Caoba (*Swietenia macrophylla*) y lograron 96 % de enraizamiento, utilizando estacas juveniles de sección media y basal, de 4,5 cm de longitud, con área foliar de 50 cm<sup>2</sup> (un foliolo), instalado con 8000 ppm de AIB y usando como sustrato cascarilla de arroz carbonizada (CAC) o arena media, tomando en cuenta estas consideraciones el enraizamiento inicia a casi 30 días de instaladas, en la cámara de subirrigación.

Cervantes (2011), utilizando cámara de subirrigación, realizó investigación en Quinilla (*Manilkara bidentata*), el diseño fue completo al azar con parcelas divididas en donde las parcelas grandes corresponderán a los sustratos y las parcelas pequeñas a las dosis de AIB. Empleó tres sustratos (arena gruesa, media y fina) influenciados por 4 soluciones hormonales de AIB (0, 2000, 4000 y 8000 ppm). El sustrato para el enraizamiento de estacas más propicio fue el de arena media. Con la aplicación de AIB a 8000 ppm obtuvo en promedio el mayor porcentaje de enraizamiento, número de raíces y longitud de raíz mayor y sin la aplicación de ácido AIB obtuvo en promedio el menor porcentaje de enraizamiento, número de raíces y longitud de raíz, además considera que la influencia de factores como humedad relativa en un rango (66 - 89 %), temperatura del ambiente (23 – 29 °C), temperatura de sustrato (24 – 31 °C) y la intensidad luminosa entre un rango de (0,80 – 157,0 lux) dentro del propagador de subirrigación, garantiza el enraizamiento de estaquillas de quinilla.

## 2.2 ANTECEDENTES

### 2.2.1 EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN PROPAGACIÓN CON SANGRE DE GRADO

Ramírez (2010), en su trabajo de investigación que tuvo como objetivos específicos evaluar el sustrato más adecuado para la propagación asexual de *Croton lechleri* Muell-Arg, el efecto del tiempo de inmersión en el regulador de crecimiento radicular para la propagación de estacas y la eficiencia del propagador de subirrigación en el enraizamiento; empleando tres tipos de sustratos, arena de río, tierra negra, arena de río + tierra negra con tres tiempos de inmersión (I1 Inmersión de 1 hora, I2 Inmersión de 2 horas y I3 Inmersión de 3 horas). Obtuvo que el sustrato arena + tierra negra responde mejor a la exigencia de la especie con 86,67% de prendimiento, por otro lado no existió diferencia entre los tiempos de inmersión, a pesar de que el tiempo 1 es el que se adecuó mejor a la especie. Mientras que respecto a la eficiencia del propagador por subirrigación, en relación a la propagación vegetativa se constató que el 100% de 270 estacas estuvieron vivas, turgentes y con desarrollo de yemas axilares hasta los 60 y 90 días sin desarrollar raíces y sin la formación de callos, sin embargo a los 120 días sólo quedó una estaca viva que si formó raíces.

Garate (2010), hace una recopilación de diferentes experiencias en propagación vegetativa, en lo que respecta a *Croton lechleri* Muell Arg mencionando a Pérez y Dreyfus (1998), indica que ellos no encontraron callo alguno en sus estacas, el 30% de estacas sin hojas emitieron brotes y las estacas remojadas por 24 horas murieron en menor tiempo, para ello emplearon estacas semileñosas de 20 cm de longitud y 0,4 a 3,5 cm de diámetro, distribuidos en cuatro tratamientos con hojas y sin hojas, y con riego directo e indirecto; adicionalmente las estacas fueron lavadas con chorro continuo por 24 horas, no lavadas e invertidas, y el porcentaje restante también fueron lavadas con chorro continuo pero no lavadas y no invertidas; todas las estacas fueron tratadas con aplicación de 3000 y 8000 ppm de Ácido Indolbutírico (AIB) y luego instaladas en sustrato arena, empleando sistema de nebulización. Nos indica además que actualmente se continúa realizando ensayos de propagación vegetativa a partir de estacas provenientes de jardines de multiplicación, aplicando tratamientos hormonales de AIB y Ácido Naftalenacético (ANA) y que vienen siendo instaladas en cámaras de subirrigación, sin

embargo los resultados no han sido satisfactorios, posiblemente por el látex que posee esta especie.

Cadme *et al.* (2010), realizaron investigación en propagación vegetativa de *Croton Lechleri* Muell. Arg., estableciendo una metodología que permite propagar esta especie con fines de conservación y manejo en el Ecuador, mediante la aplicación de diferentes dosis de las hormonas de enraizamiento, Ácido Naftalenacético (ANA) y Ácido Indolbutírico (AIB), siendo los resultados obtenidos en la propagación de la especie con la aplicación combinada de diferentes dosis de ANA y AIB, en el que se demuestra que los tratamientos con  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  ANA +  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  AIB presentó los mejores resultados para el número de raíces, longitud de raíz mayor, porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDIO**

Los ensayos experimentales se realizaron en la ciudad de Pucallpa, Provincia de Coronel Portillo, y el material vegetativo se obtuvo de árboles de Sangre de Grado que se encuentran en el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana con sede Ucayali, ubicado en la margen derecha de la carretera Federico Basadre Km. 12,400, perteneciente al Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, localizado a 8°22'31" Latitud Sur y 74°34'35" Longitud Oeste a una altitud de 154 msnm, con una precipitación media anual de 1773 mm, una humedad relativa promedio de 82,93 % y una temperatura media anual de 26,44° C.

##### *A) CLIMA*

La temperatura promedio durante el año es 26°C, con un promedio de 25°C en julio y un promedio de 26,5°C en los meses de setiembre a enero. La temperatura máxima promedio es 33°C y la temperatura mínima es 21,5°C promedio.

#### **3.2 MATERIALES**

##### *B) PARA LA COLECCIÓN DE MUESTRAS BOTÁNICAS*

- Tijera de podar
- Tijera telescópica.
- Machete.
- Wincha.
- Papel periódico.
- Rafia.
- Alcohol 96°.
- Algodón.

- Libreta de campo.
- Tablero de madera.
- Tijera.
- Regla.
- Lápiz.
- Plumón indeleble.
- Cámara fotográfica.

*C) INSUMOS Y HERRAMIENTAS PARA LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA*

- Cámara de subirrigación (grava, gravilla, arena, tubo, plástico y madera).
- Fungicida Cupravit OB 21.
- Hormona Ácido Indol Butírico (AIB).
- Vasos de precipitado de 25mL.
- Jarra de medir de 1L.
- Vernier o Pie de Rey.
- Pala cuadrada.
- Carretilla.
- Cernidor.
- Malla raschel 80% sombra.
- Regadera.
- Lavatorio.

- Bandejas de plástico.
- Guantes de látex.
- Marcadores o pilotes de plástico para codificar ensayos.

#### *D) MATERIAL VEGETAL*

Estacas juveniles provenientes de la inducción al rebrote del árbol de Sangre de Grado de la especie *Croton lechleri* Muell. Arg.

#### *E) EQUIPOS DE GABINETE*

Computadora para procesar datos, se empleará el programa estadístico “R”, se realizará el análisis de varianza de las variables asimismo se efectuará comparaciones múltiples de media de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### **3.3 METODOLOGÍA**

#### **3.3.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL**

##### *A) SELECCIÓN DEL ÁRBOL DONANTE*

Primero se reconocieron en el IIAP de Ucayali, tres árboles de sangre de grado que tenían tres coloraciones diferentes de látex (rojo, vino y ocre). Para saber si se trataban de una misma especie, se extrajeron muestras botánicas empleando el Formato N°1 (Anexo 1), las mismas que fueron enviadas a Lima para su identificación en el herbario MOL de la UNALM. A su vez se hicieron podas a los árboles para inducirlos al rebrote y así extraer estaquillas que tras un proceso previo fueron llevadas a un sistema de propagación en cámara de subirrigación para su enraizamiento.

Estos árboles provienen de unas plantaciones que se hicieron en el IIAP en el año 2006 y cuyo material genético fue obtenido en la zona de San Alejandro, capital del Distrito de Irazola, Provincia del Padre Abad, Región Ucayali, siendo seleccionados por las características de su producción de látex.

Los resultados de identificación botánica fueron que las muestras correspondían a dos especies diferentes de Sangre de Grado, *Croton lechleri* Muell. Arg. (colores rojo y ocre) y *Croton draconoides* (color vino). Se decidió realizar los ensayos con la especie *Croton lechleri* Muell. Arg. por tener una mayor disponibilidad de estaquillas.

Se preparó el material vegetal mediante la inducción de brotes a través de podas mensuales efectuadas al árbol adulto de Sangre de Grado de la especie *Croton lechleri* Muell. Arg., obteniéndose estaquillas con las que se trabajó en la cámara de subirrigación, empleando diferentes concentraciones de la hormona AIB.

#### B) IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

Las muestras botánicas colectadas de los árboles de Sangre de Grado se llevaron al herbario MOL de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su identificación. Encontrándose que la de coloración roja y ocre pertenecen a la especie *Croton lechleri* Muell. Arg., mientras que la de color vino es la especie *Croton draconoides*. Se pudo determinar las especies por algunas diferencias en las hojas, en donde *Croton lechleri* Muell. Arg. presentó un tono ferruginoso en sus hojas jóvenes y claramente tomentoso en ambos lados. Para los ensayos de esta investigación se trabajó con la especie *Croton lechleri* Muell. Arg.

#### C) SELECCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL DONANTE

Respecto a la selección del árbol donante se hicieron actividades preliminares con los individuos inicialmente identificados de *Croton lechleri* Muell Arg.; se eligió trabajar sólo con uno de ellos por las siguientes características deseables:

- Buena respuesta a la inducción de rebrotes.
- Accesibilidad y condiciones silviculturales de buen manejo.

Las características fenotípicas son:

- Inflorescencia: Color verde amarillenta
- Porte: Árbol
- Altura total: 15m

- Fuste: Cilíndrico, bifurcado.
- Corteza externa: Marrón clara, lisa y lenticelada.
- Edad aproximada: 7 años.
- Corteza interna: Presencia de látex de coloración roja.
- Hojas: Pubescentes y acorazonadas.

#### D) *INDUCCIÓN AL REBROTE*

Teniendo la especie identificada y seleccionada, *Croton lechleri* Muell. Arg., con característica de látex rojo, se efectuó podas mensuales, para así inducir al rebrote. Pasado el mes estos rebrotes fueron extraídos teniendo así las estaquillas para la propagación.

### 3.3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### A) *DESCRIPCIÓN DE LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN*

Es un propagador basado en el diseño Howland (Leakey *et al.*, 1990), que consiste en una caja de madera, de dimensiones de 2,5m de largo, 1m de altura y 1m de ancho, rodeado por plástico transparente haciéndolo de esta manera impermeable. Los primeros 25cm de profundidad se cubren con capas sucesivas de grava, gravilla y los últimos 5cm con arena, además se le agrega agua entre los primeros 20cm (aproximadamente 70L), de manera que el sustrato siempre se mantenga húmedo por capilaridad. El diseño se puede apreciar en la Figura N° 1 que se muestra a continuación.

En la Figura 1, se muestra el diseño de la Cámara de Subirrigación (Longman, 1993).

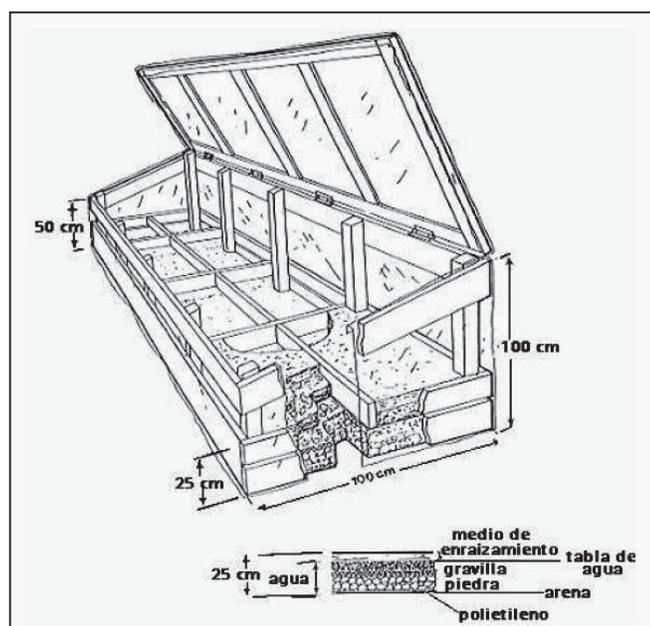


Figura 1 Diseño de la cámara de subirrigación

### B) SELECCIÓN DE SUSTRATO

El sustrato que se empleó fue la arena, considerando lo indicado por los investigadores Hartmann y Kester (1996), quienes afirman que el uso de arena ayuda a desarrollar raíces ramificadas delgadas y flexibles, que son las más apropiado para extraer y volver a plantar.

