

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

FACULTAD DE AGRONOMIA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“EFECTO DEL ACIDO INDOLBUTIRICO (AIB) Y EL
HUMUS DE LOMBRIZ EN EL ENRAIZADO DE ESTACAS
DE DOS CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN
TINGO MARIA”**

Tesis

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Paúl Lama Isminio

PROMOCION II – 2004

**“Peregrino de la Paz, Karol Wojtyla, con Humildad y
Sabiduría”**

TINGO MARIA – PERU

2006

DEDICATORIA

En primer lugar a nuestro creador todo poderoso, Dios

A mis queridos padres:

DEMETRIO y **SILVIA**, quienes desplegaron su inmenso sacrificio para la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos:

PERLEY, PERCY y **ANGELO**, por sus estímulos y apoyo moral para conseguir mi meta

A la memoria de mis tíos:

YADIRA, GILMAR y **SANTOS**, quienes desde arriba guían mis pasos en mi formación profesional

A la memoria de mi amigo **MARIO**

IVAN LAURA TUEROS, QEPD

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron sobre mi formación profesional.**

- Al Ing. Jorge Adriazola del Aguila, asesor del presente trabajo, por su valiosa dirección y supervisión de la presente tesis.**

- Al Ing. Jaime Chávez Matías y al Eco. Daniel Guzmán Rojas por su apoyo desinteresado durante la elaboración de la redacción del trabajo de investigación.**

- A mis amigos Pedro Culquivoz Vela y Herbert Claudio Rojas quienes me brindaron su apoyo para la ejecución del presente trabajo.**

- A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.**

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Características de los clones en estudio.....	13
2.1.1. ICS – 95 (Imperial College Selection).....	13
2.1.2. CCN – 51 (Colección Castro Naranjal).....	14
2.2. Propagación vegetativa por estacas.....	15
2.3. Material de propagación.....	19
2.3.1. Condición fisiológica de la planta madre.....	19
2.3.2. Edad de la planta madre.....	20
2.3.3. Época del año de obtención de estacas.....	20
2.3.4. Preparación de estacas.....	21
2.3.5. Tratamiento de estacas con reguladores de crecimiento.....	21
2.4. Factores externos o del medio ambiente.....	22
2.4.1. Medio de enraizamiento.....	23
2.4.2. Intensidad luminosa.....	25
2.4.3. Temperatura.....	25
2.4.4. Humedad.....	26
2.5. Humus de lombriz.....	26
2.5.1. Propiedades químicas.....	28
2.5.2. Propiedades hormonales.....	28

2.6.	Acido indolbutírico (AIB).....	29
2.6.1.	Métodos de aplicación.....	29
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1.	Ubicación del campo experimental.....	31
3.2.	Características climatológicas de la zona experimental...	31
3.3.	Análisis de los sustratos en estudio.....	32
3.4.	Características del vivero.....	33
3.5.	Metodología.....	33
3.5.1.	Componentes en estudio.....	33
3.5.1.1.	Tipo de sustrato (A).....	33
3.5.1.2.	Tipo de clones (B).....	33
3.5.1.3.	Dosis de AIB (C).....	33
3.5.2.	Tratamientos en estudio.....	34
3.5.3.	Diseño experimental.....	34
3.5.3.1.	Modelo aditivo lineal.....	35
3.5.3.2.	Análisis estadístico.....	36
3.5.4.	Características del vivero experimental.....	36
3.5.4.1.	Área del vivero experimental.....	36
3.5.4.2.	Número de bolsas.....	36
3.5.5.	Ejecución del experimento.....	37
3.5.5.1.	Obtención de los sustratos.....	37
3.5.5.2.	Obtención de las estacas.....	37
3.5.5.3.	Preparación de la cama de enraizado.....	37
3.5.5.4.	Construcción del tinglado.....	38

3.5.5.5. Construcción de cubiertas.....	38
3.5.5.6. Obtención y preparación del material de propagación.....	38
3.5.5.7. Plantado de las estacas.....	39
3.5.5.8. Instalación de un termómetro.....	39
3.5.6. Manejo de la cama de propagación.....	39
3.5.6.1. Proceso de aclimatación.....	39
3.5.7. Observaciones registradas.....	40
3.5.7.1. Número de estacas enraizadas.....	40
3.5.7.2. Número de hojas por estaca.....	40
3.5.7.3. Número de raíces por estaca.....	40
3.5.7.4. Volumen de raíces.....	40
3.5.7.5. Peso seco de hojas y raíces.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. RECOMENDACIONES.....	63
VII. RESUMEN.....	64
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	65
IX. ANEXO.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Propiedades químicas del humus de lombriz.....	28
2.	Datos meteorológicos correspondientes a la duración del experimento (Enero - Abril 2005).....	31
3.	Análisis físico - químico de los sustratos experimentales.....	32
4.	Descripción de los tratamientos en estudio.....	34
5.	Esquema del análisis de variancia.....	36
6.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas a los 102 días de instalado.....	43
7.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los tratamientos sobre el porcentaje de estacas enraizadas de instalado.....	43
8.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas.....	46
9.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el número de raíces por estaca a los 102 días de instalado.....	48
10.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el peso seco de raíces (g) a los 110 días de instalado.....	49

11.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon sobre el número de raíces a los 102 días de instalado.....	51
12.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon sobre el peso seco de raíces a los 110 días de instalado.....	52
13.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el volumen de raíces (ml) a los 102 días de instalado	53
14.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el volumen de raíces a los 102 días de instalado.....	56
15.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB en el número de hojas por estacas a los 102 días de instalado.....	57
16.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el peso seco de hojas (g) a los 110 días de instalado.....	58
17.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de hojas por estaca a los 102 días de instalado.....	61
18.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo clon sobre el peso seco de hojas a los 102 días de instalado.....	61

19.	Análisis de variancia para el efecto del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el N° de estacas enraizadas, N° de raíces por estacas, volumen de raíces, peso seco de raíces, N° de hojas por estacas y peso seco de hojas.....	70
20.	Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustratos con dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas a los 102 días de instalado.....	71
21.	Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato y tipo de clon sobre el número de raíces por estaca a los 102 días de instalado.....	72
22.	Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el volumen de raíces a los 102 días de instalado.....	73
23.	Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato y tipo de clon sobre el peso seco de raíces a los 110 días de instalado.....	74
24.	Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de hojas por estacas a los 102 días de instalado.....	75
25.	Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato y tipo de clon sobre el peso seco de hojas a los 110 días de instalado.....	76

26.	Datos originales del número de estacas enraizadas.....	77
27.	Datos originales del número de raíces por estacas.....	77
28.	Datos originales del peso seco de raíces (g).....	77
29.	Datos originales del volumen de raíces (ml).....	77
30.	Datos originales del número de hojas por estacas.....	78
31.	Datos originales del peso seco de hojas (g).....	78
32.	Datos del número de estacas enraizadas transformados a $\sqrt{x+1}$	78
33.	Datos del número de raíces por estacas transformados a $\sqrt{x+1}$	78
34.	Datos del peso seco de raíces (g), transformados a $\sqrt{x+1}$	79
35.	Datos del volumen de raíces (ml), transformados a $\sqrt{x+1}$	79
36.	Datos del número de hojas por estacas transformadas a $\sqrt{x+1}$	79
37.	Datos del peso seco de hojas transformados a $\sqrt{x+1}$	79
38.	Datos de temperatura del exterior del propagador (°C).....	80
39.	Costo de instalación y producción de 500 estacas de cacao.....	81

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Aplicación del ácido indolbutírico (AIB) en las estacas de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	82
2.	Ubicación de las estacas en las camas de propagación.....	82
3.	Estacas del clon ICS-95 enraizada con aplicación de AIB y Arena + tierra como sustrato.....	83
4.	Estaca enraizada del clon ICS-95 con aplicación de AIB.....	83
5.	Clon ICS – 95 enraizado en Arena y tierra, sin AIB.....	84
6.	Meses de precipitación en Tingo María y Quevedo (Ecuador) durante la instalación del trabajo de enraizado de estacas de cacao.....	84
7.	Croquis del trabajo experimental.....	85

I. INTRODUCCIÓN

Los primeros trabajos sobre propagación de cacao por medio de estacas fueron efectuadas en Trinidad, a partir del año 1930. Posteriormente se han hecho numerosos estudios para introducir algunas modificaciones prácticas al método clásico elaborado en Trinidad, bien para simplificarlo y adaptarlo a las condiciones particulares de cada uno de los lugares donde debía ser aplicado (BROUDEAU, 1981).

La propagación vegetativa por enraizado de estacas de cacao asegura el uso de material seleccionado con características de alto rendimiento, resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades; además una estaca enraizada evitaría el desbrote o "deschuponado" continuo y sobre todo la pérdida de características de cada clon que son influenciados cuando se realiza el injerto sobre patrones distintos al clon que se quiere propagar vegetativamente garantizando de esta manera la pureza del clon.

Este sistema de propagación daría lugar a la solución de los problemas indicados, elevando los rendimientos y ahorrando costos y tiempo en alcanzar la producción. Actualmente este método de propagación se viene realizando satisfactoriamente en otros países, obteniéndose un resultado de 96 - 98% de enraizamiento, logrando la propagación de 500 mil plantas de cacao al año en la Hacienda Las Cañas, en Ecuador. Para nuestras condiciones, se plantea este método ya antiguo en muchos países pero nuevo para nuestros

agricultores, a quienes se les desea enseñar la facilidad de este método de propagación y de esta manera sean ellos quienes puedan efectuarlo en sus parcelas. Se sabe de la capacidad de enraizado que tiene el AIB, pero este no es el único factor decisivo para tener mayor porcentaje de enraizado, también pueden influir las propiedades físicas del suelo más que las químicas, con sus diferentes capacidades de retención de agua, oxigenación y humedad del mismo. En el humus de lombriz se pueden encontrar precursores de enraizado o sustancias estimulantes de tejidos meristemáticos o celulares así como parte mejoradora del suelo.

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- **Evaluar el efecto del ácido indolbutírico (AIB) y el humus de lombriz en el enraizado de estacas de cacao.**

- **Determinar la respuesta de dos clones de cacao a la propagación por enraizado de estacas**

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características de los clones en estudio

2.1.1. ICS – 95 (Imperial College Selection)

Origen: Trinidad

Planta: De crecimiento débil, requiere tutorado, despuntes y desbrotos sucesivos para su adecuada formación, es de hábitos normales.

Hojas : Muy grandes, de color marrón vinoso al ser tiernas, bien pigmentadas cuando son jóvenes y de color verde al madurar.

Ramas: Color marrón oscuro, pilosas, generalmente muy alargadas y colgantes, provee buenas varas yemeras, lo que facilita su propagación.

Flores: Color rosado con crema, cáliz poco o bien pigmentado, corola poco pigmentada, estambres sin pigmentación, estaminoides promedio de 44 óvulos, estilo de poco a bien pigmentado.

Frutos: Forma cundeamor, largo de 193 mm, diámetro de 78 mm, color a) semimaduro: lomos color rojo intenso, surco rojo intenso a claro; b) maduros: lomo rojo intenso amarillento, surcos rojo claro amarillento.

Almendras: Peso húmedo sin testa 1.5 g; peso seco sin testa 1 g y 7% de testa.

Resistencia a enfermedades: Escoba de bruja (*Crinipellis roreni*), medianamente resistente; Moniliasis (*Moniliophthora roreni*), desconocido; Pudrición Parda (*Phytophthora palmivora*), desconocida.

2.1.2. CCN – 51 (Colección Castro Naranjal)

Origen: Ecuador

Planta: De buen crecimiento, requiere tutorado inicialmente, de buena conformación y muy precoz.

Ramas: Color marrón; requiere de fertilización para obtener buenas varas yemeras.

Hojas: Adultas de color verde, de tamaño mediano a grande; dependiendo de la fertilidad del suelo; las hojas tiernas son de color marrón rojizo claro.

Flores: Color rosado con crema y muy numerosas.

Frutos: Color morado, al madurar de color rosado amarillento, muy llamativos; de tamaño grande a muy grande, de superficie rugosa, tipo angoleta; cáscara ligeramente delgada, semillas grandes, desuniformes y de color morado. Tolerante a Moniliasis (*Moniliophthora roreni*) y Escoba de Bruja (*Crinipellis roreni*) y susceptible a la Pudrición Parda (*Phytophthora palmivora*) y a la baja fertilidad de los suelos (ADEX-USAID/DA, 2000 y UNFDAC-ONUDI, 1987).

