

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO EN EL  
ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.)  
UTILIZANDO POLIPROPAGADORES DE MADERA.**

**POR:**

**BR. HELEN MARIELOS MEJIA DE ARGUETA**  
**BR. CESAR ISRAEL JIMENEZ FUENTES**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2021**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO EN EL  
ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) UTILIZANDO  
POLIPROPAGADORES DE MADERA.**

**POR:**

**BR. HELEN MARIELOS MEJÍA DE ARGUETA  
BR. CESAR ISRAEL JIMENEZ FUENTES**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO(A) AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2021**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**Lic. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**MSC. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO**

**SECRETARIO:**

**ING. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**ING. M.S.C FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS**

---

**DOCENTE DIRECTOR**

**ING. M.S.C FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS**

---

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

**ING. AGR. MARIO ALFREDO PEREZ ASCENCIO**

---

## RESUMEN

El desarrollo de la investigación se realizó de octubre de 2017 a octubre de 2018, en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, el objetivo de la investigación fue evaluar el ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).

Para el desarrollo se utilizó un diseño completamente al azar realizando tres experimentos de los cuales los primeros dos se utilizaron dosis por encima de 2000 mg.l<sup>-1</sup>, de las cuales no se obtuvieron resultados concluyentes y se aplicaron ocho tratamientos, tres repeticiones y la prueba de separación de medias de Tukey.

Las concentraciones de AIB utilizadas en el tercer experimento por el cual se determinaron los resultados más destacados fueron de 200 mg.l<sup>-1</sup>, 400 mg.l<sup>-1</sup>, 600 mg.l<sup>-1</sup>, 800 mg.l<sup>-1</sup>, 2000 mg.l<sup>-1</sup>, 4000 mg.l<sup>-1</sup>. Además se utilizó una concentración de solución azucarada al 25% y el testigo o control donde lo único que se aplicó a todos los tratamientos fue la solución de ácido acetilsalicílico.

La siembra de las estacas se realizó en tres propagadores por subirrigación construidos artesanalmente con madera, uno por repetición. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de enraizamiento, longitud y diámetro de raíces, porcentaje de brotación de yemas, sobrevivencia de plantas, permanencia de hojas y grados días de desarrollo (GDD), aplicando la correlación de Pearson para conocer la influencia entre variables.

Obteniendo como resultado que en los primeros dos experimentos las estacas murieron en menos de dos semanas, en el tercer experimento se obtuvieron diferencias estadísticas significativas con el uso de AIB, en dosis de 4000 mg.l<sup>-1</sup>, lo que generó mayor número de raíces en las estacas de cacao.

Se concluye, que el uso de AIB en las diferentes dosis utilizadas tiene un efecto significativo en el enraizamiento de estacas de cacao criollo, no obstante, cabe destacar que el uso de ácido acetyl salicílico en todos los tratamientos, en el tercer experimento, mejoró la sobrevivencia de las estacas de cacao, destacando además la alta correlación positiva encontrada entre el

número de hojas inicial, longitud y diámetro de las estacas, como posibles factores que incidieron en el enraizamiento.

Palabras claves: *Acido indolbutirico. Cacao. Dosis. Polipropagador de madera*

## ABSTRAC

The development of the research was carried out from October 2017 to October 2018, in the nursery of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, the objective of the research was to evaluate indole butyric acid (IBA) in the rooting of Creole cacao cuttings (*Theobroma cacao* L.).

For the development, a completely randomized design was used, carrying out three experiments of which the first two were used doses above 2000 mg.l<sup>-1</sup>, of which conclusive results were not obtained and eight treatments, three repetitions and the Tukey's mean separation test.

The IBA concentrations used in the third experiment for which the most outstanding results were determined were 200 mg.l<sup>-1</sup>, 400 mg.l<sup>-1</sup>, 600 mg.l<sup>-1</sup>, 800 mg.l<sup>-1</sup>, 2000 mg.l<sup>-1</sup>, 4000 mg.l<sup>-1</sup>. In addition, a 25% sugar solution concentration was used and the control or control where the only thing that was applied to all the treatments was the acetylsalicylic acid solution.

The installation of the stakes was carried out in three propagators by sub-irrigation built by hand with wood, one per repetition. The variables evaluated were: rooting percentage, root length and diameter, bud sprouting percentage, plant survival, leaf permanence and degree days of development (GDD), applying Pearson's correlation to know the influence between variables.

Three experiments were carried out, obtaining as a result that in the first two experiments the cuttings died in less than two weeks. The third experiment with satisfactory results obtained significant statistical differences with the use of IBA, in doses of 4000 mg.l<sup>-1</sup>, which generated the greatest number of roots in the cocoa cuttings.

It is concluded that the use of IBA in the different doses used has a significant effect on the rooting of criollo cocoa cuttings, however it should be noted that the use of acetyl salicylic acid in all treatments, in the third experiment, improved survival of cocoa cuttings, also highlighting the high positive correlation found between the number of initial leaves, length and diameter of the cuttings, as possible factors that influenced the rooting.

Key Words: Indole butyric acid. Cocoa. Dose. Wood polypropagator

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS por ser mi pilar para poder seguir en este proceso brindándome su amor y misericordia infinitos.

A MI MADRE ROSARIO SARAVIA por brindarme su amor y apoyo en cada paso importante de mi vida.

A MI ESPOSO ABEL ARGUETA por llenarme de amor, brindarme su apoyo y comprensión en esta etapa de mi vida, y por motivarme a seguir creciendo y a nunca renunciar a mis sueños.

A MI HERMANA BEATRIZ MEJIA por ser mi apoyo todo el tiempo, por protegerme y amarme tanto.

A ING. FIDEL BERRIOS por su apoyo, comprensión y dedicación al realizar esta investigación y motivarnos a continuar en el camino científico.

A ING. PEREZ ASCENCIO por su apoyo y dedicación para ayudarnos a ordenar nuestras ideas

A MIS QUERIDOS AMIGOS GEORGINA Y JACOBO por su apoyo y cariño infinito en este proceso.

A MI COMPAÑERO Y AMIGO CESAR por haberme acompañado en esta aventura brindándome su apoyo y comprensión

**HELEN MARIELOS MEJIA DE ARGUETA**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Jehova Dios por darme la vida y la fortaleza por cumplir un nuevo reto en mi vida.

A Walter Orlando Jimenez y Donatila de Jimenez, por su cariño y ayuda cada día de mi vida. Por ser un ejemplo de vida y apoyarme en cada paso en mi desarrollo humano y académico. Por su ayuda económica y por su interés en verme como un profesional.

A Madeline Vanessa Cortez de Jimenez, mi esposa. Por darme todo su amor y comprensión. Apoyarme en todo momento de mi vida. Por ser un pilar inquebrantable en nuestro matrimonio y siempre impulsarme a ser lo mejor que pueda ser.

A Walter, Sandra, Sofia y Marvin. Mis hermanos y cuñados por ser siempre un enorme apoyo para mi y mi esposa.

A Ing. Miguel e Ing. Elias por su enorme colaboración en el desarrollo de nuestro experimento y su ayuda en momentos clave de este.

A Ing. Fidel por darnos la enseñanza y los cimientos académicos del desarrollo de esta investigación. Por la paciencia que ha mantenido con nosotros hasta ver cumplido este paso tan importante.

A Helen por haber sido mi compañera y amiga en todo estos procesos. Haber soportado el tiempo para que tuviéramos la oportunidad de alcanzar este logro tan valioso.

A Ing. Abel por su colaboración y por su paciencia en todo este tiempo. Sacrificando su tiempo con su esposa Helen para ayudarnos en cada proceso.

**CESAR ISRAEL JIMENEZ FUENTES**

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso por que a través de Él he tenido la oportunidad de vivir su misericordia a lo largo de mi vida.

A mi mamá por tu tenacidad ante las adversidades, por motivarme e impulsarme a sacar adelante mis proyectos personales, siempre haciéndolo de una manera correcta y honesta.

A mi esposo Abel por su apoyo incondicional en mis proyectos personales, por motivarme a seguir adelante y a nunca rendirme.

A mi hermana Beatriz Mejía, a mis sobrinos Yesher y Shirley por ser mis razones para seguir adelante y ser una guía y apoyo para ellos.

A mi hijo Ian Alexei por ser mi motor día tras día para no rendirme y demostrarme que Dios está conmigo.

A todo el cuerpo docente de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por su asesoría profesional y su orientación para mejorar cada día.

A mi amigo Cesar por su dedicación, compromiso y cariño para que este lazo de amistad se fortaleciera y pudieramos culminar nuestra carrera.

**HELEN MARIELOS MEJIA DE ARGUETA**

## **DEDICATORIA**

Primeramente agradezco a Dios todo poderoso Jehova por brindarme vida, constancia, perseverancia y por ser la guía en mi camino para culminar mis estudios universitarios.

A mi esposa Madeline por su enorme confianza, apoyo y comprensión, por sus consejos y por animarme siempre a seguir adelante para culminar mi carrera.

A mi familia por su apoyo incondicional; así mismo a la de mis padres que han contribuido en mi proceso de superación y el logro de mis éxitos.

A los docentes que guiaron mi camino durante toda mi carrera universitaria, especialmente al Ing. Fidel como asesor de tesis por brindarnos su apoyo y conocimientos para el desarrollo de la investigación.

A mi compañera de tesis y amiga Helen por su compromiso y dedicación, y sobre todo por el cariño y lazos de amistad formados durante esta etapa de nuestras vidas.

**CESAR ISRAEL JIMENEZ FUENTES**

## INDICE

	Pagina
i. INTRODUCCIÓN .....	1
1. OBJETIVOS.....	2
1.1 Objetivo General .....	2
1.2 Objetivo Específicos.....	2
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Origen del cacao .....	3
2.2 Características del cultivo de cacao .....	3
2.3 Clasificación taxonómica del cacao.....	4
2.4 Importancia de la clonación en cacao .....	4
2.5 Propagación del cacao.....	5
2.5.1 Propagación por semilla o sexual .....	5
2.5.2 Propagación asexual o vegetativa.....	5
2.5.2.1 Propagación vegetativa a través de estacas.....	7
2.6 Bases fisiológicas y anatómicas en la propagación por estacas .....	8
2.7 Factores que condicionan el enraizamiento de estacas .....	10
2.7.1 Condiciones nutricionales de la planta madre .....	10
2.7.2 Edad de la planta madre .....	11
2.7.3 Tipo de madera seleccionada para estacas.....	11
2.7.4 Diferencias entre las diversas partes de la rama .....	11
2.7.5 Longitud y diámetro de las estacas.....	12
2.7.6 Superficie y retención foliar de las estacas .....	12
2.7.7 Efecto de la iluminación .....	13
2.7.8 Temperatura del ambiente y del sustrato .....	13

2.7.9	Humedad relativa del ambiente.....	13
2.7.10	Medios de enraizamiento.....	14
2.8	Hormonas utilizadas para el enraizamiento de estacas .....	14
2.8.1	Auxinas .....	15
2.8.2	Ácido indolacético (AIA).....	15
2.8.3	Ácido naftalenacético (ANA).....	15
2.8.4	Acido acetilsalicílico .....	16
2.8.5	Ácido Indolbutirico (AIB).....	16
2.8.5.1	Métodos de aplicación de ácido Indolbutirico .....	16
2.8.6	Citoquininas .....	17
2.9	Polipropagador de madera .....	17
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1	Localización del experimento.....	19
3.2	Metodología de campo .....	19
3.2.1	Experimentos previos.....	21
3.2.1.1	Experimento uno .....	21
3.2.1.2	Experimento dos.....	22
3.2.1.3	Experimento tres .....	22
3.3	Metodología estadística .....	25
3.3.1	Toma de datos.....	25
3.3.2	Variables evaluadas .....	25
3.3.2.1	Variables en estudio en la etapa del Polipropagador.....	25
3.3.2.2	Variables en estudio en etapa de bolsa .....	27
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1	Experimento uno.....	29

<b>4.2</b>	<b>Experimento dos.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>Experimento tres.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Porcentaje de enraizamiento de las estacas de cacao .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Número de raíces .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Longitud de raíz.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.6</b>	<b>Diámetro de raíz .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.7</b>	<b>Brotación de las estacas .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.10</b>	<b>Sobrevivencia de las plantas en bolsa.....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>RELACION BENEFICIO COSTO .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>47</b>

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de cacao.....	4
Cuadro 2. Datos iniciales en los tratamientos con ácido Indolbutirico (AIB). .....	27
Cuadro 3. Resultados del experimento uno.....	30
Cuadro 4. Resultados del experimento dos.....	31
Cuadro 5. Resultados preliminares del experimento tres.....	31
Cuadro 6. Efecto del ácido Indolbutírico en la adaptación y crecimiento de las nuevas plantas.....	41
Cuadro 7. Supervivencia, Altura y Numero de hojas en estacas sembradas en bolsa. ....	41
Cuadro 8. Costos de produccion en la evaluacion de AIB en estacas de cacao....	43
Cuadro 9. Beneficio neto de produccion de estacas de cacao con aplicacion de AIB .....	44

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Polipropagadores por sub irrigación.....	19
Figura 2. Diseño de un propagador de subirrigacion (Lentray et. Al. citado por Mesen 1997) .....	20
Figura 3. Polipropagador de madera elaborado para el experimento.....	21
Figura 4. Distribucion de tratamientos .....	25
Figura 5. Efecto del Acido indolbutírico en el enraizamiento de las estacas de cacao. ....	32
Figura 6. Efecto del ácido Indolbutírico en los días a enraizamiento de las estacas de cacao .....	33
Figura 7. Efecto del ácido Indolbutírico en los Grados Días de Desarrollo necesarios para el enraizamiento de estacas de cacao.....	34
Figura 8. Efecto del ácido Indolbutírico en el número de raíces de las estacas de cacao. ....	35
Figura 9. Efecto del ácido Indolbutírico en la longitud de raíces de las estacas de cacao. ....	36
Figura 10. Efecto del ácido Indolbutírico en el diámetro de las raíces de las estacas de cacao.....	37
Figura 11. Efecto del ácido Indolbutírico en la brotación de las estacas de cacao	38
Figura 12. Efecto del ácido Indolbutírico en el número de estacas vivas. ....	39
Figura 13. Efecto del ácido Indolbutírico en la cantidad de plantas producidas...	39

## i. INTRODUCCIÓN

Conocer sobre los mejores métodos de propagación de plantas de cacao es importante para los cacaocultores de El Salvador que desean establecer plantaciones de variedades productivas y principalmente de calidades uniformes, con la finalidad de alcanzar los mejores precios en el mercado nacional e internacional. Dubón y Sánchez (2012), indican que la propagación vegetativa reproduce fielmente las características de los árboles; este método permite obtener las plantas más uniformes ya que no se usan las semillas. Dubón y Sánchez (2012) y Phillips *et al* (2013) mencionan que el método más común de reproducción vegetativa es el injerto, que origina plantas denominadas cultivares o clones que conservan íntegramente el árbol reproducido.