Otro investigador es Wright (1964), quien menciona que dentro de los medios de enraizamiento más convenientes está la arena que además es el medio de enraizamiento más ampliamente utilizado, porque es relativamente barato y fácil de esterilizar, esto lo confirma Mesén (1998), quien menciona que en estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos fáciles de conseguir, generalmente grava fina y arena, siendo la arena fina la que ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies.

### C) EXTRACCIÓN DE ESTAQUILLAS Y DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA LA PROPAGACIÓN

Las estaquillas fueron extraídas del árbol seleccionado pasado un mes de la poda. Las ramitas terminales fueron cortadas con una tijera telescópica y depositadas en un lavatorio para ser trasladados a una mesa de trabajo donde pasaron por un proceso de corta, desinfectado y aplicación de la hormona AIB en diferentes concentraciones.

### C. 1) INSTALACIÓN Y EVALUACIÓN

Antes de la instalación de las estaquillas en la cámara de subirrigación, se le agregó el agua suficiente para que esté húmeda, además se realizaron hoyos a una densidad de siembra de 5x5cm.

Para la obtención de las estaquillas se cortaron las ramitas terminales de *Croton lechleri* Muell. Arg., con la ayuda de una tijera. El número de estaquillas requeridas fue de 120, las mismas que fueron repartidas en 4 grupos de 30 unidades cada uno, correspondientes a los 4 tratamientos: testigo, 1000, 2000 y 3000 ppm de AIB. Las estaquillas seleccionadas tenían entre 5 a 6 cm de largo y un diámetro de 3 a 5 mm. Luego fueron pasadas por un baño con fungicida Cupravit OB 21 por un periodo de 10 minutos, después se las dejó orear. Por otro lado se preparó en vasos de precipitado las proporciones indicadas de la hormona AIB para ser aplicadas a las estaquillas, exceptuando a las testigo. Una vez oreadas, se introdujeron la base de las estaquillas en las soluciones correspondientes: 1000, 2000 y 3000 ppm, por un periodo de tiempo de 4s y se las dejó orear unos instantes para hacer la instalación propiamente dicha, finalmente en la cámara de subirrigación se colocaron las estaquillas en los hoyos ya realizados y se codificó para su evaluación a los 15 días, empleando el Formato N°2 (Ver Anexo 2).

### C. 2) TRATAMIENTOS

Los tratamientos que se emplearon se basan en ensayos previos realizados con varias especies usando cámaras de subirrigación y aplicando la hormona AIB por diferentes autores. Entre estas investigaciones tenemos las que realizaron Cadme, M. *et al.* (2010), en *Croton Lechleri* Muell. Arg., aplicando diferentes dosis de las hormonas de enraizamiento, Ácido Naftalenacético (ANA) y Ácido Indolbutírico (AIB), siendo los mejores resultados obtenidos los tratamientos con 1000 mg.L<sup>-1</sup> ANA + 1000 mg.L<sup>-1</sup> AIB tanto para el número de raíces, longitud de raíz mayor, porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia.

Otra investigación la realizó Ruiz (2009), quién trabajó con Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y logró obtener 92,6% y 87,7% de enraizamiento, utilizando estacas juveniles con 1500 y 2000 ppm de AIB en cámara de subirrigación, siendo este el máximo obtenido hasta la fecha.

Mesén (2008), reportó que la mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 2000 a 3000 ppm de AIB.

También se tiene la investigación de Mesén (1998), quien hace referencia que el AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectivo que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora del enraizamiento. Tiene las ventajas de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o micro organismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto. Además es la auxina más utilizada, no es fotosensible, no es soluble en agua, y ha probado ser efectiva en una gran cantidad de especies.

Tomando estas referencias se realizaron ensayos preliminares empleando como estimulante del enraizamiento la hormona AIB en proporción de 4000 ppm, tomando dicha concentración porque era la que se venía trabajando en ese momento en el IIAP-Ucayali con otras especies.

Los resultados de sobrevivencia que se obtuvieron en la cámara de subirrigación, fue que de un total de 10 estaquillas con hormona, sobrevivió el 40%, mientras que de los 9 testigos (sin hormonas), el porcentaje de sobrevivencia fue de 78%. Por lo que se podría pensar que no era necesario el uso de la hormona AIB para el enraizamiento de las estaquillas de esta especie. Sin embargo en estos ensayos también se evaluó la fase de aclimatación y se encontró que ningún testigo sobrevivió, mientras que las que sí tenían hormonas sobrevivieron en un 50%. Lo que finalmente se dedujo era que sería necesario la aplicación de hormona AIB para la sobrevivencia de las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg. y su futuro establecimiento como planta.

Para mejorar el porcentaje de enraizamiento en la cámara de subirrigación se decidió que para la investigación se realizarían ensayos con concentraciones menores a las de 4000ppm, tomando como base las concentraciones de hormonas que hayan tenido éxito en otros estudios.

Los tratamientos empleados en la investigación son:

Nº de Tratamiento	Tratamientos	Dosis (ppm)
1	T0	Estaquillas testigo sin hormona, 0 ppm
2	T1	Estaquillas con hormona AIB de 1000 ppm
3	T2	Estaquillas con hormona AIB de 2000 ppm
4	T3	Estaquillas con hormona AIB de 3000 ppm

La unidad experimental: Cámara de subirrigación.

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Por otro lado el diseño estadístico es completamente al azar (DCA), en donde los tratamientos, son asignados completamente al azar a la unidad experimental con igual número de repeticiones por cada tratamiento.

### **3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL**

#### **3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

- Se empleó como sustrato arena, previamente desinfectada y secada al ambiente.
- Se preparó la cámara de subirrigación para la instalación de las estaquilla, para esto se humedeció y se realizaron los hoyos para colocar las estaquillas.
- Las estaquillas fueron repartidas en 4 grupos de 30 cada uno para poder hacer los ensayos.
- Después se desinfectaron y orearon las estaquillas, luego a cada grupo de 30 se les aplicó diferentes dosis de la hormona AIB para posteriormente instalarlas en la cámara de subirrigación.
- La evaluación de las estaquillas se realizó a los 15 días de la instalación

### 3.4.2 HIPÓTESIS

H<sub>0</sub>: La aplicación de la hormona AIB con las concentraciones T1, T2, T3 produce igual enraizamiento que T0 en las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg.

H<sub>a</sub>: La aplicación de la hormona AIB con las concentraciones T1, T2, T3 produce mayor enraizamiento que T0 en las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg.

H<sub>0</sub>: T0=T1=T2=T3

H<sub>a</sub>: Alguna T<sub>i</sub> es distinta

Siendo el error: 0,05%

Nivel de confianza: 95%

### 3.4.3 VARIABLES A EVALUAR

- Porcentaje de enraizamiento.
- Número de raíces.
- Longitud de raíz.
- Número de rebrotes.
- Porcentaje de sobrevivencia.

## 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el estudio estadístico del efecto de hormona AIB en la especie *Croton lechleri* Muell. Arg., se empleó el programa R (R Development Core Team, 2013) y con él se realizó el análisis de varianza, mediante el cual se pudo conocer el efecto significativo del factor de la dosis hormonal AIB, también se realizó pruebas de comparación múltiples de media Tukey ( $p < 0,05$ ), con la finalidad de comprobar la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados alcanzados muestran en conjunto mejor respuesta al enraizamiento que otras metodologías aplicadas por diferentes autores que trabajaron con *Croton lechleri* Muell. Arg., así tenemos:

### 4.1.1 PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO

En el Cuadro N°1, del cuadrado medio del análisis de varianza se observa que el porcentaje de enraizamiento es influenciado de forma altamente significativa ( $p < 0,001$ ) debido a la aplicación de dosis hormonal AIB.

El AIB puede elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling, *et al.*, 2000 citado por Torres, 2003). Así mismo Hartmann y Kester (1983) 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.

Leakey *et al.* (1985) citados por Núñez (1997), documentan el efecto de las auxinas como promotoras del desarrollo de raíces adventicias en la base de la estaca, por su capacidad de promover la iniciación de primordios radicales y de transportar carbohidratos y cofactores a la base de la estaca. De igual forma Jarvis (1986) indica que mejoran el transporte y la producción de la sacarosa en las hojas, por lo que es uno de los factores que más ayudan al enraizamiento, por ser una fuente de carbono.

Cuadro 1 Cuadrado medio obtenido en el análisis de variancia para evaluar el efecto de la dosis de AIB con respecto al porcentaje de enraizamiento de *Croton lechleri* Muell. Arg.

CUADRADO MEDIO	
Fuente de variación	Enraizamiento
Dosis de AIB	1,672***

CUADRADO MEDIO	
Error experimental	0,031
CV (%)	13,850

Código de significancia: “\*\*\*” =  $p < 0,001$

En la prueba de Tukey (Cuadro N° 2) para el porcentaje de enraizamiento se observa que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre aplicar la hormona AIB (a, b) y no aplicarla (c).

Las dosis más efectivas de AIB fueron los tratamientos de 1000 ppm (90%) y 2000 ppm (96,67%) que tuvieron los valores más altos y no presentaron diferencia estadística significativa entre ambas. Pero con el tratamiento de 3000 ppm de AIB el porcentaje de estaquillas enraizadas disminuye (67,78%), podría deducirse que con esta dosis el enraizamiento se inhibe, también hay que considerar que este caso es diferente estadísticamente a los otros dos. Finalmente el tratamiento testigo fue quien obtuvo el menor valor (2,22%) además de poseer una diferencia altamente significativa con respecto a las demás.

Estos resultados se asemejan a los resultados obtenidos en el CATIE (Díaz, 1991; Leakey, 1990; Mesén, 1993; Mesén y Trejos, 1997; Núñez, 1997), donde la concentración de 2000 ppm de AIB dio los mejores resultados en *Acacia acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *Eucalyptus deglupta*; *Gmelina arborea* y *Swietenia macrophylla*.

También se documenta que un efecto directo de las auxinas se produce en la división celular aumentando la tasa de transportes de carbohidratos y cofactores hacia la base de las estacas promoviendo la iniciación y desarrollo de las raíces (Mesén, 1998).

Mesén (2008), reportó que la mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 2000 a 3000 ppm de AIB, aunque algunas pueden requerir dosis mayores o menores, en estos casos deberá buscarse un producto comercial que indique una dosis baja o alta a conseguirse de AIB puro y prepararse en la dosis requerida, dado que cada especie tiene una dosis hormonal óptima que le ayuda a desarrollar al máximo sus características.

Cuadro 2 Prueba de rango múltiple de Tukey para el efecto de la dosis de AIB con respecto al porcentaje de enraizamiento.

PROMEDIOS		
Dosis (ppm)	Enraizamiento (%)	Semejanzas entre tratamientos
<b>0</b>	2,222	c
<b>1000</b>	90,000	ab
<b>2000</b>	96,667	a
<b>3000</b>	67,778	b

\* Valores promedios seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

En la Figura N° 2, se observa gráficamente el porcentaje de estaquillas enraizadas en función de la dosis de AIB, teniendo su pico máximo en la dosis de 2000 ppm, este porcentaje de enraizamiento se debe posiblemente a una concentración adecuada de hormona para la especie *Croton lechleri* Muell. Arg. que le permitió acelerar la formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias.

También se aprecia que la más alta dosis de AIB (3000 ppm) empleada provocó un marcado descenso en el porcentaje de enraizamiento, esto se le puede atribuir a que la acumulación excesiva de auxinas inhibe la rizogénesis (Gaspar *et al.*, 1994).

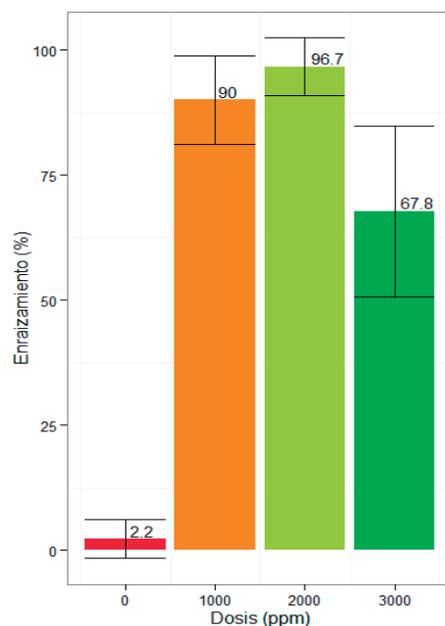


Figura 2 Porcentaje de enraizamiento en función de la dosis de AIB

#### 4.1.2 NÚMERO DE RAÍCES

En el cuadrado medio del análisis de varianza (Cuadro N° 3), se observa que el número de raíces promedio por estaquilla es influenciado de forma altamente significativa ( $p < 0,01$ ) debido a la aplicación de dosis hormonal AIB.