2.2. Propagación vegetativa por estacas

La necesidad de recurrir a la propagación vegetativa se presenta cuando los árboles seleccionados no reproducen con fidelidad sus características al usar semilla. Lo anterior se reconoció hace muchos años en Trinidad y se aplica al cacao trinitario cuya descendencia por semilla, por lo general tiene un comportamiento muy variable (WOOD, 1982).

Se ha encontrado una amplia variación en la capacidad de enraizamiento de las diversas selecciones. Mientras que en muchos de los clones de ICS enraízan con facilidad, otros no lo hacen y las selecciones "Nacional" de Ecuador, son en particular difíciles en este sentido. Las diferencias son la nutrición y se puede superar con inyección de nutrientes y tratamientos con hormonas (WOOD, 1982).

La mayoría de las selecciones de cacao Forasteros Amazónicos enraízan fácilmente (90%), en cuanto a los genotipos Criollos representan de 60 - 70% de enraizado (FARIA y DO SACRAMENTO, 2001).

En la hacienda Las Cañas (El Naranjal, Ecuador) con el uso de AIB a dosis de 3%, se logra el enraizado de estacas del clon CCN-51 en un 98% (ZAMBRANO, 2004).

Se considera un sistema apropiado de propagación si el enraizamiento está por encima del 70% (LEAKEY, 1987 citado por GUTIERREZ, 2003).

También las pérdidas del enraizado, no deben ser mayores del 50% (BROUDEAU, 1981).

En trabajos realizados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue-Ecuador, se obtuvo que el mejor momento para realizar enraizado de estacas de cacao es en época seca, donde los clones de origen Nacional tienen menos habilidad de enraizado que el clon ICS-95 (FLORES y VERA, 1987).

En las concentraciones de 4.000, 6.000 y 8.000 mg/kg de ácido indolbutírico (AIB), se obtuvo índices de enraizamiento superiores al 70% para los clones CEPEC 42, TSH 516 y TSH 565 e inferiores a 55% para el clon TSH1188 (FARIA y DO SACRAMENTO, 2001).

En el experimento con enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L) cuando son tomados de ramas jóvenes, enraízan con facilidad, aun sin tratamiento de Acido Indol Butírico; sin embargo, aplicaciones de Acido Indol Butírico a 6000 ppm, brindaron los mejores resultados bajo las condiciones de ensayo (LEAL *et al.*, 1994).

El AIB es uno de los reguladores de crecimiento más utilizados para la inducción de raíces, y el genotipo es uno de los factores que influyen en el enraizamiento, existiendo una gran variación entre clones en relación a la mayor o menor habilidad natural en formar raíces (FARIA y DO SACRAMENTO, 2001).

En trabajos efectuados durante los meses de Mayo a Julio del año 2002 con una precipitación pluvial de 753 mm y un promedio de 251 mm por mes con el sustrato de Arena 50% más Tierra 50% y una capa de aserrín y con el clon CCN-51 mas la aplicación de AIB se hallaron efectos favorables para el enraizado de este clon (LAMA *et al.*, 2002).

Durante los meses de Mayo a Septiembre del año 2004 con una precipitación de 831,3 mm y un promedio de 166,26 por mes; con arena y tierra a igual proporción como sustrato y el clon CCN-51 y AIB como hormona, se obtuvo un 52% de enraizado con estacas traídas del campo e instaladas a tempranas horas de la mañana, mientras que con estacas instaladas a horas cercanas al medio día se obtuvo un 22,4% de enraizado (LAMA, 2004).

En el estudio realizado sobre el efecto de la aplicación de productos químicos y diferentes tipos de sustratos para el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) se recomienda el uso como bioestimulante al ácido indolbutírico a la concentración de 40 mg/100 ml de agua independientemente del tipo de sustrato (LAMA *et al.*, 2002).

En la Biofábrica de cacao, localizada en Ilhéus - Brasil, más de 15 000 estacas de cacao son colocados diariamente para enraizar, utilizándose la concentración única de 6.000 mg/kg de AIB. Objetivando una posible reducción de los costos de producción (FARIA y DO SACRAMENTO, 2001).

Las hormonas más efectivas para el enraizamiento de estacas de cacao fue una mezcla de iguales proporciones de ácido beta indolbutírico y ácido

gamma naftaleno acético con soluciones conteniendo 80 - 100 mg/l. de agua (HARDY, 1960).

En trabajos efectuados empleando aserrín de madera descompuesta esterilizada con un 72% de porosidad no se logró resultados de enraizamiento (MESTANZA, 1981).

La proporción 10:1 en interacción con el humus de lombriz y suelo, genera mayores longitudes del brote de café robusta, además de que el humus contribuye significativamente a un mayor porcentaje de brotamiento, diámetro de brote, materia seca, número de hojas y área foliar del café robusta (RAMOS, 2000).

Las estacas son el medio más importante para la propagación de arbustos ornamentales. También se usan extensamente en la propagación comercial en invernaderos de muchos cultivos florales y su empleo es común en la propagación de diversas especies frutales (HARTMANN y KESTER, 1990).

Dentro de las ventajas que se tiene en la multiplicación vegetativa tenemos:

- De unas cuantas plantas madres es posible iniciar muchas nuevas plantas, en un espacio limitado.

- Es económico, rápido, simple y no requiere de técnicas especiales de injerto.
- No existe problemas de compatibilidad con patrones o de uniones deficientes de injertos.
- Se obtiene una uniformidad mayor por la ausencia de variaciones en los patrones provenientes de semilla.

Sin embargo, no siempre es conveniente reproducir las plantas totalmente por estacas, aunque sea posible. A menudo resulta ventajoso o necesario, usar un patrón resistente a alguna condición adversa del suelo, a organismos patógenos que viven en el suelo o bien utilizar patrones que hay disponibles para vigorizar los injertos.

2.3. Material de propagación

2.3.1. Condición fisiológica de la planta madre

Los propagadores de plantas a menudo recalcan la conveniencia de tomar las estacas, en las mañanas, temprano, cuando el material vegetal está turgente. Factores internos tales como el contenido de auxinas, de cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos pueden desde luego influir en la iniciación de raíces de las estacas. Al igual que en el caso de carbohidratos, un contenido moderado de nitrógeno en los tejidos es mejor para lograr el enraizamiento óptimo (HARTMANN y KESTER, 1990).

2.3.2. Edad de la planta madre

Para que enraicen bien las ramas deben cortarse cuando se están endureciendo. Ese estado de madera semidura se nota por el color pardo que toma la superficie externa de la rama que se va a usar para la estaca (WOOD, 1982).

En las plantas difíciles de enraizar, la edad de la planta madre puede ser un factor dominante en la formación. Las estacas de tallo o de raíz tomadas en la fase de desarrollo juvenil de crecimiento como se encuentran en las plántulas jóvenes, con frecuencia forman nuevas raíces con mucha mayor facilidad que aquellas tomadas de plántulas que están en fase adulta de su desarrollo, ya sean procedentes de semilla o propagados vegetativamente (HARTMANN y KESTER, 1990).

2.3.3. Época del año de obtención de estacas

La capacidad de enraizamiento esta en relación inversa a la madurez, no solamente de la rama donde se toma la estaca, sino de la planta madre, por lo que es mejor obtener las estacas de las ramas jóvenes, la condición fisiológica de la estaca que influye en el enraizado de esta, es mejor obtener las ramas en dormancia, ya que su enraizamiento es más eficiente que tomadas de ramas en activo crecimiento, cuyo enraizado es escaso (EDEN, 1965).

Casi la única forma en que se puede lograr el enraizado, es con estacas de madera suave, tomadas durante el corto periodo de primavera,

cuando las ramas tienen varias pulgadas de largo y están en crecimiento activo (HARTMANN y KESTER, 1990).

La presencia de flores o yemas florales en la estaca, tiene un efecto depresivo en la formación de raíces (HAAREN, 1968).

2.3.4. Preparación de estacas

Las estacas son obtenidas de las ramas terminales en abanico, de donde se cortan usando el criterio de madurez o edad de la madera y se denominan ramas "jóvenes" y se caracteriza por tener tallo de color verde claro, tierno, sin presentar manchas marrones, con hojas suaves, también de color verde claro y tiernas (LEAL *et al.*, 1994).

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

2.3.5. Tratamiento de estacas con reguladores de crecimiento

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 enraizamiento (HARTMANN y KESTER, 1990).

Las sustancias químicas que se han encontrado como más efectivos para estimular la producción de raíces adventicias en estacas son el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftaleno acético (NAA). El AIB es probablemente el mejor material para el uso general debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular en enraizamiento en gran número de especies y plantas (HARTMANN y KESTER, 1990).

2.4. Factores externos o del medio ambiente

Se ha demostrado que para enraizar estacas de cacao, son necesarias algunas condiciones que a continuación se describen (LEAL *et al.*, 1994).

- Una reducción del área foliar, para disminuir la transpiración, evitar el autosombreamiento y facilitar el manejo de las estacas.
- Controlar la luz y la temperatura de manera que la tasa fotosintética no exceda a la de respiración.
- Humedad relativa muy alta (100%) para reducir la transpiración y asegurar el máximo turgor de las células de las hojas.
- Una relación espacio poroso/humedad óptima en la base de la estaca, para que ésta tenga una aireación adecuada y un buen drenaje; pero, a su vez humedad suficiente para mantener la turbidez celular.

El microambiente ideal debe mantener niveles óptimos de irradiación, temperatura adecuada en el aire, sustrato, hojas y buen balance de agua en las estacas. 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 la turgencia e incluso la muerte de las estacas (MESEN, 1998).

2.4.1. Medio de enraizamiento

El medio de enraizamiento o sustrato tiene tres funciones:

- Mantener a las estacas en su lugar durante el periodo de enraizamiento.
- Proporcionar humedad a las estacas.
- Permitir la penetración del aire a la base de las estacas.

Un medio de enraizamiento ideal proporciona suficiente porosidad para permitir buena aireación, tiene una alta capacidad de retención de agua, pero permanece bien drenado y está libre de organismos patogénicos (HARTMANN y KESTER, 1990).

El sustrato no debe presentar obstáculos para el crecimiento de las raíces, debe tener la consistencia suficiente para mantener las estacas en su posición y ser de fácil adquisición en cualquier momento (MESEN, 1998).

Una atmósfera del suelo saturada, particularmente cuando aumenta la concentración de oxígeno, permite muchas pudriciones, un riego deficiente y una concentración de oxígeno muy alta conduce a la formación de "callo" en la base de la estaca y en general, el crecimiento radical es lento. Por todo esto, es importante la selección de los medios de enraizamiento para las estacas de cacao (LEAL *et al.*, 1994).

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

Siempre existe el peligro de que el medio enraizador se sature de agua; con un medio enraizador propenso a saturación, se origina una escasez de aireación, se producen formaciones callosas que emergen de las lenticelas en la parte inferior del tallo y las estacas no sobreviven. La disponibilidad de un material adecuado probablemente es el factor que más influye en la dedición (ERICKSON, 1957 citado por ENRIQUEZ, 1985).

No hay un determinado medio que convenga al enraizado de todas las especies vegetales, pues cada planta tiene un medio favorable a sus estacas. Además un determinado medio puede convenir mejor que otro a la misma especie, según sea la época del estacado. Una formación rápida de raíces ocurre en la mayoría de los casos cuando el sustrato es ligero, suelto,

esterilizado, de buena fertilidad, de temperatura abrigada y de humedad continua pero no excesiva ya que la falta de oxígeno es perjudicial (VASTEY, 1962 citado por LEVI, 1987).

Empleando los tratamientos arena 100%; arena 50% + tierra 50%; y arena 50% + tierra 50% con aserrín en la parte central de la bolsa; obtuvieron el mayor número promedio de raíces con los tratamiento de 100% de arena, y de 50% de arena + 50% de tierra con aserrín en la parte central de la bolsa con 4.21 y 4.46 respectivamente (LAMA *et al.*, 2002).

En un suelo con clase textural Franco arenoso el porcentaje ideal de agua en el suelo es de 12% - 17% que es el óptimo para la capacidad de campo de dicho sustrato (ZVALETA, 1992).

2.4.2. Intensidad luminosa

En todos los tipos de crecimiento de las plantas, la luz es de importancia primordial, pues es fuente de energía en la fotosíntesis. En el enraizado de estacas con hojas, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces, la intensidad y duración de la luz debe ser de magnitud suficiente para que produzcan carbohidratos en exceso de los que se usan en la respiración (HARTMANN y KESTER, 1990)

2.4.3. Temperatura

A medida que la temperatura asciende, aumenta la tasa de respiración y la demanda de carbohidratos también, se vuelve más difícil

mantener una humedad elevada, que debe conservarse cerca del punto de saturación, ya que inicialmente la estaca no tiene medios para reemplazar las pérdidas de agua (MESEN, 1998).