Aldana García (2009), reporta que una de las limitantes del injerto es el tiempo y el costo desde la siembra del patrón hasta el momento en que la planta está lista para la siembra en campo, también explica que una forma de solucionar la situación planteada anteriormente es la reproducción vegetativa o asexual por medio de la “clonación por estaca o enraizamiento de ramillas”. El enraizamiento de estacas, se fundamenta en cortar la parte final de una rama de cacao e inducirla a producir raíces y yemas. El mismo autor explica el procedimiento refiriéndose a la selección de los clones que representan interés para el cacaocultor, principalmente por características como alta productividad, calidad, resistencia a plagas y enfermedades. Esta ramilla debe tener el leño verdoso o semiverdoso y sus hojas deben presentar buen vigor y excelente desarrollo fisiológico. Acondicionada la ramilla se procede a la aplicación de una hormona enraizante en la base y se siembra de inmediato en bolsas. Una vez sembradas las estacas se cubren todas las plantas ubicadas en filas, se encierran con un plástico transparente durante 45 a 60 días. El plástico debe quedar sellado por los cuatro lados para evitar la entrada de aire, agua e insectos, permitiendo generar un efecto de invernadero. Mesén (1997), propone el uso del propagador de subirrigación, descrito por Leakey *et al* en 1990, para la multiplicación de estacas foliadas, el cual parece ser más práctico y más fácil de manejar la esterilidad del sustrato para evitar pudriciones de las estacas.

El objetivo de la presente investigación es proponer a los agricultores una técnica de propagación vegetativa más práctica, rápida y eficiente que genere plantas de cacao en poco tiempo y que además se mantengan las características de interés al cacaocultor basado en la demanda del mercado.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de diferentes dosis de la hormona Ácido Indolbutírico sobre el enraizamiento de estacas de cacao con características de criollo utilizando un Polipropagador de madera.

### **1.2 Objetivo Específicos**

Identificar las dosis de Ácido indolbutírico que induce enraizamiento de estacas de cacao criollo.

Determinar la influencia de los tratamientos entre las variables de crecimiento y desarrollo de estacas de cacao.

Evaluar la relación Beneficio/Costo.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 Origen del cacao**

El cacao es originario de América del Sur, en el área del Alto Amazonas, que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. Es en este último lugar donde se ha encontrado la mayor variabilidad de la especie. El centro de origen ha dado una enorme cantidad de material resistente a diferentes enfermedades, plagas y entre este material se han encontrado los mejores padres, con varias características deseables del cultivo. Sin embargo, hay otros centros muy importantes de dispersión de la especie y han jugado un papel sobresaliente en la domesticación y cultivo del cacao. (Paredes 2004) Quizá el centro más importante en este aspecto es Mesoamérica. La calidad del material encontrado en México y luego en Mesoamérica, fue sin duda una de las razones por las que más adelante se popularizó tanto. En esta zona se encuentran los materiales criollos que más influencia tuvieron en el desarrollo del cultivo, pues ha sido en el pasado la principal fuente de material de mejoramiento para la mayoría de las áreas donde hoy en día produce cacao de calidad (Enríquez 1985).

### **2.2 Características del cultivo de cacao**

El árbol de cacao alcanza una altura de 6 a 8 metros, las ramas son dimórficas, unas crecen verticalmente hacia arriba y otras oblicuamente hacia afuera; la raíz es pivotante; la hoja tiene dos estipulas que se desprenden tempranamente, la lámina es simple de forma que va de lanceolada a casi ovalada, con margen entero, nervadura pinnada y ambas superficies glabras, la brotación de yemas y de nuevas hojas es termo periódica; las flores son caulifloras, la inflorescencia es una cima decaciforme, un solo cojín floral contiene de 40 a 60 flores (Hardy 1961).

La fruta es una baya comúnmente llamada mazorca (Hardy 1961), de 15 a 25 cm de largo y 10 cm de diámetro (Mata 2006), pesa 300 a 400 g es de forma, tamaño y color variable, la pared del fruto es gruesa y dura, presenta cinco surcos profundos y superficiales. La fruta tiene de 25-50 pepas de semilla en forma de almendra. Las almendras son de forma oval, alargadas y redondeadas, miden hasta tres centímetros de longitud; el cacao es una planta alogama, las flores aparecen al principio de la época de lluvias y son polinizadas por insectos (Luna y Quico 2005).

Por año una planta produce entre 100,000 y 150,000 flores, de las cuales solo se fecundan de 0,1 a 0,3%, los frutos maduran entre 5 a 6 meses después de la fecundación. La semilla es recalcitrante, germinan a los 4 o 6 días después de la siembra, un kilogramo de puede contener 440 semillas (Dubón 2011).

### 2.3 Clasificación taxonómica del cacao

La especie está clasificada de la manera siguiente:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de cacao.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Género	Theobroma
Especie	Cacao

Fuente: Batista (2009).

### 2.4 Importancia de la clonación en cacao

Un clon de cacao es un material genético uniforme derivado de un individuo y propagado por medios vegetativos. El concepto de clon no significa que todas las plantas de un mismo clon sean idénticas fenotípicamente en todas sus características, pues su comportamiento depende de la interacción genotipo ambiente. En consecuencia, una planta varía la apariencia, la producción, los frutos o almendras (Weise 2006).

Las ventajas que presentan los clones son: excelente sabor, aroma, resistente al ataque de enfermedades como la moniliasis y escoba de bruja, posee buen precio del producto en el mercado nacional e internacional y mantenimiento del mercado basado en las características típicas de la variedad nacional: calidad y aroma (Weise 2006).

Las desventajas del clon son: poca disponibilidad del material de la variedad para la renovación o establecimiento de nuevas plantaciones de cacao; poco interés de los productores cacaoteros en renovar sus fincas con estas variedades (Weise 2006).

## **2.5 Propagación del cacao**

La propagación del cacao se puede establecer por dos sistemas cuyas características son variables. Las cuales son reproducción por semilla o vegetativa.

### **2.5.1 Propagación por semilla o sexual**

Es la forma de obtener nuevas plantas mediante la siembra de una semilla, la cual es el resultado de la fecundación de los óvulos por medio de polinización y que a su vez portan el material hereditario de ambos padres, la nueva planta se logra mediante la germinación que corresponde al desarrollo del embrión que contiene la semilla. Y cuando se completa la plántula aparece gracias a la multiplicación del tejido meristemático y comienza la diferenciación celular (Enríquez 1985).

### **2.5.2 Propagación asexual o vegetativa**

La propagación vegetativa o asexual consiste en el empleo de partes vegetativas de una planta original y hacer que se genere el resto de la estructura faltante, sean estas raíces, tallos u hojas. Esto es posible ya que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta entera (Aldana 2009).

La propagación vegetativa (asexual) es la capacidad que tienen algunos órganos vegetativos de una planta para formar raíces y de esta manera originar un nuevo individuo completo desde el punto de vista morfológico y funcional (Baldini 1992).

En la actualidad existen varios métodos de propagación vegetativa tales como: acodos, injertos, estacas, cultivos de tejidos, propagación por medio de tallos y raíces especializadas. La propagación vegetativa es importante en la reproducción de especies que no producen semillas viables. Las plantas que presentan semillas viables en su periodo juvenil no producen flores ni frutos y sus características morfológicas son diferentes (Hartmann y Kester 1999).

La propagación vegetativa se define como la multiplicación de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas) (Rojas *et al.* 2004).

Esto es posible debido a que las células vegetales conservan la capacidad de regenerar la estructura entera de la planta, que se debe a factores como la totipotencia, es decir, que cada célula vegetal viviente contiene en su núcleo la información genética necesaria para reconstituir todas las partes de la planta y sus funciones (Hartmann y Kester 1995;) a través de reproducción somática basada exclusivamente en mitosis; y la desdiferenciación o capacidad de las células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo (Rojas *et al.* 2004).

Con la propagación vegetativa se asegura la conservación de un germoplasma valioso; asimismo, es posible obtener descendencias homogéneas desde el punto de vista genético (clones) ya que permite captar y transferir al nuevo árbol (ramet) todo el potencial genético del árbol donador (Hartmann y Kester 1995).

Se evita los períodos juveniles prolongados y se acorta la madurez reproductiva; también, es posible eliminar la dependencia del uso de semillas (Mesen *et al.* 1992).

La propagación vegetativa es importante en el mejoramiento genético, porque permite multiplicar genotipos superiores y aumentar la ganancia genética en períodos muy cortos al utilizar tanto los componentes aditivos, como los no aditivos de la varianza genética total (Zobel y Talbert 1988).

A través de la propagación vegetativa, la principal ventaja es generar individuos genéticamente iguales en períodos cortos y de transferir todo el potencial genético de la planta madre a su descendencia, lo que se podría aprovechar para el mejoramiento de las especies frutales y forestales amazónicas en cuanto a productividad, resistencia y uniformidad de las cosechas. Por todo esto, la base para el éxito de la propagación vegetativa con fines comerciales está en la selección de árboles élite, los mismos que servirán como donantes del material vegetativo a multiplicar (Aldana 2009).

### **2.5.2.1 Propagación vegetativa a través de estacas**

La estaca es una porción separada de la planta, provista de yemas caulinares y hojas, e inducida a formar raíces y brotes a través de manipulaciones químicas, mecánicas o ambientales (Barbat 2006).

Se denominan estacas a raíces, hojas, fracciones de hojas utilizadas como tales, con la finalidad de obtener nuevas plantas (Hartmann y Kester 1995).

Se debe experimentar con métodos de propagación por estaca, en especies de buena capacidad de rebrote. El objetivo de la multiplicación por este método es conseguir estacas enraizadas de calidad, que respondan bien y rápidamente al trasplante, presenten gran uniformidad y sean la mejor base para alcanzar plantas de calidad (Rivas 1995).

Una limitante importante para utilizar estacas enraizadas es su dependencia con la edad. Los árboles jóvenes suelen enraizar rápidamente, pero puede ser casi imposible enraizar los mismos árboles cuando están maduros. La relación de juvenilidad con el crecimiento de las raíces tal vez se pueda explicar por el incremento en la formación de inhibidores del enraizamiento a medida que la planta se hace vieja (Hartmann y Kester 1995).

En estacas de especies difíciles de enraizar, sería útil poder inducir a las plantas adultas a producir brotes juveniles y rejuvenecimiento de ramas. La selección de árboles conviene considerar la capacidad de rebrote del árbol (Mesen 1998).

La propagación vegetativa por estaca es el sistema de propagación más antiguo, es poco costoso, fácil de realizar, no requiere de habilidad especial de parte del operador y necesita poco espacio. Además, casi todos los frutales nativos tropicales y subtropicales se pueden propagar por estacas (Calzada 1993).

Según Hartmann y Kester (1995), los enraizamientos de estacas pueden verse alterado por diversos factores, así:

- En las estacas, si la brotación de las yemas se produce antes de la emisión de raíces, aquella compite y puede agotar las reservas hídricas y nutritivas de la propia estaca.
- El enraizamiento es más rápido si las áreas de esclerenquima se organizan aisladamente y están separadas por amplias zonas de parénquima.

- En las estacas de ramas hay que tener en cuenta su polaridad, estas enraízan por su parte basal.
- La eliminación de yemas o de hojas impide la formación de raíces.
- El estado nutricional de la estaca determina su capacidad de enraizamiento.
- En las especies leñosas las estacas menores a un año enraízan mejor, aunque en algunas especies (olivo) la capacidad rizogénica aumenta con la edad de los órganos de los que se separan las estacas.
- En general, las estacas tomadas de las plantas jóvenes enraízan mejor que las tomadas de las plantas adultas.
- Las técnicas culturales encaminadas a rejuvenecer las plantas (poda) o a incrementar su actividad vegetativa (riego y fertilización) mejoran la capacidad rizogénica de las estacas.
- Existen variaciones estacionales en la capacidad de enraizamiento. La utilización de técnicas de propagación a través de estacas es viable para la multiplicación de especies arbóreas.

## **2.6 Bases fisiológicas y anatómicas en la propagación por estacas**

La formación de raíces adventicias en la estaca comprende una serie de complejos procesos anatómicos y fisiológicos, que se realiza por acción combinada de las auxinas y cofactores de enraizamiento que se promueven en las hojas y yemas. Los cofactores internos tienen una mayor influencia en la rizogénesis (Aldana 2009).

Las raíces adventicias son de dos tipos: raíces preformadas y raíces de lesiones. Las raíces preformadas se desarrollan naturalmente, las raíces de lesiones se desarrollan como una respuesta al efecto de lesión al preparar la misma; quedan expuestas sobre la superficie cortada las células muertas y conductoras del xilema (Mesen et al. 2008)

El proceso subsecuente de cicatrización y regeneración se efectúa en los siguientes tres pasos: Primero, la formación de una placa necrótica que sella la herida de un material suberoso (suberina) y tapa el xilema con goma; segundo, después de unos días la formación de una capa de células del parénquima (callo) y tercero, en ciertas células próximas al cambium vascular y al floema se empiezan a iniciar raíces adventicias (Hartmann y Kester 1995).

Los cambios anatómicos que pueden observarse en el tallo durante la iniciación de raíces pueden dividirse en cuatro etapas:

- 1) Desdiferenciación de las células maduras específicas.
- 2) Formación de iniciales de raíz en ciertas células cercanas a los haces vasculares, las cuales se han vuelto meristemáticas por la desdiferenciación.
- 3) Desarrollo subsecuente de éstas en primordios de raíces organizados.
- 4) Desarrollo de emergencia de estos primordios radicales hacia afuera, a través del tejido del tallo, más la formación de conexiones vasculares entre los primordios radicales y los tejidos conductores de la propia estaca (Hartmann y Kester 1995).

El origen de las raíces se localiza en un amplio rango de tejidos, de los cuales el cambium, el floema y el periciclo son los tejidos más importantes, mientras que la corteza, la médula y la xilema son de menor importancia. Las raíces adventicias de estacas de tallos se originan generalmente en el tejido del floema secundario joven, si bien, esas raíces proceden también de otros tejidos como son el cambium, los radios vasculares o la medula. Contrario a esto, los anillos de esclerénquima situados en el exterior del punto de origen de las raíces, a veces llegan a constituir una barrera anatómica. Los requisitos para la iniciación y la elongación de las raíces a menudo difieren, siendo el primero influido por la condición genética y estado fisiológico de la planta, mientras que el segundo es más sensible a los factores medio ambientales (Díaz 1991).