Cuadro 3 Cuadrados medios obtenidos en el análisis de variancia para evaluar el efecto de la dosis de AIB con respecto al número de raíces de *Croton lechleri* Muell. Arg.

CUADRADO MEDIO	
Fuente de variación	Número de raíces
Dosis de AIB	21,6663**
Error experimental	0,039
CV (%)	30,366

Códigos de significancia: '\*\*'= $p < 0,01$

Con la prueba de Tukey (Cuadro N° 4) se demostró que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en el número de raíces, entre las estaquillas que no se le aplicaron hormona AIB (b) y las que sí (a).

Aunque numéricamente la dosis de 2000 ppm de AIB fue la que presentó en promedio el mayor número de raíces (3,73), seguida por la dosis de 1000 ppm (2,58) , luego la dosis de 3000 ppm (2,22) y finalmente la testigo obtuvo el menor valor promedio de número de raíces (0,02). Para el efecto dosis de AIB no se observan diferencias estadísticas en las estaquillas que han sido tratadas con AIB al 1000, 2000 y 3000 ppm. Por lo que no se podría afirmar que exista un mejor tratamiento entre las dosis de hormona AIB aplicada, a pesar de que 2000 ppm podría ser el más recomendable.

Cuadro 4 Prueba de rango múltiple de Tukey, para el efecto de la dosis de AIB con respecto al número de raíces.

PROMEDIOS		
Dosis (ppm)	Número de raíces	Semejanzas entre tratamientos
<b>0</b>	0,022	b
<b>1000</b>	2,578	a
<b>2000</b>	3,733	a
<b>3000</b>	2,222	a

\* Valores promedio seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

El número promedio de raíces por estaquilla indica que la aplicación de AIB aceleró la formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias en *Croton lechleri* Muell. Arg., este incremento en el número de raíces puede estar relacionado con la función del ácido indolbutírico que promueve la movilización de carbohidratos de hojas y de tallo a la base de las estacas (Haissig, 1986). Según Veierskov *et al.*, (1982), una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es la de producir un incremento en el número de raíces por estaca.

Leakey (1987) citado por Gutiérrez (2003), menciona que es deseable que las estacas tengan muchas raíces, pero indica que tres raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes.

La literatura nos indica que 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; French y Linn, 1984; Grange y Loach, 1985). La irradiación afecta primeramente la turgencia de las hojas y la producción de carbohidratos requeridos para la iniciación y crecimiento de las raíces por lo que para un buen enraizamiento no debería ser tan alta como para inhibir el enraizamiento a través de sus efectos sobre la acumulación de azúcares y pérdida de turgencia, pero debería ser suficiente para permitir la producción fotosintética de carbohidratos para la iniciación y crecimiento de las raíces (Grange y Loach, 1985; Loach, 1988).

No es recomendable la sombra excesiva, puesto que se requiere una adecuada radiación solar para fotosintetizar y su influencia se refleja en la producción de asimilados, en el metabolismo y la traslocación de las auxinas y afecta el balance entre auxinas y carbohidratos, importante en el enraizamiento (Hasen *et al.*, 1978).

Al respecto Broudeau (1981), menciona que en la práctica, se cumplen las condiciones óptimas cuando las camas de enraizado están colocados bajo una sombra que deje pasar 75% de luz (malla raschel). En el presente trabajo se empleó una malla sombreadora al 80% de sombra, además las hojas de las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg. se cortaron para reducir la transpiración, pero permitir al mismo tiempo cierta actividad fotosintética durante el periodo de enraizamiento de 15 días.

Cómo se observa en la Figura N° 3, a medida que existe una relación directa entre el incremento de dosis y el incremento del número de raíces hasta un punto cercano a los 2000 ppm a partir del cual esta relación se hace inversa, a mayor dosis, menor el número de raíces.

Estos resultados podría indicar que *Croton lechleri* Muell. Arg. es una especie que no tolera dosis tan altas y sólo requieren dosis bajas o medias al igual que *Eucalyptus spp*, *Cupressus lusitanica*, entre otras que presentan sus mejores resultados con 2000 ppm de AIB (Badilla y Murillo, 2005). Este comportamiento también hace referencia Flores (2010) quien

mencionando a Maldonado (1991) indica que la respuesta de las estacas hacia dosis crecientes de hormona generalmente es una curva ascendente hasta alcanzar un máximo, para después descender, el descenso se da como resultado de desórdenes fisiológicos que ocurren en las estacas debido a dosis excesivas, lo cual les ocasiona la muerte. Por ello, es necesario determinar la dosis óptima de AIB mediante ensayos para cada especie (Mesén 2008).

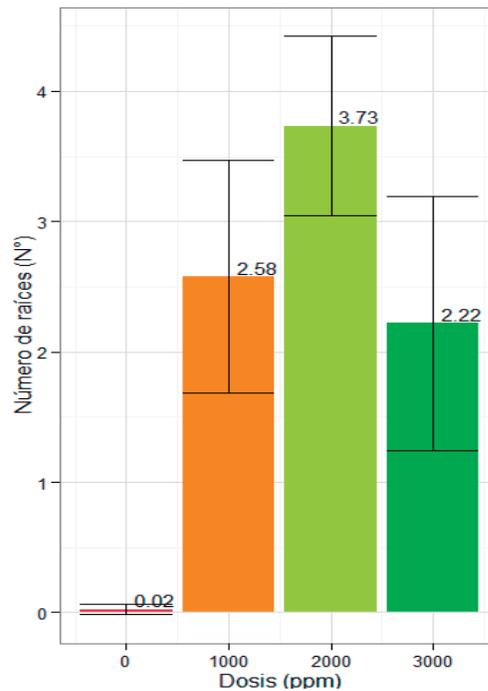


Figura 3 Número de raíces en función de la dosis de AIB

#### 4.1.3 LONGITUD DE RAÍZ

En el Cuadro N° 5, se observa el cuadrado medio del análisis de varianza de la variable longitud de raíz. Del cual se aprecia que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) respecto a la fuente de variación dosis de AIB, demostrándose que se influyó positivamente en la longitud de la raíz en las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg.

Cuadro 5 Cuadrados medios obtenidos en el análisis de variancia para evaluar el efecto de la dosis de AIB con respecto a la longitud de raíz de *Croton lechleri* Muell. Arg.

CUADRADO MEDIO	
Fuente de variación	Longitud de raíz (cm)
Dosis de AIB	19,4192**
Error experimental	0,036
CV (%)	26,323

Códigos de significancia: '\*\*'=p<0,01

La prueba de Tukey presentada en el Cuadro N° 6, demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud de raíz entre las estaquillas que fueron tratadas (a) de las que no fueron tratadas con AIB (b).

Se obtuvo el valor más alto con la dosis de 2000 ppm (3,47cm), luego le sigue en valor la dosis de 1000 ppm (2,62cm), después dosis aplicada con 3000 ppm (2,52cm) y finalmente con el tratamiento testigo se tuvo el menor valor (0,06cm).

También hay que considerar que los tratamientos de 1000, 2000 y 3000 ppm no tienen diferencias significativas entre ellas. Por lo que no se podría afirmar con certeza que exista un mejor tratamiento. Mientras que la testigo sí muestra diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás tratamientos, obteniendo un menor valor.

Cuadro 6 Prueba de rango múltiple de Tukey, para el efecto de la dosis de AIB con respecto a la longitud de raíz.

PROMEDIOS		
Dosis (ppm)	Longitud de raíz (cm)	Semejanzas entre tratamientos
0	0,056	b
1000	2,615	a
2000	3,467	a
3000	2,519	a

\* Valores promedio seguido por diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

En la Figura N°4 se observa una relación directa del incremento de dosis de AIB con el aumento de la longitud de raíz hasta llegar a 2000 ppm a partir del cual la relación se vuelve inversa, a mayor dosis, menor longitud de raíz.

Puri y Khara, (1992), dicen que existen factores que favorecen al desarrollo de la longitud de las raíces en las estacas como la presencia de carbohidratos que son fuente de energías necesarias para la producción de nuevos productos metabólicos como el almidón. Así también Haissig (1986), indica que el nivel total de carbohidratos en las estacas está más relacionado con el desarrollo de raíces que con el inicio del enraizamiento.

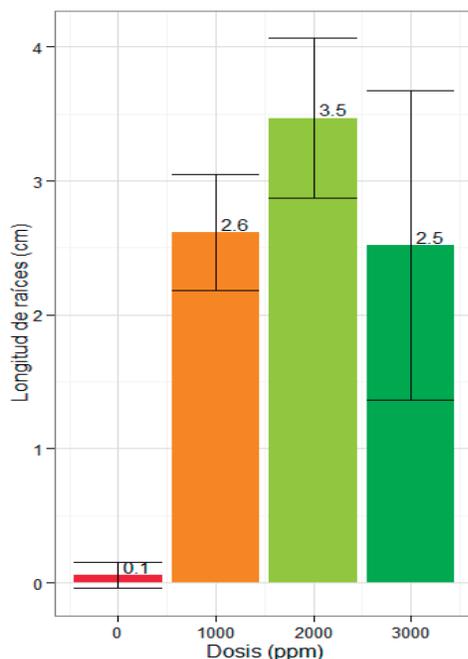


Figura 4 Longitud de raíz en función de la dosis de AIB

En la Figura N° 5 se observa una relación directa del incremento de dosis de AIB con el aumento de la longitud de raíz mayor hasta llegar a 2000 ppm a partir del cual la relación se vuelve inversa, a mayor dosis, menor longitud de raíz mayor en las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg.

También se observa que la longitud de raíz mayor tuvo el valor más alto (5,42 cm) con la dosis de 2000 ppm de AIB, estos resultados se parecen a los evaluados por Ruiz y Mesén (2010) quienes realizaron un estudio sobre el efecto de AIB en el enraizamiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*), donde evaluaron el efecto de 4 dosis de ácido indolbutírico (0, 1000, 1500, 2000 ppm) mediante cámaras de subirrigación, en la que obtuvieron que la longitud de raíz mayor fue al aplicar la dosis de 2000 ppm de AIB (4,24 cm).

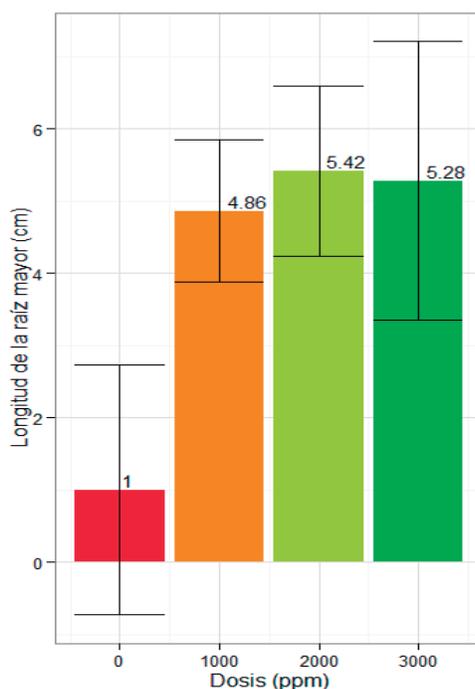


Figura 5 Longitud de raíz mayor en función de la dosis de AIB

#### 4.1.4 NÚMERO DE REBROTOS

En el cuadrado medio del análisis de varianza (Cuadro N° 7), se observa que el número de rebrotos promedio por estacilla es influenciado de forma altamente significativa ( $p < 0,01$ ) debido a la aplicación de dosis hormonal AIB.

Mesén (1993) nos dice que entre el rango normal de concentración de AIB utilizadas para la mayoría de las especies están 1000 y 2000 ppm, pero las concentraciones mayores también tienen un efecto positivo al inhibir el crecimiento de las yemas en las estacas durante las primeras semanas en el propagador, al inducir el transporte de asimilados hacia la base de la

estaca y permitir el desarrollo de raíces sin competencia con un rebrote en crecimiento. También indica que si no se aplican auxinas, el rebrote podría empezar a desarrollarse en la estaca antes de la formación de las raíces y crearía un punto de atracción de asimilados hacia los rebrotes, en competencia con la base de la estaca, lo cual reduciría el enraizamiento.

Cuadro 7 Cuadrados medios obtenidos en el análisis de variancia para evaluar el efecto de la dosis de AIB con respecto al número de rebrotes de *Croton lechleri* Muell. Arg.