Para el enraizamiento de estacas de la mayoría de las especies son satisfactorias temperaturas diurnas de 21 - 27°C con temperaturas nocturnas de 15°C aunque ciertas especies enraizan mejor a temperaturas más bajas (HARTMANN y KESTER, 1990).

En condiciones tropicales es la intensidad de luz solar la que aumenta la temperatura del aire, provocando un exceso de transpiración con el subsiguiente marchitamiento y muerte de la estaca (HAAREN, 1968).

2.4.4. Humedad

Aunque la presencia de hojas en las estacas constituye un fuerte estímulo para la iniciación de raíces, la pérdida de agua por las hojas puede reducir el contenido de agua de las estacas a un nivel tal que ocasione su muerte antes de que pueda efectuar la formación de raíces (HARTMANN y KESTER, 1990).

2.5. Humus de lombriz

Es la principal reserva de componentes orgánicos del suelo. Es un coloide carente de estructura cristalina, es decir es amorfa; muy compleja, esencialmente de naturaleza lignoprotéica, de elevado peso molecular, con una

relación C/N aproximadamente entre 10 a 12; posee una elevada CIC, generalmente de reacción ácida (AGUIRRE, 1978).

El humus de lombriz aumenta la oxidación de la materia orgánica y por ende la entrega de nutrientes en formas químicas asimilables por los vegetales y de esta manera estimula su crecimiento (DELGADO, 1986).

El humus es 5 veces más rico en nitrógeno asimilable, 11 veces más rico en fosfatos asimilables, 7 veces más rico en potasas asimilables y 3 veces más rico en magnesio que sustancias orgánicas que degradan (HUMEVERD, 1988).

El efecto del humus y la materia orgánica en las propiedades del suelo cumplen un rol trascendente, al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos (AGUIRRE, 1978).

Es un excelente abono orgánico con un contenido de nutrientes fácilmente disponibles para la planta pero se debe tener presente que: el contenido de nutrientes que posee el humus de lombriz depende del contenido químico del alimento utilizado (FERRUZI, 1987).

Mejora las propiedades físicas del suelo, haciéndolas más permeables al aire y agua; da cuerpo a las arenas y mulle a las arcillas, capaz de retener 1.5 veces su peso en agua (HUMEVERD, 1988).

2.5.1. Propiedades químicas

El humus de lombriz presenta las siguientes propiedades químicas (RAMOS, 2000).

Cuadro 1. Propiedades químicas del humus de lombriz

Parámetro	
pH	6.46
Humedad (%)	78.00
Materia orgánica (%)	60.00
Carbono (%)	34.80
Nitrógeno (%)	2.70
Fósforo (%)	1.30
Potasio (Cmol(+)/kg)	0.24
Calcio (Cmol(+)/kg)	1.90
Magnesio (Cmol(+)/kg)	0.92
Sodio (Cmol(+)/kg)	0.20
Relación C/N	12.89
Cobre (ppm)	5.00
Manganeso (ppm)	193.00
Fierro (ppm)	141.00
Zinc (ppm)	22.00

2.5.2. Propiedades hormonales

Los ácidos húmicos ejercen una acción estimulante muy marcada, que no se debe sólo a la liberación de los elementos minerales que constituyen el humus. Verdaderamente hay una aceleración del crecimiento en presencia del humus que resulta de la estimulación de diversos procesos o metabolismos (ANDRE, 1971).

El humus presenta Humatos que a concentraciones tan insignificantes como 0.0006% no sólo acrecientan manifiestamente la longitud de las raíces principales sino que también aumentan el número de raíces secundarias (MENDEZ y LOJA, 1972).

Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. Su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años (ANDRE, 1971).

2.6. Acido indolbutírico (AIB)

El 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 la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, 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).

2.6.1. Métodos de aplicación

El método de inmersión se ha practicado diversamente con soluciones muy diluidas, se hace una inmersión de larga duración, 24 ó 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 ó 10 segundos. 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 (BEAULIEU, 1973).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo se realizó en la localidad de Buenos Aires – Afilador en el Km 2 de la carretera Tingo María – Huánuco, Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco; propiedad del Ing. Demetrio Lama, la cual presenta una temperatura de 25°C y una humedad relativa de 82.5% cuyas coordenadas en UTM son:

Norte : 8969542.00 m
Este : 390765.00 m
Altitud : 660 msnm

3.2. Características climatológicas de la zona experimental

Cuadro 2. Datos meteorológicos correspondientes a la duración del experimento (Enero - Abril 2005)

Meses	Temp. Media (°C)	H. Relativa. (%)	Precipitación (mm)
Enero	26	85	238.8
Febrero	25.9	86	299.3
Marzo	25.2	88	545.7
Abril	25.6	86	118.4

FUENTE: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones - Tingo María

3.3. Análisis de los sustratos en estudio

Cuadro 3. Análisis físico - químico de los sustratos experimentales

Parámetro	Sustratos			Métodos
	Arena y tierra (a1)	Arena, tierra, humus 1:1:1 (a2)	Arena, tierra, humus 1:1:2 (a3)	
Ao (%)	98	98	96	Hidrómetro
Li (%)	2	2	4	Hidrómetro
Ar (%)	0	0	0	Hidrómetro
Clase textural	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Triángulo textural
pH (1:1)	7	7	7.1	Potenciómetro
CO ₃ Ca (%)	3.3	3.1	2.3	Gasó - volumétrico
% Humedad ¹	30.88	50.23	55.33	Gravimétrico
% Porosidad	54.87	57.14	58.4	Probeta
Materia orgánica (%)	2	2.5	4.2	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	0.09	0.11	0.19	%N = % M.O. x 0.045
Fósforo disp. (P ₂ O ₅ ppm)	9.8	10	10.4	Olsen modificado
Potasio disk. (K ₂ O Kg ⁻¹)	298	296	288	H ₂ SO ₄ 6N
CIC (Cmol (+) Kg ⁻¹ s)	7.28	7.28	5.46	Acetato de amonio 1N
Ca (Cmol (+) Kg ⁻¹ s)	4	3.8	2.8	Absorción Atómica
Mg (Cmol (+) Kg ⁻¹ s)	2.2	2.4	1.6	Absorción Atómica
K (Cmol (+) Kg ⁻¹ s)	1	1	1	Absorción Atómica
Na (Cmol (+) Kg ⁻¹ s)	0.08	0.08	0.06	Absorción Atómica

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos. UNAS – Tingo María

¹ La medición del porcentaje de humedad de los sustratos se realizó al final del experimento, en el mes de Abril.

3.4. Características del vivero

El área de trabajo fue de topografía plana. Inicialmente fue levantado unos 20 cm. con piedras las cuales se cubrieron con una capa de 10 cm de arena para generar un buen drenaje del área del trabajo ya que éste se efectuó en época de invierno. El sombreado la proporcionó una malla negra sostenida por sogas atadas a una pared y a 2 listones, también hubo sombreado de árboles de limón y cocotero.

3.5. Metodología

3.5.1. Componentes en estudio

3.5.1.1. Tipo de sustrato (A)

$a_1 =$ arena + tierra (1:1)

$a_2 =$ arena + tierra + humus (1:1:1)

$a_3 =$ arena + tierra + humus (1:1: 2)

3.5.1.2. Tipo de clones (B)

$b_1 =$ CCN – 51

$b_2 =$ ICS – 95

3.5.1.3. Dosis de AIB (C)

$c_1 =$ 3 g/kg

$c_2 =$ 0 g/kg

3.5.2. Tratamientos en estudio

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos en estudio

Orden	Clave	Tipo de sustrato	Clones	Dosis AIB
T ₁	a ₁ b ₁ c ₁	Arena + tierra (1:1)	CCN - 51	3 g/kg
T ₂	a ₁ b ₂ c ₁	Arena + tierra (1:1)	ICS - 95	3 g/kg
T ₃	a ₂ b ₁ c ₁	Arena + tierra + humus (1: 1: 1)	CCN - 51	3 g/kg
T ₄	a ₂ b ₂ c ₁	Arena + tierra + humus (1: 1: 1)	ICS - 95	3 g/kg
T ₅	a ₃ b ₁ c ₁	Arena + tierra + humus (1: 1: 2)	CCN - 51	3 g/kg
T ₆	a ₃ b ₂ c ₁	Arena + tierra + humus (1: 1: 2)	ICS - 95	3 g/kg
T ₇	a ₁ b ₁ c ₂	Arena + tierra (1: 1)	CCN - 51	0 g/kg
T ₈	a ₁ b ₂ c ₂	Arena + tierra (1: 1)	ICS - 95	0 g/kg
T ₉	a ₂ b ₁ c ₂	Arena + tierra + humus (1: 1: 1)	CCN - 51	0 g/kg
T ₁₀	a ₂ b ₂ c ₂	Arena + tierra + humus (1: 1: 1)	ICS - 95	0 g/kg
T ₁₁	a ₃ b ₁ c ₂	Arena + tierra + humus (1: 1: 2)	CCN - 51	0 g/kg
T ₁₂	a ₃ b ₂ c ₂	Arena + tierra + humus (1: 1: 2)	ICS - 95	0 g/kg

3.5.3. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se aplicó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 2 x 2 con 3 repeticiones, (donde cada tratamiento estuvo constituido por 20 unidades experimentales) y sin testigos adicionales. Las características evaluadas de cada uno de los componentes fueron sometidas a la transformación de $\sqrt{x+1}$ y luego a la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

3.5.3.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \lambda_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\lambda)_{ik} + (\beta\lambda)_{jk} + (\alpha\beta\lambda)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = Factor respuesta
- μ = Efecto de la media general
- α_i = Efecto del i – ésimo nivel del factor tipo de sustrato.
- β_j = Efecto del j – ésimo nivel del factor tipo de clones.
- λ_k = Efecto del k – ésimo nivel del factor dosis de AIB.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i – ésimo nivel del factor α y el j – ésimo nivel del factor β .
- $(\alpha\lambda)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre el i – ésimo nivel del factor α y el k – ésimo nivel del factor λ .
- $(\beta\lambda)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el j – ésimo nivel del factor β y el k – ésimo nivel del factor λ .
- $(\alpha\beta\lambda)_{ijk}$ = Efecto de la interacción entre el i – ésimo nivel del factor α , el j – ésimo nivel del factor β y el k – ésimo nivel del factor λ .
- ϵ_{ijkl} = Efecto aleatorio del error experimental.

Para:

- i = 1, 2, 3 tipo de sustratos
- j = 1, 2 clones
- k = 1, 2 dosis de AIB

3.5.3.2. Análisis estadístico

Cuadro 5. Esquema del análisis de variancia

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	11
A	2
B	1
C	1
AB	2
AC	2
BC	1
ABC	2
E. Exper.	24
Total	35

3.5.4. Características del vivero experimental

3.5.4.1. Área del vivero experimental

Largo	:	4 m
Ancho	:	2.5 m
Área total	:	10 m ²

3.5.4.2. Número de bolsas

Número total de bolsas	:	720
Número de bolsas por tratamiento	:	20
Número de bolsas por bloque	:	240

3.5.5. Ejecución del experimento

3.5.5.1. Obtención de los sustratos

- La tierra se obtuvo de una parcela de la localidad de Naranjillo propiedad del Ing. Demetrio Lama y la arena se obtuvo de la orilla del río Huallaga.

- El humus de lombriz se obtuvo de la cama compostera de la Facultad de Zootecnia.

- La preparación del sustrato se realizó con una mezcla de arena + tierra 1:1; arena + tierra + humus de lombriz 1:1:1; y arena + tierra + humus de lombriz 1:1:2.

3.5.5.2. Obtención de las estacas.

Las estacas del clon CCN-51 se obtuvieron de la parcela de Humberto Gómez, ubicado en la Localidad de Afilador, con plantaciones de 6 - 7 años de edad y las estacas del clon ICS-95 de 8 años de edad se obtuvieron de la parcela de Eduardo Vela, localizado en la localidad de Cadena, carretera Tingo María - Aucayacu.

3.5.5.3. Preparación de la cama de enraizado

- Se realizó el nivelado del terreno y trazado de las camas enraizadoras, cada una de 2.5 m de largo por 1 m de ancho.

- Se levantó el relieve del terreno trazado a una altura de 20 cm para colocar piedras y encima se colocó una capa de 10 cm de

arena; esto con la finalidad de drenar el exceso de agua y sobre esta superficie se ubicaron las bolsas de polietileno de 1 kg con dimensiones de 6 x 8 x 0.1 pulgadas con conteniendo los sustratos enraizantes, repartidos mediante sorteo al azar, previamente lavado y desinfectado con agua caliente.