Hartmann y Kester (1995) afirman que las plantas se pueden dividir en tres clases, respecto a la iniciación de raíces adventicias:

1. Aquellas en que los tejidos proporcionan todas las diversas sustancias nativas, incluso auxina. Cuando se hacen las estacas y se les coloca en condiciones ambientales adecuadas, ocurre una rápida formación de raíces.
2. Aquella en que hay presentes amplias cantidades de cofactores de ocurrencia natural, pero en que la auxina es limitante. Con la aplicación externa de auxina, el enraizamiento aumenta grandemente.
3. Aquellas en que falta la actividad de una o más de los cofactores internos, aunque la auxina natural puede o no estar presente en abundancia. Con la aplicación externa de auxina se obtiene poca o ninguna respuesta.

Hartmann y Kester (1995) mencionan que el callo es una masa irregular de parénquima en varios estados de lignificación. Es un recurso defensivo, así el hecho de que una estaca llegue

a formar una magnífica callosidad no es el índice de enraizamiento, pues las raíces no se forman de esa callosidad, sino que son continuidad de los radios vasculares de la estaca.

En la mayoría de plantas la formación de callo y raíces son independientes entre sí y cuando ocurre simultáneamente es debido a su dependencia de condiciones internas y ambientales similares (Mesen *et al.* 2008).

Los meristemas juegan un papel muy importante al momento de la multiplicación vegetativa, la cual lleva consigo casi siempre la formación de nuevos meristemas. El meristemo caulinar dará lugar al aparato aéreo y el meristemo radical dará lugar al aparato subterráneo. Asimismo, indica que las yemas y las hojas sean el asiento privilegiado de una cierta forma de “memoria” que dirigen a las células hacia la organización de meristemas radicales (Hartmann y Kester 1995).

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

Los factores que tienen mayor influencia para lograr un adecuado enraizamiento en la propagación por estacas son: el manejo de la planta madre con el fin de obtener brotes juveniles, el buen estado nutricional, la época y edad apropiada, longitud y diámetro de las estacas, la presencia de hojas y yemas, tratamientos hormonales y las condiciones ambientales (iluminación, temperatura, humedad relativa, medio de enraíce) propicias que induzcan al enraizado. Además, la capacidad de la estaca ya enraizada a prosperar después del trasplante para conseguir plantas de calidad (Hartmann y Kester 1995).

### **2.7.1 Condiciones nutricionales de la planta madre**

La nutrición de la planta madre ejerce una fuerte influencia en el desarrollo de raíces y tallos de las estacas (Sisaro y Hagiwara 2016).

Los factores internos como el contenido de auxina, de cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos pueden influir en la iniciación de las raíces de las estacas. Para que pueda efectuarse la iniciación de raíces, el nitrógeno es importante para la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, debajo de ese nivel mínimo de disponibilidad de nitrógeno se detiene la iniciación de raíces; asimismo, la cosecha de los brotes para la propagación debe realizarse en las mañanas cuando el material vegetal es turgente (Hartmann y Kester 1995).

### **2.7.2 Edad de la planta madre**

El factor de juvenilidad es uno de los aspectos más relevantes para el éxito del enraizamiento de estacas. En muchas especies forestales es la edad ontogénica o fisiológica y no la edad cronológica de las estacas que es la más importante para el éxito del enraizamiento (Sisaro y Hagiwara 2016).

### **2.7.3 Tipo de madera seleccionada para estacas**

Se puede escoger desde las ramas terminales muy suculentas del crecimiento en curso, hasta grandes estacas de madera dura de varios años de edad. Es imposible establecer el tipo de material que sea mejor para todas las plantas. Lo que puede ser ideal para una planta, resulta una falla para otra (Hartmann y Kester 1995).

### **2.7.4 Diferencias entre las diversas partes de la rama**

Es posible observar que los brotes tomados de distintas partes de un árbol o estacas tomadas de distintos brotes presentan crecimiento diferencial en una plantación, inclusive si se mantiene la igualdad de los demás factores (Martínez *et al.* 1994).

La topófisis tiene un marcado efecto sobre el desarrollo de un potente sistema radicular, encontrándose en muchos casos que el mayor enraizamiento se obtiene en la porción media y basal. De igual forma los vástagos laterales tienden a enraizar con más facilidad que los procedentes de vástagos terminales (Hartmann y Kester 1995).

Mesen (1998) indica que a lo largo de un brote se presentan gradientes hídricos, hormonales, de nutrientes e inhibidores de enraizamiento, variaciones en diámetro y longitud del entrenudo; se puede utilizar estacas provenientes de varias posiciones a lo largo del brote, aunque siempre hay que descartar el entrenudo apical por ser demasiado suculento y susceptible al marchitamiento, del mismo modo los entrenudos basales muy lignificados que muestran mayor dificultad para la iniciación de las raíces. Generalmente a los brotes en toda su longitud se les clasifica como basal, media y apical.

### **2.7.5 Longitud y diámetro de las estacas**

La longitud y diámetro de las estacas a usar es variable y depende de la especie que se desea producir. Lo más relevante del tamaño de la estaca es que según lo determine el patrón de las longitudes del entrenudo, está estrechamente correlacionada con el porcentaje de estacas enraizadas, las estacas de la parte apical son las más largas y tienen mejor enraizamiento; sin embargo, si todas las estacas se cortan a la misma longitud, las basales enraízan mejor (Leakey 1985).

La obtención de un sistema radicular de mayor peso seco, por lo tanto, de mayor desarrollo, está relacionado con el peso seco de la estaca utilizada; lo que en principio hace pensar de utilizar aquellas de mayor grosor. Probablemente, esto se debe al mayor contenido de sustancias de reserva de la estaca, las que intervienen en el proceso de formación de raíces (Díaz *et al.* 1991).

### **2.7.6 Superficie y retención foliar de las estacas**

La presencia de hojas en las estacas ejerce una influencia estimulante sobre la iniciación de raíces, debido a que son transportados desde ella hasta la base de la estaca auxinas y carbohidratos (Hartmann y Kester 1995).

Aparte de ello, las estomas abiertas de las hojas determinan necesariamente una pérdida de agua por transpiración que se produce por difusión por menor resistencia al flujo, en tal sentido si las tasas de transpiración son excesivas, los vegetales desarrollan un déficit hídrico importante que puede causarles la muerte (Gil 1995).

Por todo esto, es necesario una superficie foliar mínima para asegurar la fotosíntesis necesaria para satisfacer las necesidades correspondientes al desarrollo del sistema radical y a la vida de la estaca (Ruiz 2009).

La hoja debe recortarse a un tamaño tal que proporcione el mejor balance entre las desventajas de la transpiración y las ventajas de la fotosíntesis (Mesen 1998).

Ruiz (2009) menciona que una estaca juvenil sin hojas no puede arraigar. Una estaca que pierde sus hojas en el transcurso del arraigue esta igualmente condenada, pues, aunque esté empezando a emitir raíces, no podrá desarrollarse.

Hartmann y Kester (1995) indican que existe una correlación positiva entre el porcentaje de retención de hojas y el enraizamiento de estacas. La presencia de hojas es un factor clave en el enraizamiento de estacas juveniles; sin embargo, la retención de las mismas en relación a la capacidad de enraizamiento se tiene que investigar más a profundidad, especialmente en un rango amplio de especies nativas y determinar los factores que hacen que ocurra este evento. En el caso de estacas leñosas sin hojas, el enraizamiento tiene éxito porque en su interior se almacenan suficientes reservas de carbohidratos, auxinas y cofactores.

### **2.7.7 Efecto de la iluminación**

Durante el enraizado, cuando hay baja intensidad de luz la emisión de raíces se realiza antes que las hojas, sin embargo, para que se realice la función fotosintética se debe dar cuanto menos un 30% de luz a las estacas, sin que éste eleve la temperatura optima (Cuculiza 1956).

### **2.7.8 Temperatura del ambiente y del sustrato**

Para el enraizamiento de las estacas de la mayoría de especies son satisfactorios temperaturas ambiente diurnas de unos 21° a 27° C y temperaturas nocturnas de 15° C. Además, a medida que la temperatura se incrementa (dentro de sus límites), las estacas metabolizan más rápido y enraízan mejor (Mesen 1998).

### **2.7.9 Humedad relativa del ambiente**

La condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre las pérdidas por evaporación a través de las hojas y la absorción de agua por las estacas. Puesto que las estacas carecen de raíces al inicio, deben depender de la retención de su turgencia y de la absorción de agua a través del corte en la base y a través de la superficie de las hojas y el tallo (Díaz 1991).

Para conseguir éxito en el enraizado es necesario disminuir la transpiración para limitar la desecación de la estaca, esto se logra manteniendo la humedad del ambiente alta, saturada (95 a 100%) y también constante para reducir al máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración. En efecto, es posible lograr estas características de humedad empleando cámaras cerradas e invernaderos con sistemas de nebulización (Barbat 2006).

### **2.7.10 Medios de enraizamiento**

Un buen sustrato debe tener una buena porosidad que facilite la evacuación de agua y aireación, una buena capacidad de retención de humedad, ser estable y ser irreprochable en el plano sanitario, pudiendo adquirirse esta cualidad por desinfección química y física (Barbat 2006),

Hartmann y Kester (1995) mencionan que el medio para enraizamiento tiene cuatro funciones:

- Sostener a la estaca en el lugar durante el período de enraizamiento.
- Proveer humedad a la estaca.
- Permitir penetración y el intercambio de aire en la base de la estaca.
- Crear un ambiente de oscuridad en la base de la estaca.

La relación entre aire, agua y 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.

Las estacas de muchas especies de plantas enraízan con facilidad en una gran diversidad de medios, pero en aquellas que lo hacen con dificultad puede tener gran influencia el tipo de medio de enraíce que se use, afectando el porcentaje y calidad de las raíces en las estacas. Por ejemplo, en arena lavada de río, las raíces son largas no ramificadas y quebradizas, mientras tanto en mezclas de arena con aserrín de madera de color bien descompuesto o musgo, las raíces son más ramificadas, delgadas, flexibles y más apropiadas para extraerlas y suplantarlas. Esto se explica por la diferencia del contenido de humedad y aire en cada sustrato, dado que, la mezcla contiene el doble de aire y guarda mejor la humedad que la arena (Ruiz 2009).

### **2.8 Hormonas utilizadas para el enraizamiento de estacas**

Estas sustancias deben ser manipuladas con precaución porque las sensibilidades específicas y varietales son muy grandes, por lo tanto, es necesario respetar escrupulosamente las instrucciones de empleo y no vacilar en hacer ensayos previos para determinar la materia activa y la dosificación más oportuna (Barbat 2006).

Los cinco grupos principales de hormonas y reguladores de crecimiento son las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido absicico y etileno; no obstante, los dos primeros son los más usados en la práctica de propagación por estacas (Rojas *et al.* 2004).

### **2.8.1 Auxinas**

La auxina fue la primera hormona que se descubrió en las plantas que interviene en actividades como el crecimiento del tallo, formación de raíces, inhibición de las yemas laterales, la abscisión de las hojas y frutos, y en la activación de las células del cambium (Hartmann y Kester 1995).

El propósito de tratar con auxinas a las estacas es aumentar el porcentaje de estacas que forman raíces, acelerar la iniciación de ellas, aumentar el número y calidad de las raíces y mejorar la uniformidad del enraizamiento (Hartmann y Kester 1995).

Dentro de los reguladores de crecimiento del tipo auxina que influyen en el enraizamiento están el ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA). La auxina más utilizada por su acción rizógena es el ácido Indolbutirico (AIB), pero, se logran mejores resultados cuando éste se combina con ácido Naftalenacético (ANA).

### **2.8.2 Ácido indolacético (AIA)**

Es la auxina natural que se encuentra en todas las plantas, es obtenido por síntesis, es poco tóxico para las plantas y es degradado rápidamente por las bacterias y el suelo (Barbat 2006).

Además, es muy inestable en las plantas y se descompone rápidamente en soluciones no esterilizadas aun cuando permanece activo en soluciones estériles durante varios meses. Cabe destacar que, los rayos fuertes del sol pueden destruir en 15 minutos una solución de 10 ppm de AIA (Barbat 2006).

### **2.8.3 Ácido naftalenacético (ANA)**

Es obtenido por síntesis, tiene una gran actividad auxínica general y rizógena. Es bastante estable y es ligeramente más toxico para la planta que el AIB (Barbat 2006).

Según Leví citado por Guizado (2015), su empleo es más delicado porque el margen entre el umbral de su actividad y el umbral de su toxicidad es más pequeño.

#### **2.8.4 Ácido acetilsalicílico**

El ácido acetilsalicílico regula la biosíntesis de metabolitos secundarios (Bennet y Wallsgrave 1994).

El ácido acetilsalicílico tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias Araceae y Palmaceae (Raskin 1992 citado por Villanueva- Couch et. Al. 2009)

#### **2.8.5 Ácido Indolbutírico (AIB)**

Es una auxina sintética, químicamente similar al ácido Indolacético, que en la mayoría de las especies demostró ser más efectivo que cualquier otro y es actualmente el de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Tiene la ventaja que no se degrada fácilmente por la luz o microorganismos, y al ser insoluble en agua permanece más tiempo en el sitio donde puede ejercer un mayor efecto (Mesen 1998).

Se considera que tiene una débil actividad auxínica en general, pero una excelente acción rizógena. El ácido Indolbutírico es probablemente el mejor material para uso masivo debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento de un gran número de especies de plantas (Hartmann y Kester 1999).

La mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 0,2% a 0.3% de ácido Indolbutírico, aunque algunas pueden requerir dosis mayores o menores (Mesen 1998).

Según Hartmann y Kester (1995), el objetivo de tratar estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de estacas que forman raíces, acelerar la iniciación de ellas, aumentar el número y calidad de las raíces producidas por estacas y aumentar la uniformidad del enraizado.

##### **2.8.5.1 Métodos de aplicación de ácido Indolbutírico**

El método de inmersión se ha practicado diversamente con soluciones muy diluidas, se hace una inmersión de larga duración por 24 o 48 horas, según el estado fisiológico de la planta y la disolución de la solución. Con soluciones de alta concentración de hormona se practica la inmersión rápida de 3, 5 o 10 segundos (Mesen 1998).

El método de espolvoreo es la técnica más simple y más cómoda. Se utiliza una mezcla de hormonas y de un polvo inerte que normalmente es el talco. La materia que constituye el polvo de disolución puede tener un papel importante por sus propiedades físicas que favorecen más o menos la penetración de las hormonas en los tejidos tratados (Mesen 1998).

### **2.8.6 Citoquininas**

Son hormonas vegetales que intervienen en el crecimiento y diferenciación de las células. Diversos materiales naturales y sintéticos como zeatina, kinetina, 6-benciladenina, tienen actividad de citoquinina (Hartmann y Kester 1995).

Se producen en las zonas de crecimiento como los meristemas en la punta de las raíces y son transportadas vía acropetala (de abajo hacia arriba) (Guizado 2015).