CUADRADO MEDIO	
Fuente de variación	Número de rebrotes
Dosis de AIB	0,64222**
Error experimental	0,018
CV (%)	25,934

Códigos de significancia: '\*\*'= $p < 0,01$

En la prueba de Tukey (Cuadro N° 8), se muestra que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el número de rebrotes entre las estaquillas que fueron tratadas (a, b) de las que no fueron tratadas con AIB (b).

Los mayores promedios del número de rebrotes (0,8) se ha dado tanto para la dosis de 1000 y 2000 ppm, estos a su vez no presentan diferencias significativas entre sí (a), mientras que con el tratamiento de 3000 ppm el número de rebrotes bajó (0,61). También se observa que el menor promedio del número de rebrotes (0,23) fue para el testigo que además presenta diferencia estadísticamente significativa (b) comparado con los otros tratamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos uno de los valores más altos fue con el tratamiento de 2000 ppm de AIB, esta dosis hormonal estaría respaldada con otros trabajos que se hicieron Díaz *et al.* (1991) y Mesén *et al.* (1996) con especies de la familia Meliácea y donde la dosis óptima encontrada fue también la misma concentración de AIB empleada para este estudio. Finalmente se puede afirmar que el aumento de la formación de rebrotes, está influenciado por la aplicación de AIB.

Ruiz (2009), sustenta que en algunas especies el sistema radicular no es abundante para suministrar las necesidades de sustancias nutricionales, como efectuar los procesos fisiológicos de la fotosíntesis y respiración, lo que podría provocar que las sustancias de reserva de la estaca sean utilizadas para la formación de nuevos rebrotes y no de raíces, provocando la muerte de la estaquilla.

Cuadro 8 Prueba de rango múltiple de Tukey para el efecto de la dosis de AIB con respecto al número de rebrotes.

PROMEDIOS		
Dosis (ppm)	Número de rebrotes	Semejanzas entre tratamientos
<b>0</b>	0,233	b
<b>1000</b>	0,800	a
<b>2000</b>	0,800	a
<b>3000</b>	0,611	ab

\* Valores promedio seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

En la Figura N°6 se observa una relación directa del incremento de dosis de AIB con el aumento del número de rebrotes hasta llegar a 2000 ppm a partir del cual la relación se vuelve inversa, a mayor dosis, menor número de rebrotes.

Díaz *et al.* (1991) menciona que mientras la estaca no cuente con un adecuado sistema radicular, no es deseable que presenten abundantes rebrotes, ya que provocaría un desequilibrio entre la fotosíntesis y la brotación, de ser así las sustancias nutricionales de la estaca se emplearían para la formación de nuevos rebrotes y no de raíces, produciendo la muerte de la estaca.

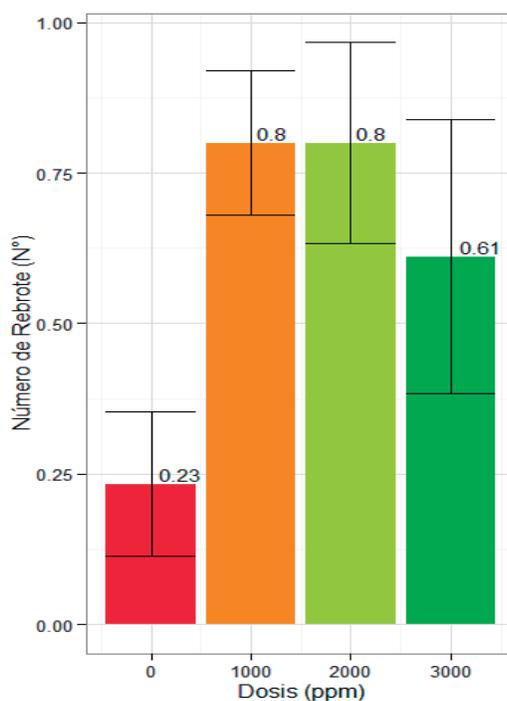


Figura 6 Número de rebrotes en función de la dosis de AIB

#### 4.1.5 PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

De acuerdo al resultado del cuadrado medio del análisis de varianza (Cuadro N° 9) se observa que el porcentaje de sobrevivencia no tiene una influencia estadísticamente significativa a la aplicación de dosis hormonal AIB.

Cuadro 9 Cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza para evaluar el efecto de la dosis de AIB con respecto al porcentaje de sobrevivencia.

CUADRADO MEDIO	
Fuente de variación	Sobrevivencia (%)
Dosis de AIB	0,0163
Error experimental	0,002
CV (%)	4,161

En la prueba de Tukey (Cuadro N° 10) no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de sobrevivencia entre las estaquillas que no se le aplicaron hormona AIB (a) y las que sí (a).

Con las dosis de 1000 y 2000 ppm se han obtenido los mejores resultados de sobrevivencia (100%), si bien estos valores son los mayores, no se podría asegurar que exista un tratamiento mejor que otro ya que no existen diferencias significativas entre ellas. El menor valor obtenido fue con la aplicación de la dosis de 3000 ppm (91,11%) siendo este valor incluso menor al obtenido con la testigo (95,56%).

En la literatura Hartmann y Kester (1968) mencionan que existen numerosos factores anatómicos, fisiológicos y ambientales que afectan el éxito de la propagación vegetativa por estacas, todos ellos deben ser optimizados y controlados para un excelente enraizamiento. Asimismo Loach (1988) señala que el efecto más inmediato es el estrés hídrico en las estacas pues esto produce el cierre de los estomas, lo que a su vez restringe la fotosíntesis y la producción consecuente de los carbohidratos los cuales afectan la formación de raíces produciendo la muerte de las estacas.

Cuadro 10 Prueba de rango múltiple de Tukey para el efecto de la dosis de AIB con respecto al porcentaje de sobrevivencia.

<b>PROMEDIOS</b>		
<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Sobrevivencia</b>	<b>Semejanzas entre tratamientos</b>
<b>0</b>	95,556	a
<b>1000</b>	100,000	a
<b>2000</b>	100,000	a
<b>3000</b>	91,110	a

\* Valores promedio seguidos por diferente letra indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

En la Figura N°7 se observa una relación directa del incremento de dosis de AIB con el aumento del porcentaje de sobrevivencia, alcanzando su máximo en la dosis de 1000 y 2000

ppm a partir del cual la relación se vuelve inversa, a mayor dosis de AIB, menor porcentaje de supervivencia.

De acuerdo a Shiembo *et al.* (1997), el aumento de la mortalidad en las estacas al aumentar concentraciones de AIB se ha asociado a efectos tóxicos de sobredosis, porque tienden a producir pérdida por turgencia celular (Thimman, s.f). Hartmann y Kester (1992) al respecto menciona que las concentraciones de auxinas más altas de las que pueden encontrarse en los tejidos pueden causar la muerte celular en las estacas.

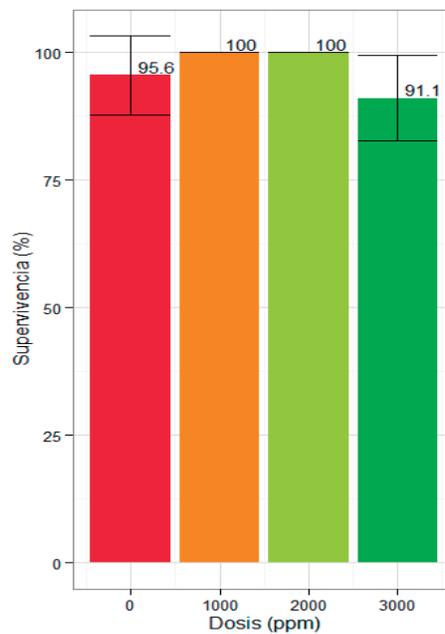


Figura 7 Porcentaje de supervivencia en función de la dosis de AIB

#### 4.1.6 CUADROS RESUMEN

Según los resultados de los cuadrados medios del análisis de varianza (Cuadro N° 11) para dosis del efecto hormonal de AIB en las estaquillas. Se presentó diferencias altamente significativas para las variables de estudio, porcentaje de enraizamiento ( $p < 0,001$ ), seguidas del número de raíces, longitud de raíces y número de rebrotes con ( $p < 0,01$ ) y finalmente ausencia de diferencias estadísticamente significativas para el porcentaje de supervivencia ( $p = 0,05$ ).

Cuadro 11 Resumen de los cuadrados medios obtenidos en el análisis de variancia para evaluar el efecto de ácido indolbutírico en variables relacionadas con el enraizamiento de *Croton lechleri* Muell. Arg. evaluadas a los 15 días.

CUADRADOS MEDIOS					
Fuente de variación	Enraizamiento (%)	Raíces (N°)	Longitud Raíz (cm)	Rebrotes (N°)	Sobrevivencia (%)
<b>Dosis de AIB</b>	1,672***	21,6663**	19,4192**	0,64222**	0,0163 n.s
<b>Error experimental</b>	0,031	0,039	0,036	0,018	0,002
<b>CV (%)</b>	13,850	30,366	26,323	25,934	4,161

\* Códigos de significancia: '\*\*\*'=p<0,001; '\*\*'=p<0,01; '\*'=p<0,05, 'n.s' = no significativo

En la prueba de Tukey (Cuadro N° 12) se puede observar que el mayor porcentaje de enraizamiento se obtuvo con la dosis de 2000 ppm de AIB (96,67%), que además difiere significativamente (a) con los tratamientos de 3000 ppm (b) y la testigo (c), este último presentó el valor más bajo de enraizamiento (2,22%).

Respecto al número de rebrotes existen diferencias significativas entre las estaquillas que fueron tratadas (a, b) de las que no fueron tratadas con AIB (b).

Sobre el efecto de la hormona AIB, sólo en la variable porcentaje de sobrevivencia no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos. Además la respuesta con el tratamiento de mayor dosis, 3000 ppm de AIB se obtuvo el valor más bajo (91,11%) incluso que el tratamiento testigo (95,56%), por lo que se demuestra un efecto tóxico de sobredosis en las estaquillas.

La tendencia en las diferentes respuestas fue de una relación directa a medida que se incrementaba la dosis de AIB, hasta llegar a un óptimo a partir del cual la relación se volvía inversa indicando que a mayor dosis de AIB menores fueron los valores que se obtuvieron.

El mismo patrón de respuesta se ha encontrado en otras especies (Blazich 1988, Hartmann y Kester 1996, Mesén 1993), donde generalmente se da un aumento en la capacidad de enraizamiento al aumentar la dosis de auxina hasta alcanzar un óptimo y después de ello cualquier aumento en dosis de auxina resulta por el contrario en una disminución en el enraizamiento debido a los efectos tóxicos de la sobredosis.

Cuadro 12 Resumen de la prueba de rango múltiple Tukey para las variables relacionadas con la capacidad de enraizamiento de *Croton lechleri* Muell. Arg.

Dosis (ppm)	Enraizamiento (%)	Raíces (Nº)	Longitud Raíz (cm)	Rebrotes (Nº)	Sobrevivencia (%)
0	2,222 <sup>c</sup>	0,022 <sup>b</sup>	0,056 <sup>b</sup>	0,233 <sup>b</sup>	95,556 <sup>a</sup>
1000	90,000 <sup>ab</sup>	2,578 <sup>a</sup>	2,615 <sup>a</sup>	0,800 <sup>a</sup>	100,000 <sup>a</sup>
2000	96,667 <sup>a</sup>	3,733 <sup>a</sup>	3,467 <sup>a</sup>	0,800 <sup>a</sup>	100,000 <sup>a</sup>
3000	67,778 <sup>b</sup>	2,222 <sup>a</sup>	2,519 <sup>a</sup>	0,611 <sup>ab</sup>	91,110 <sup>a</sup>

\* Valores promedio seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

## 5. CONCLUSIONES

- ❖ El análisis de las diferentes variables de evaluación del enraizamiento muestra una mejor respuesta frente a otras experiencias realizadas con *Croton lechleri* Muell. Arg.
- ❖ Respecto al porcentaje de enraizamiento el mayor valor se obtuvo con la aplicación de 2000 ppm (96,67 %) de AIB, seguido por el tratamiento de 1000 ppm (90%).
- ❖ El mayor número de raíces se obtuvo con la aplicación de 2000 ppm (3,73) de AIB, seguido por el tratamiento de 1000 ppm (2,58), 3000 ppm (2,22) y testigo no significativo.
- ❖ La mayor longitud de raíz se obtuvo con la aplicación de 2000 ppm (3,47cm) de AIB, seguido por el tratamiento de 1000 ppm (2,62cm).
- ❖ El mayor número de rebrotes lo obtuvieron por igual los tratamientos de 1000 y 2000 ppm (0,80) de AIB, seguido por el tratamiento de 3000 ppm (0,61) y testigo no significativo.
- ❖ Sobre el porcentaje de sobrevivencia, los mayores valores lo obtuvieron por igual los tratamientos de 1000 y 2000 ppm (100%) de AIB, seguido por el tratamiento de 0ppm (95,56%) y finalmente 3000 ppm (91,11%).
- ❖ Los cuatro tratamientos muestran un porcentaje de sobrevivencia mayor a 90% hasta la evaluación final.
- ❖ Si bien no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento de 2000 ppm de AIB al tener los valores más altos en las variables evaluadas, muestra una mayor disposición para su desarrollo posterior en condición de vivero y campo definitivo.