3.5.5.4. Construcción del tinglado

Se empleó cuatro Listones delgados con una altura de 2 m colocando como techo una malla negra de 8 x 10 m para lograr una sombra adecuada para el vivero.

3.5.5.5. Construcción de cubiertas

Se construyó con listones formando un armazón, cada una de las dimensiones de 1 x 2.5 m con una caída de dos aguas de 0.15 m forrado con plástico transparente.

3.5.5.6. Obtención y preparación de material de propagación

El recojo de las estacas fue de 6:00 - 7:30 de la mañana y se obtuvieron de ramas plagiotrópicas de las plantas de los clones CCN-51 e ISC-95 durante la época de floración y fructificación. Una vez obtenidas se procedió a uniformizarlos en tamaño de 15 cm aproximadamente conteniendo 3 a 4 hojas por estacas, las mismas que fueron cortadas por la mitad. Se realizó un corte tipo bisel en la base de las estacas quedando listo para su espolvoreo con el producto bioestimulante en polvo, Rapid Root (ácido indolbutírico) a concentración de 3 g/kg.

3.5.5.7. Plantado de las estacas

Previo al plantado de las estacas, se realizó el riego del sustrato, luego se procedió a abrir un hoyo a una inclinación de 45 grados con el empleo de una cuña de madera a la profundidad de 5 cm, una vez producido el contacto de las estacas con el producto bioestimulante en polvo, Rapid Root, se procedió al plantado de éstas en las bolsas conteniendo los diferentes tipos de sustratos, e inmediatamente se colocó la cubierta de plástico cerrado herméticamente.

3.5.5.8. Instalación de un termómetro

En la parte exterior de la cama se colocó un termómetro, para hacer las observaciones a las 7, 13 y 19 horas del día durante los primeros 20 días del experimento (Cuadro 38)

3.5.6. Manejo de la cama de propagación

Sólo se realizó el control del riego en días calurosos, sin retirar el plástico, para evitar que el excesivo calor pudiera perjudicar al trabajo.

3.5.6.1. Proceso de aclimatación

Se inició a los 50 días de instalado el experimento, esta operación se realizó por un lapso de 11 días, abriendo la cubierta por media hora en el primer día , aumentado a una hora diariamente hasta el onceavo día donde se quitó definitivamente la cubierta.

3.5.7. Observaciones registradas

3.5.7.1. Número de estacas enraizadas

Esta evaluación se realizó a los 52, 77 y 102 días de iniciada la colocación de las estacas en los propagadores.

3.5.7.2. Número de hojas por estaca

Se hizo observando el total de hojas de las seis estacas por tratamiento. Se realizó a los 52, 77 y 102 días después de iniciado el trabajo.

3.5.7.3. Número de raíces por estaca

Se registró el número de raíces por estaca de las seis plantas de cada tratamiento y repetición después de 110 días de Iniciado el trabajo.

3.5.7.4. Volumen de raíces

El procedimiento consistió en recortar todas las raíces de las plantas de cada tratamiento y repetición, luego se llevó a un tubo de ensayo de 10 ml con agua, el cual marcó el volumen por cada tratamiento y repetición.

3.5.7.5. Peso seco de hojas y raíces

La determinación de la materia seca se realizó al finalizar el experimento, se tomaron las mismas plantas evaluadas y se colocaron en papeles periódicos por separados la parte foliar y la parte radicular; llevándose a la estufa a 70°C/24 horas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB en el enraizado de estacas

Del análisis de variancia (Cuadro 19) se observa que respecto al número de estacas enraizadas existen diferencias altamente significativa para los tratamientos, efecto principal del factor A (tipo de sustrato), del factor B (tipo de clon) y en la interacción de A x B (tipo de sustrato y tipo de clon), existiendo diferencia estadística significativa para el efecto principal del factor C (dosis de AIB) y en la interacción de A x C (tipo de sustrato y dosis de AIB), según la prueba de F.

4.1.1. Efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el número de estacas enraizado

Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 6) para el número de estacas enraizadas, los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) son estadísticamente superiores al sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). Esto nos demuestra que para lograr eficazmente el enraizado de estacas de cacao es fundamental mantener una aeración y contenido de humus adecuado. El humus de lombriz posee sustancias reguladoras de crecimiento tales como auxinas y ácidos giberélicos, que favorecen la iniciación de raíces (ANDRE, 1971). Para el número de estacas enraizadas, el clon ICS-95 es estadísticamente superior al clon CCN-51, esto debido a que el clon ICS-95 es uno de los clones que producen raíces más fácilmente (FLORES y

VERA, 1987 y WOOD, 1982), también se afirma que los genotipos de cacao influyen en el enraizado, existiendo diferente habilidad para formar raíces entre los clones (FARIA y DO SACRAMENTO, 2001). El nivel c_1 (3 g/kg AIB) es estadísticamente superior al nivel c_2 (0 g/kg AIB). El efecto de la aplicación de AIB para el enraizado fue superior a aquellas estacas donde no se aplicó AIB, generando mayor número de raíces y mayores estacas enraizadas, demostrando la efectividad de la aplicación de AIB para el enraizado; el cultivo de cacao también enraiza sin la aplicación de hormona, pero sus raíces son inferiores en número y volumen.

De los tratamientos en estudio, según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7.) fue el tratamiento T_2 (Arena + tierra 1:1; AIB; ICS-95) el que superó a los demás tratamientos en cuanto al porcentaje de enraizado logrando un 55.56% de enraizado, según HARTMANN y KESTER (1990) 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. BROUDEAU (1981) sostiene que las pérdidas en cacao no deben ser mayores del 50% para decir que hubo un buen porcentaje de enraizado; sin embargo ZAMBRANO (2004) nos informa que en la hacienda Las Cañas (Ecuador) se logra un 98% de enraizado.

Cuadro 6. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas a los 102 días de instalado.

Factores		Promedios	
A. Tipo de sustrato			
a ₁	Arena + tierra 1:1	1.59250	a
a ₃	Arena + tierra + humus 1:1:2	1.39917	a
a ₂	Arena + tierra + humus 1:1:1	1.00000	b
B. Tipo de clon			
b ₂	ICS-95	1.54667	a
b ₁	CCN-51	1.11444	b
C. Dosis de AIB			
c ₁	3 g/kg AIB	1.43833	a
c ₂	0 g/kg AIB	1.22278	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

Cuadro 7. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los tratamientos sobre el porcentaje de estacas enraizadas.

Tratamientos	Descripción	Porcentaje	
T ₂	Arena + tierra 1:1; AIB; ICS-95	55.56	a
T ₆	Arena + tierra + humus 1:1:2; AIB; ICS-95	44.44	a
T ₁₂	Arena + tierra + humus 1:1:2; ICS-95	33.33	a
T ₁	Arena + tierra 1:1; AIB; CCN-51	33.33	a
T ₈	Arena + tierra 1:1; ICS-95	27.78	a
T ₁₀	Arena + tierra + humus 1:1:1; ICS-95	0.00	b
T ₃	Arena + tierra + humus; AIB; CCN-51	0.00	b
T ₅	Arena + tierra + humus 1:1:2; AIB; CCN-51	0.00	b
T ₄	Arena + tierra + humus 1:1:1; AIB; ICS-95	0.00	b
T ₇	Arena + tierra 1:1; CCN-51	0.00	b
T ₁₁	Arena + tierra + humus 1:1:2; CCN-51	0.00	b
T ₉	Arena + tierra + humus 1:1:1; CCN-51	0.00	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.1.2. Efectos simples de las interacciones del tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas

Del análisis de variancia de efectos simples (Cuadro 20), se observa que el factor A (tipo de sustrato) muestra diferencia estadística significativa con respecto a b_1 (clon CCN-51) y alta diferencia estadística con respecto a b_2 (clon ICS-95). El factor B (tipo de clon) no muestra diferencia estadística al ser propagadas con el sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) pero si muestra una diferencia estadística altamente significativa con respecto a los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2). El factor A (tipo de sustrato) muestra una diferencia significativa con el nivel c_2 (0 g/kg AIB) y una diferencia altamente significativa con el nivel c_1 (3. g/kg). El factor C (dosis de AIB) no muestra diferencia estadística con respecto a a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2), pero si muestra diferencia estadística altamente significativas cuando se trata con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1).

Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 8) con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en combinación con el clon CCN-51 (b_1) muestra mejor efecto, siendo estadísticamente superior a los sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2). Asimismo los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) en combinación con el clon ICS-95 (b_2) fueron estadísticamente superiores al sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El clon ICS-95 en interacción con los sustratos a_1 (arena

+ tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) fue superior al clon CCN-51 (b_1). El sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en combinación con c_1 (3 g/kg AIB) fue superior estadísticamente a los sustratos a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) y a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). Los sustratos a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) y a_1 (arena + tierra 1:1) en combinación con c_2 (0 g/kg AIB) obtuvieron mayores valores en comparación con a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El nivel c_1 (3 g/kg AIB) en combinación con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) fue superior a c_2 (0 g/kg AIB). Esto debido posiblemente a que el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) proporcionó una adecuada aireación y retención de agua ya que contenía un 30.88% de humedad. HARTMANN y KESTER (1990) mencionan que el tipo de sustrato adecuado para el enraizado de estacas debe proporcionar buena aireación y adecuada retención de agua, condiciones que ocurrieron en el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1), convirtiéndose de esta manera el tipo de sustrato adecuado para el enraizado de estacas de clones ICS-95 (b_2) y CCN-51 (b_1), que en combinación con el AIB generan mejores resultados al enraizado, ya que el AIB en condiciones del sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) ejerce mejor efecto.

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas.

Factores	Descripción	Promedios
a ₁ b ₁	Arena + tierra 1:1 x CCN-51	1.34 a
a ₂ b ₁	Arena + tierra + humus 1:1:1 x CCN-51	1.00 b
a ₃ b ₁	Arena + tierra + humus 1:1:2 x CCN-51	1.00 b
a ₁ b ₂	Arena + tierra 1:1 x ICS-95	1.84 a
a ₃ b ₂	Arena + tierra + humus 1:1:2 x ICS-95	1.80 a
a ₂ b ₂	Arena + tierra + humus 1:1:1 x ICS-95	1.00 b
b ₂ a ₁	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1	1.84 a
b ₁ a ₁	CCN-51 x arena + tierra 1:1	1.34 b
b ₂ a ₃	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.80 a
b ₁ a ₃	CCN-51 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.00 b
a ₁ c ₁	Arena + tierra 1:1 x 3 g/kg AIB	2.04 a
a ₃ c ₁	Arena + tierra + humus 1:1:2 x 3 g/kg AIB	1.44 b
a ₂ c ₁	Arena + tierra + humus 1:1:1 x 3 g/kg AIB	1.00 c
a ₃ c ₂	Arena + tierra + humus 1:1:2 x 0 g/kg AIB	1.36 a
a ₁ c ₂	Arena + tierra 1:1 x 0 g/kg AIB	1.31 a
a ₂ c ₂	Arena + tierra + humus 1:1:1 x 0 g/kg AIB	1.00 b
c ₁ a ₁	3 g/kg AIB x arena + tierra 1:1	2.04 a
c ₂ a ₁	0 g/kg AIB x arena + tierra 1:1	1.31 b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.2. Efecto del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB en el número de raíces por estaca y peso seco de raíces

Del análisis de variancia (Cuadro 19) se observa que respecto al número de raíces por estacas existen diferencias altamente significativas para los tratamientos, el efecto principal del factor A (tipo de sustrato), efecto principal del factor B (tipo de clones) y la interacción de A x B (Tipo de sustrato x tipo de

clon), asimismo se encontró diferencia estadística significativa para el factor C (dosis de AIB). Del mismo modo para el caso de peso seco de raíces existen diferencias altamente significativas para los tratamientos, el efecto principal del factor A (tipo de sustrato), efecto principal del factor B (tipo de clones) y el efecto principal del factor C (dosis de AIB) así como una diferencia significativa para la interacción A x B (tipo de sustrato x tipo de clon), según la prueba de F.