Generalmente, la proporción alta auxina y baja citoquinina, favorece la formación de raíces adventicias, en cambio, cuando es baja en auxina y alta en citoquinina se favorece la formación de brotes. Es por ello que las especies que en su naturaleza poseen altos niveles de citoquinina son más difíciles de enraizar que las que tienen niveles bajos, y cuando se aplican citoquininas sintéticas normalmente inhiben la iniciación de raíces; sin embargo, cuando son aplicados en bajas concentraciones promueven la iniciación de raíces (Hartmann y Kester 1995).

La citoquinina en bajas cantidades favorece el enraizamiento.

### **2.9 Polipropagador de madera**

El Polipropagador es una caja cubierta de plástico transparente que retiene el agua (con una estructura que puede ser madera, metal e incluso concreto), dentro de la cual se saturan con agua las capas de piedras y grava, encima de las cuales se coloca el sustrato para el enraizamiento (Leakey y Mesen s.f).

El agua proporciona los requerimientos de humedad para las estacas, siempre y cuando el propagador permanezca cerrado. Mantener el propagador abierto produce una rápida reducción de la humedad, por lo que es importante minimizar este efecto mediante aspersiones periódicas con alguna bomba manual. También puede ocurrir una reducción importante en la humedad durante las horas más calientes del día. La sombra adicional y las aspersiones manuales

pueden reducir la severidad de este efecto. Se debe tener cuidado de mantener el plástico limpio y libre de agujeros. La suciedad reduce la cantidad de luz que llega a las estacas y puede limitar el enraizamiento (Leahey y Mesen s.f).

El microambiente dentro del propagador ejerce una influencia crítica en el enraizamiento de estacas. El microambiente ideal debe mantener niveles óptimos de irradiación, temperaturas adecuadas en el aire, el sustrato y las hojas, y buen balance de agua en las estacas. El microclima de los propagadores de sub irrigación es comparable al de otros sistemas más sofisticados. En una comparación del sistema de sub irrigación con el de nebulización se encontraron valores menores de humedad relativa, temperatura foliar y temperatura del aire en el sistema de sub irrigación. Además, en este último, el aire se satura en horas de la noche, lo cual resulta en condensación de agua en las hojas y humedecimiento del follaje (Leahey y Mesen s.f)

Gran cantidad de agua se condensa también en el plástico de la tapa, y su caída contribuye además al humedecimiento de las hojas. Las evaluaciones del sistema de sub irrigación han demostrado que es al menos tan efectivo como otros sistemas más sofisticados, e indican su potencial para un rango amplio de especies. Para ciertas especies de zonas áridas, susceptibles a pudrición bajo nebulización, el sistema de sub irrigación parece ser más apropiado (Coras 2009).

Durante el proceso de enraizamiento se requiere cierta cantidad de luz para permitir una tasa adecuada de fotosíntesis en las estacas. Sin embargo, la irradiación excesiva provoca el cierre de estomas y la consecuente reducción en el intercambio gaseoso, pérdida de turgencia e incluso la muerte de la estaca (Leahey y Mesen s.f).

Los propagadores de sub-irrigación son un invernadero en miniatura, los cuales tienen la función de proveer de agua por capilaridad a los diferentes sustratos y evitar la evapotranspiración. Para ello se forma un filtro. Éste consiste en una capa de 20-25 cm de espesor formada con piedras (de 6 a 15 cm de diámetro), cubiertas con gravilla y una capa de sustrato (Leahey y Mesen s.f).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del experimento

La investigación se ejecutó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador durante los meses de octubre de 2017 a octubre de 2018, con coordenadas geográficas 13<sup>o</sup>43'09.21" latitud norte y 89<sup>o</sup>12'01.08" longitud oeste.

Las características climáticas de la zona son: precipitación promedio anual de 1,550 mm; humedad relativa de 76 %. A una altitud de 615 msnm y con una temperatura anual de 23.8 °C.

#### 3.2 Metodología de campo

Se construyeron tres polipropagadores de madera con una cobertura de plástico de polietileno transparente con dimensiones de 0.90 m de ancho, 1.70 m de largo, una altura de 0.75 m en la pared superior y 0.50 m en la pared inferior (figura 1).



*Figura 1. Polipropagadores por sub irrigación.*

Esta estructura permite la protección del material vegetativo contra plagas, enfermedades y otras especies animales. Posteriormente se prosiguió al llenado de la caja con el sustrato, para el cual se utilizó piedra pómez en las siguientes proporciones:

- **Sustrato basal** de 15 cm, se rellenaron con una capa de piedras pómez grande con un diámetro de 6-10 cm.
- **Sustrato intermedio** de 10 cm con piedras pequeñas de diámetro de 3-6 cm

- **Sustrato superficial** de 5 cm, se cubrió con la misma piedra pómez con granulometría más fina para sostener las estacas.
- Posteriormente los 15 cm basales se llenaron con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por capilaridad. Para introducir el agua y observar el nivel se utilizó un tubo de PVC insertado verticalmente a través de las diferentes capas del material. ( Figura 2)

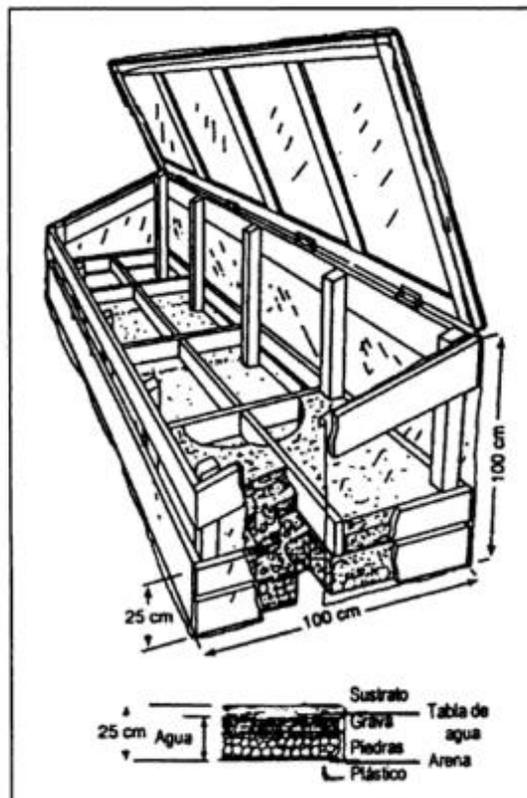


Figura 2. Diseño de un propagador de subirrigación (Lentray et. Al. citado por Mesen 1997)

La caja se cubrió con una tapa articulada con bisagras, de tal manera que ajustara bien, luego se forró con plástico para mantener alta la humedad interna y que en las horas de mayor temperatura el vapor se elevara a chocar con la tapa y por la condensación mantener húmedas las hojas de las estacas, siendo este el principio en que se basa este sistema de enraizamiento. (Figura 3)



*Figura 3. Polipropagador de madera elaborado para el experimento.*

### **3.2.1 Experimentos previos**

Se desarrollaron dos experimentos antes de la fase final, el primero se estableció el 26 de octubre de 2017, el segundo el 29 de noviembre de 2017 y el tercero se estableció el 30 de junio de 2018.

#### **3.2.1.1 Experimento uno**

Para la realización del primer experimento se consultó literatura en la cual se habían realizado pruebas, para tener una referencia inicial de las dosis a utilizar con las cuales ya se habían obtenido enraizamiento, por lo que se evaluaron ocho tratamientos: seis con diferentes dosis de AIB ( $T_1 = 2,000 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $T_2 = 3,000 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $T_3 = 4,000 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $T_4 = 6,000 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $T_5 = 8,000 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $T_6 = 12,000 \text{ mg.l}^{-1}$ ), el  $T_7$  de solución azucarada 25% y el  $T_0$  como testigo absoluto.

Cada tratamiento constó de 35 estacas, con una longitud promedio de 15 cm y un promedio de 4 y 5 hojas por estaca, las cuales se recolectaron el día en que se realizó el montaje de la investigación y durante las horas donde la temperatura ambiental oscila entre  $27^\circ \text{ C}$  a  $29^\circ \text{ C}$ . Los datos iniciales incluyeron el diámetro, longitud y número de yemas presentes por estaca.

La desinfección de la estacas se realizó en una bandeja de aluminio con una solución de Hipoclorito de sodio al 5%, y posteriormente a otras dos bandejas se les aplicó agua destilada para eliminar el desinfectante.

A cada una de las estacas se le realizó cuatro cortes transversales de 2 cm en la base de la estaca e inmediatamente se sumergió durante cinco segundos en la solución de ácido

indolbutirico según el tratamiento previamente establecido; posteriormente se sembraron de manera inmediata en los polipropagadores de madera. Las estacas del tratamiento T7 se mantuvieron en un recipiente inmersas en la solución azucarada al 25% durante 24 horas antes de la siembra.

### **3.2.1.2 Experimento dos**

Al finalizar el primer experimento los resultados demostraron que las concentraciones entre 2,000 y 12,000 mg.l<sup>-1</sup> resultaron ser muy elevadas y era necesario reducir el nivel de estas.

Durante el segundo experimento se evaluaron ocho tratamientos, seis con dosis de AIB (T<sub>1</sub> = 200 mg.l<sup>-1</sup>, T<sub>2</sub> = 400 mg.l<sup>-1</sup>, T<sub>3</sub> = 600 mg.l<sup>-1</sup>, T<sub>4</sub> = 800 mg.l<sup>-1</sup>, T<sub>5</sub> = 2000 mg.l<sup>-1</sup>, T<sub>6</sub> = 4000 mg.l<sup>-1</sup>), el T<sub>7</sub> con solución azucarada 25% y el T<sub>0</sub> como testigo absoluto.

Se utilizó un diseño completamente al azar con los tres polipropagadores por subirrigación aplicando los procedimientos de desinfección y siembra desarrollados en el experimento uno.

### **3.2.1.3 Experimento tres**

Los árboles seleccionados para la recolección de las estacas fueron de cacao criollo del banco de Germoplasma de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, bien desarrollados, libres de plagas y enfermedades.

Luego de seleccionado el árbol se procedió a la recolección de las estacas, esta se realizó a partir de las 6:00 am hasta las 10:00 am, tomando en cuenta la coloración verduzca en el ápice de la estaca y café en la base, en total se recolectaron 280 estacas por experimento, dando un total de 840 estacas.

Las estacas se tomaron de la parte terminal de las ramas del árbol y se cortaron con un tamaño promedio de 15 a 20 cm de largo y 0.5 a 0.8 cm de diámetro, dejando cuatro hojas por estaca, de las cuales se dejaban la cuarta parte, luego eran colocadas en bolsas plásticas para evitar que se deshidrataran y fueron llevadas al vivero, en donde se limpiaban y desinfectaban con una solución de hipoclorito de sodio al 10%, colocándolas en una bandeja donde se mantuvieron inmersas durante 10 a 15 segundos, enjuagándose en una segunda y tercera

bandeja con agua destilada, con la finalidad de evitar la muerte por contaminación por patógenos.

Un día antes del montaje del experimento se prepararon seis concentraciones de ácido Indolbutírico (AIB): 200 mg.l<sup>-1</sup>, 400 mg.l<sup>-1</sup>, 600 mg.l<sup>-1</sup>, 800 mg.l<sup>-1</sup>, 2,000 mg.l<sup>-1</sup> y 4,000 mg.l<sup>-1</sup>, para lo cual se pesaron las siguientes cantidades de AIB: 50 mg, 100 mg, 150 mg, 200 mg, 500 mg y 1,000 mg, ya que la solución se preparó para 0.25 litros, se diluyeron en NaOH y posteriormente se aforaron con agua destilada, se guardaron en refrigeración para evitar que el calor creara otra reacción. Además, se preparó una solución azucarada al 25% de concentración y un testigo o control sin ningún tratamiento.

En la parte inferior de la estaca se le realizó de tres a cuatro heridas transversales, profundizando levemente la corteza del tallo, sumergiendo 2 cm de la estaca en las diferentes soluciones ácido Indolbutírico durante un periodo de 5 a 10 segundos, y la solución azucarada según los tratamientos correspondientes. Al finalizar esta etapa se procedió a la siembra de las estacas en el sustrato de piedra pómez.

En el tercer experimento se decidió aplicar 500 mg.l<sup>-1</sup> de ácido acetilsalicílico (ASS, conocido popularmente como Aspirina®) al momento de la siembra y luego en periodos de 15 días por cada repetición, es decir, por cada propagador por subirrigación. Esta surge debido a las condiciones de los experimentos previos, los cuales no lograban desarrollarse adecuadamente.

A continuación se detallan todos los procesos aplicados y desarrollados en el experimento

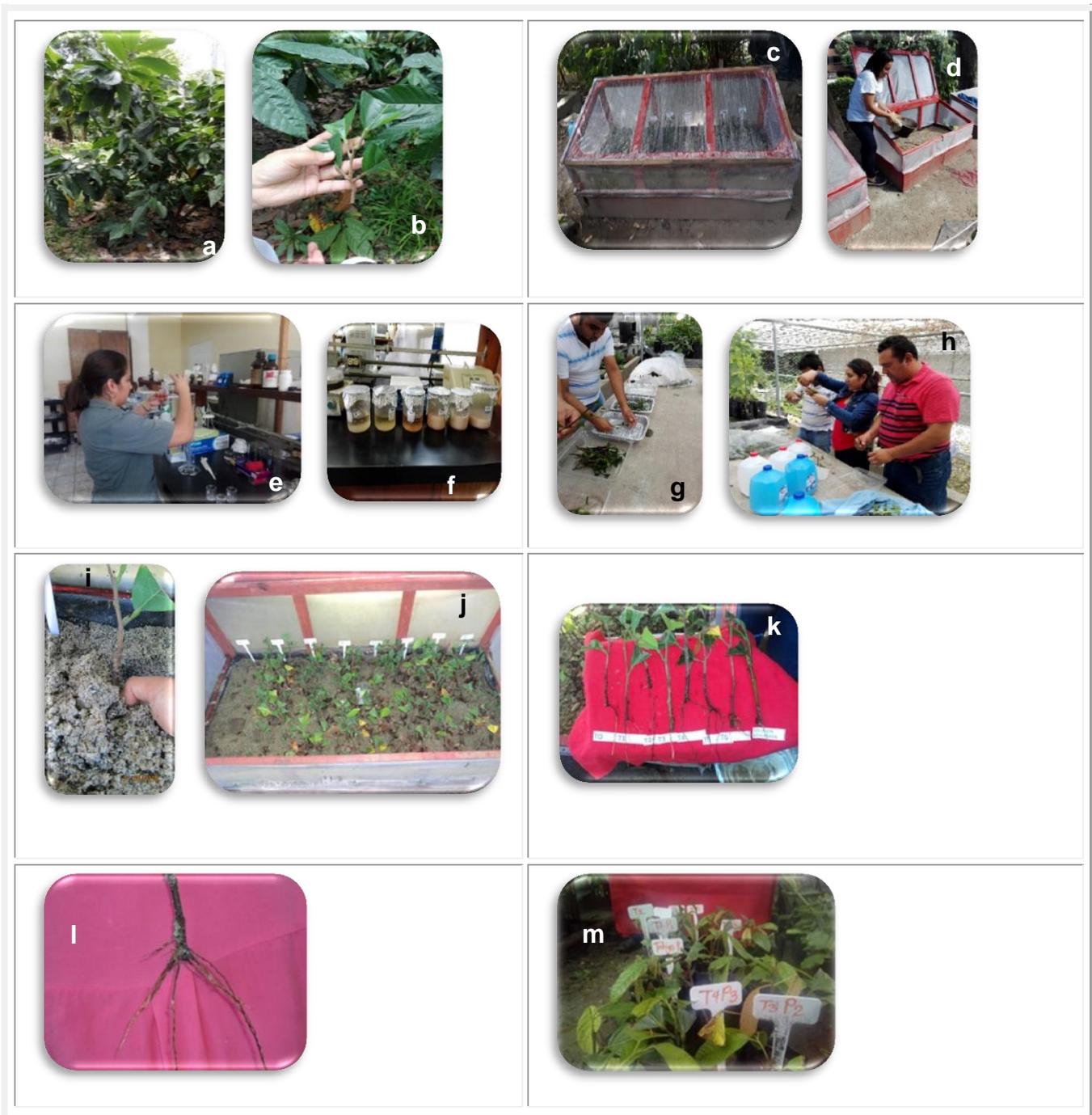


Figura 4. Montaje del experimento

Fotografía 3. a y b) Selección de árboles y preparación de estacas de cacao. c y d) desinfección de sustrato en propagadores por subirrigación. e y f) preparación de soluciones de ácido indol butírico (AIB) en sus diferentes concentraciones. g y h) toma de datos inicial y preparación de estacas para colocarlos en los propagadores. i y j) siembra de estacas en los propagadores. k y l) cosecha de estacas enraizadas después de 30 días de siembra y m) estacas desarrolladas dos meses después de cosechadas.