## 6. **RECOMENDACIONES**

- ❖ En posteriores investigaciones se sugiere emplear un mayor número de individuos en los tratamientos que han obtenido mejores resultados con *Croton lechleri* Muell. Arg. para evitar un coeficiente de variabilidad alto.
- ❖ En la mayoría de las variables analizadas en este estudio, la dosis con los mejores resultados es 2000 ppm por lo que se sugiere que en futuros ensayos se trabaje con esta dosis para la propagación vegetativa de *Croton lechleri* Muell. Arg.
- ❖ En futuras investigaciones se podría considerar estudios referentes a la siguiente etapa de la propagación vegetativa que es la de repique, probando con diferentes sustratos que ya se hayan empleado y estén dando buenos resultados en otras especies, así se podría evaluar el establecimiento y vigor de las plantas además de generar jardines clonales que se emplearían como fuente de material genético en proyectos de reforestación de esta potencial especie.
- ❖ Como *Croton lechleri* Muell. Arg. está valorado en los ámbito medicinal y farmacéutico se debería seguir realizando estudios para su propagación vegetativa, identificando árboles madres deseados e incluir estudios de producción de látex y el mejor momento de hacer las podas de los árboles considerando la posibilidad de estudiar incluso su relación con las fases lunares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Badilla, Y.; Murillo, O. 2005.** Enraizamiento de estacas de especies forestales. Revista forestal Kurú. Vol. 2; N° 6: 59-64.
- Blazich, F. 1988.** Chemicals and Dormulations used to promote adventitious rooting. In: Davis, T; Haissig, BE; Sankhla, N (eds). Adventitious root formation in cuttings. Protiand, Oregon Pp. 132-149.
- Botti, C. 1999.** Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Pp 72-82.
- Broudeau, J. 1981.** El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México – D. F. 296 p.
- Cabello, A. 2000.** Propagación Asexual. Apuntes de Clases N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 p.
- Cadme, M.; Sanchez, M.; Mestanza, C.; Rodríguez, Y.; Triana, J.; Medina, J.; Villacreses, C. 2010.** Artículo Científico: “Propagación vegetativa de *Croton lechleri* Muell. Arg. (Sangre de Grado) con fines de conservación y manejo en el Ecuador”. IV Simposio Internacional Sobre Manejo Sostenible de Recursos Forestales. 6 p.
- Carrera, M. 1977.** La propagación vegetativa en el género *Pinus*. Ciencia forestal (Méx.) 2 (7): 3 – 29 p.
- Cervantes, D. 2011.** Propagación vegetativa de Quinilla (*Manilkara bidentata*, A.DC.) mediante el enraizamiento de estaquillas utilizando Cámara de Subirrigación en el Distrito de Morales Provincia de San Martín. Tesis (Ing. Agrónomo). Tarapoto, PE: Universidad Nacional de San Martín. 97 p.
- Cronquist, A. 1981.** Euphorbiaceae In: An Integrated system of classifications of plants. Columbia University Press. New York. 365 p.

- Cuculiza, P. 1955.** Propagación por plantas. Lima-Perú. Talleres Gráficos Villanueva. 280 p.
- Cuellar, J. 1997.** Ensayo comparativo del enraizamiento de estacas de *Uncaria tomentosa* (Wild) DC en diferentes condiciones microambientales. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE: Universidad Nacional Agraria La Molina. 111 p.
- Diaz, M. 1991.** Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis (Mg. Sc.) Turrialba, CR: CATIE. 93 p.
- Dirr, M.; Heuser, C. 1987.** The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Georgia, USA. Varsity Press INC. 239 p.
- Flores, M. 2010.** Evaluación del efecto de cinco dosis de fitohormona, tres tipos de sustrato y tres rasgos de morfotipo en el enraizamiento de estaquillas juveniles de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (Ishpingo), en ambientes controlados. Tesis (Ing. Forestal). Pucallpa, PE: Universidad Nacional de Ucayali. 123 p.
- French, C.; Linn, W. 1984.** Seasonal variation in the effects of CO<sub>2</sub> mist and supplementary lighting from high-pressure sodium lamps on rooting of English holly cuttings. *Horticultural Science*, 19:519-521.
- Garate, M. 2010.** Técnicas de Propagación por estacas. Trabajo monográfico para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali.
- Gaspar, T.; Kevers, C.; Hausman, J.; Repetti, V. 1994.** "Peroxidase activity and endogenous free auxin during adventitious root formation". In: Lumsden, P.J., Nicholas, J.R. y Davies, W.J. (eds.), *Physiology, Growth and Development of plants in Culture*. pp. 289-298. Kluwer Academic Publ. Netherlands.
- Gispert, C. 1984.** Frutales y Bosque. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. Tomo 3. Ediciones OCEÁNO. Barcelona – España. 204 p.
- Grange, R.; Loach, K. 1985.** The effect of light on the rooting of leafy cuttings. *Scientia Horticulturae*. 27:105-111.
- Gutiérrez, B. 1995.** Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. Santiago, Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 9 (2): Pp 261 – 277.

- Gutiérrez, M. 2003.** Propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 120 p.
- Haissig, E. 1986.** Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In: Jackson, MB. New root formation in cuttings. Dordrecht, NE. Martinus Nijhoff. Pp. 141 – 189.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1968.** Plant propagation, principles and practices. 2 ed. Englewood cliffs, N.J. EE.UU, practice Hall. 702 p.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1977.** Propagación de Plantas, Principios y Prácticas. Editorial Continental. México. 873 p.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1983.** Propagación de plantas, principios y prácticas. Trad. Por Marino Ambrosio A. La Habana, Cuba. Instituto Cubano del libro. 693 p.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1988.** Propagación de plantas. Principios y prácticas. México. Compañía Editorial Continental S. A. 760 p.
- Hartmann, H.; Kester, D.; Davies, F.T.; 1990.** Plant Propagation-Principles and Practices, 5th edn. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 647 p.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1992.** Plant propagation. Principles and practices. Filth.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1996.** Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 p.
- Hansen, J.; Stromquist, L.; Ericsson, A. 1978.** Influence of the irradiance on carbohydrate content and rooting of cuttings of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Physiology*. 61:975-979.
- James, R. 1986.** Propagation media: What a grower needs to know. Washington, U. S. A. The International Plant Propagators Society. 36: 396 - 399.
- Jarvis, B. 1986.** Endogenous control of adventitious rooting in now – wood. In: Jackson. MB. New root formation in plants and cuttings. Direct. NE. Martinus Nijhoff Publishers. Pp. 191-221.
- Leakey, R. 1985.** Effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *J. Horticult. Sci.* 60: 431–437.

- Leahey, R. 1987.** The capacity for vegetative propagation in trees. In: Cannell, M.G.R., JACKSON, J.E. (eds.). *Attributes of Trees as Crop Plants*. Abbots Ripton, Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology. Pp. 110-133.
- Leahey, R. 1990.** *Nauclea diderrichii*: rooting of stem cuttings, clonal variation in shoot dominance, and branch plagiotropism. *Trees*. 4: 164-169.
- Leahey R.; Mesén F.; Tchoundjeu Z; Longman K.,; Dick J.; Newton A.; Matin A.; Grace J.; Munro R.; Mutoka P. 1990.** Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review*. 69(3): 247-257.
- Loach, K. 1977.** Leaf water potential and the rooting of cuttings under mist and polythelene. *Physiologia Plantarum (Dinamarca)* 40: 191 -197.
- Loach, K. 1985.** Rooting of cuttings in relation to the propagation medium. *Proc. Int. Plant Propagators' Sot.* 35: 472-485.
- Loach, K. 1988.** Water relations and adventitious rooting. In *Adevntitious root formation in cuttings*. Ed. By T.D. Davis; B.E. Haissig; N.B. Sankhla. Portland, Or. EE.UU., Disocorides Press. Pp. 102-116.
- Logman, K. 1993.** Rooting Cuttings of Tropical Trees. *Tropical Trees: Propagation and Planting Manuals*. Vol. 1. Commonwealth Science Council, London. 137 p.
- Macdonald, B. 1986.** *Practical woody plant propagation for nursery growers*. London. Ed. Batsford. 669 p.
- Manta, M.; Shwyzer, Y. 1985.** "Propagación por estacas de trébol (*Amburana cearensis*)". Ministerio de agricultura y ganadería; Servicio Forestal Nacional, sección investigación forestal. Centro forestal Alto Paraná, Paraguay. 8 p.
- Mesén, F. 1993.** Vegetative propagation of Central American hardwoods. Thesis (Ph.D.) Edinburgh, SC: University of Edinburgh. 231 p.
- Mesén F.; Leahey, R.; Newton, A. 1996.** Propagadores de subirrigación: un sistema simple y económico para la propagación vegetativa de especies forestales. In: *Avances en la producción de semillas forestales en América Latina*. Memorias. (Ed. Salazar, R.). Managua, Nicaragua. 1995. Pp. 101-110.

- Mesén, F. 1997.** Propagación vegetativa (Capítulo 8). In: *Cordia alliodora*, genética y mejoramiento de árboles. Tropical Forestry Papers No. 36. Boshier, Dh And Lamb, At. (eds). Trad. F. Mesén, F.; Blanco, H. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, Universidad de Oxford. Pp. 77-86.
- Mesén, F.; Trejos, E. 1997.** Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis*). Mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana 21: 19-24 p.
- Mesén, F. 1998.** Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica. Manual Técnico N° 30. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- Mesén, F. 2008.** Curso: “Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas”. Pucallpa, Perú.
- Murrieta, C. 2010.** Influencia del morfotipo, fitohormona y sustrato en la propagación de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. (cedro colorado), en Pucallpa, Perú. Tesis (Ing. Forestal). Pucallpa, PE: Universidad Nacional de Ucayali. 114 p.
- Núñez, Y.; Mesén, F. 1993.** Propagación vegetativa mediante enraizamiento de estacas juveniles. Mejoramiento genético y semillas forestales. Proyecto de Semillas Forestales. Revista Forestal Centroamericana N°28. Costa Rica. Pp. 1-6.
- Núñez, Y. 1997.** Propagación vegetativa del Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); Pílon (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y su (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) mediante el enraizamiento de estacas juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 p.
- Peate, N. 1989.** Media for cutting propagation. Washington. U. S. A. The International Plant Propagators Society. 39: 71-76.
- Pérez, F; Dreyfus, M. 1998.** Propagación de plantas medicinales. Informe 1993-1997. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa. Perú.
- Pinedo, L. 1993.** Influencia del diámetro, largo y profundidad de siembra en la propagación por estacas de *Amburana cearensis* L. Ishpingo. Tesis (Ing. Forestal). Ucayali, PE: Universidad Nacional de Ucayali. 70 p.

- Pinedo, M.; Rengifo, E.; Cerruti, T. 1997.** Plantas medicinales de la Amazonía Peruana. Estudios de su uso y cultivo. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú.
- Puri, S; Khara, A. 1992.** Influency of maturity and physiological status of woody cutting: limits and promises to ensure successful cloning. *Indian Forester (India)*. 118 (8): 560-572.
- Quijada, R. 1980.** Métodos de propagación vegetativa. En mejora genética de árboles forestales. FAO. DANIDA. Roma.341 p.
- Ramírez, G. 2010.** Propagación asexual de “Sangre de Grado” *Croton lechleri Muell-Arg.* en Tambopata - Madre de Dios. Tesis (Ing. Forestal y Medio Ambiente). Puerto Maldonado, PE: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 41 p.
- R Development Core Team (2013).** **R:** A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Consultado 4 nov. 2013. Disponible en <http://www.R-project.org>.
- Rojas, S.; García, J.; Alarcón, M. 2004.** Propagación Asexual de Plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas. CORPOICA/PRONATA/MADR. Colombia. 55 p.
- Rosero, M. 2008.** Crecimiento Inicial de cuatro especies forestales en asocio con maíz *Zea mays* en el Colegio Fernando Chávez R. Otavalo, Ecuador.
- Roulund, H.; Olesen K. 1992.** Propagación Masiva de Material Mejorado. Nota de Clase N° D-7. Humlebaek, Dinamarca.
- Ruiz, H. 2009.** Efecto de cuatro dosis de ácido indol butírico y tres tipos de estacas en el enraizamiento de estacas de sacha inchi (*Plokunetia volubilis L.*), en San Martín. Tesis (Ing. Agrónomo). San Martín, PE: Universidad Nacional Agraria de la Selva. 123 p.
- Ruiz, R; Mesén, F. 2010.** Efecto del Ácido Indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*). *Revista Agronomía Costarricense* 34 (2): 259-267.