4.2.1. Efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis del AIB sobre el número de raíces por estaca y peso seco de raíces

Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 9), para el caso del número de raíces por estaca, el tipo de sustrato a_1 (Arena + tierra 1:1) fue estadísticamente mejor que los sustratos a_3 (Arena + tierra + humus 1:1:2) y a_2 (Arena + tierra + humus 1:1:1), de la misma manera, el clon ICS-95 (b_2) resultó estadísticamente superior al clon CCN-51 (b_1) y el nivel c_1 (3 g/kg) fue estadísticamente mejor que c_2 (0 g/kg AIB), esto debido a que el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) facilitó el desarrollo radicular combinando adecuada humedad y aireación, facilitando de esta manera la aparición de raíces, mostrando mejor respuesta el clon ICS-95 que tiene mejor habilidad al enraizado en combinación el AIB. Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 10), para el peso seco de raíces el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) y el sustrato a_3 (arena+ tierra + humus 1:1:2) estadísticamente fueron superiores al sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). Asimismo el clon ICS-95 (b_2) estadísticamente fue superior al clon CCN-51 (b_1) y el nivel c_1 (3 g/kg AIB) fue

estadísticamente superior al nivel c_2 (0 g/kg AIB). Esto debido a que el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) facilitó el mejor desarrollo radicular y el sustrato a_3 (arena+ tierra + humus 1:1:2) permitió mejor asimilación de nutrientes por parte de las pocas raíces de las estacas, generando mejor crecimiento de las mismas favorecidos por la aplicación de AIB demostrado mejor efecto para la iniciación de raíces.

Cuadro 9. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el número de raíces por estaca a los 102 días de instalado.

Factores		Promedios	
A. Tipo de sustratos			
a_1	Arena + tierra 1:1	2.3125	a
a_3	Arena + tierra + humus 1:1:2	1.7283	b
a_2	Arena + tierra + humus 1:1:1	1.0000	c
B. Tipo de clones			
b_2	ICS-95	2.1956	a
b_1	CCN-51	1.1650	b
C. Dosis de AIB			
c_1	3 g/kg AIB	1.8478	a
c_2	0 g/kg AIB	1.5128	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el peso seco de raíces (g) a los 110 días de instalado.

Factores		Promedios	
A. Tipo de sustratos			
a ₁	Arena + tierra 1:1	1.06167	a
a ₃	Arena + tierra + humus 1:1:2	1.03667	a
a ₂	Arena + tierra + humus 1:1:1	1.00000	b
B. Tipo de clones			
b ₂	ICS-95	1.05389	a
b ₁	CCN-51	1.01167	b
C. Dosis de AIB			
c ₁	3 g/kg AIB	1.04833	a
c ₂	0 g/kg AIB	1.01722	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.2.2. Efectos simples de las interacciones del tipo de sustrato con tipo de clon sobre el número de raíces por estaca y peso seco de raíces

Del análisis de variancia de efectos simples (Cuadro 21) para el número de raíces por estaca, se observa que el factor A (tipo de sustrato), muestra una diferencia estadística significativa para el clon CCN-51 (b₁) y una diferencia altamente significativa para el clon ICS-95 (b₂). Para el factor B (tipo de clon) no muestra diferencia estadística con respecto al sustrato a₂ (arena + tierra + humus 1:1:1), pero sí se encontró una diferencia estadística significativa con respecto a los sustratos a₁ (arena + tierra 1:1) y a₃ (arena + tierra + humus 1:1:1). Para el caso del peso seco de raíces, del análisis de variancia (Cuadro 23), se observa que el factor A (tipo de sustrato) presenta

efectos estadísticamente diferentes cuando son usados con el clon CCN-51 (b_1) y el clon ICS-95 (b_2). Los clones ICS-95 y CCN-51 no presentan efectos estadísticamente diferentes cuando se trata con el sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:2), pero los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) muestran diferencias estadísticas altamente significativas.

Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el caso del número de raíces por estacas (Cuadro 11) y peso seco de raíces (Cuadro 12) el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con los clones ICS-95 (b_2) y CCN-51 (b_1) se comportan estadísticamente mejor que los sustratos a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2). Asimismo el clon ICS-95 (b_2) se comporta mejor estadísticamente en los sustratos a_1 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) que el clon CCN-51 (b_1). Esto debido a que el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en combinación con ambos clones propicia una mejor respuesta al enraizado de estacas facilitando el desarrollo radicular y mejor asimilación de nutrientes por parte de las raíces el cual se ve expresado en mayor número de y peso seco de raíces. Tal como reporta LAMA, *et al* (2002) que empleando como sustrato arena 100%; y arena 50% + tierra 50% con aserrín en la parte central de la bolsa; obtuvieron el mayor número promedio de raíces con 4.21 y 4.46 respectivamente.

Cuadro 11. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon sobre el número de raíces a los 102 días de instalado.

Factores	Descripción	Promedios	
a ₁ b ₁	arena + tierra 1:1 x CCN-51	1.50	a
a ₂ b ₁	Arena + tierra + humus 1:1:1 x CCN-51	1.00	b
a ₃ b ₁	Arena + tierra + humus 1:1:2 x CCN-51	1.00	b
a ₁ b ₂	arena + tierra 1:1 x ICS-95	3.13	a
a ₃ b ₂	Arena + tierra + humus 1:1:2 x ICS-95	2.46	b
a ₂ b ₂	Arena + tierra + humus 1:1:1 x ICS-95	1.00	c
b ₂ a ₁	ICS-95 x arena + tierra 1:1	3.13	a
b ₁ a ₁	CCN-51 x arena + tierra 1:1	1.50	b
b ₂ a ₃	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1:2	2.46	a
b ₁ a ₃	CCN-51 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.00	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

Cuadro 12. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon sobre el peso seco de raíces a los 110 días de instalado.

Factores	Descripción	Promedios
a ₁ b ₁	Arena + tierra 1:1 x CCN-51	1.20 a
a ₂ b ₁	arena + tierra + humus 1:1:1 x CCN-51	1.00 b
a ₃ b ₁	arena + tierra + humus 1:1:2 x CCN-51	1.00 b
a ₁ b ₂	arena + tierra 1:1 x ICS-95	1.68 a
a ₃ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:2 x ICS-95	1.58 b
a ₂ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:1 x ICS-95	1.00 c
b ₂ a ₁	ICS-95 x arena + tierra 1:1	1.68 a
b ₁ a ₁	CCN-51 x arena + tierra 1:1	1.20 b
b ₂ a ₃	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.58 a
b ₁ a ₃	CCN-51 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.00 b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.3. Efecto del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el volumen de raíces

Del análisis de variancia (Cuadro 19) se observa que respecto al volumen de raíces existen diferencias estadísticas altamente significativas con respecto a los tratamientos, el efecto principal del factor A (tipo de sustrato), del factor B (tipo de clon) y del factor C (dosis de AIB), así como para las interacción de los factores A x B (tipo de sustrato x tipo de clon) y los factores A x C (tipo de sustrato x dosis de AIB), según la prueba de F.

4.3.1. Efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis del AIB sobre el volumen de raíces.

Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 13), se observa que el sustrato a_1 (Arena + tierra 1:1) estadísticamente fue superior al sustrato a_3 (Arena + tierra + humus 1:1:2) y a_2 (Arena + tierra + humus 1:1:1), asimismo el clon ICS-95 (b_2) supera estadísticamente al clon CCN-51 (b_1) y el nivel c_1 (3 g/kg AIB) supera estadísticamente a c_2 (0 g/kg AIB). De los resultados se puede inferir que con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) se estima a un mayor desarrollo del sistema radicular, lo que permite explorar nuevas áreas del sustrato para una mayor asimilación de nutrientes, debido a la interrelación raíz-hoja donde la hoja provee de carbohidratos para el desarrollo de las raíces y éstos a su vez proporcionan agua y minerales para el desarrollo de tallo y hojas (HARTMANN y KESTER, 1990).

Cuadro 13. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el volumen de raíces (ml) a los 102 días de instalado.

Factores		Promedios	
A. Tipo de sustratos			
a_1	Arena + tierra 1:1	1.43667	a
a_3	Arena + tierra + humus 1:1:2	1.28917	b
a_2	Arena + tierra + humus 1:1:1	1.00000	c
B. Tipo de clones			
b_2	ICS-95	1.41889	a
b_1	CCN-51	1.06500	b
C. Dosis de AIB			
c_1	3 g/kg AIB	1.33222	a
c_2	0 g/kg AIB	1.15167	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.3.2. Efectos simples de las interacciones del tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre volumen de raíces.

Del análisis de variancia de efectos simples (Cuadro 22) se observa que el factor A (tipo de sustrato) muestra diferencia estadística significativa con el clon CCN-51 (b_1) y alta diferencia estadística con el clon ICS-95 (b_2). El factor B (tipo de clones) no muestran diferencias estadísticas cuando se tratan con el sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) pero si muestran diferencias altamente significativas con los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2). El factor A (tipo de sustrato) muestra diferencias altamente significativas con c_1 (3 g/kg AIB) y c_2 (0 g/kg AIB). El factor C (dosis de AIB) no muestra diferencias estadísticas con el sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) pero si muestran diferencias altamente significativas con los sustratos a_1 (arena + humus 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2).

De la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 14), el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con el clon CCN-51 (b_1) es estadísticamente superior a los sustratos a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2), asimismo los sustratos a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) en interacción con el clon b_2 es estadísticamente superior al sustrato a_2 . El clon ICS-95 (b_2) en interacción con los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) es estadísticamente superior que

el clon CCN-51 (b_1). El sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con el nivel c_1 (3 g/kg AIB) es estadísticamente superior a los sustratos a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) y a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) en interacción con c_2 (0 g/kg AIB) es estadísticamente superior al sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El nivel c_1 (3 g/kg) en interacción con a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) es estadísticamente superior que el nivel c_2 (0 g/kg). El efecto de un buen sustrato con un clon que es de fácil enraizado y aplicación del AIB se traduce en mayores volúmenes de raíces debido a que el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) tiene mejores condiciones físicas, como consecuencia las raíces van a desarrollarse mejor y la planta va a estar capacitada para absorber mayor cantidad de sustancias nutritivas.

Cuadro 14. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el volumen de raíces a los 102 días de instalado.

Factores	Descripción	Promedios	
a ₁ b ₁	arena + tierra 1:1 x CCN-51	1.20	a
a ₂ b ₁	arena + tierra + humus 1:1:1 x CCN-51	1.00	b
a ₃ b ₁	arena + tierra + humus 1:1:2 x CCN-51	1.00	b
a ₁ b ₂	arena + tierra 1:1 x ICS-95	1.68	a
a ₃ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:2 x ICS-95	1.58	a
a ₂ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:1 x ICS-95	1.00	b
b ₂ a ₁	ICS-95 x arena + tierra 1:1	1.68	a
b ₁ a ₁	CCN-51 x arena + tierra 1:1	1.20	b
b ₂ a ₃	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.58	a
b ₁ a ₃	CCN-51 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.00	b
a ₁ c ₁	arena + tierra 1:1 x 3 g/kg AIB	1.64	a
a ₃ c ₁	arena + tierra + humus 1:1:2 x 3 g/kg AIB	1.36	b
a ₂ c ₁	arena + tierra + humus 1:1:1 x 3 g/kg AIB	1.00	c
a ₁ c ₂	arena + tierra 1:1 x 0 g/kg AIB	1.24	a
a ₃ c ₂	arena + tierra + humus 1:1:2 x 0 g/kg AIB	1.22	a
a ₂ c ₂	arena + tierra + humus 1:1:1 x 0 g/kg AIB	1.00	b
c ₁ a ₁	3 g/kg x arena + tierra 1:1	1.64	a
c ₂ a ₁	0 g/kg AIB x arena + tierra 1:1	1.24	b
c ₁ a ₃	3 g/kg x arena + tierra + humus 1:1:2	1.36	a
c ₂ a ₃	0 g/kg AIB x arena + tierra + humus 1:1:2	1.22	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.4. Efecto del tipo de sustrato, tipo de clones y dosis de AIB sobre el número de hojas por estacas y peso seco de hojas

Del análisis de variancia (Cuadro 19) se observa que con respecto al número de hojas por estacas y peso seco de hojas, existen diferencias

estadísticas altamente significativas con respecto a los tratamientos, el efecto principal del factor A (tipo de sustrato), del factor B (tipo de clon) y del factor C (dosis de AIB) y las interacciones de A x B (tipo de sustrato x tipo de clon) y A x C (tipo de sustrato x dosis AIB), de acuerdo a la prueba de F.

4.4.1. Efectos principales del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB en el número de hojas por estacas y peso seco de hojas

Según la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para el número de hojas por estacas (Cuadro 15) y peso seco de hojas (Cuadro 16), el sustrato a_1 (Arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) es estadísticamente superior que el sustrato a_2 (Arena + tierra + humus 1:1:1). Asimismo el efecto del clon ICS-95 (b_2) y c_1 (3 g/kg AIB) son estadísticamente superiores que el clon CCN-51 (b_1) y c_2 (0 g/kg AIB) respectivamente.

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis AIB en el número de hojas por estacas a los 102 días de instalado.