### 3.3 Metodología estadística

Se utilizó un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos, cada unidad experimental conformada por 35 estacas, haciendo un total de 210 estacas y tres repeticiones.(Figura 4)

POLIPROPAGADOR 2							
T2	T3	T6	T4	T7	T1	T0	T5

POLIPROPAGADOR 1							
T5	T6	T7	T0	T1	T4	T3	T2

POLIPROPAGADOR 3							
T2	T0	T1	T7	T5	T3	T4	T6

Figura 4. Distribución de tratamientos

Para cada variable se realizó el análisis de varianza utilizando el programa INFOSTAT con su respectiva prueba de Tukey para comparación de medias, así como la determinación de la influencia de una variable con otra a través de la determinación de la correlación de Pearson.

#### 3.3.1 Toma de datos

La toma de datos se realizó al inicio del experimento, midiendo la longitud, diámetro de estaca y el numero de hojas. A partir de los 20 días se comenzó a monitorear cinco estacas de cada tratamiento para evidenciar la presencia de callo o raíces, el resto de información se recolecto al final del experimento, seguido del trasplante de las estacas enraizadas en bolsas de polietileno negro de 6" x 9".

#### 3.3.2 Variables evaluadas

##### 3.3.2.1 Variables en estudio en la etapa del Polipropagador

- Longitud de estacas inicial (cm). En esta variable se tomó al inicio de la investigación con el fin de correlacionar con el resto de variables, utilizando cinta métrica.
- Diámetro de estacas inicial (mm). En esta variable se tomó al inicio de la investigación con el fin de correlacionar con el resto de variables, utilizando un Vernier digital.

- Número de hojas iniciales. Se tomó al inicio de la investigación con el fin de correlacionar con el resto de variables, haciendo un conteo total de hojas presentes en cada una de las estacas.

Se considera la utilización de la fórmula siguiente para la medición de estas variables:

$$\% = \frac{\text{Cantidad de estacas que presentan la variable}}{\text{numero total de estacas}} \times 100$$

- Porcentaje de sobrevivencia. Se determinó por medio de la observación de cuantas estacas mantienen su vigor físico y luego por regla de tres se obtuvo el valor. La medición de esta variable se realizó cada siete días.
- Porcentaje de enraizamiento. Se realizó un conteo del número de estacas contenidas en el polipropagador que presentan raíz, expresado en porcentaje, se realizó al finalizar el ensayo.
- Número de hojas. La caída de hojas se estableció mediante la identificación de las hojas que se desprenden y caen de la estaca durante los 90 días que dura el ensayo.
- Porcentaje de brotación. Se realizó el conteo de las estacas que emiten brotes y del número de brotes para establecer la correlación de Pearson entre crecimiento radicular y la brotación foliar, esta medición se realizó cada siete días, desde el montaje del ensayo hasta su finalización.
- Número de raíces. Se realizó la inspección del número de estacas para identificar las raíces presentes y se contabilizaron individualmente. Posteriormente se establecieron los promedios del número de raíces por estacas.
- Longitud de raíces (cm). Se midió la longitud de las raíces de las plantas enraizadas en su totalidad al finalizar el experimento.
- Diámetro de raíces (mm). Se midió el diámetro de las raíces de las plantas enraizadas en su totalidad al finalizar el experimento.
- Número de yemas brotadas. Se contabilizó el número de yemas del total de plantas cada siete días desde el establecimiento del ensayo hasta su finalización.
- Unidades de calor, expresado en grados días de desarrollo [GDD=  $\sum (T_i - T_b)$ ]. Se realizó por medio de la medición de la temperatura diaria desde el montaje del experimento hasta su finalización.

- Días a enraizamiento en el polipropagador. Se midió utilizando un calendario en el cual se marcó el día de la siembra de la estaca hasta el momento en el que se observen las primeras raíces, cada polipropagador tuvo su propia calendarización para cada repetición y tratamiento.

### 3.3.2.2 Variables en estudio en etapa de bolsa

Se cuantificaron mediante el cálculo de porcentaje de estacas sembradas al inicio del experimento:

$$\% = \frac{\text{Cantidad de estacas que presentan la variable}}{\text{numero total de estacas}} \times 100$$

- Porcentaje de sobrevivencia en bolsa. Se determinó por medio de la observación de cuantas estacas mantienen su vigor físico, se realizó 30 días después del trasplante.
- Altura de brotes (cm). Se realizó semanalmente desde el trasplante hasta los 30 días utilizando cinta métrica para la medición, esta fue tomada en centímetros desde la base de inserción del brote hasta el ápice.
- Número de hojas en el brote. Se consideró todas las hojas que permanecieron adheridas al brote semanalmente hasta la finalización del ensayo la cual duró 30 días después del trasplante.

En el cuadro 2 se presentan los datos iniciales de las estacas que recibieron los diferentes tratamientos en evaluación.

*Cuadro 2. Datos iniciales en los tratamientos con ácido Indolbutírico (AIB).*

Trat ami ento	Descripción	Estacas iniciales	Datos tomados al inicio		
			Número de hojas	Longitud de estacas	Diámetro de estacas
T <sub>0</sub>	Testigo sin nada	35	5.00	18.50	0.58
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.67	18.71	0.58
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.67	14.54	0.56
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.67	17.77	0.61
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.00	18.56	0.62
T <sub>5</sub>	2,000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	5.00	17.58	0.55
T <sub>6</sub>	4,000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.33	18.84	0.55
T <sub>7</sub>	Solución azucarada 25%	35	4.67	14.61	0.46

### **3.4 Análisis económico**

El análisis beneficio – costo, es una técnica que permite valorar inversiones teniendo en cuenta aspectos, de tipo social y medio ambiental, que no son considerados en la evaluación puramente financiera

La técnica empleada consistió en el análisis beneficio - costo, que permitió establecer la relación entre beneficios y costos, de esta manera evaluar cuál fue el tratamiento de producción más rentable y facilitar la toma de decisiones.

El análisis de presupuesto parcial se empleo para comparar el impacto de un cambio tecnológico sobre los costos e ingresos. (costos variables) (Horton 1982).

Para efectos de la investigación, se tomaron datos del experimento, en el cual fueron seis tratamientos de AIB, comparandolo en relación al Testigo y el tratamiento con la solución azucarada al 25%. Los cuales estan distribuidos en 3 repeticiones.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Experimento uno

Se estableció el 26 de octubre de 2017 y después de 36 días de establecidas las estacas de cacao, no hubo presencia de callo, por lo tanto, no se pudo analizar estadísticamente. Sin embargo, tratamientos como el testigo ( $T_0$ ) presentó un porcentaje de sobrevivencia de las estacas del 5.70% y un enraizamiento de 2.86%, de igual forma el tratamiento 4 con 4,000 mg.l<sup>-1</sup> reporta los mismos resultados. En los demás tratamientos las estacas murieron en las primeras dos semanas, probablemente hubo toxicidad por las dosis de ácido Indolbutírico demasiado elevadas (Cuadro 3).

Esto contrasta con Luna (2003), quien logró 58.25%, 50.83% y 49.16% de enraizamiento promedio en estacas semileñosas (15 a 20 cm de longitud), con dosis de 4,000, 6,000 y 8,000 ppm de Acido indolbutírico, respectivamente, utilizando tres clones de cacao, con sustrato de aserrín y arena.

Guizado (2015) menciona que es necesario considerar el efecto que tiene el material vegetativo, tipo de sustrato y época de recolección, sobre la propagación vegetativa de estacas.

Álvarez Argudín (1997) señala que es típico de la auxina actuar conforme a una curva, que en todos los meristemas presenta un óptimo y si sigue elevando la concentración de Acido indolbutírico, decae por debajo del testigo.

Rojas Garcidueñas (1979) citado por Alvarez Argudín (1997), explica que la acción de las auxinas se ejerce en dos etapas: en el primero se estimula el crecimiento ya que se acelera el metabolismo, en las bajas concentraciones, pero al aumentar las concentraciones el estímulo se acorta provocando inhibición y es lo que caracteriza a la segunda etapa.

Cuadro 3. Resultados del experimento uno.

Tratamiento	Descripción	Variables						
		Porcentaje de enraizamiento	Días a enraizamiento	Numero de raíces	Longitud de raíces	Diámetro de raíz	Porcentaje de brotación	Porcentaje de sobrevivencia
T <sub>0</sub>	Testigo sin nada	2.86	36	1.67	1.33	0.10	0	5.70
T <sub>1</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	0	5.70
T <sub>2</sub>	3000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	0	11.43
T <sub>3</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	0	9.52
T <sub>4</sub>	6000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	2.86	36	2.0	1.67	0.12	0	
T <sub>5</sub>	8000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	0	
T <sub>6</sub>	12000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	0	
T <sub>7</sub>	Solución azucarada 25%	0	36	0	0	0	0	

## 4.2 Experimento dos

Se estableció el 29 de noviembre de 2017 y después de 36 días de establecido se presentaron resultados similares al experimento 1, con la variante que el tratamiento con 200 mg.l<sup>-1</sup> presentó el 2.85% de enraizamiento y una sobrevivencia de las estacas del 46.67% a los 36 días de establecido el ensayo (Cuadro 4).

Todos los tratamientos que sobrevivieron en la etapa del propagador pero que no tuvieron desarrollo de raíces presentaron marchitez en un periodo de 7 días al ser trasplantadas en bolsa. Las plantas del tratamiento T1 que presentaron 2.33 raíces permanecieron por un periodo de 15 días antes de presentar marchitez. Se considera que la longitud y el diámetro de raíz no fueron suficientes para el desarrollo de la estaca en bolsa.

Según Guizado (2015), la aplicación de ácido indolbutírico como estimulante del enraizamiento de estacas de arrayán (*Luma apiculata*) realizado en dos ensayos diferentes (uno en verano y otro en otoño) y utilizando como sustrato una mezcla de arena y turba en partes iguales, demostró que en verano hay un 71% de enraizamiento sin diferencias significativas entre las diferentes dosis. En el ensayo de otoño no hubo enraizamiento de estacas.

Tizio (1980) citado por Alvarez Argudín (1997), explica que el causante de la muerte de las estacas sería el etileno, cuya síntesis es estimulada cuando la concentración de la auxina aumenta, lo que se demuestra con el amarillamiento de las hojas casi de manera fulminante.

*Cuadro 4. Resultados del experimento dos.*

Trat	Descripción	Variables						
		Porcentaje de enraizamiento	Días a enraizamiento	Numero de raíces	Longitud de raíces	Diámetro de raíz	Porcentaje de brotación	Porcentaje de sobrevivencia
T <sub>0</sub>	Testigo sin nada	2.85	36	0	0	0	7.78	26.67
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	2.33	1.67	0.17	6.67	46.67
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	8.89	12.22
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	4.44	10.00
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	8.89	36.67
T <sub>5</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	7.78	20
T <sub>6</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	0	36	0	0	0	2.22	8.89
T <sub>7</sub>	Solución azucarada 25%	0	36	0	0	0	0	0

### 4.3 Experimento tres

Se estableció el 30 de junio de 2018 y después de 33 días de establecer el experimento se procedió al desmontaje, debido a que los tratamientos habían presentado enraizamiento a los 20 días después del establecimiento del experimento como en el tratamiento T7 (Cuadro 5).