- Saboya, G. 2010.** Análisis técnico y económico en la producción de la cascarilla de arroz carbonizada (CAC) como sustrato para la propagación vegetativa de estacas juveniles de caoba (*Swietenia macrophylla* king) en cámara de sub-irrigación. Tesis (Ing. Forestal). Pucallpa, PE: Universidad Nacional de Ucayali. 128 p.
- Sandoval, A. 1997.** Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis (Ing. Forestal). Concepción, CH: Universidad de Concepción. 50 p.
- Santelices, R. 1998.** Propagación vegetativa del Hualo, (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón. Tesis (Mg. Sc.). Santiago, CH: Universidad de Chile. 108 p.
- Shiembo, P; Newton, A; Leakey, B. 1997.** Vegetative propagation of *Ricinodendron heudelotii* (Baill), a West African Fruit tree. *Journal of Tropical Forest Science* 9 (4), 514-525.
- Strasburguer, E. 1994.** Tratado de botánica. Omega, Barcelona. 1.068 p.
- Salisbury, F.; Ross, W. 2000.** Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 p.
- Sevilla R.; Holle M., 2004.** Recursos Genéticos Vegetales. Primera edición. Edit. Torre Azul SAC. Lima, Perú. 445 p.
- Soudre, M.; Mesén, F.; Del Castillo, D.; Guerra, H. 2009** memoria del curso internacional: “Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamientos de estaquillas” IIAP/FINCYT. Pucallpa - Perú. 104 p.
- Soudre, M.; Guerra, H.; Mueras, L.; Vásquez, A.; Flores, M.; Murrieta, C.; Vidal, F.; Rios, R.; Paredes, O.; Guerra, W.; Del Castillo, D; Yepes, F. 2010.** Protocolo para el óptimo enraizamiento de estaquillas de cinco especies maderables. Proyecto Provefor. IIAP, Fincyt. Pucallpa, Perú.
- Torres, A. 2003.** Relação entre sazonalidade desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 p.

- Vásquez, A. 2009.** Propagación vegetativa de Caoba (*Swietenia macrophylla*) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en Cámaras de Subirrigación. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
- Vastey, J. 1962.** Estudio sobre la propagación de especies forestales. Tesis (Mg. Sc.). Turrialba, CR: IICA. 67 p.
- Veierskov B.; Andersen A. 1982.** Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. III. The effect of IAA and temperature on content and translocation of carbohydrates in pea cuttings during rooting. *Physiologia Plantarum* 55: 179-182.
- Vekhov, N. K. 1941.** Vegetative propagation of trees and shrubs by means of summer cuttings. *Bull. Appl. Bot. And Plant Breeding. Suppl.* 61: 1 – 247.
- Vieitez, A.; Ballester, M.; García, Y. 1980.** Start depletion and anatomical changes during the rooting of *Castanea sativa* Mill. *Cuttings Scientia Horticulturae.* 13(2): 261-266.
- Vidal, F. 2010.** Evaluación de cinco dosis del Ácido Indolbutírico, sustratos y características morfológicas en el enraizamiento de estacas juveniles de *Simarouba Amara* (Marupá). Tesis (Ing. Forestal). Pucallpa, PE: Universidad Nacional de Ucayali. 177 p.
- Wells, J. 1979.** Silvicultura chilena actual. Chile. Ed. Hucce. 75 p.
- Wright, J. 1964.** Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO. Estudios de Silvicultura y Productos forestales N° 16. 436 p.
- Zanoni, C., 1975.** Enraizamiento de estacas de ocho especies forestales utilizando estimuladores para germinación de raíces. Editorial Turrialba, Universidad de Costa Rica. CATIE.100 p.
- Zobel, B.; Talbert, J. 1984.** Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 p.

# ANEXO 1

## FORMATO N° 1. COLECCIÓN BOTÁNICA

FORMATO 1: Colección botánica																			
Nombre del Colector (es):												Distrito:							
Lugar de Colección:												Provincia:							
Fecha:												Departamento							
Código	Nombre Común	Nombre Científico	Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Lat.	Long.	Tipo de Suelo	Color de la flor	Olor	Látex	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura fuste (m)	Calidad del fuste	Posición de la copa	Infestación de lianas y bejucos	Aparición de plántulas (dap=10cm) cerca de los árboles (ninguno/alguno/abundante/otros)	Hábitat (Especies asociadas, terreno, densidad de vegetación, color y tipo de suelo)	Descripción de la planta (color flor/fruto, hábito, olor, textura, otros)

## ANEXO 2

### FORMATO N° 2. EVALUACIÓN DE LAS ESTAQUILLAS EN LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN

FORMATO 2: Evaluación de las estaquillas en la Cámara de Subirrigación												
Nombre del Evaluador (a):						Distrito:						
Lugar de Evaluación:						Provincia:						
Fecha de evaluación:						Departamento:						
Fecha de instalación:												
Hora de inicio de la evaluación:												
Hora de término de la evaluación:												
Código/ N° de estaquilla	Estaquilla		Raíz									Rebrote
	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	N°	Long. 1 (cm)	Long. 2 (cm)	Long. 3 (cm)	Long. 4 (cm)	Long. 5 (cm)	Long. 6 (cm)	Long. 7 (cm)	Longitud promedio (cm)	N°

### *ANEXO 3*

#### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN**



Foto 1. La cámara de subirrigación está conformada por arena, grava y gravilla



Foto 2 y 3. Cámara de subirrigación terminada

## *ANEXO 4*

### **COLECTA DE LAS MUESTRAS BOTÁNICAS**



Foto 4. Corte de ramitas terminales de Sangre de Grado



Foto 5. Acomodo y prensado de las muestras

## *ANEXO 5*

### **INDUCCIÓN AL REBROTE DEL ÁRBOL EN ESTUDIO**



Fotos 6 y 7. Uso de la tijera telescópica para la poda

## *ANEXO 6*

### **PROCEDIMIENTO DE CORTA DE BROTES ORIGINADOS POR LAS PODAS MENSUALES**



Fotos 8 y 9. Brotes listo para preparar las estaquillas

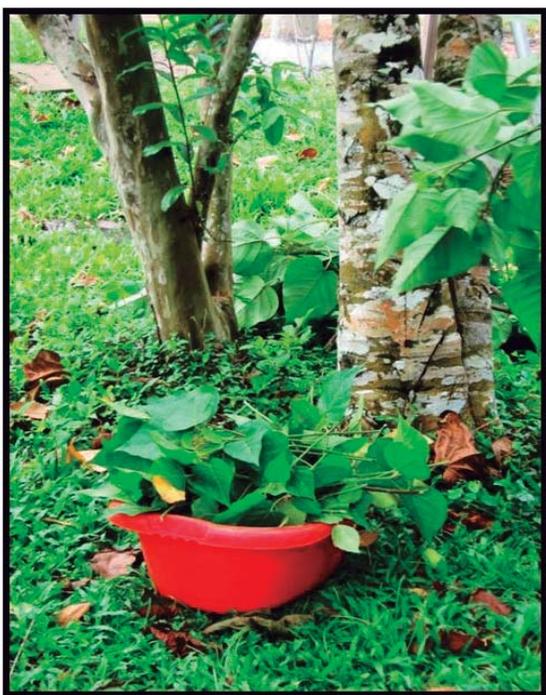


Foto 10. Depósitos de los brotes para su traslado



Foto 11. Traslado de los brotes

## *ANEXO 7*

### **PREPARACIÓN DE LA CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN ANTES DE INSTALAR LAS ESTAQUILLAS**



Foto 12. Emparejado de la arena en la cámara

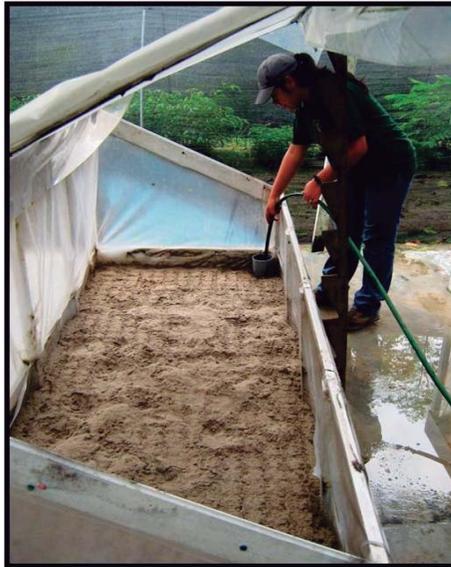


Foto 13. Humedecimiento de la cámara de subirrigación



Fotos 14 y 15. Preparación de hoyos en la cámara de subirrigación para la instalación de las estaquillas

## ANEXO 8

### PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INSTALACIÓN DE LAS ESTAQUILLAS



Fotos 16 y 17. Preparación de las estaquillas



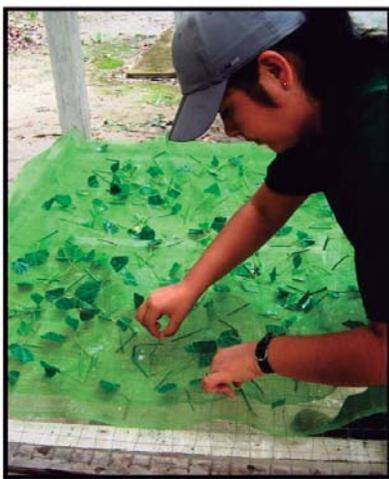
Foto 18. Estaquilla ideal para la propagación de *Croton lechleri* Muell. Arg.



Fotos 19 y 20. Preparación del fungicida



Fotos 21 y 22. Remojo de las estaquillas en el fungicida



Fotos 23 y 24. Oreado de las estaquillas después de pasar por el fungicida



Fotos 25 y 26. Traslado de las estaquillas a la cámara de subirrigación



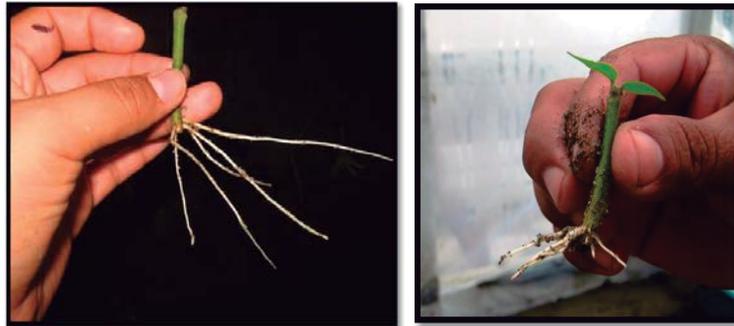
Fotos 27 y 28. Instalación propiamente dicha de las estaquillas de *Croton lechleri* Muell. Arg.