Factores		Promedios	
A. Tipo de sustratos			
a_1	Arena + tierra 1:1	1.72250	a
a_3	Arena + tierra + humus 1:1:2	1.57500	a
a_2	Arena + tierra + humus 1:1:1	1.00000	b
B. Tipo de clones			
b_2	ICS-95	1.70333	a
b_1	CCN-51	1.16167	b
C. Dosis de AIB			
c_1	3 g/kg AIB	1.55611	a
c_2	0 g/kg AIB	1.30889	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto principal del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el peso seco de hojas (g) a los 110 días de instalado.

Factores		Promedios	
A. Tipo de sustratos			
a ₃	Arena + tierra + humus 1:1:2	1.27833	a
a ₁	Arena + tierra 1:1	1.24083	a
a ₂	Arena + tierra + humus 1:1:1	1.00000	b
B. Tipo de clones			
b ₂	ICS-95	1.32056	a
b ₁	CCN-51	1.02556	b
C. Dosis de AIB			
c ₁	3 g/kg AIB	1.22556	a
c ₂	0 g/kg AIB	1.12056	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

4.4.2. Efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de hojas por estaca y peso seco de hojas.

Del análisis de variancia de efectos simples para el número de hojas por estacas (Cuadro 24) se observa que el factor A (tipo de sustrato) muestra diferencias estadísticas altamente significativas con respecto a los clones CCN-51 y ICS-95. El factor B (tipo de clon) no muestra diferencias estadísticas significativas con los sustratos a₁ (arena + tierra 1:1) y a₂ (arena + tierra + humus 1:1:1) pero si una alta diferencia estadística con el sustrato a₃ (arena + tierra + humus 1:1:2). El factor A (tipo de sustrato) muestra diferencia estadística altamente significativa con respecto a c₁ (3 g/kg AIB) y c₂ (0 g/kg AIB), el factor C (dosis de AIB) no muestra diferencia estadística con respecto a

los sustratos a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) pero si una diferencia estadística altamente significativa con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1). Del análisis de variancia de efectos simples para el peso seco de hojas (Cuadro 25) se observa que el factor A (tipo de sustrato) no presenta diferencia estadística con respecto al clon CCN-51 (b_1) pero si una diferencia estadística altamente significativa con respecto al clon ICS-95 (b_2). El factor B (tipo de clon) no muestra diferencia estadística con respecto a a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) pero si una alta diferencia estadística con los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2).

De la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), (Cuadro 17), para el caso de número de hojas, el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con el clon CCN-51 (b_1) es estadísticamente superior que los sustratos a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2). Los sustratos a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) y a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con el clon ICS-95 (b_2) son estadísticamente superiores al sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El clon ICS-95 (b_2) en interacción con el sustrato a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) es estadísticamente mejor que el clon CCN-51 (b_1). El sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con el nivel c_1 (3 g/kg AIB) es superior a los sustratos a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) y a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El sustrato a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) y a_1 (arena + tierra 1:1) en interacción con el nivel c_2 (0 g/kg AIB) es estadísticamente superior que el sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). El nivel c_1 (3 g/kg AIB) en interacción con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) es estadísticamente mejor que c_2 (0 g/kg AIB). De acuerdo

a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), (Cuadro 18), el sustrato a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) en interacción con el clon ICS-95 (b_2) estadísticamente es superior a los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1). Asimismo el clon ICS-95 (b_2) en interacción con los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) es estadísticamente mejor que el clon CCN-51 (b_1). Según RAMOS (2001) la interacción del suelo con el humus de lombriz, genera mayor materia seca en la planta de café, hecho que fue ratificado en el presente trabajo donde el sustrato a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) superó estadísticamente a los sustratos a_1 (arena + tierra 1:1) y a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) en cuanto al peso seco de las hojas, demostrando de esta manera que el humus de lombriz ejerce un efecto favorable en cuanto a materia seca ya que contiene mayor cantidad de nitrógeno y otros nutrientes los cuales promueven el crecimiento y mayor desarrollo de las hojas y tallos, demostrando mejor respuesta a esto el clon ICS-95.

Cuadro 17. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de hojas por estaca a los 102 días de instalado.

Factores	Descripción	Promedios	
a ₁ b ₁	arena + tierra 1:1 x CCN-51	1.49	a
a ₂ b ₁	arena + tierra + humus 1:1:1 x CCN-51	1.00	b
a ₃ b ₁	arena + tierra + humus 1:1:2 x CCN-51	1.00	b
a ₃ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:2 x ICS-95	2.15	a
a ₁ b ₂	arena + tierra 1:1 x ICS-95	1.96	a
a ₂ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:1 x ICS-95	1.00	b
b ₂ a ₃	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1:2	2.15	a
b ₁ a ₃	CCN-51 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.00	b
a ₁ c ₁	arena + tierra 1:1 x 3 g/kg AIB	2.09	a
a ₃ c ₁	arena + tierra + humus 1:1:2 x 3 g/kg AIB	1.58	b
a ₂ c ₁	arena + tierra + humus 1:1:1 x 3 g/kg AIB	1.00	c
a ₃ c ₂	arena + tierra + humus 1:1:2 x 0 g/kg AIB	1.57	a
a ₁ c ₂	arena + tierra 1:1 x 0 g/kg AIB	1.36	a
a ₂ c ₂	arena + tierra + humus 1:1:1 x 0 g/kg AIB	1.00	b
c ₁ a ₁	3 g/kg AIB x arena + tierra 1:1	2.09	a
c ₂ a ₁	0 g/kg AIB x arena + tierra 1:1	1.36	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples de las interacciones tipo de sustrato con tipo clon sobre el peso seco de hojas a los 102 días de instalado.

Factores	Descripción	Promedios	
a ₃ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:2 x ICS-95	1.56	a
a ₁ b ₂	Arena + tierra 1:1 x ICS-95	1.41	b
a ₂ b ₂	arena + tierra + humus 1:1:1 x ICS-95	1.00	c
b ₂ a ₁	ICS-95 x arena + tierra 1:1	1.41	a
b ₁ a ₁	CCN-51 x arena + tierra 1:1	1.08	b
b ₂ a ₃	ICS-95 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.56	a
b ₁ a ₃	CCN-51 x arena + tierra + humus 1:1:2	1.00	b

Promedios unidos por igual letra no difieren significativamente entre si.

V. CONCLUSIONES

1. El uso del AIB en comparación con el humus de lombriz contribuyó a un mayor porcentaje sobre el enraizado de estacas, mayor número de raíces por estacas, volumen de raíces, peso seco de raíces y número de hojas.
2. El humus de lombriz en doble proporción mezclado con arena y tierra contribuye a un mejor peso seco de hojas.
3. El clon ICS-95 tiene mejor capacidad de enraizado de estacas que el clon CCN51.
4. El clon ICS-95 responde mejor al enraizado de estacas en combinación con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) superando al clon CCN-51 para nuestras condiciones.
5. El mejor sustrato para lograr el enraizado de estacas es a_1 (arena + tierra 1:1).

VI. RECOMENDACIONES

1. Seguir experimentando con el enraizado de estacas bajo nuestras condiciones probando sustratos y dosis de AIB.
2. Ampliar el tiempo de evaluación de las estacas enraizadas hasta los cinco meses, fecha apta para llevar al campo definitivo.
3. Experimentar el enraizado de estacas de cacao en ambientes donde se pueda controlar eficazmente el exceso de lluvias.

VII. RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto del AIB y humus de lombriz en el enraizado de estacas de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) se realizó el trabajo experimental en la localidad de Buenos Aires cuyas coordenadas en UTM son Norte: 8969542.00 m y Este: 390765.00 m. El diseño experimental adoptado fue el completamente al azar con arreglo factorial de 3A x 2B x 2C con 3 repeticiones y sin testigos adicionales. Las características evaluadas de cada uno de los componentes fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ y sometidas a prueba de Duncan con significancia de 5% de probabilidad. La duración del experimento fue de Enero - Abril del 2005. Los parámetros evaluados fueron: número de estacas enraizadas, número y volumen de raíces, número de hojas por estacas y peso seco de hojas y raíces. Se usó 3 tipos de sustratos que fueron una mezcla de arena + tierra 1:1; Arena + tierra + humus 1:1:1 y Arena + tierra + humus 1:1:2. Se aplicó el AIB sobre la base de las estacas de 3 tratamientos con el clon ICS-95 y CCN-51, y sin AIB en 3 tratamientos con el clon ICS-95 y CCN-51. En conclusión, se encontró diferencias estadísticas entre los sustratos, siendo el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) el que superó a los sustrato a_2 (arena + tierra + humus 1:1:1) y a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2), asimismo el clon ICS-95 superó al clon CCN-51 en mayor porcentaje de estacas enraizadas (55.56%) en combinación con el sustrato a_1 (arena + tierra 1:1) y el uso del AIB, en mayor número de raíces por estacas en promedio (3.13), peso seco de raíces (1.68), volumen de raíces (1.68) y en combinación con el sustrato a_3 (arena + tierra + humus 1:1:2) obtuvo mayor número de hojas por estacas (2.15) y mayor peso seco de hojas (1.56).

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ADEX – USAID/DA. 2000. Programa de cacao. Región Nor Oriente. Banco de germoplasma de cacao. Clones promisorios. Jaén, Perú. 10 p.
2. AGUIRRE, G. 1978. El Humus. Departamento de suelos y fertilizantes. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 56 p.
3. ANDRE, G. 1971. Guía práctica de fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. 5^{ta} Edición. Madrid, España. 526 p.
4. BEAULIEU, R. 1973. Reguladores de crecimiento. Ediciones OIKOS - TAU. S. A. Barcelona, España. 245 p.
5. BROUDEAU, J. 1981. El cacao, técnicas y producciones tropicales. Blume Distribuidora. S. A. D.F. México, 296 p.
6. DELGADO, A. 1986. Humus de lombriz. Ciencia agropecuaria. s. n. Santiago, Chile. 274 p.
7. EDEN, T. 1965. Tea. 2^{da} Edición. s. n. Londres, Inglaterra. p. 2-35
8. ENRIQUEZ, A. G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 101-115 p.
9. FARIA, J. C. y DO SACRAMENTO, C. K. 2001. Enraizado y crecimiento de estacas herbáceas de cacao (clones CEPEC 42, TSH 516 y TSH 1188) en función a la aplicación de ácido indolbutírico AIB. [En línea]: CEPLAC, (www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/SerDoc/doc-67.pdf), documento, 12 Ago. 2005).

10. FERRUZI, C. 1987. Manual de lombricultura. Trad. Por Carlos Buxa. Mundi Prensa. Madrid, España. 138 p.
11. FLORES, F. y VERA, J. 1987. Influencia de la fenología sobre el enraizado de ramillas y prendimiento de injertos en clones de cacao. *In*: Conferencia Internacional de Investigación de Cacao (10., 1987, Santo Domingo, República Dominicana). p. 111-115.
12. GUTIÉRREZ, U. A. M. 2003. Propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. [En línea]: CATIE, <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0315e/A0315e.pdf#page=mode=bookma>, documentos, 15 May. 2005)
13. HAAREN, A. J. 1968. Notes on the vegetative propagation of green word cutting with reference to té. The Papua and New Guinea. Agr. J. 20 (1-2): 54 – 64
14. HARDY, F. 1960. Cacao; Manual International American Institute of Agriculture Sciences. Turrialba, Costa Rica. 337 p.
15. HARTMANN, M. y KESTER, D. E. 1990. Propagación de plantas; principios y prácticas. CECOSA. D. F. México, 84 p.
16. HUMEVERD. 1988. Un fertilizante revolucionario. Momento Económico. s. l.: s. n. 101 p.
17. LAMA, D.; LAMA, P; REYES, R. 2002. Efectos de la aplicación de productos químicos y diferentes tipos de sustratos para el enraizamiento de estacas de cacao. Informe de Investigación. Escuela Postgrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Mención en Desarrollo Sostenible. Tingo María, Perú. 27 p.

18. LAMA, P. 2004. Propagación vegetativa por estacas juveniles de cacao (*Theobroma cacao* L.) Informe de Prácticas Pre-Profesionales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Agronomía. Tingo María, Perú. 16 p.
19. LEAL, F., L.; HERNÁNDEZ, S.; VALDERRAMA, H.; TROCEL, L. 1994. Enraizado de estacas de cacao. Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria. [En línea]: (<http://www.cacao.sian.enfo.ve/memorias/html/56.html>, 30 Jul. 2005).
20. LEVI, P. Y. 1987. Propagación por estacas del tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke), con aplicación de estimulantes del enraizamiento bajo condiciones de Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 29-30 pp.
21. MENDEZ, J. y LOJA, M. 1972. Humus. Universidad de Salamanca. Gráficas Europa. Salamanca, España. 187 p.
22. MESEN F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales. Uso de propagadores de sub irrigación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
23. MESTANZA, I. C. 1981. Efecto del Cycocel 500 A y el Ferban en el enraizado de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 54 p.