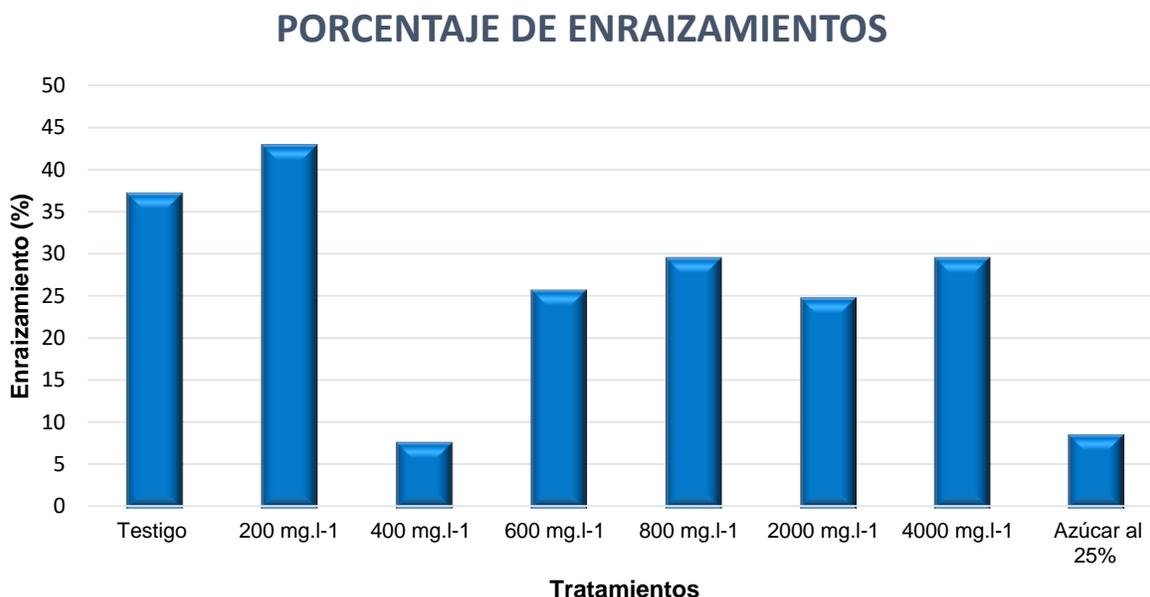
*Cuadro 5. Resultados preliminares del experimento tres.*

Trat	Descripción	Variables						
		Porcentaje de enraizamiento (%)	Días a enraizamiento	Numero de Raíces	Longitud de raíz (cm)	Diametro de raíz (cm)	Porcentaje de Brotación (%)	Porcentaje de sobrevivencia (%)
T <sub>0</sub>	Testigo	37.14	27	2	6.09	0.11	3.81	50.48
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup>	42.86	25	3	6.01	0.11	13.33	51.43
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup>	7.62	25	2	7.19	0.12	17.14	20.95
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup>	25.71	26	3	6.42	0.12	12.38	34.29
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup>	29.52	23	4	7.54	0.10	11.43	41.90
T <sub>5</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup>	24.76	25	6	6.71	0.12	5.71	28.57
T <sub>6</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup>	29.52	24	7	6.96	0.08	5.72	40.00
T <sub>7</sub>	Solución Azucarada (25%)	8.57	20	1	1.02	0.08	1.91	21.90

### 4.3.1 Porcentaje de enraizamiento de las estacas de cacao

Según los resultados obtenidos en esta investigación, el mayor porcentaje de enraizamiento de las estacas de cacao (42.86%) se obtuvo con el Tratamiento T1 con una dosis de 200 mg.l<sup>-1</sup> de Acido indolbutírico (Figura 5).

El análisis de varianza no registró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. (P>0.05).



*Figura 5. Efecto del Acido indolbutírico en el enraizamiento de las estacas de cacao.*

Esto concuerda con Sodré (2007), quien verificó que el enraizamiento de algunos clones fue superior al 87% en concentraciones de Acido indolbutírico de 0 a 8,000 mg.l<sup>-1</sup> bajo condiciones de cámara de nebulización, incluso para estacas sin tratamiento hormonal.

Mata (2006) considera que la aplicación de ácido indolbutírico probablemente no tiene influencia en el porcentaje de enraizamiento y son condiciones de temperatura y de humedad relativa dentro del propagador por subirrigación las que podrían proporcionar las condiciones adecuadas para el enraizamiento de las estacas, evidenciado por los valores mostrados por el testigo.

### 4.3.2 Días a enraizamiento de las estacas

Todos los tratamientos presentaron un intervalo entre 23 y 30 días para que ocurriera el enraizamiento de las estacas, siendo la dosis de 800 mg.l<sup>-1</sup> la que promovió el enraizamiento a los 23 días y la solución azucarada a los 30 días (Figura 6).

El análisis de varianza no registró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. (P>0.05).

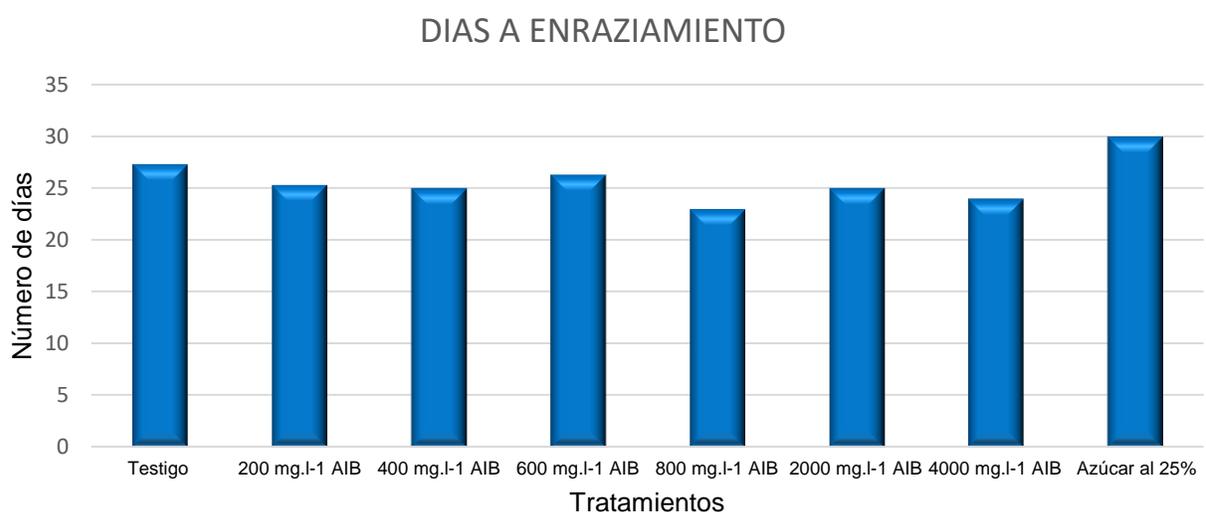


Figura 6. Efecto del ácido Indolbutírico en los días a enraizamiento de las estacas de cacao

Esto concuerda con Sodré (2007), quien verificó que la emisión de raíces se inicia entre los 20 y 30 días después de establecidas.

San Miguel *et. al.*, (2003) citado por Villanueva–Cough *et. al.* (2009), menciona que el ASS aplicado en diferentes formas se ha reportado que provoca el cierre de estomas y reduce la transpiración, aumenta la biomasa en las plantas e incrementa la embriogénesis somática en cultivos de tejidos. El  cido salicílico producido internamente tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de las plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias Araceae y Palmaceae.

### 4.3.3 Grados Días de Desarrollo (GDD)

El tratamiento que requirió menos unidades de calor fue el de 800 mg.l<sup>-1</sup> con 342 GDD, mientras que las estacas que fueron tratadas con solución azucarada requirieron mayores unidades calor con 441 GDD.

El análisis de varianza no registró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $P>0.05$ ).

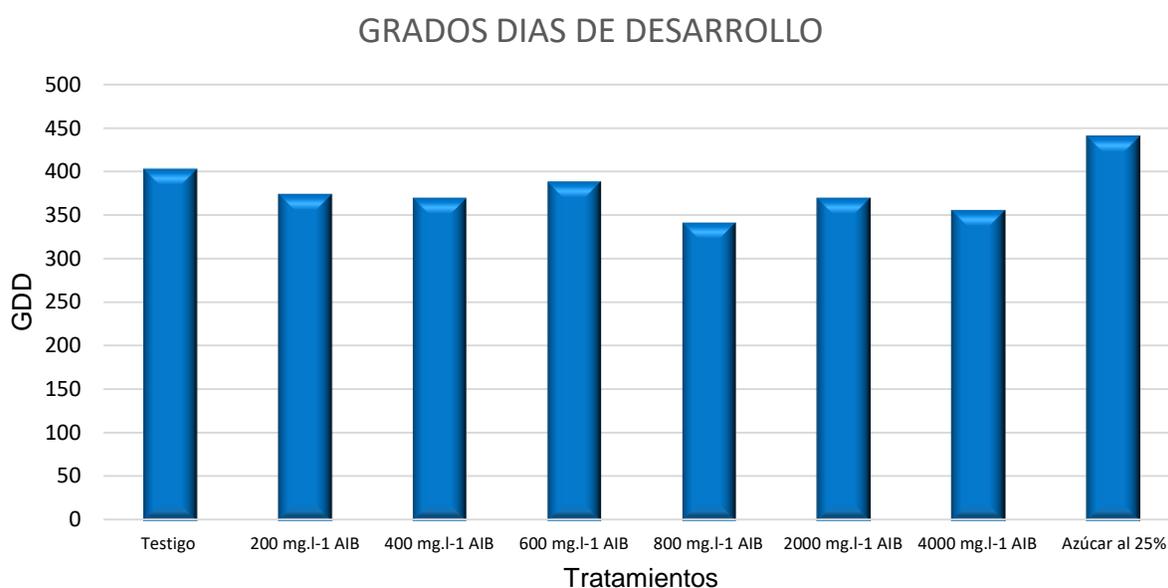


Figura 7. Efecto del ácido Indolbutírico en los Grados Días de Desarrollo necesarios para el enraizamiento de estacas de cacao.

Snyder (1985) afirma que el crecimiento vegetativo u otra actividad fenológica o fisiológica está influenciada por la temperatura del medio, y asume que a una temperatura determinada un organismo requiere de un número de días para completar un evento en su desarrollo y que a una temperatura base deja de haber crecimiento, con ello se obtiene la constante térmica GDD.

Por todo lo anterior, se considera que en esta investigación todos los tratamientos más la aplicación de ácido acetil salicílico (ASS, Aspirina®), incrementó el enraizamiento al evitar la caída de las hojas de manera prematura, lo que se demuestra con una correlación de Pearson de  $r = 0.99$  entre el porcentaje de enraizamiento y las estacas sobrevivientes.

#### 4.3.4 Número de raíces

Según los resultados obtenidos, la mayor cantidad de raíces se produjo con el Tratamiento xx con 6.89 raíces, usando ácido indolbutírico en dosis de 4,000 mg.l<sup>-1</sup>.

Esta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas (P<0.05).

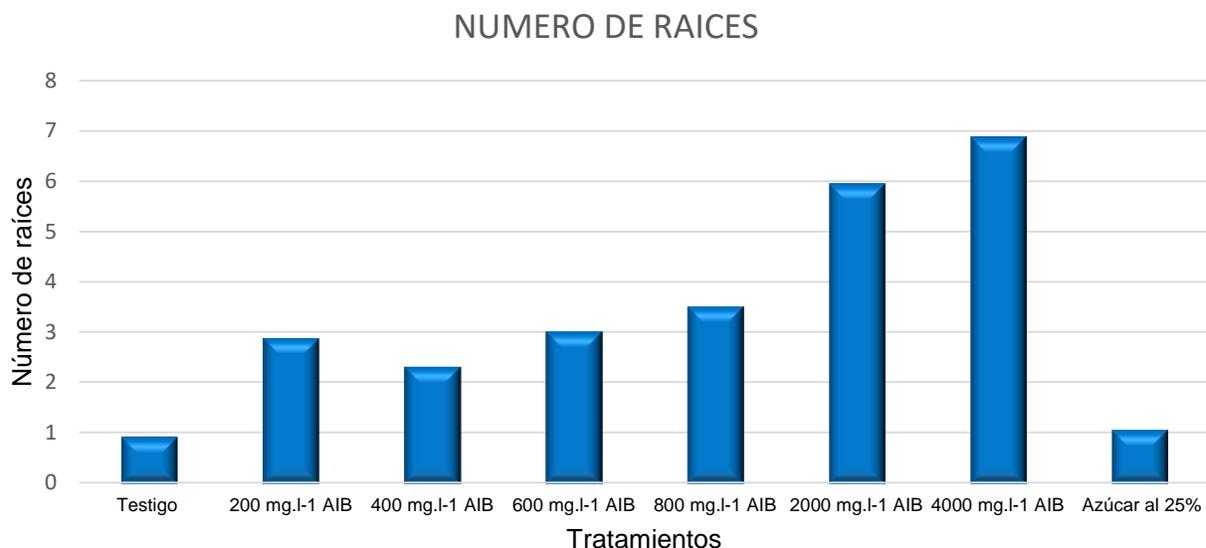


Figura 8. Efecto del ácido Indolbutírico en el número de raíces de las estacas de cacao.

Álvarez Argudín (1997) describe la influencia de factores externos en la formación y desarrollo de raíces adventicias, entre estas las heridas, ya que desde épocas antiguas se conoce, empíricamente que, al efectuar heridas en la base de las estacas, se favorece el enraizado, menciona que, en estacas de manzana cuatro incisiones longitudinales hechas en la base aumentaron el enraizamiento y el número de raíces de manera significativa frente al testigo, debido a que las raíces emergen desde el callo formado en la herida, pareciendo que ello está asociado al cambium desarrollado en el propio callo, además recalca, que el efecto de la herida en el enraizado no ha sido bien explicado, y tan solo, se han emitido hipótesis.

#### 4.3.5 Longitud de raíz

Los resultados obtenidos demuestran que la mayor longitud de raíces se obtuvo con el Tratamiento T4 con 7.54 cm, usando ácido indolbutírico en dosis de 800 mg.l<sup>-1</sup>.

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

Al comparar las medias muestra homogeneidad. El análisis de correlación de Pearson muestra que la longitud de raíz es proporcional al Número de hojas iniciales( $r=92$ ) y a la longitud de la estaca( $r=95$ ). Es importante que al seleccionar las estacas se considere las condiciones de 0.5 cm de diámetro promedio y 15 a 20 cm de longitud de estaca.

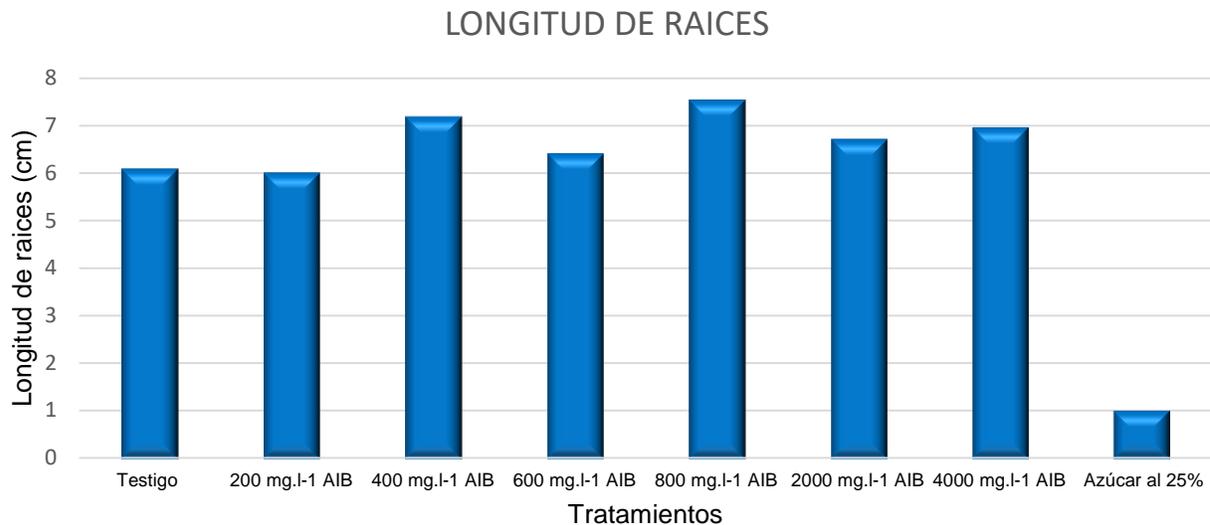


Figura 9. Efecto del ácido Indolbutírico en la longitud de raíces de las estacas de cacao.