## ANEXO 9

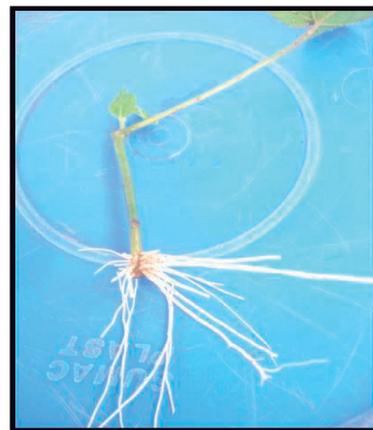
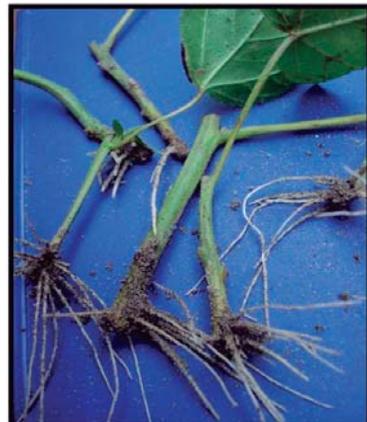
### ESTAQUILLAS DE *CROTON LECHLERI* MUELL. ARG. EVALUADAS A LOS 15 DÍAS



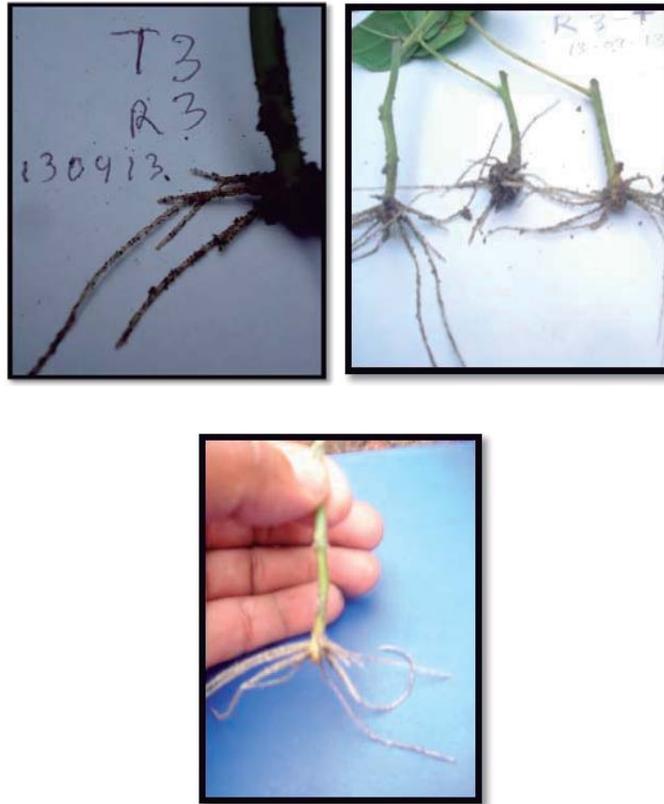
Foto 29 y 30. Estaquillas con dosis de 0 ppm (testigo) de AIB evaluadas a los 15 días



Fotos 31 al 33. Estaquillas con dosis de 1000 ppm de AIB evaluadas a los 15 días



Fotos del 34 al 39. Estaquillas con dosis de 2000 ppm de AIB evaluadas a los 15 días



Fotos del 40 al 42. Estaquillas con dosis de 3000 ppm de AIB evaluadas a los 15 días



Foto 43. Estaquillas enraizadas con dosis de 2000, 3000, 0 y 1000 ppm de AIB respectivamente

## ANEXO 10

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO TESTIGO (T0 = 0 PPM DE AIB)

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T0,1	3	5	0	0	1
T0,2	4	5	0	0	0
T0,3	4	5	0	0	0
T0,4	4	5	0	0	1
T0,5	4	5	0	0	0
T0,6	4	6	0	0	0
T0,7	3	5	0	0	1
T0,8	4	6	0	0	1
T0,9	4	6	0	0	1
T0,10	4	6	0	0	0
T0,11	4	6	0	0	0
T0,12	4	6	0	0	0
T0,13	4	6	0	0	0
T0,14	4	5	0	0	0
T0,15	4	5	0	0	0
T0,16	4	5	0	0	0
T0,17	3	5	0	0	0
T0,18	3	5	0	0	2
T0,19	3	5	0	0	1
T0,20	3	6	0	0	1
T0,21	4	5	0	0	2
T0,22	4	6	0	0	0
T0,23	4	6	0	0	0
T0,24	4	6	0	0	0
T0,25	4	6	0	0	0
T0,26	4	6	0	0	0
T0,27	4	5	0	0	0
T0,28	4	5	0	0	0
T0,29	4	5	0	0	0
T0,30	4	5	0	0	0
<b>PROMEDIO</b>	3,8	5,433	0	0	0,366
<b>MIN</b>	3	5	0	0	0
<b>MAX</b>	4	6	0	0	2

## ANEXO 11

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO TESTIGO (T0 = 0 PPM DE AIB)

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T0,1	4	5	0	0	0
T0,2	4	5	0	0	1
T0,3	4	5	0	0	0
T0,4	4	5	0	0	1
T0,5	4	5	0	0	0
T0,6	4	5	0	0	0
T0,7	3	5	0	0	0
T0,8	3	5	0	0	0
T0,9	3	5	0	0	0
T0,10	3	5	1	2	1
T0,11	3	5	0	0	0
T0,12	3	5	0	0	0
T0,13	3	5	0	0	0
T0,14	4	5	0	0	0
T0,15	3	5	0	0	0
T0,16	4	5	0	0	0
T0,17	4	5	0	0	0
T0,18	4	5	0	0	0
T0,19	4	5	0	0	0
T0,20	4,5	5	0	0	0
T0,21	4	5	1	3	1
T0,22	4	5	0	0	0
T0,23	4	5	0	0	0
T0,24	4	5	0	0	0
T0,25	3	5	0	0	0
T0,26	3	5	0	0	0
T0,27	4	5	0	0	0
T0,28	4	5	0	0	0
T0,29	4	5	0	0	0
T0,30	4	5	0	0	0
<b>PROMEDIO</b>	3,683	5	0,066	0,166	0,133
<b>MIN</b>	3	5	0	0	0
<b>MAX</b>	4,5	5	1	3	1

## ANEXO 12

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO TESTIGO (T0 = 0 PPM DE AIB)

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T0,1	4,5	6	0	0	1
T0,2	4,5	6	0	0	1
T0,3	4,5	6	0	0	1
T0,4	4	6	0	0	1
T0,5	4	6	0	0	1
T0,6	4	6	0	0	1
T0,7	4	6	0	0	0
T0,8	4	6	0	0	0
T0,9	4	5	0	0	0
T0,10	4	6	0	0	0
T0,11	4	6	0	0	0
T0,12	4	6	0	0	0
T0,13	4,5	6	0	0	0
T0,14	4,5	5	0	0	0
T0,15	5	5	0	0	0
T0,16	5	5	0	0	0
T0,17	5	5	0	0	0
T0,18	5	5	0	0	0
T0,19	5	5	0	0	0
T0,20	5	6	0	0	0
T0,21	5	6	0	0	0
T0,22	4	6	0	0	0
T0,23	4	6	0	0	0
T0,24	4	6	0	0	0
T0,25	4	6	0	0	0
T0,26	4	6	0	0	0
T0,27	4	6	0	0	0
T0,28	4	6	0	0	0
T0,29	4	6	0	0	0
T0,30	4	6	0	0	0
<b>PROMEDIO</b>	4,316	5,766	0	0	0,2
<b>MIN</b>	4	5	0	0	0
<b>MAX</b>	5	6	0	0	1

## ANEXO 13

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 1000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T1,1	4	5	3	3,67	1
T1,2	4	5	3	3	1
T1,3	4	5	3	2	1
T1,4	4	5	3	2	1
T1,5	3	5	0	0	0
T1,6	3	5	0	0	0
T1,7	3	5	0	0	1
T1,8	4	5	0	0	1
T1,9	3	5	2	3	0
T1,10	4	5	2	3,5	0
T1,11	4	5	1	3	0
T1,12	4	5	1	3	1
T1,13	3	5	1	2	1
T1,14	3	5	2	3	1
T1,15	3	5	1	1	0
T1,16	3	5	1	1	0
T1,17	3,5	5	1	2	0
T1,18	3	5	1	2	1
T1,19	3	5	2	2,5	1
T1,20	3	5	2	2,5	0
T1,21	3	5	2	2	1
T1,22	3	5	3	3	1
T1,23	3	5	3	3	1
T1,24	3	5	3	3,33	1
T1,25	3	5	3	2,33	1
T1,26	3	5	3	3	1
T1,27	4	5	3	3	1
T1,28	4	5	3	4,33	1
T1,29	3	5	3	3	1
T1,30	3	5	3	2,67	1
<b>PROMEDIO</b>	3,35	5	1,933	2,294	0,7
<b>MIN</b>	3	5	0	0	0
<b>MAX</b>	4	5	3	4,333	1

## ANEXO 14

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 1000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T1,1	4	5	4	1,75	1
T1,2	4	5	4	2	1
T1,3	4	5	4	2,75	1
T1,4	4	5	5	2,2	0
T1,5	4	6	3	4	1
T1,6	4	6	3	3	1
T1,7	4	6	3	2,67	1
T1,8	4	6	4	4,25	1
T1,9	3	6	4	3	1
T1,10	4	6	3	1,67	1
T1,11	4	6	3	4	1
T1,12	3	6	3	2,33	0
T1,13	3	6	4	1,75	0
T1,14	3	6	3	1,33	0
T1,15	3,5	6	4	2	1
T1,16	3,5	6	3	2,33	1
T1,17	3,5	6	4	2,25	1
T1,18	3,5	6	3	2,67	0
T1,19	3,5	6	4	1,5	1
T1,20	3,5	6	5	2,4	0
T1,21	3,5	6	4	3	1
T1,22	3,5	6	4	3	0
T1,23	3,5	6	4	3,75	1
T1,24	3,5	6	4	1,25	1
T1,25	3,5	6	3	2,67	1
T1,26	3,5	6	4	2,5	1
T1,27	3,5	6	4	2,25	1
T1,28	3,5	6	2	1,5	1
T1,29	3,5	6	2	2	1
T1,30	3,5	6	4	1,5	1
<b>PROMEDIO</b>	3,6	5,866	3,6	2,442	0,766
<b>MIN</b>	3	5	2	1,25	0
<b>MAX</b>	4	6	5	4,25	1

## ANEXO 15

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 1000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T1,1	4,5	6	3	6	1
T1,2	4	6	4	3	1
T1,3	4	6	2	4,5	1
T1,4	4	6	3	3,67	1
T1,5	4	6	3	3,33	1
T1,6	5	6	3	5,67	1
T1,7	5	6	4	4	1
T1,8	5	6	4	4,5	1
T1,9	5	6	4	5,25	1
T1,10	5	6	4	3,5	1
T1,11	5	5,5	3	5	1
T1,12	4,5	5	1	5	1
T1,13	4,5	5	0	0	1
T1,14	4	5	2	5	1
T1,15	4	5	3	3,33	1
T1,16	4	6	1	1	1
T1,17	4	6	1	1	1
T1,18	4	6	1	1	0
T1,19	4	6	1	1	0
T1,20	4	6	3	3	1
T1,21	4	6	3	3	1
T1,22	4	6	4	3,5	1
T1,23	4	6	3	5	1
T1,24	4	6	3	4	1
T1,25	4	6	2	4	1
T1,26	4	6	1	5	1
T1,27	4,5	6	0	0	1
T1,28	4,5	6	0	0	1
T1,29	4,5	6	0	0	1
T1,30	4,5	6	0	0	1
<b>PROMEDIO</b>	4,316	5,85	2,2	3,108	0,933
<b>MIN</b>	4	5	0	0	0
<b>MAX</b>	5	6	4	6	1

## ANEXO 16

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 2000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T2,1	3	5	3	5	1
T2,2	3	5	3	3	1
T2,3	3	5	4	3	1
T2,4	3	5	3	4	1
T2,5	4	5	3	3	1
T2,6	4	5	3	3	1
T2,7	4	5	3	4	1
T2,8	4	5	4	3	1
T2,9	4,5	5	4	3	1
T2,10	4	5	4	5	1
T2,11	4	5	4	2,75	1
T2,12	4	5	4	3,75	1
T2,13	4	5	3	3	1
T2,14	4	5	3	3	1
T2,15	3	5	3	3	1
T2,16	3	5	4	2,5	1
T2,17	4	5	4	2,75	1
T2,18	4	5	1	1	0
T2,19	4	5	3	3,33	1
T2,20	4	5	2	4	1
T2,21	4	5	3	4	1
T2,22	4	5	3	3	1
T2,23	3	4	3	4	1
T2,24	3	4	3	4	1
T2,25	3	4	3	4	1
T2,26	3	4	3	3	1
T2,27	3	4	3	3	1
T2,28	3	4	3	3	1
T2,29	3	4	3	2	1
T2,30	3	4	3	2,67	1
<b>PROMEDIO</b>	3,55	4,733	3,166	3,258	0,966
<b>MIN</b>	3	4	1	1	0
<b>MAX</b>	4,5	5	4	5	1