24. RAMOS, E. M. G. 2000. Fuentes de materia orgánica de origen animal en la propagación vegetativa de plantones de café Robusta (*Coffea canephora* Pierre). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 84 p.
25. UNFDAC – ONUDI. 1987. Proyecto cacao. Los 10 Mandamientos del Cacao. Manual Técnico N° 1. Tingo María, Perú. 32 p.
26. WOOD, G. A. 1982. Cacao. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. CECSA. D. F., México. 263 p.
26. ZAMBRANO, R. 2004, Enraizado de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Hacienda Las Cañas. El Naranjal, Ecuador, Consulta Personal.
27. ZAVALETA, 1992. Edafología; el suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima, Perú. 223 p.

IX. ANEXO

Cuadro 19. Análisis de variancia para el efecto del tipo de sustrato, tipo de clon y dosis de AIB sobre el N° de estacas enraizadas, N° de raíces por estacas, volumen de raíces, peso seco de raíces, N° de hojas por estacas y peso seco de hojas ^{1/}

Fuentes de variabilidad	G. L.	Cuadrados medios											
		N° estacas enraizadas		N° raíces / estacas		Volumen de raíces		Peso seco de raíces		N° hojas / estacas		Peso seco de hojas	
Tratamientos.	11	0.5350	AS	2.4670	AS	0.3174	AS	0.0060	AS	0.9017	AS	0.1830	AS
Tipo de sustratos (A)	2	1.0955	AS	5.1888	AS	0.5921	AS	0.0115	AS	1.7488	AS	0.2738	AS
Tipo de clones (B)	1	1.6813	AS	9.5584	AS	1.1271	AS	0.0160	AS	2.6406	AS	0.7832	AS
Dosis de AIB (C)	1	0.4182	S	1.0100	S	0.2934	AS	0.0087	AS	0.5501	AS	0.0992	AS
Interacción (A x B)	2	0.4878	AS	2.4135	AS	0.2886	AS	0.0043	S	1.0019	AS	0.2349	AS
Interacción (A x C)	2	0.2750	S	0.3163	NS	0.1260	AS	0.0025	NS	0.5281	AS	0.0254	NS
Interacción (B x C)	1	0.0016	NS	0.0002	NS	0.0230	NS	0.0005	NS	0.0521	NS	0.0261	NS
Interacción (A x B x C)	2	0.0335	NS	0.3658	NS	0.0175	NS	0.0020	NS	0.0593	NS	0.0183	NS
Error Experimental	24	0.0555		0.1346		0.0073		0.0010		0.0524		0.0152	
Total	35												
C.V. (%)		17.70		21.83		6.89		3.02		15.98		15.98	

- 1/: Datos transformados a $\sqrt{x+1}$
 S: Significativo al 5% de probabilidad
 AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
 NS: No significativo

Cuadro 20. Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustratos con dosis de AIB sobre el número de estacas enraizadas a los 102 días de instalado.

Fuentes de variabilidad	G. L.	Nº estacas enraizadas		
		C. M.	F. c.	
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato con el clon CCN-51	2	0.2355	4.24	S
Entre tipo de sustrato con el clon ICS-95	2	1.3475	24.28	AS
Efecto simple del factor tipo de clones				
Entre tipo de clones con el sustrato a ₁	1	0.745	13.42	AS
Entre tipo de clones con el sustrato a ₂	1	0	0.00	NS
Entre tipo de clones con el sustrato a ₃	1	1.912	34.45	AS
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato con 3 g/kg de AIB	2	1.1445	20.62	AS
Entre tipo de sustratos con 0 g/kg de AIB	2	0.2265	4.08	S
Efecto simple del factor dosis de AIB				
Entre dosis de AIB y el sustrato a ₁	1	0.946	17.05	AS
Entre dosis de AIB y el sustrato a ₂	1	0	0.00	NS
Entre dosis de AIB y el sustrato a ₃	1	0.022	0.40	NS
Error experimental	24	0.0555		

S: Significativo al 5% de probabilidad
AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS: No significativo

Cuadro 21. Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato y tipo de clon sobre el número de raíces por estaca a los 102 días de instalado.

Fuentes de variabilidad	G. L.	N° raíces/estaca		
		C. M.	F. c.	
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato con el clon CCN-51	2	0.490	3.64	S
Entre tipo de sustrato con el clon ICS-95	2	7.110	52.83	AS
Efecto simple del factor tipo de clon				
Entre tipo de clon con el sustrato a ₁	1	8.020	59.59	S
Entre tipo de clon con el sustrato a ₂	1	0.000	0.00	NS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₃	1	6.364	47.29	AS
Error experimental	24	0.135		

S: Significativo al 5% de probabilidad
AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS: No significativo

Cuadro 22. Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el volumen de raíces a los 102 días de instalado.

Fuentes de variabilidad	G. L.	Volumen de raíces		
		C. M.	F. c.	
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato con el clon CCN-51	2	0.0760	10.39	S
Entre tipo de sustrato con el clon ICS-95	2	0.8755	119.73	AS
Efecto simple del factor tipo de clones				
Entre tipo de clones con el sustrato a ₁	1	1.3720	187.62	AS
Entre tipo de clones con el sustrato a ₂	1	0.0000	0.00	NS
Entre tipo de clones con el sustrato a ₃	1	1.004	137.30	AS
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato con 3 g/kg de AIB	2	0.614	83.97	AS
Entre tipo de sustrato con 0 g/kg de AIB	2	0.106	14.50	AS
Efecto simple del factor dosis de AIB				
Entre dosis de AIB con el sustrato a ₁	1	0.488	66.74	AS
Entre dosis de AIB con el sustrato a ₂	1	0.0000	0.00	NS
Entre dosis de AIB con el sustrato a ₃	1	0.0574	7.85	AS
Error experimental	24	0.007313		

S: Significativo al 5% de probabilidad
AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS: No significativo

Cuadro 23. Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato y tipo de clon sobre el peso seco de raíces a los 110 días de instalado.

Fuentes de variabilidad	G. L.	Peso seco de raíces		
		C. M.	F. c.	
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre fuentes de tipo de sustrato con el clon CCN-51	2	0.0760	78.28	AS
Entre fuentes de tipo de sustrato con el clon ICS-95	2	0.8048	828.98	AS
Efecto simple del factor tipo de clon				
Entre tipo de clon con el sustrato a ₁	1	0.7010	7.22	AS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₂	1	0.0000	0.00	NS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₃	1	1.0040	1034.16	AS
Error experimental	24	0.0010		

S: Significativo al 5% de probabilidad
AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS: No significativo

Cuadro 24. Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato con tipo de clon y tipo de sustrato con dosis de AIB sobre el número de hojas por estacas a los 102 días de instalado.

Fuentes de variabilidad	G. L.	Número de hojas por estaca		
		C. M.	F. c.	
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato y el clon CCN-51	2	0.4703	8.98	AS
Entre tipo de sustrato y el clon ICS-95	2	2.2805	43.52	AS
Efecto simple del factor tipo de clon				
Entre tipo de clon con el sustrato a ₁	1	0.677	12.92	NS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₂	1	0	0.00	NS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₃	1	3.967	75.71	AS
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato y 3 g/kg de AIB	2	1.779	33.95	AS
Entre tipo de sustrato y 3 g/kg de AIB	2	0.498	9.50	AS
Efecto simple del factor dosis de AIB				
Entre dosis de AIB con el sustrato a ₁	1	1.61	30.73	AS
Entre dosis de AIB con el sustrato a ₂	1	0	0.00	NS
Entre dosis de AIB con el sustrato a ₃	1	0.0003	0.01	NS
Error experimental	24	0.052396		

S: Significativo al 5% de probabilidad
AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS: No significativo

Cuadro 25. Análisis de variancia para el efecto simple de la interacción tipo de sustrato y tipo de clon sobre el peso seco de hojas a los 110 días de instalado.

Fuentes de variabilidad	G. L.	Peso seco de hojas		
		C. M.	F. c.	
Efecto simple del factor tipo de sustrato				
Entre tipo de sustrato con el clon CCN-51	2	0.0115	0.76	NS
Entre tipo de sustrato con el clon ICS-95	2	0.4944	32.55	AS
Efecto simple del factor tipo de clon				
Entre tipo de clon con el sustrato a ₁	1	0.3230	21.27	AS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₂	1	0.0000	0.00	NS
Entre tipo de clon con el sustrato a ₃	1	0.9240	60.84	AS
Error experimental	24	0.0152		

S: Significativo al 5% de probabilidad
AS: Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS: No significativo

Cuadro 26. Datos originales del número de estacas enraizadas.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.00	10.00
II	4.00	5.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	17.00
III	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	8.00
Σ	6.00	10.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	6.00	35.00
X	2.00	3.33	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	2.00	11.67

Cuadro 27. Datos originales del número de raíces por estacas.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	2.00	13.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	6.00	33.00
II	7.00	11.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	4.00	40.00
III	1.00	6.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	10.0	0.00	0.00	0.00	1.00	23.00
Σ	10.00	30.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	11.00	96.00
X	3.33	10.0	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	3.67	32.00

Cuadro 28 Datos originales del peso seco de raíces (g).

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	0.10	0.06	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.09	0.63
II	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.08	0.75
III	0.12	0.44	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.07	1.14
Σ	0.44	0.72	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	2.52
X	0.15	0.24	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.08	0.84

Cuadro 29. Datos originales del volumen de raíces (ml).

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	0.40	2.50	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	1.60	7.65
II	1.60	2.40	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	1.10	8.50
III	0.90	2.80	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60	7.10
Σ	2.90	7.70	0.00	0.00	0.00	5.85	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	3.30	23.25
X	0.97	2.57	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00	1.10	7.75

Cuadro 30. Datos originales del número de hojas por estacas.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.00	14.00
II	5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	4.00	19.00
III	2.00	6.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	16.00
Σ	9.00	12.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	11.00	49.00
X	3.00	4.00	0.00	0.00	0.00	3.67	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	3.67	16.33

Cuadro 31. Datos originales del peso seco de hojas (g).

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	0.01	0.90	0.00	0.00	0.00	1.94	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	1.32	4.69
II	1.09	1.47	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00	1.01	7.19
III	0.02	1.41	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.69	4.03
Σ	1.12	3.78	0.00	0.00	0.00	5.82	0.00	2.17	0.00	0.00	0.00	3.02	15.91
X	0.37	1.26	0.00	0.00	0.00	1.94	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	1.01	5.30

Cuadro 32. Datos del número de estacas enraizadas transformados a $\sqrt{x+1}$.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.41	1.73	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.41	1.00	1.00	1.00	2.00	15.55
II	2.24	2.45	1.00	1.00	1.00	2.24	1.00	1.73	1.00	1.00	1.00	1.73	17.39
III	1.41	2.00	1.00	1.00	1.00	1.41	1.00	1.73	1.00	1.00	1.00	1.41	14.96
Σ	5.06	6.18	3.00	3.00	3.00	5.65	3.00	4.87	3.00	3.00	3.00	5.14	47.90
X	1.69	2.06	1.00	1.00	1.00	1.88	1.00	1.62	1.00	1.00	1.00	1.71	15.97

Cuadro 33 Datos del número de raíces por estacas transformados a $\sqrt{x+1}$.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.73	3.74	1.00	1.00	1.00	2.83	1.00	2.45	1.00	1.00	1.00	2.65	20.40
II	2.83	3.46	1.00	1.00	1.00	3.16	1.00	3.16	1.00	1.00	1.00	2.24	21.85
III	1.41	2.65	1.00	1.00	1.00	2.45	1.00	3.32	1.00	1.00	1.00	1.41	18.24
Σ	5.97	9.85	3.00	3.00	3.00	8.44	3.00	8.93	3.00	3.00	3.00	6.30	60.49
X	1.99	3.28	1.00	1.00	1.00	2.81	1.00	2.98	1.00	1.00	1.00	2.10	20.16

Cuadro 34. Datos del peso seco de raíces (g), transformados a $\sqrt{x+1}$.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.05	1.03	1.00	1.00	1.00	1.11	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.04	12.30
II	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00	1.06	1.00	1.00	1.00	1.04	12.35
III	1.06	1.20	1.00	1.00	1.00	1.17	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.03	12.53
Σ	3.21	3.33	3.00	3.00	3.00	3.33	3.00	3.20	3.00	3.00	3.00	3.11	37.18
X	1.07	1.11	1.00	1.00	1.00	1.11	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.04	12.39