Hartman y Kester (1991) mencionan que el efecto benéfico de las heridas puede deberse a una acumulación natural de auxinas y de carbohidratos en el área lesionada. Este debe realizar cortando longitudinalmente las estacas en la parte basal con una herida de 1 a 1.5 cm de longitud de corte.

#### 4.3.6 Diámetro de raíz

Según los resultados obtenidos en esta investigación, el mayor diámetro de raíces se obtuvo con los Tratamiento T3 y T5 con 0.12 cm de largo cada uno, usando ácido indolbutírico en dosis de 600 mg.l<sup>-1</sup> y 2,000 mg.l<sup>-1</sup>, respectivamente

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas ( $P<0.05$ ).

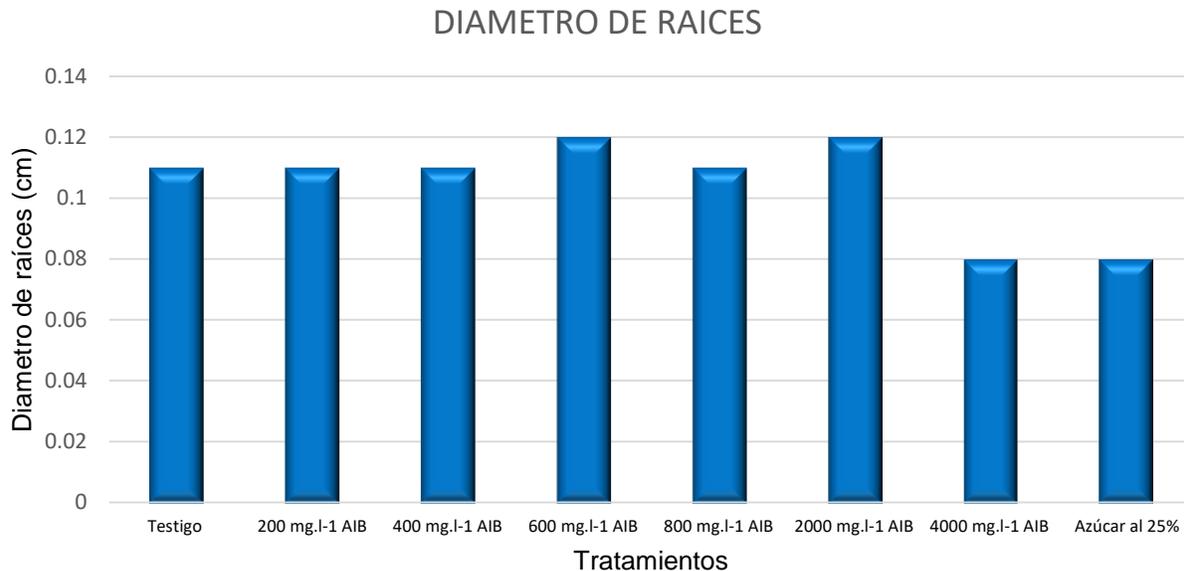


Figura 10. Efecto del ácido Indolbutírico en el diámetro de las raíces de las estacas de cacao.

Howard (1968) citado por Alvarez Argudín (1997), describe una hormona de herida específica, liberada como consecuencia del daño provocado en los tejidos, que, aparte de incidir en la formación de callo cicatrizal favorece el enraizado.

Fiorino y Vitagliano (1968) hacen referencia a una hormona de herida y a cofactores, considerando la posibilidad de que en la zona de las heridas se produzca una mayor absorción del ácido indolbutírico, intensificándose el proceso de inducción de la rizogénesis.

Hartman y Kester (1991) mencionan que el efecto benéfico de las heridas puede deberse a una acumulación natural de auxinas y de carbohidratos en el área lesionada y a un incremento en la tasa de respiración, pudiéndose corroborar esta aseveración ya que se presentó una  $r = 0.76$  entre el número inicial de hojas y el número de raíces;  $r = 0.76$  entre el diámetro del tallo y el número de raíces; asimismo, se presenta una correlación positiva entre el número inicial de hojas con la longitud de raíz  $r = 0.92$  y con el diámetro de raíz una  $r = 0.97$ , considerando que ambas estructuras, hojas y tallo, generan y almacenan carbohidratos, respectivamente. Además, los tejidos lesionados por las heridas se estimulan para que produzcan etileno, que promueve la formación de raíces.

### 4.3.7 Brotación de las estacas

Según los resultados obtenidos en esta investigación, el mayor porcentaje de brotación de las estacas de cacao fue de 18% con la dosis de ácido Indolbutírico de 400 mg.l<sup>-1</sup>.

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

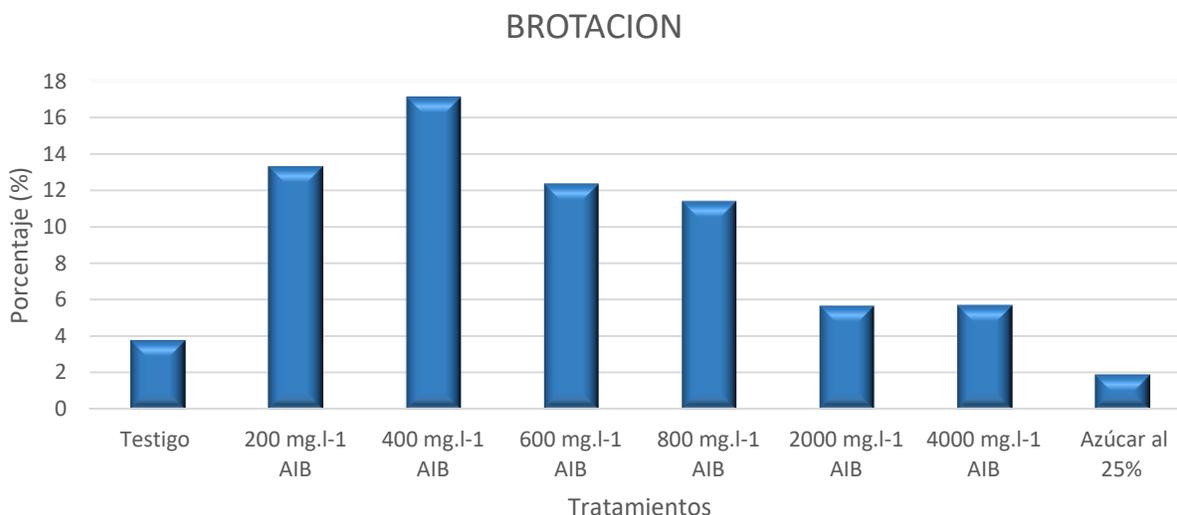


Figura 11. Efecto del ácido Indolbutírico en la brotación de las estacas de cacao

La presencia de brotes en etapas tempranas puede disminuir en algunos casos el desarrollo de raíces por la competencia de recursos. Esto se refleja en las variables de porcentaje de enraizamiento y número de raíces donde los valores del tratamiento de 400 mg. l<sup>-1</sup> son más bajos que otros tratamientos.

### 4.3.8 Supervivencia de las estacas

Según los resultados obtenidos, los mayores porcentajes de supervivencia de las estacas se obtuvieron con el Testigo (50%) y con el ácido indolbutírico (52%) en dosis de 200 mg.l<sup>-1</sup>.

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

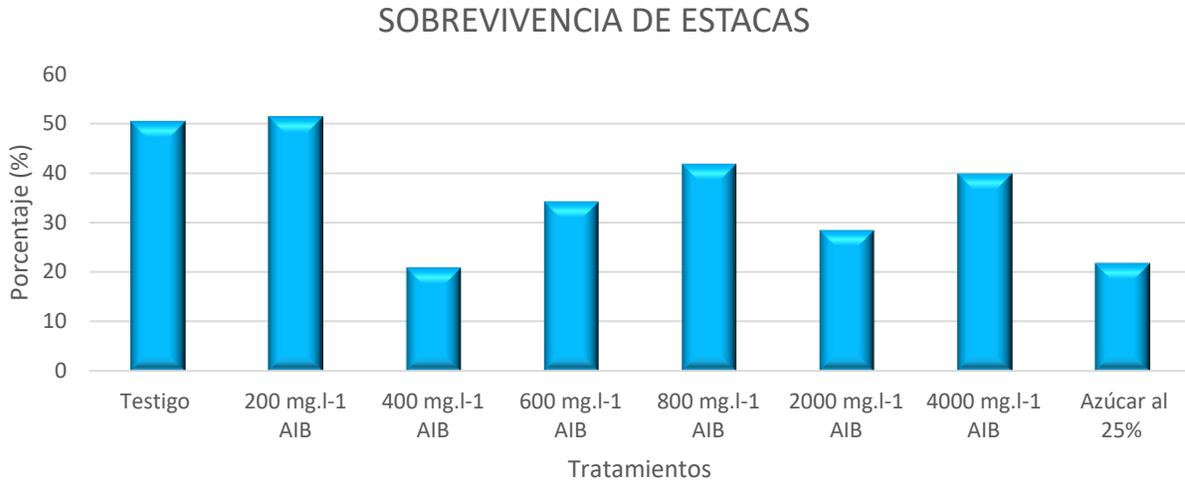


Figura 12. Efecto del ácido Indolbutírico en el número de estacas vivas.

Se consideran que existen otros factores que influyeron en la sobrevivencia son el material vegetativo, tipo de sustrato y época de recolección, sobre la propagación vegetativa de estacas.(Guizado 2015).

#### 4.3.9 Plantas producidas

Según los resultados obtenidos, el mayor porcentaje de plantas producidas a partir de las estacas de cacao fue el 28% con la aplicación de ácido indolbutírico en dosis de 200 mg.l<sup>-1</sup>.

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

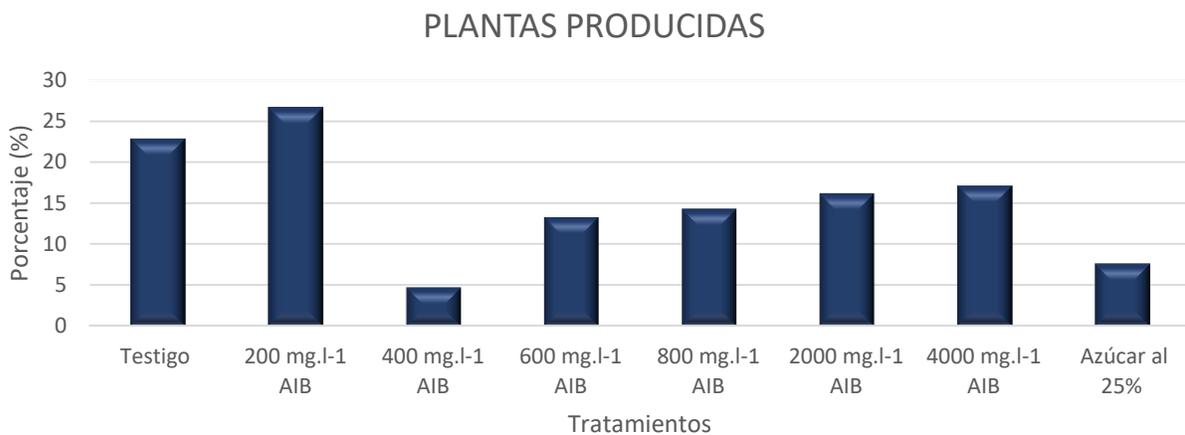


Figura 13. Efecto del ácido Indolbutírico en la cantidad de plantas producidas.

Al realizar la correlación entre el porcentaje de brotación y sobrevivencia de estacas fue se obtuvo  $r=0.71$ . Esto infiere la adaptación que tiene la estaca al nuevo medio donde se ha colocado y si muestra brotación reflejaría que tiene una mayor probabilidad de sobrevivencia.

Además al considerar la relación entre el número inicial de hojas con el porcentaje de brotación  $r=0.70$  se infiere que la presencia de las hojas desde el inicio del experimento permitirá establecer un mayor desarrollo de la estaca.

Luini y Sturma (1973) sostienen que, si bien la yema no sería la responsable en determinar la emisión de raíces o rizogénesis, influye en el proceso como orientadora, no actuando como individuo autónomo, sino, más bien, como un órgano que conserva y manifiesta el estado fisiológico del individuo-planta. Mencionan que las hojas ejercen en general, un estímulo que puede traducirse en mejores resultados a nivel del número de estacas enraizadas, de la cinética de aparición de raíces adventicias y de su número, peso y longitud de raíces.

Fontanazza y Ruggini (1980) citado por Alvarez Argudin (1997), menciona que en ciruelo se necesita la presencia de la hoja para que pueda verificarse un buen enraizamiento, y que, ni la yema aún activa, ni los tratamientos con ácido Indolbutírico, sustituyen íntegramente la acción de las hojas, ya que la función de ellas es fundamental en la activación de la rizogénesis por ser responsable en la síntesis de metabolitos que participan en dicho proceso y esa acción resulta determinante en los primeros 15 días, lo que hace presagiar que a los 25 días ha tenido la formación de iniciadores radicales.

Hartman y Kester (1991) basándose en una serie de experimentos, sostienen que las hojas en las estacas ejercen una fuerte acción estimulante sobre la rizogénesis, manifestando que los carbohidratos contribuyen a la formación de raíces, y es probable que, el fuerte efecto promotor que ejercen las hojas y las yemas, se deba a otros factores como las auxinas producidas por dichos órganos y transportada desde el ápice a la base.

Cuadro 6. Efecto del ácido indolbutírico en la adaptación y crecimiento de las nuevas plantas.

Tratamiento	Tratamiento	Variables					
		% de brotación		% sobrevivencia		% de Plantas producidas	
T <sub>0</sub>	Testigo	3.81	a*	50.48	a*	22.86	a*
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup> AIB	13.33	A	51.43	a	26.67	A
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup> AIB	17.14	A	20.95	a	4.76	A
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup> AIB	12.38	A	34.29	a	13.33	A
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup> AIB	11.43	A	41.90	a	14.29	A
T <sub>5</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup> AIB	5.71	A	28.57	a	16.19	A
T <sub>6</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup> AIB	5.72	A	40.00	a	17.14	A
T <sub>7</sub>	Solución Azúcarada al 25%	1.91	A	21.90	a	7.62	A

#### 4.3.10 Sobrevivencia de las plantas en bolsa

Las estacas con raíces desarrolladas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno, las cuales por un periodo de 30 días permanecieron dentro del propagador para proporcionarles la aclimatación al cambio de sustrato bajo un clima controlado. Además, se le continuó realizando un riego con agua y ácido acetil salicílico (ASS), para proporcionarle la capacidad de establecimiento en bolsa.

Los tratamientos con aplicación de 200 mg.l<sup>-1</sup> de ácido Indolbutírico tuvieron un mayor número de plantas sobrevivientes con respecto a los demás tratamientos.