## ANEXO 17

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 2000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T2,1	4	5	5	3	1
T2,2	4	5	6	3,5	1
T2,3	4	5	5	2	1
T2,4	4	5	5	2,4	1
T2,5	4	5	5	3,8	1
T2,6	4	5	5	4	0
T2,7	3	6	5	3,4	1
T2,8	3	6	5	3,2	1
T2,9	3	6	5	4	1
T2,10	3	6	5	2,6	1
T2,11	3	6	5	2,2	1
T2,12	3	6	5	2,2	1
T2,13	3,5	6	4	3,75	1
T2,14	3,5	6	4	2,5	1
T2,15	3,5	5	4	2,5	1
T2,16	3,5	5	4	3,5	1
T2,17	3,5	5	4	4,5	1
T2,18	4	5	4	4,5	1
T2,19	4	6	4	3,25	1
T2,20	4	5	4	2,25	1
T2,21	4,5	6	5	2,8	0
T2,22	4,5	5	5	2,8	0
T2,23	4	5	5	2,8	0
T2,24	4	5	5	2,6	1
T2,25	4	5	3	3	1
T2,26	4	5	3	4	1
T2,27	4	5	5	2	1
T2,28	4	5	5	2,6	1
T2,29	4	5	5	2,4	0
T2,30	4	5	1	2	0
<b>PROMEDIO</b>	3,75	5,333	4,5	3,002	0,8
<b>MIN</b>	3	5	1	2	0
<b>MAX</b>	4,5	6	6	4,5	1

## ANEXO 18

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 2000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T2,1	4	6	4	6,75	1
T2,2	4	6	4	5	1
T2,3	4	6	5	4,2	1
T2,4	4,5	6	5	3,2	1
T2,5	4	6	4	5	1
T2,6	4	6	4	5	1
T2,7	4	6	5	5,6	0
T2,8	5	6	5	6,6	0
T2,9	5	6	4	2,75	0
T2,10	5	6	5	3,8	0
T2,11	5	6	5	4,4	0
T2,12	5	6	1	5	1
T2,13	4	6	2	6	1
T2,14	4	6	4	3	0
T2,15	4	6	4	4,75	1
T2,16	4	6	4	4,75	0
T2,17	4	6	0	0	1
T2,18	4	5,5	4	5,25	0
T2,19	4	5	4	6,75	0
T2,20	4	5	5	2,8	1
T2,21	4	5	5	3,8	1
T2,22	4	5	4	3,25	1
T2,23	4	5	3	3	1
T2,24	4	5,5	3	5,33	1
T2,25	4	5,5	4	3,75	1
T2,26	4	5,5	4	5,25	1
T2,27	4	5	0	0	1
T2,28	4	5	0	0	1
T2,29	4	5	1	6	0
T2,30	4	5	4	3,25	0
<b>PROMEDIO</b>	4,183	5,633	3,533	4,141	0,633
<b>MIN</b>	4	5	0	0	0
<b>MAX</b>	5	6	5	6,75	1

## ANEXO 19

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA PRIMERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 3000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T3,1	4	5	3	4	1
T3,2	4	5	3	4	1
T3,3	4	5	3	3	1
T3,4	4	5	3	2,67	1
T3,5	4	5	2	3	1
T3,6	4	5	0	0	1
T3,7	3	5	0	0	1
T3,8	3	5	0	0	1
T3,9	4	5	0	0	1
T3,10	3	5	0	0	1
T3,11	4	5	3	3	1
T3,12	4	5	3	3	1
T3,13	4	5	0	0	1
T3,14	4	5	3	3	1
T3,15	4	5	4	3	1
T3,16	4	5	4	4	1
T3,17	4	5	4	3	1
T3,18	4	5	4	3	1
T3,19	4	5	0	0	1
T3,20	4	5	0	0	0
T3,21	4	5	0	0	0
T3,22	4	5	2	3	0
T3,23	4	5	3	3	0
T3,24	4	5	3	3	1
T3,25	4	5	3	4	1
T3,26	4	5	0	0	1
T3,27	4	5	0	0	1
T3,28	4	5	3	3	1
T3,29	4	5	3	4	1
T3,30	4	5	3	3	1
<b>PROMEDIO</b>	3,9	5	1,966	2,055	0,866
<b>MIN</b>	3	5	0	0	0
<b>MAX</b>	4	5	4	4	1

## ANEXO 20

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 3000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T3,1	4	5	3	2,67	1
T3,2	4	5	2	2	1
T3,3	4	5	0	0	0
T3,4	4	5	3	2,67	1
T3,5	4	5	3	3	1
T3,6	4	5	3	3,33	1
T3,7	4	5	0	0	0
T3,8	4	5	0	0	0
T3,9	4,5	5	0	0	0
T3,10	3	5	0	0	0
T3,11	3	5	2	3	1
T3,12	3	5	2	2	1
T3,13	4	5	3	4	1
T3,14	4	5	3	3,67	1
T3,15	4	5	3	2,33	1
T3,16	4	5	3	4,33	1
T3,17	3	5	3	3	1
T3,18	3	5	2	2,5	1
T3,19	3	5	3	4	1
T3,20	4,5	5	1	4	1
T3,21	4,5	5	3	3,67	1
T3,22	4	5	0	0	0
T3,23	4	5	0	0	0
T3,24	4	5	0	0	0
T3,25	4	5	0	0	0
T3,26	4	5	0	0	0
T3,27	4	5	0	0	0
T3,28	4	5	0	0	0
T3,29	4	5	0	0	0
T3,30	4	5	0	0	0
<b>PROMEDIO</b>	3,85	5	1,4	1,672	0,533
<b>MIN</b>	3	5	0	0	0
<b>MAX</b>	4,5	5	3	4,333	1

## ANEXO 21

### DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA TERCERA REPETICIÓN A LOS 15 DÍAS CON EL TRATAMIENTO DE 3000 PPM DE AIB

Código/Nº de estaquilla (ID)	D_ estaquilla (mm)	L_ estaquilla (cm)	Nº raíz	L_ raíz (cm)	Nº Rebrote
T3,1	4	6	5	4	1
T3,2	4	6	6	3,67	1
T3,3	4	6	4	4,5	1
T3,4	4	6	4	5	1
T3,5	4	6	4	5,25	0
T3,6	4	6	5	5,8	0
T3,7	4,5	6	5	4,4	1
T3,8	4,5	6	3	3,33	0
T3,9	4	6	3	3	1
T3,10	5	6	3	3	1
T3,11	5	6	3	4,33	0
T3,12	5	6	0	0	0
T3,13	5	6	0	0	0
T3,14	5	6	3	3	1
T3,15	4	5	2	5	1
T3,16	4	5	0	0	0
T3,17	4	5,5	4	3,25	1
T3,18	4	5	4	5	1
T3,19	4	5,5	4	5,25	1
T3,20	4	5	4	7,5	1
T3,21	4	5	5	4,4	0
T3,22	4	6	5	2,8	0
T3,23	4	6	4	3,5	0
T3,24	5	6	4	4,75	0
T3,25	5	6	0	0	0
T3,26	5	6	4	4	0
T3,27	5	6	3	4,33	0
T3,28	5	6	2	5,5	0
T3,29	5	6	3	5,67	0
T3,30	5	6	3	4,67	0
<b>PROMEDIO</b>	4,433	5,8	3,3	3,83	0,433333
<b>MIN</b>	4	5	0	0	0
<b>MAX</b>	5	6	6	7,5	1

## ANEXO 22

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO CON EL SOFTWARE R

Response: %\_raiz

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
Tratamiento	3	16721	5573,8	53,271	1,247e-05 ***
Residuals	8	837	104,6		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

## ANEXO 23

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO CON EL SOFTWARE R

HSD Test for %\_raiz

Mean Square Error: 104,63

Tratamiento, means

X,\_raiz std,err r Min, Max,

T0 2,222233 2,222233 3 0,0000 6,6667

T1 90,000000 5,091754 3 83,3333 100,0000

T2 96,666667 3,333333 3 90,0000 100,0000

T3 67,777767 9,875793 3 53,3333 86,6667

alpha: 0,05 ; Df Error: 8

Critical Value of Studentized Range: 4,52881

Honestly Significant Difference: 26,74555

Means with the same letter are not significantly different,

Groups, Treatments and means

a T2 96,67

ab T1 90

b T3 67,78

c T0 2,222

## ANEXO 24

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R

anova (N\_raiz)

Analysis of Variance Table

Response: N\_raiz

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	21,6663	7,2221	12,961	0,001939 **
Residuals	8	4,4578	0,5572		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

## ANEXO 25

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE NÚMERO DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R

HSD Test for N\_raiz

Mean Square Error: 0,5572222

Tratamiento, means

N_raiz	std,err	r	Min,	Max,
T0	0,02222222	0,02222222	3	0,000000 0,06666667
T1	2,57777778	0,51687570	3	1,933333 3,6000000
T2	3,73333333	0,39767845	3	3,166667 4,5000000
T3	2,22222222	0,56317004	3	1,400000 3,3000000

alpha: 0,05 ; Df Error: 8

Critical Value of Studentized Range: 4,52881

Honestly Significant Difference: 1,951811

Means with the same letter are not significantly different,

Groups, Treatments and means

a	T2	3,733
a	T1	2,578
a	T3	2,222
b	T0	0,02222

## ANEXO 26

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R

anova(L\_raiz)

Analysis of Variance Table

Response: L\_raiz

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	19,4192	6,4731	13,774	0,001589 **
Residuals	8	3,7595	0,4699		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

## ANEXO 27

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R

HSD Test for L\_raiz

Mean Square Error: 0,4699426

Tratamiento, means

L_raiz	std,err	r	Min,	Max,
T0	0,05555556	0,05555556	3 0,000000	0,1666667
T1	2,61500000	0,25032839	3 2,294444	3,1083333
T2	3,46703704	0,34508518	3 3,001667	4,1411111
T3	2,51925926	0,66464704	3 1,672222	3,8300000

alpha: 0,05 ; Df Error: 8

Critical Value of Studentized Range: 4,52881

Honestly Significant Difference: 1,792445

Means with the same letter are not significantly different,

Groups, Treatments and means

a	T2	3,467
a	T1	2,615
a	T3	2,519
b	T0	0,05556

## ANEXO 28

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD MÁXIMA DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R

anova(L\_max)

Analysis of Variance Table

Response: L\_max

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	39,912	13,3040	5,8467	0,0205 *
Residuals	8	18,204	2,2755		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

## ANEXO 29

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE LONGITUD MÁXIMA DE RAÍZ CON EL SOFTWARE R

HSD Test for L\_max

Mean Square Error: 2,275475

Tratamiento, means

L\_max std, err r Min, Max,

T0 1,000000 1,0000000 3 0,00 3,00

T1 4,861100 0,5699575 3 4,25 6,00

T2 5,416667 0,6821127 3 4,50 6,75

T3 5,277767 1,1152747 3 4,00 7,50

alpha: 0,05 ; Df Error: 8

Critical Value of Studentized Range: 4,52881

Honestly Significant Difference: 3,944205

Means with the same letter are not significantly different,

Groups, Treatments and means

a T2 5,417

a T3 5,278

ab T1 4,861

b T0 1

## ANEXO 30

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE REBROTE CON EL SOFTWARE R

Analysis of Variance Table

Response: Rebrote

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	0,64222	0,214074	7,9178	0,008857 **
Residuals	8	0,21630	0,027037		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

## ANEXO 31

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE NÚMERO DE REBROTE CON EL SOFTWARE R

HSD Test for Rebrote

Mean Square Error: 0,02703704

Tratamiento, means

Rebrote	std,err r	Min,	Max,
---------	-----------	------	------

T0	0,2333333	0,06938887	3 0,1333333	0,3666667
----	-----------	------------	-------------	-----------

T1	0,8000000	0,06938887	3 0,7000000	0,9333333
----	-----------	------------	-------------	-----------

T2	0,8000000	0,09622505	3 0,6333333	0,9666667
----	-----------	------------	-------------	-----------

T3	0,6111111	0,13099807	3 0,4333333	0,8666667
----	-----------	------------	-------------	-----------

alpha: 0,05 ; Df Error: 8

Critical Value of Studentized Range: 4,52881

Honestly Significant Difference: 0,4299352

Means with the same letter are not significantly different,

Groups, Treatments and means

a	T2	0,8
---	----	-----

a	T1	0,8
---	----	-----

ab	T3	0,6111
----	----	--------

b	T0	0,2333
---	----	--------

## ANEXO 32

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA CON EL SOFTWARE R

Anova (Supervivencia)

Analysis of Variance Table

Response: Supervivencia

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	163,00	54,333	1,6762	0,2484
Residuals	8	259,31	32,414		

## ANEXO 33

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA CON EL SOFTWARE R

HSD Test for Supervivencia

Mean Square Error: 32,41389

Tratamiento, means

	Supervivencia	std,err	r	Min,	Max,
T0	95,55556	4,444444	3	86,66667	100
T1	100,00000	0,000000	3	100,00000	100
T2	100,00000	0,000000	3	100,00000	100
T3	91,11000	4,844113	3	83,33000	100

alpha: 0,05 ; Df Error: 8

Critical Value of Studentized Range: 4,52881

Honestly Significant Difference: 14,88638

Means with the same letter are not significantly different,

Groups, Treatments and means

a	T1	100
a	T2	100
a	T0	95,56
a	T3	91,11