Cuadro 35. Datos del volumen de raíces (ml), transformados a $\sqrt{x+1}$.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.18	1.87	1.00	1.00	1.00	1.72	1.00	1.48	1.00	1.00	1.00	1.61	14.86
II	1.61	1.84	1.00	1.00	1.00	1.73	1.00	1.55	1.00	1.00	1.00	1.45	15.18
III	1.38	1.95	1.00	1.00	1.00	1.70	1.00	1.38	1.00	1.00	1.00	1.26	14.67
Σ	4.17	5.66	3.00	3.00	3.00	5.15	3.00	4.41	3.00	3.00	3.00	4.32	44.71
X	1.39	1.89	1.00	1.00	1.00	1.72	1.00	1.47	1.00	1.00	1.00	1.44	14.90

Cuadro 36. Datos del número de hojas por estacas transformadas a $\sqrt{x+1}$.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.73	1.73	1.00	1.00	1.00	2.24	1.00	1.41	1.00	1.00	1.00	2.45	16.56
II	2.45	2.24	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.24	17.93
III	1.73	2.65	1.00	1.00	1.00	2.24	1.00	1.73	1.00	1.00	1.00	1.73	17.08
Σ	5.91	6.62	3.00	3.00	3.00	6.48	3.00	5.14	3.00	3.00	3.00	6.42	51.57
X	1.97	2.21	1.00	1.00	1.00	2.16	1.00	1.71	1.00	1.00	1.00	2.14	17.19

Cuadro 37. Datos del peso seco de hojas transformados a $\sqrt{x+1}$.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	Σ
I	1.01	1.38	1.00	1.00	1.00	1.72	1.00	1.23	1.00	1.00	1.00	1.52	13.85
II	1.44	1.57	1.00	1.00	1.00	1.99	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	1.42	14.71
III	1.01	1.55	1.00	1.00	1.00	1.39	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.30	13.66
Σ	3.46	4.50	3.00	3.00	3.00	5.09	3.00	3.93	3.00	3.00	3.00	4.24	42.23
X	1.15	1.50	1.00	1.00	1.00	1.70	1.00	1.31	1.00	1.00	1.00	1.41	14.08

Cuadro 38. Datos de temperatura del exterior del propagador (°C)

Fecha	Hora		
	7.00 a.m.	12.00 p.m.	7.00 p.m.
11/01/2005	21.00	23.00	23.50
12/01/2005	21.50	29.50	24.50
13/01/2005	24.00	29.00	24.00
14/01/2005	22.00	30.00	24.00
15/01/2005	23.00	34.00	24.00
16/01/2005	23.50	32.00	25.50
17/01/2005	24.00	26.00	24.00
18/01/2005	23.00	29.00	24.00
19/01/2005	24.50	30.00	26.00
20/01/2005	24.50	32.00	27.00
21/01/2005	25.00	29.00	24.00
22/01/2005	23.00	34.00	25.00
23/01/2005	21.50	28.00	23.00
24/01/2005	23.00	29.00	24.50
25/01/2005	24.00	27.00	23.00
26/01/2005	23.00	23.00	22.00
27/01/2005	23.00	24.50	23.50
28/01/2005	22.00	23.00	22.50
29/01/2005	21.50	29.00	24.50
30/01/2005	23.00	24.00	22.50

Cuadro 39. Costo de instalación y producción de 500 estacas de cacao.

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Valor S/
1. Mano de Obra				
1.1. Preparación de estacas	jor	4	10.00	40.00
Sub Total				40.00
2. Insumos				
2.1. Hormona	kg	1	45.00	45.00
2.2. Plástico	m	5	3.00	15.00
2.3. Bolsas	millar	1	35.00	35.00
2.4. Arena	m ³	4	25.00	100.00
2.5. Tierra	m ³	4	20.00	80.00
2.6. Estacas	unid.	500	0.30	150.00
2.7. Malla de zarán	m ²	16	2.00	32.00
Sub Total				457.00
10% de imprevistos				45.70
Total				502.70

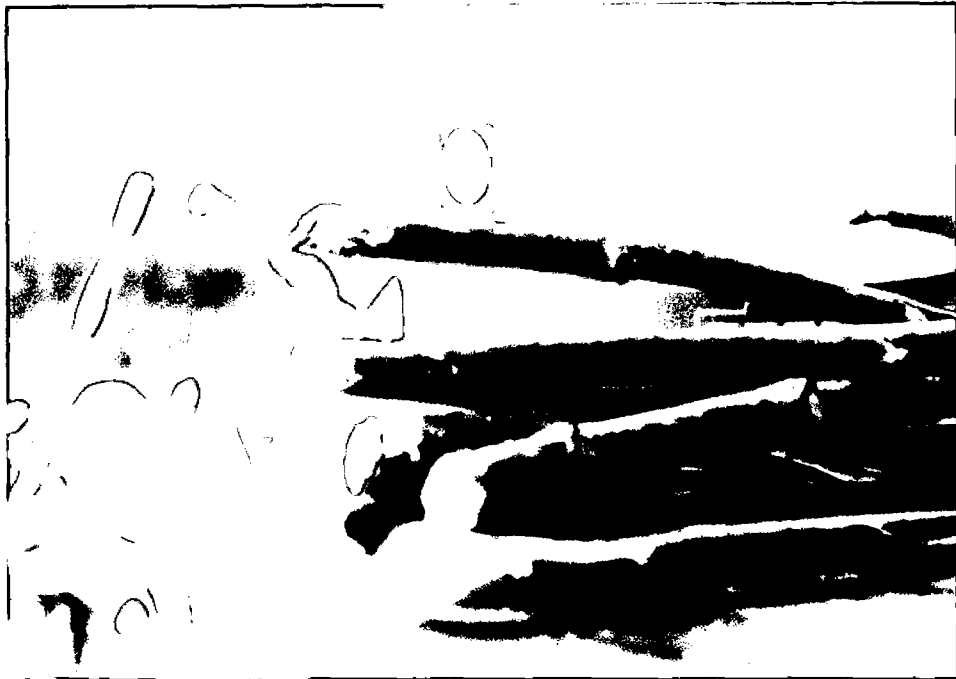


Figura 1. Aplicación del ácido indolbutírico (AIB) en estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.)



Figura 2. Ubicación de las estacas en las camas de propagación.



Figura 3. Estacas del clon ICS-95 enraizada con aplicación de AIB y en Arena + tierra como sustrato.



Figura 4. Estaca enraizada del clon ICS-95 con aplicación de AIB.

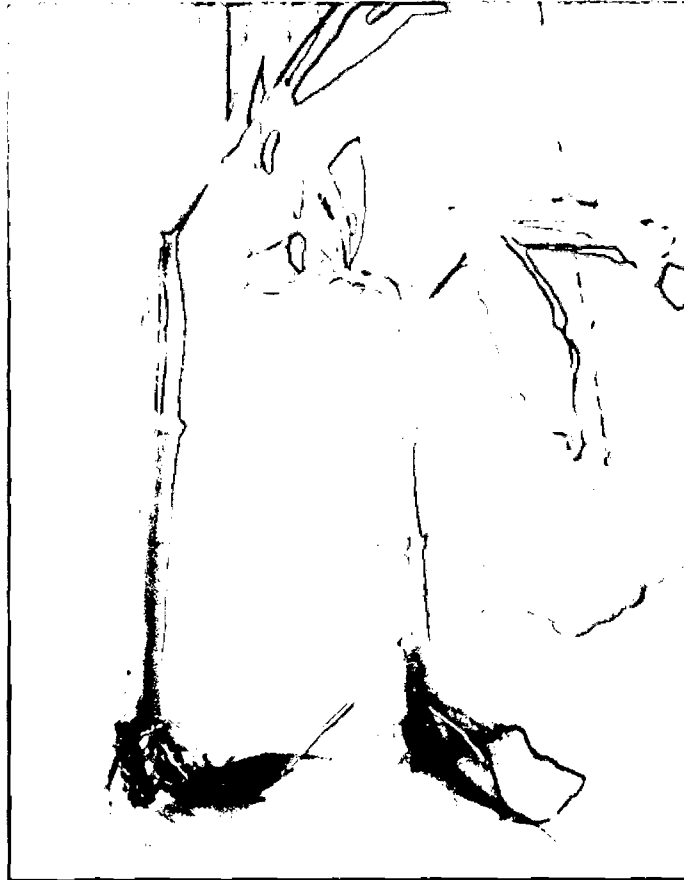


Figura 5. Clon ICS-95 enraizado en arena y tierra, sin AIB.

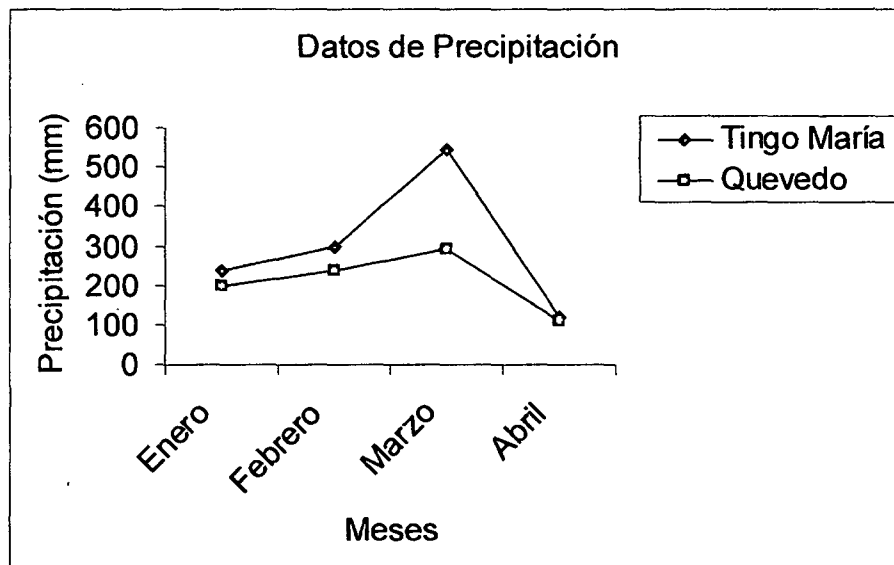


Figura 6. Meses de precipitación en Tingo María y Quevedo (Ecuador) durante la instalación del trabajo de enraizado de estacas de cacao

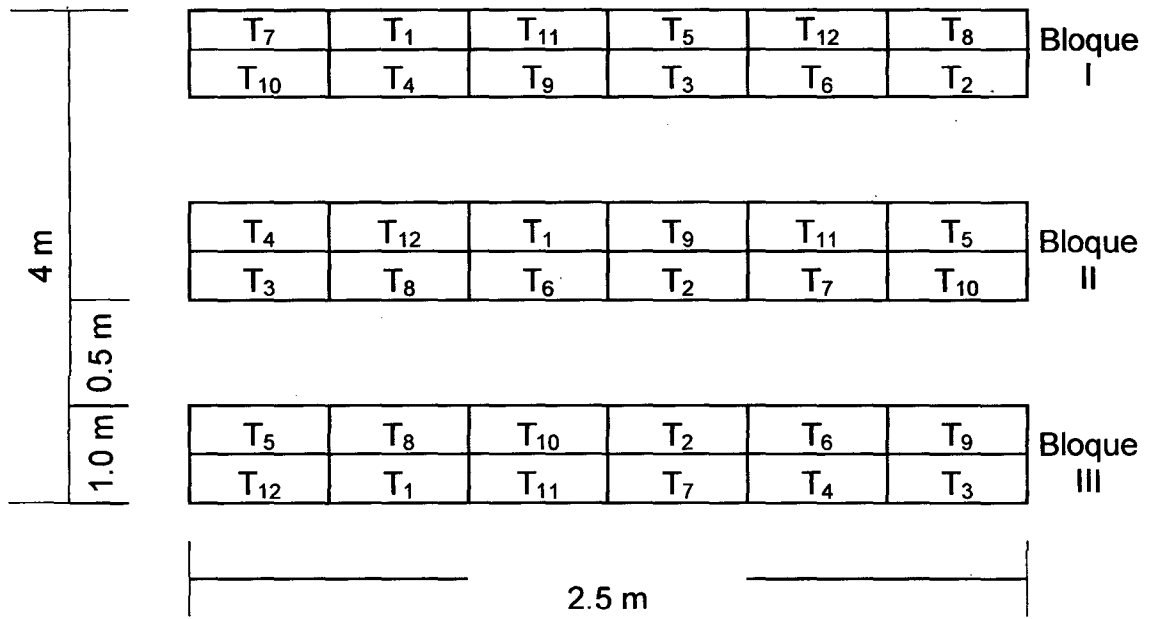


Figura 7. Croquis del trabajo experimental