Los tratamientos no presentaron efectos significativos entre ellos (P<0.05).

Cuadro 7. Sobrevivencia, Altura y Numero de hojas en estacas sembradas en bolsa.

Tratamiento	Descripción	Variables		
		Sobrevivencia Plantas (60 DDT)	Altura de brotes (cm)	Numero de hojas en brote
T <sub>0</sub>	Testigo	8	2.23	2
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup>	9	2.40	3
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup>	2	2.40	3
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup>	5	2.30	2
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup>	5	2.37	2
T <sub>5</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup>	6	2.30	2
T <sub>6</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup>	6	2.37	2
T <sub>7</sub>	Solución Azucarada (25%)	3	2.27	2

Leite y Martins (2007) lograron 93%, 76.8% y 65.7% de enraizamiento en estacas semileñosas extraídas en verano a menos de 4,000 ppm de ácido indolbutírico, sin embargo, solo consiguió 45%, 30% y 33.7% de estos clones en invierno, utilizando un sistema de nebulización con ráfagas de 30 segundos cada 4 minutos durante 60 días; concluyendo que las estacas semileñosas extraídas en verano responden mejor que las de invierno, asimismo, los clones de cacao responden a diferentes concentraciones de ácido indolbutírico y existe una concentración ideal para los clones estudiados.

La cantidad de plantas sobrevivientes tiene una correlación positiva de  $r = 0.83$  con respecto al porcentaje de brotación como también al diámetro de raíz. A mayor absorción de nutrientes por las raíces mayor crecimiento de hojas. Para un determinado crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la planta, le corresponde un determinado crecimiento y desarrollo del sistema radicular y viceversa (Rivas 2007).

## 5 RELACION BENEFICIO COSTO

Teniendo como base el estudio experimental en enraizamiento de estacas de cacao criollo establecido en la Facultad de Ciencias Agronómicas (UES), en cuanto a los costos de producción estacas se determinó que en la comparación de los tratamientos con ácido indolbutírico el tratamiento 6 de 4000 mg/l-1 tiene el costo más elevado en producción con \$738.23; el testigo (\$35.13), tratamiento 1 (\$ 49.9) y tratamiento 7 (\$38.23) presentan los menores costos en relación a los otros tratamientos. (Cuadro 8).

*Cuadro 8. Costos de producción en la evaluación de AIB en estacas de cacao*

DETALLES	(\$)	TRATAMIENTOS (\$)							
		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
		35	35	35	35	35	35	35	35
INSUMO	\$ 974.13								
ESTACAS 0.05 CU		\$ 1.75	\$ 1.75	\$ 1.75	\$ 1.75	\$ 1.75	\$ 1.75	\$ 1.75	\$ 1.75
SUSTRATO		\$ 3.35	\$ 3.35	\$ 3.35	\$ 3.35	\$ 3.35	\$ 3.35	\$ 3.35	\$ 3.35
DOSIS DE AIB		\$ -	\$ 11.67	\$ 23.33	\$ 35.00	\$ 46.67	\$ 116.67	\$ 700.00	\$ -
FERTILIZANTES		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CONTROL FITOSANITARIO		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
MANO DE OBRA	\$ 239.94								
PREPARACION DE TERRENO (1DIA)		\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00
SIEMBRA		\$ 4.28	\$ 4.28	\$ 4.28	\$ 4.28	\$ 4.28	\$ 4.28	\$ 4.28	\$ 4.28
APLIACION DE AIB		\$ -	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ -
MANTENIMIENTO Y RIEGO		\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 10.00
TRASPLANTE A BOLSA		\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00
DEPRECIACIONES	\$ 22.00								
POLIPROPAGADORES		\$ 1.25	\$ 1.25	\$ 1.25	\$ 1.25	\$ 1.25	\$ 1.25	\$ 1.25	\$ 1.25
EQUIPO Y HERRAMIENTAS		\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.50
TOTAL	\$1,236.07	\$ 5.13	\$ 49.90	\$ 61.56	\$ 73.23	\$ 84.90	\$ 154.90	\$ 738.23	\$ 35.12

En el análisis de comparación de la producción estacas de cacao el mejor rendimiento en volumen de producción fue el T1 (Cuadro 9), con 18 estacas producidas, sin embargo el testigo T2 se consideró el de menor rendimiento por obtener únicamente 7 estacas producidas.

En la presentación de la utilidad bruta sobresale el tratamiento T1 con \$ 54.0 y el de menor rendimiento fue el T2 con \$ 21 (Cuadro 9).

Con los resultados obtenidos en las comparaciones el beneficio neto que sobresale fue el T0 estipulando el \$15.87 y con registro de pérdida fue el T6 con \$ 696.23 (cuadro 9).

*Cuadro 9. Beneficio neto de producción de estacas de cacao con aplicación de AIB*

DETALLE	TRATAMIENTOS							
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
PRODUCCIÓN POR TRATAMIENTO	17	18	7	12	15	10	14	15
PRECIO UNIDAD	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00
UTILIDAD BRUTA	\$ 51.00	\$ 54.00	\$ 21.00	\$ 36.00	\$ 45.00	\$ 30.00	\$ 42.00	\$ 45.00
(-) TOTAL COSTOS	\$ 35.13	\$ 49.90	\$ 61.56	\$ 73.23	\$ 84.90	\$ 154.90	\$ 738.23	\$ 35.12
BENEFICIO NETO	\$ 15.87	\$ 4.10	\$ -40.56	\$ -37.23	\$ -39.90	\$ -124.90	\$ -696.23	\$ 6.77

En el análisis del Beneficio - Costo de la producción de estacas de cacao en los diferentes tratamientos, unos de los principales es el T1 que generó mayor rentabilidad de la inversión; y menor rentabilidad se muestra en el T6.

## 6 CONCLUSIONES

En la mayoría de variables evaluadas no hubo diferencia estadísticas significativas, excepto en el número de raíces formadas, siendo la dosis de 4000 mg.l<sup>-1</sup> de AIB, la que generó la mayor cantidad de raíces.

El mayor porcentaje de enraizamiento lo generó el tratamiento con 200 mg.l<sup>-1</sup> de AIB y el tratamiento testigo con un 42 y 37% respectivamente, considerando que el uso de AIB en dosis bajas, mejora el enraizamiento y el número de raíces producidas.

Las correlaciones entre variables demuestran que el número inicial de hojas, longitud y diámetro de las estacas utilizadas estimuló de manera directa al crecimiento y desarrollo de raíces adventicias. Por lo tanto, estas condiciones deben ser determinantes en la parte inicial del montaje del experimento y en la planificación del establecimiento productivo.

Los costos de producción de estacas de cacao determinaron que el T0 (\$35.13), T1 (\$ 49.9) tienen los menores costos en relación a los otros tratamientos. Además el T0 sobresale en el beneficio neto.

Es importante destacar que la aplicación de ácido acetil salicílico (Aspirina®), en todos los tratamientos retardó la caída de las hojas en el tercer experimento, lo que probablemente favoreció en incrementar la sobrevivencia de las estacas y por ende un aumento del enraizamiento.

El uso de propagadores por subirrigación artesanales son efectivos en la producción de plantas por enraizamiento de estacas de cacao siempre que se cuente con el sustrato adecuado y un programa de riego efectivo y materiales que regulen de manera uniforme la entrada de luz, para mantener la temperatura, humedad relativa y luminosidad en condiciones adecuadas.

## 7 RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de AIB en dosis más bajas para mejorar el enraizamiento en estacas de cacao, siendo necesario además el uso de estacas con cuatro o seis hojas reducidas a un 25% de área foliar y estacas entre 17 y 19 cm de longitud y de 0.50 y 0.65 cm de diámetro a fin de proveer las reservas necesarias que generen y mantengan las condiciones de sobrevivencia y permitan el desarrollo de raíces.

Para la aplicación del agua de riego instalar un sistema de nebulización que mantenga una humedad constante. El programa de riego debe establecerse para las horas donde la temperatura ambiental sea más elevada para evitar que existan cambio drástico dentro de los propagadores.

Continuar la investigación con dosis abajo de  $200 \text{ mg.l}^{-1}$  para ácido indolbutírico incorporando la dosis de ácido acetilsalicílico a razón de  $500 \text{ mg.l}^{-1}$  durante el período de realización del experimento y observar el desarrollo de los efectos de estos tratamientos.

Establecer un experimento incorporando la aplicación de ácido acetilsalicílico en diferentes dosis; esto debido a que se considera que es un componente de bajo costo y es importante conocer si su aplicación individual podría generar resultados significativos en el enraizamiento de estacas de cacao dando como resultado un método de propagación a un bajo costo.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aldana, M. 2009. La multiplicación por estaca o enraizamiento de ramilla. Una excelente alternativa para la reproducción asexual o vegetativa del cultivo del cacao. MIDAS de USAID. 60 p. En: [http://www.midas.org.co/sitio/DownloadFTP/febrero/ramilla2\(2\).pdf](http://www.midas.org.co/sitio/DownloadFTP/febrero/ramilla2(2).pdf)

Alvarez Argudín, J. 1997. Propagación vegetativa de los árboles frutales. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S R.L. Montevideo, Uruguay. 217 p.

Barbat, T. 2006. La multiplicación de las plantas. Viveros: 33-43.

Bennet, RN; Wallsgrove, RM. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. New Phytol. 127: 617–633.

Calzada, J. 1993. 143 frutales nativos. Edic. UNALM. 366 p. 158.

Cuculiza, P. 1956. Propagación de plantas; P. L. Villanueva S.A; Lima, Perú. 289 p.

Diaz, E. 1991. Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arbórea* L. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Costa Rica. 111 p.

Dubón, A. 2011. Manual de producción de cacao. Lima, Cortéz, HN. FHIA. 208 p. Falta completar información

Enríquez, G. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, 339

Dubón, A; Sánchez, J. 2012. Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p. Falta completar información

Fiorino, P. Vitagiano, C. 1968. Nuove technique per ottenere babatelle di pesce. Ulteriori ricerche sulla nebulizzazione. Rivista della Orto-florofrutticatura italiana 52(6):779-795.

Gil, F. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Edit. Mundiprensa. España.

Guizado Ovando, C. 2015. "enraizamiento de estaca basal de los clones de cacao (*Theobroma cacao* L), ICS-95, CCN-51, ICS-1, CMP-15 Y porcelana; Utilizando ácido indol butírico (AIB) en el centro poblado de valle esmeraldarioene". Universidad Nacional del centro del Peru. Satipo, Peru. 30p.

Hardy, F. 1961. Manual de Cacao. IICA. Turrialba, Costa Rica.

Hartman, HT; Kester, DE. 1991. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. Antonio-Marino ", Ambrosio. 3 ed. México, Continental. 809p.

Hartmann, H; Kester, D. 1995. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4ª ed. Continental. México. 760 p.

Hartmann, T. y Kester, D. 1999. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Séptima reimpresión. Compañía Editorial Continental, México. 757 p.

Leakey, R. R. B. 1985. The capacity for vegetative propagation in trees. En: annell, M.G.R. Jackson, J.E. (eds.) Attributes of trees as crop plants. Abbots Ripton, Institute of Terrestrial Ecology, 110-113.

Leakey, RB. Mesen, F. s.f. Métodos de propagación vegetativa en arboles tropicales: enraizamiento de estacas suculentas (en línea) Turrialba, Costa Rica. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6046e/A6046e.pdf>

Luna, P; Quico, J. 2005. Manual cultivo ecológico del cacao. Folleto 02-05. IMA y GRC. Cusco, Perú. 44 p.

Luini, CS y Sturma, MC. 1973. Considerazioni sulla moltiplicazione vegetativa della vite. Istituto Sperimentale per la Viticoltura Conegliano. Estratto della Rivista di Viticoltura Conegliano. Estratto della Rivista de Viticoltura e di Enologia di Conegliano. No 5. 8 p.

Mata, A. 2006. Establecimiento de un sistema de propagación vegetativa de genotipos superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio de ramillas en el CATIE. Informe de

Trabajo Final de Graduación. Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 104 p.

Coras Prado, CR. 2009. Efecto de Acido indol-3-butirico (AIB) en el enraizamiento de estacas juveniles de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Martius) Mediante propagador de sub irrigacion den Tingo Maria, Huanuco. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 15 p.

Mesén, F. 1997. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de subirrigación/ Turrialba, C.R.; CATIE. Proyecto semillas Forestales. 36 p.

Mesen, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Manual técnico N° 30. CATIE.

Mesen, F; Soud,R, M; Del Castillo, D; Guerra, H. 2008. Memoria del curso internacional “Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas” IIAP, Pucallpa. Perú. 100 p.

Mesen, F; Leakey, R; Newton, A. 1992. Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. Rev. El Chasqui. N°.28:6-18.

Paredes, A M. 2004. Manual del cultivo de cacao. Ministerio de agricultura. Programa para el Desarrollo de la Amazonia. PROAMAZONIA. Cacao VRAE S.A. pp.130.

Phillips, W.; Echeverri, J. y Say E. 2013. Tecnología moderna en la producción de cacao. Programa Sixaola, CATIE. Costa Rica. 57 p.

Rivas, R, 1995. Diagnóstico ecológico silvicultural de las especies arbóreas, de uso agroforestal en Pozuzo. Tesis ingeniero forestal. UNALM. Lima. Perú.

Rojas, S; Garcia, J; Alarcon M. 2004. Propagación asexual de plantas. Ed. Produmedios. Colombia. 56 p.

Ruiz, H. 2009. Efecto de cuatro dosis de ácido indol butírico y tres tipos de estacas en el enraizamiento de estacas de sachá inchi (*Plokunetia volubilis* L.), en San Martín. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 123 p.

Sisaro, D. Hagiwara, JC. (2016). Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo (en línea) Hurlingham, Buenos Aires. Consultado 3 Mar. 2017. Disponible en [http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_propagacion\\_vegetativa\\_por\\_medio\\_de\\_estacas\\_de\\_tallo.pdf](http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_propagacion_vegetativa_por_medio_de_estacas_de_tallo.pdf)

Snyder, RL. 1985. Hand Calculating degree days. *Agricultural and Forest Meteorology*. 35: 353-358.

Vieira De Souza, J C. 2007. Propagacao vegetativa de cedro australiano (*Toonaciliata* M. Roem) por miniestaquia. Tesis Magister en Producción Vegetal. Universidad del estado del Norte de Fluminense. 54 p. En: <http://www.rapve.org>

Villanueva-Couoh, E.; Sánchez-García, P; Soria-Fregoso, M ; Larqué-Saavedra. A. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetil sulfóxido en la floración del Chrysantemo en Yucatán, México. *Revista Chapingo serie Horticultura*. 15 (2): 25-31.

Weise, H. 2006. Guía para el establecimiento de plantaciones de cacao, proyecto de Reforestación de la Cordillera Chongón- Colonche, pp. 7.

Zobel, B; Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Edit. LIMUSA S.A. 1º edic. 545 p.